

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

## **KAMNA V KONCEPTU MODERNÍHO VYTÁPĚNÍ**

THE CONCEPT OF MODERN STOVE HEATING

***DIPLOMOVÁ PRÁCE***

*MASTER'S THESIS*

***AUTOR PRÁCE***  
AUTHOR

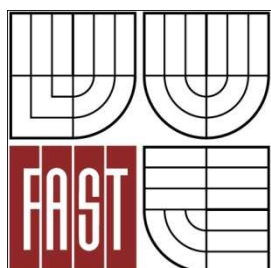
*Bc. JAN KOUTECKÝ*

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## KAMNA V KONCEPTU MODERNÍHO VYTÁPĚNÍ

THE CONCEPT OF MODERN STOVE HEATING

### ***DIPLOMOVÁ PRÁCE***

*MASTER'S THESIS*

***AUTOR PRÁCE***  
AUTHOR

*Bc. JAN KOUTECKÝ*

***VEDOUČÍ PRÁCE***  
SUPERVISOR

*Ing. JAN TOPIČ*

BRNO 2012



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav technických zařízení budov

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Jan Koutecký
<b>Název</b>	Kamna v konceptu moderního vytápění
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Jan Topič
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2011
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	13. 1. 2012

V Brně dne 31. 3. 2011

.....  
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. České i zahraniční technické normy
3. Odborná literatura
4. Zdroje na internetu

## Zásady pro vypracování

- a) titulní list,
  - b) zadání VŠKP,
  - c) licenční smlouva podepsaná autorem VŠKP,
  - d) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
  - e) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
  - f) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
  - g) poděkování (nepovinné),
  - h) obsah,
  - i) úvod,
  - j) vlastní text práce
- A. Analýza tématu, cíle a metody řešení , Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady, Cíl práce, zvolené metody řešení, Aktuální technická řešení v praxi, Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů), Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky), Řešení využívající výpočetní techniku a modelování
- B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení, Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva, Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově, Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;
- C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků, Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující zadanou problematiku
- k) závěr,
  - l) seznam použitých zdrojů,
  - m) seznam použitých zkratk a symbolů,
  - n) seznam příloh,
  - o) přílohy – výkresy, Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na předních deskách, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek. Na posledním listě bude vlepeno CD.

## Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....  
Ing. Jan Topič  
Vedoucí diplomové práce

# LICENČNÍ SMLOUVA

## POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

### 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Jan Koutecký  
Bytem: Bernov 12, Nejdek 36221  
Narozen/a (datum a místo): 21.1.1987, Planá u Mariánských Lázní  
(dále jen „autor“)

a

### 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební  
se sídlem Veveří 331/95, Brno 602 00  
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:  
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
(dále jen „nabyvatel“)

## Čl. 1

### Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce
- jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: KAMNA V KONCEPTU MODERNÍHO VYTÁPĚNÍ

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. JAN TOPIČ

Ústav: Ústav technických zařízení budov

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v\*:

tištěné formě – počet exemplářů .....

elektronické formě – počet exemplářů .....

---

\* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

## Článek 2

### Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užit, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti

- ihned po uzavření této smlouvy
- 1 rok po uzavření této smlouvy
- 3 roky po uzavření této smlouvy
- 5 let po uzavření této smlouvy
- 10 let po uzavření této smlouvy

(z důvodu utajení v něm obsažených informací)

4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

### **Článek 3**

#### **Závěrečná ustanovení**

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

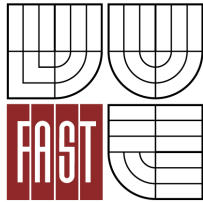
V Brně dne: .....

.....

Nabyvatel

.....

Autor



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA STAVEBNÍ

## POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

**Autor** Bc. Jan Koutecký

**Název  
závěrečné práce** Kamna v konceptu moderního vytápění

**Název  
závěrečné práce** The concept modern stove heating  
**ENG**

**Anotace  
závěrečné práce** Diplomová práce se zabývá kamny jako hlavním zdrojem vytápění. Teoretická část řeší praktický i teoretický návrh kamen a spalovací proces. Návrhová část se skládá ze tří, z nespočet variant návrhu kamen v konceptu moderního vytápění. Každá varianta je jedinečná svým technickým řešením i designem. Experiment postihuje vlastnosti hypokaustových akumulčních kamen.

**Anotace  
závěrečné práce** Thesis deals with stoves, considering them as the main source of heating. The theoretical part is focused on practical and theoretical stove designing and burning proces. The designing addresses three of the countless variations on the koncept of modern stove heating. Each variant is unique in its technical and design way of solution. Experiment affects the properties hypokaust stove.  
**ENG**

**Klíčová slova** Vytápění, akumulční kamna, hypokaust systém, sálavé vytápění, obnovitelný zdroj energie – biomasa, akumulace, tahový systém, peletový systém, automatická regulace procesu spalování, spalínový teplovodní výměník.

**Klíčová slova** Heating, accumulation stove, hypokaust system, radiant heating, renewable source of energy, source of energy – biomass, accumulation, tension system, pellets system, automatic regulation of the burning process, flue gas heat exchanger.  
**ENG**

**Typ závěrečné  
práce** Diplomová práce

**Datový formát  
elektronické  
verze** \*.pdf

**Jazyk závěrečné  
práce** Čeština

**Přidělovaný titul** Ing.



**Vedoucí**  
**závěrečné práce** Ing. JAN TOPIČ

**Škola** Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta** Stavební  
**Ústav** Ústav technických zařízení budov  
**Studijní program** B3607 Stavební inženýrství  
**Studijní obor** 3608R001 Pozemní stavby

### **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. KOUTECKÝ JAN.

Kamna v konceptu moderního vytápění. Diplomová práce. Brno, 2012

230 s., 20 x A4 s. příloh. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav technických zařízení budov.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Topič

## **Abstrakt**

Diplomová práce řeší vytápění kamny jako hlavním tepelným zdrojem objektu rezidentního rodinného domu, který právě probíhá modernizací. Kamna jsou navržena ve třech variantách. První varianta popisuje třípodlažní sálavá kachlová hypokaustová kamna, která jsou plně alternativním zdrojem tj. nezávislé na elektrické energii. Druhá varianta je zaměřena především na tepelný komfort. Navržená kamna jsou dvoupodlažní hypokaustová kachlová s dvěma teplovodními spalinovými výměníky a navrženým systémem regulace. Třetí varianta je koncept návrhu topné centrály BRUNNER BHZ. Experimentální část byla provedena na dvoupodlažních hypokaustových kamnech s patrovým tahovým systémem.

## **Abstract**

This thesis addresses stove heating as the main source of heat in the object of residential house, which is under modernization. Stoves are designed in three different versions. The first option describes a three-floor radiant tiled hypocaust stove, which are an alternative source that doesn't rely on electricity. The second variant is mainly focused on thermal comfort. Stove is designed as two-storey, hypocaust, filled with two hot-water heat exchangers and designed regulation system. The third option is a concept design of heating centre BRUNNER BHZ. The experimental part was carried out on two-storey hypocaust stove with a storey pull system.

## **Klíčová slova**

Vytápění, akumulční kamna, hypokaust systém, sálavé vytápění, obnovitelný zdroj energie – biomasa, akumulace, tahový systém, peletový systém, automatická regulace procesu spalování, spalínový teplovodní výměník.

## **Keywords**

Heating, accumulation stove, hypocaust system, radiant heating, renewable source of energy, source of energy – biomass, accumulation, tension system, pellets system, automatic regulation of the burning process, flue gas heat exchanger.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 1.2.2012

.....

podpis autora

Bc. Jan Koutecký

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10.1.2012

.....

podpis autora

Bc. Jan Koutecký

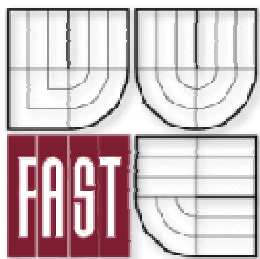
Věnování:

Rád bych věnoval mou diplomovou práci mému otci Ladislavu Kouteckému.

Poděkování:

Děkuji za konzultaci při zpracování diplomové práce panu Ing. Janu Topičovi. Cechu kamnářů ČR a vedení VUT fakultě TZB za zapůjčení měřících přístrojů pro realizaci mého experimentu. Slečně Marii Székelyové za pomoc při vizualizaci kamen v programu PALETTE CAD. A Yvoně Koutecké za pomoc s korekturou textu.

Bc. Koutecký Jan



## OBSAH:

a) Titulní list	
b) Zadání VŠKP	
c) Licenční smlouva	
d) Popisný soubor v českém a anglickém jazyce	
e) Bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690	
f) Abstrakt a klíčová slova v českém a anglickém jazyce	
g) Prohlášení autora o původnosti práce	
h) Věnování a poděkování	
i) Obsah	str. 1-4
j) Úvod	str.5
k) Kapitoly diplomové práce	
A. Analýza tématu, řešení praktická, teoretická a experimentální	str. 6 - 7
A.1. Analýza tématu	str. 8 - 11
A.2. Praktické řešení z praxe	str. 11
A.2.1. Volba konceptu vytápění	str. 11 - 17
A.2.2. Centrální přívod vzduchu	str. 18
A.2.3. Spalovací komory	str. 19 - 21
A.2.4. Dimenzování tahového systému	str. 21
A.2.5. Dimenzování teplosměnných ploch	str. 21 - 22
A.2.6. Dimenzování komínového tělesa	str. 22 - 23
A.2.7. Návrh regulace	str. 23 - 24
A.3. Teoretická řešení	str. 24
A.3.1. Základy spalování dřeva	str. 24 - 27
A.3.2. Výpočet množství spalovacího vzduchu	str. 28 - 32
A.3.3. Spalovací proces v ohništi	str. 32 - 35

A.4. Experimentální řešení	str. 36 - 38
A.5. Řešení s využitím výpočetní techniky	str. 38
B. Aplikace tématu na objektu „B49“	str. 39 - 41
B.1. Analýza objektu	str. 42 - 43
B.2. Půdorysy RD	str. 44 - 50
B.2.1. Půdorys 1S – stávající stav	M 1:75
B.2.2. Půdorys 1S – rekonstrukce	M 1:75
B.2.3. Půdorys 1NP – stávající stav	M 1:75
B.2.4. Půdorys 1NP – rekonstrukce	M 1:75
B.2.5. Půdorys 2NP – stávající stav	M 1:75
B.2.6. Půdorys 2NP – rekonstrukce	M 1:75
B.3. Výpočet tepelné ztráty prostupem a větráním	str. 51 - 62
B.4. Volba variant řešení	str. 63
B.5. Varianta I – třípodlažní hypokaustová kamna	str. 64
B.5.1. Výřez slepé matrice 1S – Kamna K1	M 1:20
B.5.2. Výřez slepé matrice 1NP – Kamna K2.1	M 1:35
B.5.3. Výřez slepé matrice 1NP – Kamna K2.2	M 1:35
B.5.4. Výřez slepé matrice 2NP – Kamna K3,K4,K5	M 1:35
B.5.5. Dimenzování tahového systému a teplosměnných ploch	str. 69
B.5.5.1. Dimenzování tahového systému dle ČSN 73 4231	str. 70 - 74
B.5.5.2. Dimenzování tahového systému dle EN 13384-1	str. 74 - 85
B.5.5.3. Dimenzování teplosměnných ploch kamen a jejich výkon	str. 85 - 87
B.5.5.4. Hodnocení a vizualizace varianty	str. 88 - 91
B.6. Varianta II – Dvoupodlažní hypokaustová kamna s dvěma teplovodními výměníky	str. 92
B.6.1. Návrh zdroje tepla	str. 92 - 110

B.6.2.	Dimenzování teplosměnných ploch kamen	str. 111 - 112
B.6.3.	Dimenzování teplovodní soustavy	str. 113 - 119
B.6.4.	Schéma zapojení primárního okruhu M 1:20	str. 120 - 122
B.6.5.	Schéma regulace primárního okruhu M 1:20	str. 123 - 126
B.6.6.	Výřez slepé matrice 1NP – Kamna K1	M 1:35
B.6.7.	Výřez slepé matrice 2NP – Kamna K2,K3,K4	M 1:35
B.6.8.	Slepá matrice 1S – otopná soustava	M 1:75
B.6.9.	Slepá matrice 1NP – otopná soustava	M 1:75
B.6.10.	Slepá matrice 2NP – otopná soustava	M 1:75
B.6.11.	Detail č.1 – Řez akumulční částí kamen	M 1:15
B.6.12.	Detail č.2 – Řez kamnovou vložkou v kamnech	M 1:15
B.6.13.	Ochranné a bezpečnostní prvky hypokaustových kamen	str. 134 - 136
B.6.14.	Čistírna odpadních vod a využití dešťových vod	str. 137 - 138
B.6.15.	Spotřeba energie a potřeba paliva	str. 139
B.6.16.	Vizualizace a hodnocení varianty	str. 140 - 148
B.6.17.	Technická zpráva	str. 149 - 156
B.7.	Varianta III – Topná centrála BRUNNER BHZ	str. 157 - 161
B.8.	Závěrečné hodnocení variant	str. 161 - 162
C.	Experimentální řešení a zpracování výsledků	str. 163 - 164
C.1.	Myšlenka a cíle experimentu	str. 165 - 166
C.2.	Popis zkoumaných kamen	str. 166 - 169
C.3.	Popis použitých měřících zařízení	str. 169 - 171
C.4.	Přípravné práce před počátkem experimentu	str. 171 - 174
C.5.	Vlastní popis experimentů	str. 174
C.5.1.	Teploty spalin v tahovém systému	str. 175
C.5.2.	Teploty teplosměnných ploch akumulční části a hypokaust systému	str. 176
C.6.	Výstupy z jednotlivých měření	str. 177
C.6.1.	Teploty spalin v tahovém systému	str. 177 -195
C.6.2.	Teploty teplosměnných ploch akumulční části a hypokaust systému	str. 196 - 198



C.6.3. Teplotní ztráta šamotového patrového tahového systému	str. 199 - 202
C.6.4. Teplotní ztráta komínového tělesa	str. 203 - 205
C.7. Termosnímky zkoumaných hypokaustových kamen	str. 206 - 222
C.8. Chyby měření	str. 223
C.9. Závěrečné hodnocení experimentu	str. 223
l) Závěr	str. 224
m) Seznam použitých zdrojů	str. 225 - 226
n) Seznam použitých zkratk a symbolů	str. 227 - 228
o) Seznam příloh	str. 229 - 230
- Příloha P1 – Experiment – Grafický výstup	8xA4
- Příloha P2 – Varianta II – Dvoupodlažní hypokaustová kamna s dvěma teplovodními spalinovými výměníky	8xA4
- Příloha P3 – Technický list kamnové vložky BRUNNER HKD 4.1 SK	4xA4

# Úvod

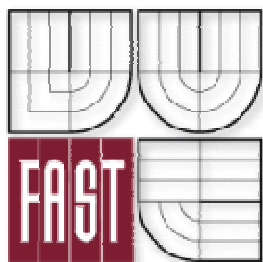
Jedním z největších výdajů domácností jsou výdaje na vytápění. Využívání kamen na spalování biomasy, jako hlavního zdroje vytápění, je v naší republice velmi málo rozšířené. Má diplomová práce se zabývá kamny, jako hlavním zdrojem vytápění v objektu rezidentního rodinného domu. Varianty konceptu kamen jsou zvoleny pro různé priority např. nezávislost na elektrické energii, pokrytí tepelné ztráty všech místností, designu, systému regulace, nebo nejmodernější hydraulické propojení s ostatními tepelnými zdroji. Kamna jsou velice individuálním dílem, a tedy mé varianty popisují jen možné nejlepší varianty dle zadaných podmínek.

Kamnářské řemeslo mělo v České republice dlouhou tradici, ale bohužel počátkem 70. let minulého století zaniklo. V roce 1995 bylo toto řemeslo vzkříšeno, byl založen Cech kamnářů České republiky. Aktivně se věnuji kamnářskému řemeslu již 8 let, v roce 2008 jsem se vyučil a úspěšně ukončil obor Kamnář. Z mých dosavadních zkušeností mohu říci, že okolní státy (Rakousko, Německo nebo Švýcarsko) jsou v poznatcích o tomto oboru mnohem dále než Česká Republika a proto je nutné věnovat více času a investičních prostředků pro snížení tohoto vědomostního mostu.

Aplikoval jsem dle mého názoru, dosavadní praxe, dosud nabytých zkušeností a dostupných nejmodernějších technologií i materiálů jednu z nejlepších variant vytápění do zvoleného objektu. Dostatečná tepelná setrvačnost a akumulace celého systému s kombinací se sálavým způsobem vytápění a minimálními náklady na vytápění dohromady tvoří základní „kámen“ hlavního zdroje na vytápění.



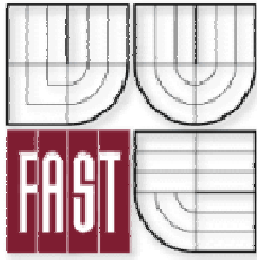
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

## KAMNA V KONCEPTU MODERNÍHO VYTÁPĚNÍ

A. Analýza tématu, řešení praktická, teoretická a experimentální



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Veveří 95, 662 37 Brno

---

## OBSAH:

### Analýza tématu, řešení praktická, teoretická a experimentální

A.1. Analýza tématu – upravit ještě, přechíst a doladit	str. 8 - 11
A.2. Praktická řešení z praxe	str. 11
A.2.1. Volba konceptu vytápění	str. 11 - 17
A.2.2. Centrální přívod vzduchu	str. 18
A.2.3. Spalovací komory	str. 19 - 21
A.2.4. Dimenzování tahového systému	str. 21
A.2.5. Dimenzování teplosměnných ploch	str. 21 - 22
A.2.6. Dimenzování komínového tělesa	str. 22 - 23
A.2.7. Návrh regulace	str. 23 – 24
A.3. Teoretická řešení	str. 24
A.3.1. Základy spalování dřeva	str. 24 - 27
A.3.2. Výpočet množství spalovacího vzduchu	str. 28 - 32
A.3.3. Spalovací proces v ohništi	str. 32 - 35
A.4. Experimentální řešení	str. 36 - 38
A.5. Řešení s využitím výpočetní techniky	str. 38

## A.1. Analýza tématu

Kachlová kamna v dnešní době nejsou pouze spalovací komora (většinou individuálně stavěná) a krátký tahový systém. Kamna dříve složila pro vytápění převážně jedné místnosti. Technický vývoj znamenal i kamnářský obor. Tak jako došlo ke změnám tepelně technických vlastností staveb, nároků uživatelů na tepelný komfort a obsluhu, tak se změnila i podoba dnes dimenzovaných a stavěných kamen.

Abych nastínil složitost a technické možnosti, musím počítat s jistými znalostmi. Tímto bych Vás chtěl pro zachycení počátečních informací odkázat na teoretickou část mé Bakalářské práce – Vytápění tuhými palivy. Zaměřte se na části zabývající se druhy šíření tepla, porovnání teplovzdušného a sálavého vytápění, rozdělení kamen a historický vývoj spalovacího komor. Především pak části popisující fyzikální princip hypokaust systému, který je i dnes nejlepším druhem předávání tepelné energie uvnitř kamen. Vzhledem k důležitosti hypokaust systému v mé práci v pozdějších kapitolách připomenu jisté zákonitosti a výhody tohoto systému.

Na počátku je zapotřebí uvědomit si kam vlastně kachlová kamna obecně patří. Do jakých druhů objektů, s jakou tepelnou ztrátou. Správná koncepce kamen nejvíce ovlivňuje celkový výkon, dobu akumulace, tepelný komfort a mnoho dalších faktorů. Před 80 – 100 lety byl pouze jeden druh objektu z hlediska tepelné techniky. V dnešní době je téměř každá stavba unikát. V současné době slaví nárůst stavby nízkoenergetické, pasivní, z části nebo celé pod zemí apod. Větrání celého domu je v moderních domech řízeno vzduchotechnikou, přicházejí nové tepelné zdroje jako tepelná čerpadla nebo solární kolektory. Investoři jsou mnohem více nároční, než tomu bývalo před pár desítkami let.

Kamna v pravém slova smyslu v sobě skrývají naprostou individualitu. Jako je každý člověk jedinečný svým vzhledem a charakterem, stejně tak jsou na tom kamna. Mohu s klidným svědomím prohlásit, že i v dnešní době má kamnářský obor co nabídnout. Je to pouze o šikovnosti odborníka, který navrhuje koncept vytápění, investora a kamnáře, aby našli společné řešení.

Bohužel v 21.století nestačí být jen výborný kamnář, aby mohl postavit kamna, která v sobě mají hodně z moderních technologií. Dnešní požadavky a poznatky klasická kamna doplňují o teplovodní výměníky, peletové moduly, automatické regulace procesu spalování, MaR, plně automatické provozy, ovládání kamen přes SMS nebo internet. Ano,

postavit jednoduchý jednoplášťový krb zvládne šikovnější řemeslník, ale i tam dají velmi často udělat zásadní chyby. Důležité jsou informace, znalosti a především zkušenosti. Technické možnosti kamen, jsou dnes velmi rozsáhlé. Tento pohled se pokusím nastínit v části B mé práce.

Kamna mají celkově tři hlavní části: spalovací komoru, tahový systém a komínové těleso. Pokud popíšete celou spalínovou cestu, můžete posoudit sami, že proto být dobrým kamnářem nestačí umět slepit dvě kachle kamnářskou hlínou a sponkami. Spalínová cesta začíná u nasávaného vzduchu, který je určen pro spalování. V nízkoenergetických domech, pasivních a všude tam kde výměnu vzduchu řídí vzduchotechnika, doporučuji přivést spalovací vzduch z exteriéru. Pro běžné rodinné domy je dostačující brát spalovací vzduch z místnosti (pozor na digestoře). Je důležité si uvědomit, že teplota i vlhkost vzduchu zasahují do spalovacího procesu, proto pokud to není nutné, je lepší brát spalovací vzduch z vytápěné nebo temperované místnosti. Množství vzduchu není radikálně velké, proto se může tato spotřeba vzduchu vzít jako nutná hygienická výměna vzduchu. Většinou v obytných místnostech 0,5 násobku objemu místnosti. Vlivem komínového tahu vznikne mírný podtlak v místnosti a pomocí například infiltrace se zajistí částečná výměna vzduchu.

Dříve byly spalovací komory individuálně stavěné (roštové, bezroštové, biotopeniště). Dnes jsou to především prefabrikované kamnové vložky, ve kterých by měl být standardem sekundární, lépe terciální přívod spalovacího vzduchu do topeniště. Přesný poměr, rychlost proudění i nasměrování vzduchu hraje velkou roli na účinnosti a dokonalosti spalování. Dnešní požadavek investorů je i veliký pohled na plameny. Spalovací komora potřebuje pravý opak, nejlépe jen kontrolní průhledový otvor, aby se přes prosklení neochlazoval spalovací proces a kulaté topeniště, kde nevznikají chladná místa v rozích. Technický vývoj zareagoval, dnes máme pokovená, dvojitá i trojitá prosklení. Výběr správné spalovací komory je velmi důležitý. Především kvalitou materiálů a technickou vyspělostí výrobku.

Na samostatný spalovací proces má vliv velké množství nejrůznějších faktorů. Počínaje vlhkostí, plošným povrchem, množstvím paliva, přes druh spalovací komory, poměr topeniště (výšky x šířky x hloubky), druh přívodu vzduchu, dimenzování a provedení tahového systému, tlakových poměrů na přívodu a odvodu spalín, regulací

množství vzduchu až po pravděpodobně nejvíce ovlivňující faktor a tím je ten lidský. Špatná obsluha velmi výrazně ovlivní celkové chování a účinnost kamen jako celku.

Dříve zmíněný tahový systém, je vhodně použitý akumulční materiál ve formě nadimenzovaných patrových, svislých nebo naprosto individuálních kanálů. Přitom už samotná volba materiálu tahového systému výrazně ovlivní celkový výkon a chování kamen. Nejčastěji používaný šamot se nejvíce hodí na klasická akumulční kamna. Například od rakouské firmy ORTNER lze použít tahový systém KMS, ten je určen především pro hypokaustové stavby.

Spalinová cesta má svou poslední část než vstoupí do atmosféry v komínovém tělese. Často podceňovaná, přesto velmi důležitá část tahového systému. Dostatečný podtlak, průměr, drsnost i tepelně izolační vlastnosti komínového tělesa výrazně ovlivní chování celých kamen. Dnes velmi často stavěné rodinné jednopodlažní domy tzv. „bungalovy“ mají stěží výšku komínové tělesa 2 – 3 m. Ideálně však potřebujeme 5,5 m účinnou výšku. Na všechno je však technické řešení.

Ze spalin se tepelná energie předává do akumulčního systému, ze kterého pomocí radiace, vedení i konvekce přechází daná energie na teplosměnné plochy kamen nebo už pomocí otevřené konvekce proudí teplý vzduch do místností. Přičemž vycházíme ze zákona zachování energie. Je to pouze redistribuce energie dle potřeby. To navrhuje kamnář v závislosti na požadavcích investora. Vhodnost použití otevřené konvekce, hypokaust systému nebo sálavých kamen (lehkých, středně těžkých a těžkých), zde opět odkazují na mou Bakalářskou práci.

Jestliže si uvědomíme, kolik neznámých vstupuje do procesu spalování a jakou cestu musí energie vložená v dřevěném polenu podstoupit, aby dosáhla tepelné pohody místností, tak už ze samé podstaty vyplývá, jak složitý a technicky náročný obor kamnářství je. V praxi se vše diskretizuje, zjednodušuje a výpočty se provádějí lineárně, přičemž víme, že veškeré probíhající děje jsou dynamické, nestacionární.

## **A.2. Praktická řešení z praxe**

Využiji svých jedenácti let praxe ve stavbě kamen, abych alespoň nastínil část řešení v současné praxi. Abych mohl věrohodně a dopodrobna rozebrat jednotlivé

technologie stavění kamen, všechny detaily a úskalí stavby, potřeboval bych na to zřejmě ještě jednu Diplomovou práci na téma stavba kamen. Pokusím se vysvětlit v jednoduchosti koncepční rozdíly v kamnech a jejich nejvhodnější použití. Jak tomu v životě bývá, člověk se učí celý život a můj nynější názor na danou problematiku se může zdát za několik let zastaralý a neadekvátní.

### **A.2.1. Volba konceptu vytápění**

Koncept, nebo-li volba použité kombinace technologií, je jak jsem zmiňoval rozhodnutím prvním a nejvíce důležitým. Kachlová kamna se největší četností využívají k vytápění rodinných domů s převážně trvalým užíváním. Většinou je investor a uživatel jedna a tatáž osoba. Při nejvhodnější volbě druhu kamen je nutné vědět životní styl rodiny, která bude kamna užívat. I s ohledem do budoucna. Vždy je výběr podmíněn objektem, jeho technickými možnostmi, životním stylem, vkusem a samozřejmě finančními prostředky investora / uživatele.

Jako příklad jsem uvedl v části: B.6.1. Návrh zdroje tepla – příklad rozvahy pro rozhodnutí o konceptu vytápění a nejvhodnější volbě kamnové vložky jako tepelného zdroje. Vždy by měl být v poměru tepelný komfort / vynaložené finanční prostředky / užítost / a životnost celého konceptu. V současné době se moc nehledí právě na poslední část a tou je životnost. Dnešní moderní technologie, telefony, elektronika, automobily mají životnost okolo 10 let a to jsem například mobilním telefonům přidal polovinu jejich životnosti navíc. Oproti tomu životnost klasických akumulčních kamen je přes 100 let. Při rozumném zacházení i déle. Hůře jsou na tom potom kamna, která už obsahují více moderních technologií. Jak říká přísloví: „Řetěz je pouze tak silný, jako jeho nejslabší článek.“ Velmi výrazně tedy sráží životnost například teplovodní výměníky, automatické regulace, klapky a samozřejmě změna uživatele, tím může kamna zničit za jednu topnou sezonu.

Druhy kamen a jejich možné použití a využití:

- Akumulační
  - Lehká



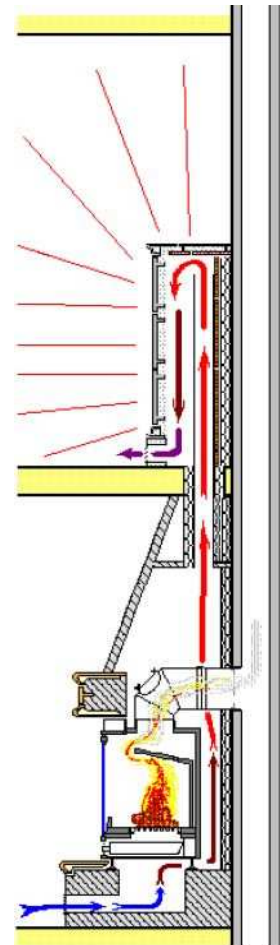
- Středně těžká
- Těžká
- Teplovzdušná
  - OTS – otevřený teplovzdušný systém
  - Falešný hypokaust systém
  - Hypokaust systém
- Teplovodní
- Kombinovaná
  - Akumulační a OTS
  - Akumulační a teplovodní
  - Teplovzdušná a teplovodní

Jiný pohled na rozdělení může být manuální nebo plně automatický provoz. Podle druhu paliva, buď kusové palivo, nebo pelety. Rozdělení dle architektury, vytápěných částí a mnoha dalšími pohledy lze kamna dělit.

Podrobnější popis nejvhodnějšího použití:

- Akumulační - klasická kachlová kamna, mezi největší výhody patří bezesporu tepelná setrvačnost, akumulace, převážně sálavé předávání tepelné energie do interiéru, tepelná stálost a setrvačnost teploty v interiéru. Jsou alternativním tepelným zdrojem, tedy nezávislým na přívodu elektrické nebo jiné globální energie z veřejných sítí.
  - Lehká – vhodné do objektů s nepravidelným intervalem užívání. Rychlá reakce na zatopení, vyšší povrchová teplota teplosměnné plochy, tedy i vyšší výkon na m<sup>2</sup>. Doba akumulace se pohybuje do 6 hodin po ukončení procesu spalování.

- Středně těžká – tento druh kamen už má vyšší hmotnost oproti lehkým, tedy vyšší schopnost akumulace a tepelné setrvačnosti. Nejvhodnější typ klasických kamen pro životní styl rodiny s dětmi v rodinném domě. Tepelná setrvačnost okolo 12 hodin zajišťuje dostatečný tepelný komfort. Pokud se systém doplní o automatickou regulaci, přikládá se maximálně 2x denně. V ideálním případě se zatápí pouze na začátku topné sezony.
- Těžká – povrchová teplota teplosměnných ploch je okolo 40-60°C. Relativně dlouho se kamna natápí, o to delší mají tepelnou setrvačnost. Taková kamna jsem podrobil i experimentu (oddíl C), kde jsem prokázal dobu tepelné setrvačnosti přes 24 hodin. Tato kamna se nejvíce hodí do dvougeneračního RD. Zajišťují téměř konstantní výkon po celou dobu topného cyklu (24 hod).



Obrázek A 1 - Falešný hypokaust systém (1)

#### ➤ Teplovzdušná

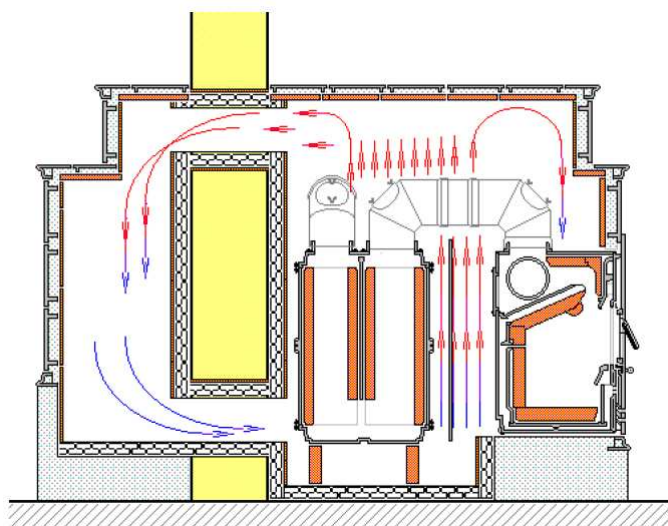
- OTS – otevřený teplovzdušný systém – pomocí teplovzdušných výměníků se teplo předá do vzduchu, který je volně nebo nuceně distribuován po objektu. O rozdílu OTS vs. sálavý způsob vytápění jsem také psal v mé Bakalářské práci.
- Falešný hypokaust systém – kombinace a využití výhod otevřeného teplovzdušného systému a hypokaust systému. Opět je nutný teplovzdušný výměník, od něho většinou přirozeně stoupá teplejší vzduch o nižší objemové hmotnosti vzhůru. V OTS je pomocí mřížky okamžitě vypuštěn přehřátý vzduch do místnosti. U falešného hypokaust systému je také umístěna výdechová mřížka, ale až za krátkým vzduchovým systémem

kanálů (tahů). Samozřejmě obestavba falešného hypokaust systému musí být z akumulčních materiálů. Je to elegantní přeměna čisté konvekce na větší podíl sálavé složky. Příjemným vedlejším efektem je i schopnost tepelné setrvačnosti většinou do 6 hodin.

- Hypokaust systém – neboli uzavřený teplovzdušný systém

Elegantní přeměnu tepelné energie konvekcí (OTS) na sálání představuje HYPOKAUST SYSTÉM. U OTS je studený vzduch nasáván mřížkou u podlahy a ohřátý přibližně na teplotu 60°C je vypuštěn horní výdechovou mřížkou ke stropu (zde je teplo nežádoucí, neboť by mělo být přiváděno do pobytové zóny cca 1,8 m od úrovně podlahy), nebo rozvedeno po objektu teplovzdušnými rozvody, kde se smíchá s okolním vzduchem a chladný se vrací zpět k nasávací mřížce u podlahy.

Výhodou OTS je větší výkon. Tohoto poznatku využívá i hypokaust systém, jen s jedním o to však důležitějším rozdílem. Systém je naprosto uzavřený uvnitř kamen, nikoli v celém objektu. Nesporná výhoda spočívá ve zvýšení teploty vzduchu. Cirkulací stejného vzduchu ohřivaného na neustále vyšší a vyšší teplotu. Tímto způsobem se dosáhne zvýšení výkonu o 15 - 20%.



Obrázek A 2 - Hypokaust systém (1)

Hypokaust systém je moderní trend vytápění v kamnářsky vyspělých zemích světa jako např. Německo, Švýcarsko, Rakousko. Česká republika patří k rychle se rozvíjejícím státům v tomto oboru.

- + Přeměna předávání tepelné energie konvekcí na sálavou složku.
- + Zvýšení součinitele přestupu tepla  $\alpha$  vlivem přirozené konvekce v uzavřeném prostoru
- + Rovnoměrnější teploty na plášti kamen (teplosměnných ploch) – teplovzdušná konvekce uzavřená uvnitř kamen rovnoměrně předává svou energii do teplosměnných ploch. Při klasickém sálavém způsobu předávání energie (uvnitř kamen) dochází k přehřívání lokálních míst v závislosti na směru tahového systému. Například v místě kolena tahového systému. Naopak v místech kde nevede tahový systém, je toto lokální místo chladnější než průměr teplot teplosměnných ploch, který se u hypokaust systému pohybuje v rozmezí 40 - 50°C.
- + Rychlejší předávání tepelné energie – sálavá plocha tahového systému (kamnové vložky, šamot-litinového výměníku, odkouření...) podporována konvekcí zvětší celkový výkon.
- + Bezúdržbový provoz – ve většině systémů není umístěna žádná klapka nebo jiné zařízení, u kterého hrozí opotřebení, nebo má omezenou životnost.
- + Bezporuchový provoz – není závislý na dalších přídavných dodávkách energie
- + Nepotřebuje ke své funkci žádnou přidanou energii (ventilátory apod.) – závislost na zvětšení a zmenšení měrného objemu při ohřívání a ochlazování (předávání tepelné energie do teplosměnných ploch) vzduchu.
- + Extrémně dlouhá doba životnosti – tento systém je téměř nemožné zničit. Doba ekonomické i technické životnosti je po celou dobu životnosti celých kamen.
- + Zvýšení životnosti kamnové vložky a tahového systému – cirkulací vzduchu a rovnoměrného ochlazování tahového systému, odkouření a kamnové vložky má dobrý dopad i na životnost těchto funkčních částí kamen. Nevznikají lokálně namáhaná místa, která jsou v praxi nejčastější příčinou oprav.
- + Nehrozí zakouření do místnosti – v případě OTS pokud nastaly nepříznivé tahové podmínky, může dojít k drobnému uniku zplodin ze spalin do systému. Vzhledem k otevřenosti celého systému a napojení do všech místností v objektu je to veliké riziko. Velmi často u OTS k drobnému zakouření docházelo při zatápění, kdy nenastaly ještě ideální tahové podmínky, nebo při nedostatečné údržbě komínového tělesa. Hypokaust systém je zcela uzavřený a v případě drobného uniku, zůstávají zplodiny uzavřeny v kamnech a nehrozí znečištění vzduchu v interiéru.

- + Funkčnost po dobu akumulace – systém je založen na zvětšování a zmenšování měrné objemové hmotnosti vzduchu, proto je tento systém stále funkční, pokud teplotní gradient není roven nule. To v jednoduchosti znamená, že dokud se teplota akumulačního systému a teplosměnných ploch nevyrovná. Například u těžkých kamen může být tato doba být delší než 24 hodin.
- + Velmi malá pořizovací cena a rychlá doba návratnosti – hypokaust systém je jen vylepšení „obyčejného“ tahového systému a pouze sálavého předávání energie. Je zapotřebí dodržet minimální a maximální šířku kanálů, ve kterých proudí teplý vzduch a doplnit o izolace podlahy. Vzhledem k výraznému navýšení výkonu a malé pořizovací ceně je doba návratnosti cca 2 – 3 roky.

➤ Teplovodní – dnes nejvíce rozvíjející se systém vytápění v kamnářském oboru. Moderní myšlenka je jedna akumulační nádrž a všechny tepelné zdroje teplovodní a napojené do AN, ze které se dál teplo rozvádí většinou podlahovým topením. Je nespočet krbových kamen, krbových vložek i kamnových vložek s teplovodním výměníkem. Je velký rozdíl v kvalitě a provedení. Musí být kvalitně provedené i teplovodní připojení a systém regulace. Velmi často se stává, že dochází k přetopení, pokud není systém dobře regulován. Klasická kachlová kamna bez teplovodního výměníku nepotřebují, a jsou tedy naprosto nezávislá na elektrické energii (pohon čerpadel, zajištění tlakové vody pro vychlazovací smyčku apod.). A životnost? Ta je u teplovodních kamen výrazně menší než u klasických správně dimenzovaných kamen.



Obrázek A 3 - Připojení kamnové teplovodní vložky k akumulační nádobě (9)

- Kombinovaná – v dnešní moderní době nejčastější varianta. Je výhodné vyprojektovat kamna z části teplovzdušná a další části akumulární. Je to vždy dle aktuálních potřeb investora a možnosti objektu.
  - Akumulární a OTS – Velmi častý a velmi vhodný koncept kamen pro nekonstantně dlouze využívané budovy. Relativně rychlá reakce kamen díky teplovzdušnému vytápění, naopak tepelná setrvačnost vlivem akumulace.
  - Akumulární a teplovodní – tuto variantu jsem zvolil například jako variantu II v části B mé práce. Ideální pro rozlehlé objekty o vyšší tepelné ztrátě.
  - Teplovzdušná a teplovodní – tento koncept vytápění se nejčastěji volí pokud krbová nebo kamnová vložka předává maximální poměr do teplovodního výměníku a zbytkové (velmi malé procento) teplo vlivem konvekce vstupuje do interiéru. Akumulace při tak malém vzdušném výkonu by neměla logické opodstatnění.

### A.2.2. Centrální přívod vzduchu

Centrální přívod vzduchu (CPV) pro potřeby spalovacího procesu jsem částečně popisoval v úvodní části této kapitoly. Vše vychází z množství (potřeby) kyslíku o správné teplotě, vlhkosti, rychlosti a poměru primárního a sekundárního vzduchu do topeniště.

Jak je patrné na obrázku vpravo, přívod spalovacího vzduchu je velmi důležitý pro spalovací proces, ale také slouží k oplachu prosklení kamnové vložky. Spalovací proces může být dokonalý, ale pokud se bude zakuřovat sklo, nikdy výrobek nebude žádaný u investorů. Další technický prvek, který odlišuje ty horší spalovací komory od těch lepších je přehřívání spalovacího vzduchu v dutých prostorách vložky.



Obrázek A 4 - Přívod primárního a sekundárního spalovacího vzduchu (7)

V praxi se povětšinou přívodní potrubí v kruhovém, nebo hranatém tvaru vede v podlaze. Vždy minimálně prořezu jaké má hrdlo CPV na kamnové vložce. Vodorovná vzdálenost přívodu vzduchu by neměla být delší než 5 m (pokud se dodrží minimální průřez). Pokud neprovedeme výpočet na tlakové ztráty, pak výrobci vložek většinou uvádění, že co 90° koleno, to délka přívodu zkrátit o 1 m. Samozřejmě je lepší provést výpočet tlakových ztrát na přívodu a posoudit to s hodnotou od daného výrobce kamnové vložky.

V části experimentální řečení (5.4) jsem vypočítal potřebné množství vzduchu pro potřeby spalování.

### **A.2.3. Spalovací komory**

Historický vývoj topenišť jsem popsal v mé Bakalářské práci, na kterou Vás tímto dokazuji. Nyní se budu zabývat výběrem spalovací komory v praxi.

Volba typu spalovací komory je přímo dána konceptem vytápění. Každý typ konceptu kamen (např. akumulční těžká sálavá kamna) má své ideální topeniště (např. individuálně stavěné BIO II. generace – izolované). Nejdříve tedy volíme nejvhodnější koncept vytápění – volbu druhu kamen a potřebného výkonu, nebo-li tepelné ztráty objektu (pokud se jedná o hlavní zdroj). Dle toho se vybere více vhodných typů topenišť. Z porovnání vybraných variant se zvolí ta nejvhodnější. Vždy je to podle priorit investora / uživatele. Měla by být vždy ve správném poměru kvalita, pořizovací cena, provozní náklady, životnost a efektivita dané spalovací komory.

Uvedu pár příkladů z praxe, jak je možno postupovat a jaké jsou vhodné spalovací komory do různých druhů kamen.

Příklad 1 – Menší RD určený na trvalé bydlení o tepelné ztrátě okolo 6 kW. Požadavek investora na co největší dobu akumulace bez potřeby vidět plamen. Jedním z nejdůležitějších požadavků je naprostá soběstačnost kamen. Nezávislý zdroj. Nejvíce ekonomickým a logickým krokem je použití šamotového topeniště např. BIO II. generace – izolované. Šamotové topeniště pomocí BIO kamenů dosahuje vysokých teplot a má nejdelší tepelnou setrvačnost. Kamna volím jakou ryze akumulční s individuálně

stavěným topeništěm i „těžkým“ tahovým systémem. Celkový vzhled v této technické variantě neřeším.

Nyní přichází na řadu polemika o regulaci procesu spalování. Pro akumulární stavby je regulace velmi důležitá a opodstatněná, ale na druhou stranu je závislá na elektrické energii. Z mých dosud nabytých zkušeností se mi jeví nejvíce vhodná kombinace automatické a manuální regulace. Na hadici centrálního přívodu vzduchu umístit ručně regulovatelnou klapku, která bude vždy po dobu chodu automatické regulace naplno otevřená. Dále bude na stejné hadici CPV osazeno i regulační klapka se servo-pohonem ovládaný automatickou regulací. Tato klapka musí být vybavena tzv. zpětnou klapkou, která v případě výpadku proudu naplno otevře klapku a umožní plnou regulaci té manuální. Proto po drtivou většinu chodu kamen bude proces spalování řídit automatika a pouze v kritických chvílích budou kamna naprosto funkční a tím pádem jsou naprosto nezávislým zdrojem.

Příklad 2 – Rekreační objekt, který je využíván nárazově, ale na delší dobu (například 14 dní). Příklad Horské chaty. S možností vytápět do patra. V objektu není ústřední teplovodní vytápění. Při dimenzování tepelného výkonu zdroje určitě nesmím zapomenout na zátopovou přírážku. Tedy předimenzovat výkon topeniště. Při požadavku rychlého tepla, čerstvě po příjezdu na horskou chatu, se nejvíce hodí předávání tepelné energie pomocí konvekce. Naopak pro trvalejší pobyt je mnohem vhodnější akumulace a sálavý způsob vytápění. Proto bych volil kamna napůl (dle vypočítaného poměru) OTS a zbytek akumulaci. Pro zvětšení efektu bych použil v horních patrech falešný hypokaust systém. Pro potřebný teplovzdušný výkon se naopak nejvíce hodí litinové kamnové vložky, které svým povrchem tvoří teplovzdušný výměník. Tahový systém je pak následně klasicky akumulární. Regulaci bych volil manuální – automatická se ekonomicky nevyplatí.

Příklad 3 – Moderní novostavba RD pro trvalé bydlení. Záložní zdroj tvoří tepelné čerpadlo. Solární systém pro ohřev TV. V celém objektu (jednopodlažním) je podlahové vytápění. Objekt je půdorysně rozsáhlý. Při použití ryze akumulárních nebo konvekčních kamen by velmi brzo docházelo k přetápění a malé efektivnosti. Volba konceptu kamen je pro mě jednoznačná. Kamna jako hlavní zdroj bych volil s kamnovou teplovodní vložkou s co největším podílem do teplovodního systému. A samozřejmě s nutnou akumulární nádrží. Regulace procesu spalování i teplovodní soustavy je téměř nutností. Kamna budou



prostorově malá, ale ze zbytkového tepla mohou být plochy kamen vytápěné. Bude zaručen pohled na hru plamenů a současně velmi efektivní tepelný zdroj.

Příklad 4 – Dvoupodlažní RD po rekonstrukci. Čtyřčlenná rodina trvale užívající objekt. Nutnost vytápět (i umět regulovat) horní 3 místnosti. Nezávislý tepelný zdroj. Samozřejmě možností je zde více, ale já osobně bych doporučoval kamnovou vložku s KMS tahovým systémem. Celková kamna bych zvolil hypokaustová – dvoupodlažní. Regulace výkonu horního hypokaust systému je možná automaticky, nebo manuálně klapkou na zpátečce. Maximální investice do technologie a naprosto nezničitelný hypokaust systém je výbornou volbou jako hlavní tepelný zdroj.

Dalo by se vymyslet, nebo z praxe popsat ještě velmi mnoho variant a konceptů řešení. Vždy je na individuálním přístupu investora, uživatele, kamnáře nebo topenáře. Jsou pouze méně či více vhodná řešení. Posouzení je individuálně hodnocené.

#### **A.2.4. Dimenzování tahového systému**

Tahový systém je přímo spojený s konceptem kamen. Tahový systém může být individuálně stavěný určený převážně do akumulace a sálavých kamen. Druhým typem jsou prefabrikované tahové systémy. Většinou šamotové, které usnadňují kamnáři stavbu, ale z hlediska tlakových ztrát je lepší individuálně stavěný tah, který s délkou svého tahu zmenšuje průřez (klesá teplota spalin => aby byla zachována konstantní rychlost) a také se snižuje tloušťka stěny tahu. Speciálním tahovým systémem je například už vícekrát zmiňovaný KMS systém. Který je speciálně vynalezen a vymyšlen pro kamnáře a hypokaust systém.

Dimenzování, které jsem názorně ukázal v části B mé Diplomové práce je podle české ČSN 73 4231 Individuálně stavěná kamna (2006) dimenzován především podle teploty spalin. V Rakousku či Německu je výpočet obohacen o další důležité veličiny jako tlakovou ztrátu tahu a rychlost proudění spalin. Výpočet je mnohem přesnější. Ovšem z praxe je nejlepší postupovat pomocí zkušeností a reálně naměřených hodnot výrobců kamnových vložek, nebo tahových systémů. Například výrobce BRUNNER uvádí reálně vstupní a výstupní teploty dané krbové či kamnové vložky pro různě dlouhý systém KMS při udané dávce paliva. Jinak je to počítání přesného výpočtu s nepřesnými čísly.

### A.2.5. Dimenzování teplosměnných ploch

Reálně provedený výpočet jsem provedl rovněž v části B mé práce. Návrh teplosměnných ploch dle platné ČSN 73 4231 je velmi zjednodušený pomocí tabulky, která uvádí pro jaký druh konstrukce obestavby (lehká, středně těžká, těžká) je výkon na  $m^2$ . A příslušné povrchové teploty. Tedy buď je jasná představa o vzhledu kamen a k tomu se musí příslušně nadimenzovat = přiřadit druh konstrukce teplosměnných ploch. Nebo máme tepelnou ztrátu místnosti a z tabulky a jednoduchého výpočtu zjistíme nutné povrchové plochy daných konstrukcí teplosměnných ploch, které slouží pro návrh vzhledu kamen.

TEPELNÝ VÝKON DLE KONSTRUKCE			
TYP KCE:	TL. KONSTRUKCE	TEPLOTA NA PLÁŠTI	VÝKON [ $kW \cdot m^{-2}$ ]
LEHKÁ	kachle	90 - 120°C	1,3
POLOTĚŽKÁ	kachle + 20 mm šamot	50 - 80°C	0,93
TĚŽKÁ	kachle + 2 x 20 mm šamot	40 - 50°C	0,68
HYPOKAUST	Litý šamot 20 mm (KACHLE)	50 - 60°C	0,76

V praxi se většinou přistupuje k tomuto zjednodušenému výkonu. Je pravdou, že vlivem redistribuce a Newtonových zákonů se povrchová teplota teplosměnných ploch za jistý čas přibližně vyrovná.

### A.2.6. Dimenzování komínového tělesa

Bohužel stále se v praxi setkávám s tím, že komínové těleso je postavené a hledá se řešení pro již postavený komín. Přitom komínové těleso by mělo sloužit kamnům nebo obecněji svému zdroji a nikoli naopak. Nejdříve je nutné vybrat si tepelný zdroj o daných parametrech tlakových poměrů. Nejideálnější je komínové těleso o stejném průměru jako má kamnová vložka. Při jednodušších stavbách kamen nebo krbů se může postupovat takto, nicméně kamna mají vždy tahový systém. A ten může být více či méně tlakově náročný. Proto kvalitní dodavatelé komínových systému (např. SCHIEDEL) má svůj výpočetní program na dimenzování komínových těles i s daným tahovým systémem.

Tedy pokud budu hovořit o kamnech a jejich požadavcích na komínové těleso je to samozřejmě tepelná odolnost, tepelná ztráta 1m<sup>2</sup> komínového tahu, průměr, druh a výška zaústění. Pro kamna se většinou dělají 2 vstupy do komínového tělesa. První, nižší slouží většinou pro roztápění, kdy se odpojí ze spalinové cesty tahový systém a pro dobu než se dostatečně ohřeje komínové těleso a připraví se ideální podmínky pro kvalitní proces spalování. Při zatápění na přibližně prvních cca 5 – 10 minut. Druhý vstup do komínového tělesa je pro spalinovou cestu se zařazeným tahovým systémem. Oproti krbům, kde je nejlepší 45° zaústění, je u kamen více vhodné 90° zaústění, vzhledem k napojení tahového systému na komínové těleso.

Pokud bych měl doporučit pro kamna, která ještě nejsou vymyšlená, a nutně potřebuje investor postavit komínové těleso, doporučil bych ze zkušeností a největší četnosti dimenzovaných komínů komínové těleso SCHIEDEL ABSOLUT DN 180 s jedním 90° zaústěním ve výšce cca 2 m od čisté podlahy místnosti, kde by měla kamna stát. Pokud bude zapotřebí udělat druhý vstup do komínového tělesa, zaškolená firma by měla být schopna vytvořit (vyřezat) další vstup v požadované výšce. Nicméně jak jsem psal na začátku této kapitoly, nejlepší je pokud se nejprve vymyslí kamna a komínové těleso se dimenzuje až následně.

### **A.2.7. Návrh regulace**

Regulace v kamnářském řemesle se navrhuje především pro kontrolu procesu spalování a zvýšení bezpečnosti, životnosti a zlepšení vlastností kamen. Pro regulaci se používá klapka umístěná na přívodu spalovacího vzduchu, která je ovládána servopohonem. Ten je řízen řídicí jednotkou na základě aktuální teploty spalin v závislosti na čase. Provedl jsem v části B mé Diplomové práce rozsáhlý systém regulace, kdy byl regulován nejen proces spalování, ale také teplovodní soustava. Investice do regulace systému má velmi rychlou dobu návratnosti. V části C mé práce jsem také pozoroval chování teploty spalin v závislosti na procesu spalování regulovaného automaticky nebo manuálně. Výsledky jsou patrné z doložených grafů s mým komentářem.

Závěr:

Jak jsem dříve zmínil, pro uvedení dalších poznatků a příkladů z praxe by nestačilo pár desítek stran textu. Jak jsem ze svého dosavadního života pochopil, každý z nás je jedinečný a má své názory na danou věc či problematiku. Proto daný problém řeší každý kamnář jinak. Máme jako kamnáři velké mezery v normách a vědomostech. Není dosud například stanovena metodika výpočtu či dimenzování hypokaust systému. Neřeší v tahovém systému nebo právě zmíněném hypokaust systému hydrauliku, tlakové ztráty a poměry v tahovém systému a ty jsou dle mého názoru jedním z nejdůležitějších při návrhu. Prozatím vše vychází ze zkušeností starších kamnářů.

### A.3. Teoretická řešení

Vytápění kamny obsahuje velké množství tepelných výměn, chemických reakcí a fyzikálních dějů. O přenosu tepelné energie sáláním, konvekcí i vedením bylo již napsáno velké množství publikací, touto částí se tedy v teoretické části zabývat nebudu.

Proces spalování je základem pro správné pochopení kamen a jejich zákonitostí. Pro každou stavbu jsou na jejím začátku důležité správně dimenzované základy, proto i já se budu zabývat procesem spalování a potřebným množstvím vzduchu – kyslíku.

#### A.3.1. Základy spalování dřeva

Složení tuhých paliv standardně vychází z definice tří základních složek hořlaviny (h), popeloviny (A) a vody (w). Tyto tři složky představují společně v plné míře palivo, a proto platí, že (3)

$$H + A + w = 1 \quad [1a]$$

Hořlavina dřeva je téměř bezzbytku organická hmota s poměrně vysokým obsahem kyslíku a zahrnuje všechny složky jako nositele energie. Anorganické látky, které se při růstu organické dřevní hmoty transportovaly z půdy do jeho struktury tvoří popelovinu a voda je přirozenou a nezbytnou součástí každé organické hmoty.

Sluneční záření, vzduch s obsahem oxidu uhličitého a voda jsou nezbytné pro existenci fotosyntézy, zabezpečují růst organické hmoty. Je to proces transformace sluneční energie na energii chemicky vázanou v biomase, ve které je tato energie akumulována. Jak řekl slavný fyzik Richard P. Feynman: „*Stromy vznikly převážně ze vzduchu. Když ho spálíme, vrátí se do vzduchu, přičemž se uvolní sálavé teplo, což je sálavé teplo ze Slunce, kterého bylo třeba, aby se vzduch proměnil v dřevo stromů; trocha popela je pozůstatek té části stromů, která neměla původ ve vzduchu, ale v zemi.*“ (3)

O dřevní hmotě jsem podrobněji mluvil v mé Bakalářské práci, a tedy budu zde opakovat již jednou mnou napsané. Popisoval jsem spíše rozdělení, vlastnosti a

zacházením se biomasou. V mé Diplomové práci se zaměřím na chemické procesy a konkrétní výpočty. (3)

Nejdůležitějším údajem o palivu je jeho energetická hodnota – neboli množství energie, která se uvolní spálením jednoho kilogramu. Nositelem energie je hořlavina. Je aktivní složkou paliva, zatímco popelovina a voda jsou složkami pasivními, energetickou hodnotu paliva snižují. Téměř zanedbatelný podíl popeloviny v dřevní hmotě nabízí formálně snadné zjednodušení rovnice [1] zavedením nového pojmu „sušina“ (označení „d“). Sušina zahrnuje hořlavinu a popelovinu. Prvek je dokonale vysušený, tzv. bezvodý prvek. Rovnice [1] pro dřevní hmotu pak bude mít tvar

$$d + w = 1 \quad [1b]$$

## HOŘLAVINA

Jak bylo zmíněno výše, hořlavina představuje nejvýznamnější složku paliva, neboť je nositelem energie. Více informací poskytne její prvkový rozbor, vyjadřovaný pro tuhá paliva ve tvaru

$$C^h + H^h + S^h + N^h + O^h = h \quad [2]$$

Značky udávají podíl vyjmenovaných prvků v hořlavině a zápis podle [2] říká, že hořlavina žádné další prvky v pozoruhodné míře neobsahuje. Je nutné zdůraznit, že nositelem chemicky vázané energie paliva je pouze uhlík, vodík a síra, zatímco dusík a kyslík jsou sem zahrnuty pro jejich roli ve spalovacím procesu a metodiku provádění prvkové analýzy. V našem případě se zabýváme spalováním dřeva v němž je obsah síry zanedbatelný a aktivními prvky jsou tedy pouze uhlík a vodík. [3]

Statisticky zpracování velkého počtu dat z prvkového rozboru dřeva vede jednoznačně k závěru, že se prvkové složení hořlaviny všech běžných druhů dřeva podstatně neliší. Budeme proto ve všech dalších případech vycházet z průměrného složení hořlaviny: (3)

50,29 % uhlíku

6,05 % vodíku

42,26 % kyslíku

0,60 % dusíku

0,80 % popeloviny

Rovnice (2) platí pro hořlavinu a obsah jednotlivých prvků jsou proto označeny horním indexem „h“. Sloučením [1a] a [2] vyjádříme složení tzv. surového (tj. reálného) paliva a používáme horní index „r“. (3)

$$C^r + H^r + S^r + N^r + O^r + A^r + w^r = 1 \quad [3]$$

Je důležité poznamenat, že podíl jednotlivých složek / prvků bude odlišný pro hořlavinu, sušinu, nebo surové palivo, což se dá například vyjádřit zápisem:

$$C_h \neq C_d \neq C_r$$

Hořlavinu lze také rozdělit na podíl prchavé složky a fixního uhlíku. Ze dřeva se prchavá složka uvolňuje již při teplotě okolo 160°C. Obsah prchavé složky v palivu je cca 85%. (3)

Popela jako zbytku neorganické části dřeva je po spálení cca 0,2 -1 %, tedy velmi malé procento. Především v ohništích s vyšším výkonem, ve kterých je také vyšší spalovací teplota, dochází ke změně struktury popela. Jde o to, že při vysokých teplotách popel měkne a má tendenci vytvářet na stěnách ohniště nánosy, které ohrožují správnou funkci spalovacího zařízení. Pro posouzení nebezpečí tvorby nánosů jsou definovány charakteristické teploty měknutí ( $t_A$ ), tání ( $t_B$ ) a tečení popela, které v případě biomasy musíme doplnit o teplotu sintrace ( $t_S$ ). (3)

Sintrace je proces, probíhající již při teplotách nižších než je teplota měknutí, při které dochází ke změně v krystalické struktuře popela a původně prášková hmota se tak výrazně zhutňuje. Pro popel ze smrkového dřeva byly laboratorními testy určeny charakteristické hodnoty: (3)

$$t_S = 695^\circ\text{C}$$

$$t_A = 1448^\circ\text{C}$$

$$t_B > 1500^\circ\text{C}$$

$$t_C > 1500^\circ\text{C}$$

Je zřejmé, že v malých topeništích nehrozí vážné nebezpečí tvorby usazenin na stěnách ohniště. I když teplota v jádru plamene teplotu  $t_S$  obvykle překračuje. Nejnižší hodnoty sintrace vykazují pěstované energetické rostliny, zejména sláma. Překročení teploty sintrace je nejvíce patrné používáním nekvalitních pelet při jejich spalování. Je na pohled patrné spékání částic popela. (3)

### A.3.2. Výpočet množství spalovacího vzduchu

Zjednodušený výpočet teoretického množství vzduchu pro spálení jednoho kilogramu sušiny dřevní hmoty:

Hořlavina dřeva tedy obsahuje dvě spalitelné složky – uhlík a vodík. Dále také kyslík, jehož množství obsažené v jednotce dřeva je nutno od bilancovaného množství odečíst – není třeba dodávat. Obsah dusíku v hořlavině je z hlediska bilance nevýznamný. S přihlédnutím k obsahu kyslíku ve vzduchu (23,3% hmotnostně, 21% objemově) lze hmotnostně vyjádřit spotřebu vzduchu pro spálení jednoho kilogramu dřeva, obsahujícího C [-] uhlík, H [-] vodík a O [-] kyslík: (3)

$$V_{VZ,t} = \frac{1}{0,232} * (2,267 * C + 7,94 * H - O) \quad [kg * kg^{-1}] \quad [4]$$

$$V_{VZ,t} = \frac{1}{0,21} * (1,86 * C + 5,55 * H - 0,7 * O) \quad [m^3 * kg^{-1}] \quad [5]$$



První člen přepočítává spotřebu kyslíku na spotřebu spalovacího vzduchu, druhý člen vyjadřuje spotřebu vzduchu pro spálení uhlíku, třetí to stejné jen pro vodík. Čtvrtý člen snižuje celkovou spotřebu kyslíku o kyslík už obsažený v samotném palivu. (3)

Pozn. Hodnoty obsahu uhlíku, vodíku a kyslíku musí pro daný výpočet odpovídat reálnému palivu, nikoli v sušině, nebo hořlavině.

Průměrné složení sušiny dřeva:

50,29 % uhlíku

6,05 % vodíku

42,26 % kyslíku

0,60 % dusíku

0,80 % popeloviny

Tedy jeden kilogram sušiny bude obsahovat 0,5029 kg uhlíku a 0,0605 kg vodíku jako aktivní nositele chemické vázané energie, zbývající složky jsou pasivní, nepředstavují tedy energetický přínos a stojí také za pozornost, že zhruba šestina potřebného kyslíku je přímo obsažena v palivu a není je zapotřebí do ohniště přivádět. Toto je jednou z podstatných příčin snadného zapálení dřeva. (3)

Výpočet teoretického množství vzduchu pro spálení jednoho kilogramu sušiny dřevní hmoty:

$$V_{VZ,t} = \frac{1}{0,232} * (2,267 * 0,5026 + 7,94 * 0,0605 - 0,426) = \mathbf{6,02 \text{ kg} * \text{kg}^{-1}}$$

objemově:

$$V_{VZ,t} = \frac{1}{0,21} * (1,87 * 0,5026 + 5,55 * 0,0605 - 0,7 * 0,426) = \mathbf{4,67 \text{ m}^3 * \text{kg}^{-1}}$$

K dokonalému spálení jednoho kilogramu dokonale vysušené dřevní hmoty (sušiny) je zapotřebí 6,02 kg, což je 4,67 m<sup>3</sup> vzduchu. Ovšem reálné dřevo má v sobě obsah vody w, proto platí:

$$V_{VZ,t} = 6,02 * (1 - w) = \quad [kg * kg^{-1}] \quad [6]$$

$$V_{VZ,t} = 4,67 * (1 - w) = \quad [m^3 * kg^{-1}] \quad [7]$$

Při reálné hmotnosti vody ve dřevu připraveném pro spalování je  $w = 0,25$  – tedy vlhkost 25%.

$$V_{VZ,t} = 6,02 * (1 - 0.25) = \mathbf{4.65 kg * kg^{-1}}$$

$$V_{VZ,t} = 4,67 * (1 - 0.25) = \mathbf{3,50 m^3 * kg^{-1}}$$

Dalším neméně podstatným faktorem je skutečnost, že všechny spalovací komory pracují s bezpečnostním přebytkem vzduchu. Tedy část přiváděného vzduchu (kyslíku) se procesu spalování vůbec neúčastní. Z logiky bilance vychází, že se snažíme množství vzduchu přiblížit k minimální nutné hranici. Ovšem v reálné praxi je u výborných spalovacích komor přebytek vzduchu  $n = 1,5 - 2$  násobek nutného.

Přebytek vzduchu je podílem skutečného množství vzduchu k nezbytně nutného vzduchu ke spálení všech hořlavých složek –  $V_{VZ,t}$

$$n = \frac{V_{VZ,sk}}{V_{VZ,t}} \quad [-] \quad [8]$$

Tedy po úpravě:

$$V_{VZ,sk} = V_{VZ,t} + (n - 1) * V_{VZ,t} \quad [9]$$

$$V_{VZ,sk} = 4,65 + (2 - 1) * 4,65 = \mathbf{9,3 kg * kg^{-1}}$$

Objemově:

$$V_{VZ,sk} = 3,5 + (2 - 1) * 3,5 = \mathbf{7,0 m^3 * kg^{-1}}$$

Z doložených výpočtů vyplývá, že se v topeništích snažíme o co nejmenší přebytek vzduchu, který nejen výrazně ochlazuje spalovací proces, ale také současně ochlazuje

interiér ve formě tepelné ztráty větráním v případě nasávání spalovacího vzduchu místnosti.

Určení, zda-li je možné využívat vzduch pro spalování z interiéru, může posloužit tento můj zjednodušený výpočet.

Obývací pokoj o rozměrech 5\*4\*2,8m (d\*š\*v). Jmenovitý výkon kamen je například Q=10 kW. Nasávání spalovacího vzduchu pro hoření by mělo být ze zadané místnosti. Určíme tedy, že hodinově potřebujeme vytvořit 5 kW energie spalováním dřeva. Určíme účinnost kamen na 85%, přebytek vzduchu n = 2. Hygienická výměna vzduchu v obývacím pokoji je n = 0,5.

Objem místnosti:

$$O = d * š * v = 5 * 4 * 2,5 = 50 \text{ m}^3$$

Tedy z toho nutná hygienická výměna vzduchu

$$O_{\text{hyg.}} = n * O = 0,5 * 50 = 25 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$$

Potřeba dřeva pro výkon 5kW:

1 kg dřeva o průměrné vlhkosti 25% má v sobě naakumulovanou energii 3,95 kW. Potřebné množství paliva označím m.

$$m = Q / 3,95 = 10 / 3,95 = 2,53 \text{ kg dřeva}$$

pokud započítáme účinnost spalování 85% ( $2,53 * 1,15$ ) dostaneme množství 2,9 kg dřeva. Můžeme zaokrouhlit na 3 kilogramy dřeva.

Z rovnice [5] víme, že potřebujeme  $4,67 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  pro sušinu, při w= 25% z rovnice [7] dostaneme hodnotu  $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Pro přebytek vzduchu n = 2 a rovnice [9] následně dostaneme hodnotu  $7 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Jednoduchým propočtem zjistíme potřebné množství vzduchu pro vytvoření potřebných 10 kW. Pro tento výkon je zapotřebí spálit cca 3 kg dřeva za hodinu.

Potřebný objem spalovacího vzduchu tedy:

$$O_{\text{spalování}} = m * V_{\text{vz,sk}} = 3 * 7 = 21 \text{ m}^3$$

Tedy ze zvolené místnosti, kde je nutná hygienická výměna vzduchu  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$  byla spočítána potřeba vzduchu pro hoření na  $21 \text{ m}^3$ . Vzhledem k tomu, že proces spalování v takto malém množství trvá přibližně hodinu, můžeme tyto dva výsledky porovnávat.

Toto je pouze můj názor na danou problematiku. Pokud je potřebná hodinová výměna vzduchu místnosti, ze které se bude nasávat vzduch pro hoření větší než potřeba vzduchu pro hoření, mohl by se teoreticky vzduch z místnosti (v mém příkladě polovina objemu místnosti), který se má vyměnit, použít pro spalovací proces, než aby byl bez užitku vypuštěn do exteriéru. Stačí pouze dodat čerstvý vzduch, popřípadě dovětrat potřebné množství vzduchu. Vynaložená energie kámen do ohřátí vzduchu z exteriérové teploty na interiérovou je pak více zhodnocena, pokud ten stejný ohřátý vzduch poslouží také ke zlepšení procesu spalování.

Z praxe a reálných staveb vím, že jsou většinou místnosti vzdušně propojené a proto můžeme celý nebo jen část objemu dalších místností připočítat do možného objemu vzduchu pro spalování. Je zapotřebí určit nejnepříznivější kombinaci a s tou počítat.

Není třeba bezhlavě vždy dělat centrální přívody vzduchu pro hoření z exteriéru. Je potřeba vždy objektivně zhodnotit danou situaci.

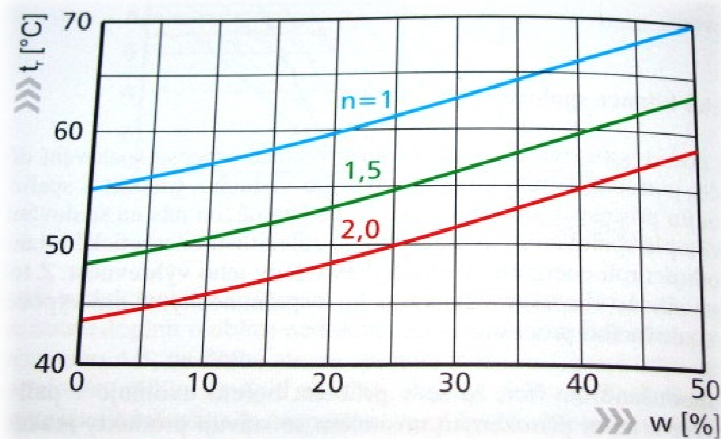
### **A 3.3 Spalovací proces v ohništi**

Na toto téma by se také dala napsat samostatná Diplomová práce. Proto jsem nucen vybrat jen zlomek problematiky, a aby byl lépe pochopen proces spalování budu spíše prezentovat poznatky grafy.

Jedním ze zajímavých pohledů na problematiku spalinové cesty je její návrh. Podle naší České ČSN 73 4231 je požadována teplota kondenzace spalin  $100^\circ\text{C}$ . Z poznatku z experimentů a výpočtu víme, že tomu tak není. Podle výpočtové metodiky jiných evropských zemí mají teplotu kondenzace spaliny o teplotě  $60^\circ\text{C}$ .

Teplota spalin, při které začíná vodní pára ve spalinách kondenzovat, se právě nazývá teplotou rosného bodu spalin –  $t_s$ . Její hodnota je dána při standardních tlakových

podmínkách složením spalin a protože je složení sušiny dřeva prakticky konstantní, závisí složení spalin na vlhkosti dřeva ( $w$ ) a přebytku vzduchu ( $n$ ) spalování. Tato závislost je vidět na obrázku A 5. (3)



Obrázek A 5 - Teplota kondenzace spalin v závislosti na přebytku vzduchu (3)

Je patrné, že při statisticky největší četnosti přebytku vzduchu  $n = 2$  a vlhkosti dřeva  $w = 20\%$  vychází teplota rosného bodu spalin  $50^\circ\text{C}$ . Pochopíte lně čím větší vlhkost paliva, tím vyšší je i teplota kondenzace spalin. Pro snížení teploty kondenzace nám pozitivně přispívá vyšší přebytek vzduchu.

### Cyklický průběh procesu spalování

Každý spalovací proces kusového paliva (dřeva) má čtyři fáze hoření. Je velmi důležité uvědomit si, že odhořívání paliva probíhá kontinuálně, nikoli naráz. Jednotlivé fáze musí palivo podstoupit, aby bylo kvalitně spáleno a tím předalo maximum své energie.

Fáze hoření dřevní hmoty:

- I. Ohřev dřeva, vypařování vody
- II. Pyrolýza – tzv. uvolňování a zapálení prchavé složky paliva
- III. Hoření dřeva
- IV. Žárový proces – dohořívání zbytkového uhlíku

Teoretické vymezení těchto fází hoření je nezbytné pro popis a pochopení zákonitostí spalovacího procesu. Ve skutečnosti však není jeho členění do jednotlivých fází ani zdaleka striktní a fáze se podle reálných podmínek různou měrou překrývají. Ani teplota v celém topeništi není konstantní.

Úvodní **fáze ohřevu** je jako jediná energeticky negativní – ke správnému průběhu spotřebovává teplo z ohniště. Zde se ukazuje význam akumulace tepla do stěn ohniště a dohořívajících tuhých zbytků na roštu. Spotřeba tepla v této fázi závisí na **teplotě paliva a zejména jeho vlhkosti**. Čím vyšší je obsah vody v palivu, tím více tepla bude zapotřebí k jejímu odpaření a tím větší bude také ochlazení ohniště. Další výraznou charakteristikou této fáze je, že při ní neprobíhá spalovací reakce a není proto závislá na přívodu spalovacího vzduchu. (3)

Význam následující **fáze uvolňování a zapálení prchavé hořlaviny** spočívá v nastartování procesu hoření, tj. zapálení paliva. Při zahřátí dřeva na teplotu zhruba 160°C se ze dřevní hmoty začínají uvolňovat hořlavé plynné složky tvořené uhlíkem, vodíkem a zčásti dusíkem, které se snadno zapalují a iniciují tím tak vznik plamene. Tím je zahájena **řetězová reakce hoření**, kdy reakční teplo zvyšuje teplotu dřeva, což posiluje uvolňování prchavé složky hořlaviny a spalovací reakce se rozbíhá k vyšší teplotě a vyšší rychlosti reakce. Tato fáze již bezpodmínečně vyžaduje přívod spalovacího vzduchu a spotřebu kyslíku s rozvojem spalovací reakce roste. (3)

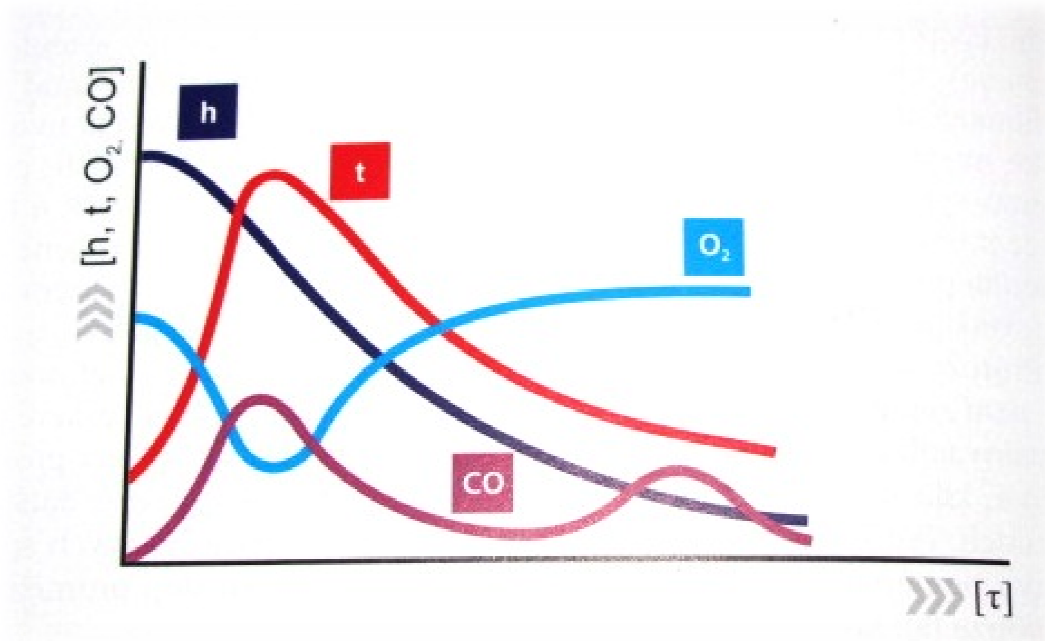
Nyní je dřevo již zapálené a nastává samotná **fáze hoření dřeva**. Těžiště hoření je ve vrstvě paliva na dně spalovací komory a sem je také zapotřebí přivádět potřebné množství spalovacího vzduchu. Spalování tuhých paliv probíhá vždy postupně. Začíná heterogenní reakcí tuhé fáze s plynným oxidantem a výsledkem této reakce je hořlavý plyn. Jedná se tedy o zplyňování a v případě dřeva s vysokým obsahem prchavé hořlaviny je tento proces velice významný, co se týká průběhu celého spalovacího procesu je to fáze dominantní. Velké množství hořlavých plynů, expandujících v teplém topeništi, potřebuje k dokonalému vyhoření dostatečně vysokou teplotu, kyslík jako oxidant a také čas, neboť reakce probíhá v reálném čase. Doba setrvání plynů v ohništi je určena rychlostí a charakterem proudění spalin v prostoru ohniště a jeho objemem a tvarem a obecně platí, že čím větší je ohniště, tím dokonalejší lze očekávat vyhoření paliva, tj. účinnosti spalování. To však platí do určité hranice. Protože heterogenní zplyňovací reakce vede v počáteční fázi pouze k meziprojektu, není zapotřebí přivádět pod roštem

do vrstvy hořícího paliva veškeré potřebné množství spalovacího vzduchu. Nedostatek kyslíku se projevuje spíše v prostoru nad vrstvou paliva, kde se spalují hořlavé plyny a sem je žádoucí přivést další, tzv. sekundární spalovací vzduch. Je důležité si uvědomit, že do objemu horkých plynů by se neměl pustit chladný vzduch, ten by se měl předehtát například v konstrukci spalovací komory. Není zásadní pouze objem vzduchu, ale také jeho rychlost a směrovost. Horké uvolněné plyny (uhlovodíky) je zapotřebí důkladně promíchat s přiváděným vzduchem, nejlépe turbulentním prouděním. (3)

Všechno výše popsané se při hoření dřeva odehrává v cyklech a neustále se mění podmínky tepelné rovnováhy, při které se odváděné teplo rovná přiváděnému. Okamžité podmínky určují teplotu v ohništi a jí odpovídající rychlost spalovací reakce.

V průběhu hoření přiložené dávky paliva samozřejmě palivo ubývá, mění se tepelná bilance ohniště i teplota a rychlost hoření a nakonec nastává fáze dohořívání tzv. **žárový proces**. Je to uhlík, který se dříve nestihl spálit a nyní žhne ležící ve vrstvě popela na dně spalovací komory. Teplota v ohništi postupně nekonstantně klesá. Potřeba vzduchu v této fázi je velmi málo oproti předchozí fázi.

Popsané čtyři fáze probíhající v ohništi v cyklech (cyklus přikládání) je patrné z dolního obrázku.



Obrázek A 6 - Probíhající fáze v hoření (3)

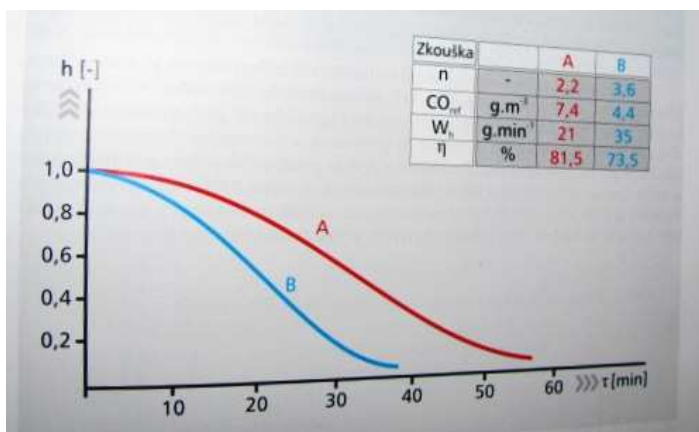
Legenda: h – hořlavina; t – teplota; O<sub>2</sub> – kyslík; CO – oxid uhličitý

Průběhy veličin jsou idealizované, v reálném případě se pohybují s jistou oscilací. Spalovací proces není konstantní a statický, ale dynamický.

#### A.4. Experimentální řešení

Kamnářské řemeslo je stále ještě v naší republice v silném vývoji a snaží se dohnat znalosti ze západní Evropy. Cech kamnářů ČR nemá svou laboratoř a tedy se experimentálně nezkouší. Budu zde tedy prezentovat experimenty provedené pány Prof. Ing. Pavlem Noskovičem, CSc. a Ing. Radkem Pilchem, PhD. z jejich publikace Spalování dřeva v malém ohništi.

Rozsah regulace spalování u krbových kamen (nikoli kamnových vložek) ukazuje graf č.1. Jsou na něm uvedeny dvě křivky hoření A a B, získané při spalovacích zkouškách. Dávka paliva odpovídající jmenovitému výkonu byla při nich ve dvou polenech přikládána do



Obrázek A 7 - Doba hoření v závislosti na přebytku vzduchu (3)

vytopeného ohniště a zkoušky A a B odpovídají dvěma krajním hodnotám vzduchového režimu (poloha regulátoru byla nastavena na minimální a maximální polohu). Je vidět, že spalování s přebytkem vzduchu  $n=2,2$  vydržela dávka paliva hořet téměř hodinu, zatímco při zvýšeném přebytku vzduchu  $n=3,6$  to

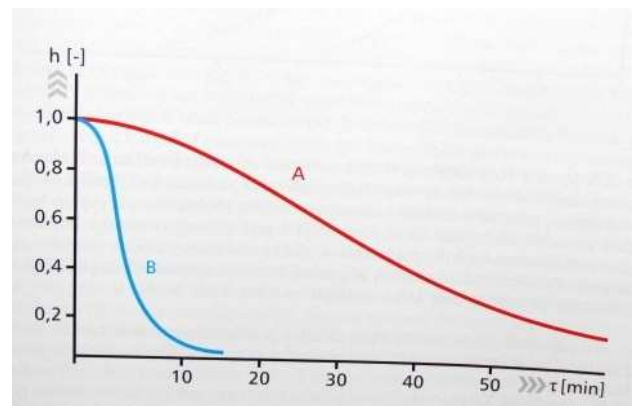


byla zhruba půlhodina. Zatímco při zkoušce B byla průměrná emisní koncentrace oxidu uhelnatého ve spalinách  $4,4\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  byl při zkoušce A se sníženým množstvím vzduchu v ohništi lokální nedostatek kyslíku a koncentrace vzrostla na  $7,4\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . I když obecný limit je  $12,5\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . (3)

Ideální stav pro zkoušený typ krbových kamen je uprostřed křivek A a B. Proto je regulace velmi důležitá. Na začátku procesu spalování je lepší větší přebytek vzduchu, s postupem času je lepší přivírat množství spalovacího vzduchu v závislosti na času a teploty spalin.

Velmi podstatným způsobem také rychlost hoření ovlivňují rozměry paliva. Přesněji jeho reakční povrch. Je to plocha, na které reaguje primárně oxidant neboli vzdušný kyslík s hořlavinou paliva a tato plocha roste s klesajícím rozměrem kusů paliva.

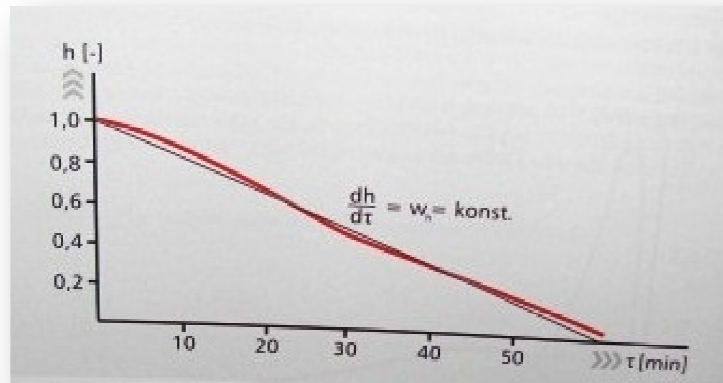
Následující zkouška popisuje vliv reakčního povrchu na rychlost hoření. Pro zkoušku A byla použita dvě polena o průměru 4 cm a délce 35 cm, což odpovídá měrnému reakčnímu povrchu  $0,08\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$ , zatímco pro zkoušku B byla identická dvě polínka rozštípaná na celkem 194 kusů s měrným reakčním povrchem  $0,94\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$  a reakční povrch se tak zvýšil více než desetkrát. (3)



Obrázek A 8 - Vliv reakčního povrchu na dobu hoření (3)

Jak je patrné z grafu jemně našťípaná polena velmi rychle vyhoří, ale vytvoří rychleji ideální spalovací podmínky. Tedy jeli požadavek na vyšší výkon, je zapotřebí vkládat celkovou vsázku paliva o vyšším reakčním povrchu. Naopak pokud dochází k přetápění interiéru a je požadavek pohledu na plameny, je lepší naopak vkládat menší množství paliva o nižším reakčním povrchu. (3)

Z provedených zkoušek vyplývá i závislost vyhoření paliva na čase. Nejpřesněji je to derivace vyhoření dle času, to lze brát za konstantu. Po celý spalovací cyklus konstantně ubývá palivo v topeništi.



O

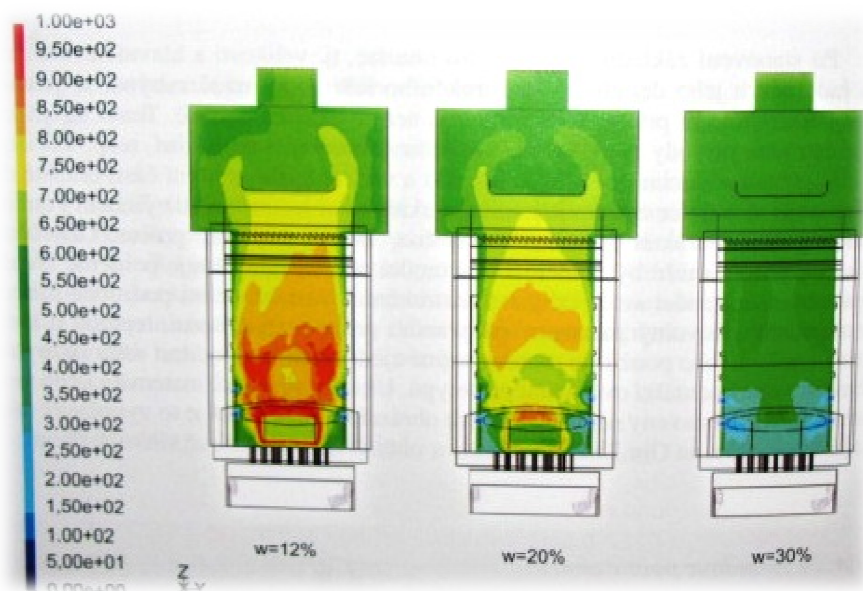
Obrázek A 9 - Závislost vyhoření paliva na čase (3)

Spalování a chování topeniště není hlavním cílem mé Diplomové práce, více o experimentálních metodách uvádím v části C, kde jsou reálná kachlová hypokaustová kamna podrobena experimentu.

## A.5. Řešení s využitím výpočetní techniky

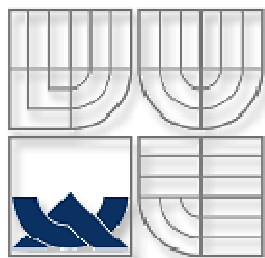
V současné době se výpočetní technika v kamnářském oboru využívá především pro vizualizace a musí se pozvednout vzdělanost i zájem vysokých škole nebo vědeckých institutů o toto řemeslo, aby se používaly simulace nebo matematicko-fyzikální modely v PC.

Simulaci proudění v krbových kamnech můžete vidět na obrázku níže. V programu FLUENT Prof. Ing. Pavel Noskivič, CSc. provedl simulaci proudění spalin.

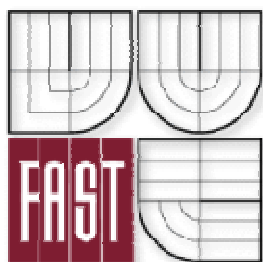


Obrázek A 10 - Modelování proudění v topeništi (3)

Kamnářský obor je ve světě relativně starý, v naší malé zemi však jsme stále na začátku a tak si na vyšší využití PC musíme ještě chvíli počkat.



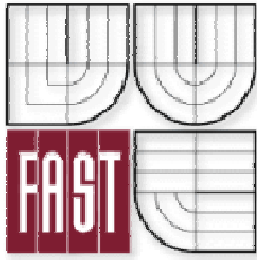
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

## KAMNA V KONCEPTU MODERNÍHO VYTÁPĚNÍ

B. Aplikace tématu na zadané budově



## OBSAH:

### Návrh technického řešení vytápění ve třech variantách

B. Aplikace tématu na objektu „B49“	str. 39 - 41
B.1. Analýza objektu	str. 42 - 43
B.2. Půdorysy RD	str. 44 - 50
B.2.1. Půdorys 1S - stávající	M 1:75
B.2.2. Půdorys 1S - rekonstrukce	M 1:75
B.2.3. Půdorys 1NP - stávající	M 1:75
B.2.4. Půdorys 1NP - rekonstrukce	M 1:75
B.2.5. Půdorys 2NP - stávající	M 1:75
B.2.6. Půdorys 2NP - rekonstrukce	M 1:75
B.3. Výpočet tepelné ztráty prostupem a větráním	str. 51 - 62
B.4. Volba variant řešení	str. 63
B.5. Varianta I – Třípodlažní hypokaustová kamna	str. 64
B.5.1. Výřez slepé matrice 1S – Kamna K1	M 1:20
B.5.2. Výřez slepé matrice 1NP - Kamna K2.1	M 1:35
B.5.3. Výřez slepé matrice 1NP - Kamna K2.2	M 1:35
B.5.4. Výřez slepé matrice 2NP - K3, K4 a K5	M 1:35
B.5.5. Dimenzování tahového systému a teplosměnných ploch	str. 69
B.5.5.1. Dimenzování tahového systému dle ČSN 73 4231	str. 70 - 74

B.5.5.2. Dimenzování tahového systému dle EN 13384-1	str. 74 - 85
B.5.5.3. Dimenzování teplosměnných ploch kamen a jejich výkon	str. 85 - 87
B.5.5.4. Hodnocení a vizualizace varianty	str. 88 – 91
B.6. Varianta II – Dvoupodlažní hypokaustová kamna s dvěma teplovodními výměníky	str. 92
B.6.1. Návrh zdroje tepla	str. 92 - 110
B.6.2. Dimenzování teplosměnných ploch kamen	str. 111-112
B.6.3. Dimenzování teplovodní soustavy	str. 113-119
B.6.4. Schéma zapojení primárního okruhu    M 1:20	str. 120-122
B.6.5. Schéma regulace primárního okruhu    M 1:20	str. 123-126
B.6.6. Výřez slepé matrice 1NP – Kamna K1	M 1:35
B.6.7. Výřez slepé matrice 2NP – Hypo. kamna K2 - K4	M1: 35
B.6.8. Slepá matrice 1S – otopná soustava	M1: 75
B.6.9. Slepá matrice 1NP – otopná soustava	M1: 75
B.6.10. Slepá matrice 2NP – otopná soustava	M1: 75
B.6.11. Detail č.1 – Řez akumulací částí kamen	M1: 15
B.6.12. Detail č.2 – Řez kamnovou vložkou v kamnech	M1: 15
B.6.13. Ochranné a bezpečnostní prvky hypokaustových kamen	str. 134-136
B.6.14. Čistírna odpadních vod a využití dešťových vod	str. 137-138
B.6.15. Spotřeba energie a potřeba paliva	str. 139
B.6.16. Vizualizace a hodnocení varianty	str. 140-148
B.6.17. Technická zpráva	str. 149-156
B.7. Varianta III – Topná centrála BRUNNER – BHZ	str. 157-161
B.8. Závěrečné hodnocení variant	str. 161-162

## B. Aplikace tématu na zadané budově

### B.1. Analýza objektu

Při spalování kusového paliva (dřevní hmoty) jsou jisté výkonnostní limity, které není ekonomicky výhodné překračovat. U kachlových kamen se spalovací proces řeší jako „spalování dřeva v malém ohništi“. Proto vytápění kamny je ekonomické do maximální tepelné ztráty objektu cca 25 kW. Nejefektivnější je vytápění kamny do objektů trvale obývaných s tepelnou ztrátou cca 10 kW. Kdy je návratnost investice mnohem kratší vzhledem k nižší počáteční investici.

Celý projekt a vybrané varianty řešení projektují na reálný objekt, který se nachází v obci Bernov (západní Čechy). Třípodlažní z části podsklepený se sedlovou střechou. Byl



Obrázek B 1 – Směrová značka k objektu rekreačního střediska PBH

postavený v 18. století jako hostinec = „GASTHAUS“. V sedmdesátých letech dvacátého století jej dostal národní podnik PBH – Podnik bytového hospodářství Karlovy Vary. Proběhla větší rekonstrukce a objekt sloužil jako „Rekreační středisko PBH“. Od 80. let dvacátého století byl objekt nevyužívaný.

21.1.2011 dostal objekt nového majitele a v této fázi začíná můj projekt. Jedná se o modernizaci a přestavbu rekreačního střediska na rezidenční rodinný dům. Objekt má 430m<sup>2</sup> podlahové plochy. Původní topení bylo plynové – PB láhve, ze kterých proudil plyn přímo do pokojů, kde se v hořácích spaloval. Toto řešení je v dnešní době nepříjemné a můj projekt řeší varianty vytápění kamny jako hlavním zdrojem na tento objekt.

Ten nese pracovní název „B49“.

Celý návrh vytápění je propleten požadavky investora. Vzhledem k rozsáhlosti objektu „B49“ nestačí na komfortní vytápění pouze



Obrázek B 2 – Objekt „B49“ z východní strany – aktuální stav

teplosměnné plochy kamen. Systém vytápění celého objektu tvoří vždy kamna a teplovodní dvou-trubková soustava, podlahové vytápění s akumulací nádobou. Kamna jsou projektována jako hlavní zdroj vytápění. Původní starší litinový kotel na dřevo/uhlí Viadrus U22 bude jeden ze záložních zdrojů.



**Obrázek B 3 – kamenná zeď  
půdorysu 1S**

Pomocí oměrek jsem udělal aktuální stav objektu, které sloužili jako podklad pro půdorysy rekonstrukce (modernizace). Zdivo v 1NP je 400 mm - CPP, v 1S je zdivo kamenné tl. 600 mm. Vzhled kamenné stěny je na požadavek investora zachován. V celém objektu v rámci rekonstrukce a modernizace dojde k výměně oken a zateplení celého objektu na požadavky dle ČSN 73 0540 (mimo zmíněné kamenné stěny v přízemí domu).

Při rekonstrukci podnikem PBH bylo přistavěno k původní stavbě podium v 1NP a provizorní hřiště na míčové hry před jižní stranou tehdejšího rekreačního střediska. Na počátku 80. let 20. st. bylo zmíněné hřiště přestavěno na profesionální antukový tenisový kurt.



**Obrázek B 4 – Tenisový antukový kurt u jižní fasády objektu**

Objekt „B49“ se nachází v nadmořské výšce 649,021 m.n.m. (B.P.V) s návrhovou externí teplotou -18°C. Ze severní a západní strany je objekt chráněn vzrostlými stromy.



## B.2. Půdorysy a pohledy RD „B49“

Stav před počátkem modernizace / rekonstrukce byl zaměřen pomocí oměrek a označen jako „aktuální stav“. Rekreční středisko PBH nese klasické prvky socialismu. Luxfery, dřevěně obložené stěny, linoleum a keramický obklad byli téměř všude. Na objektu je znát i socialistický přístup, především tzv. akce „Z“.

Mnou navržené změny, které přeměnily rekreační středisko PBH pro 22 rekreatantů na rezidentní rodinný dům jsou zaznamenány v projektech nesoucí dodatek „rekonstrukce“. Chtěl jsem zachovat historický vzhled objektu s vnitřním moderním vybavením a technologiemi. Výměna oken proběhla v září 2011. V půdorysu patrné okenní otvory jsem změnil na balkonové dveře. Objekt „B49“ je rozšířen o vykonzolovaný balkon s 3 sloupky o půdorysné ploše 37,3m<sup>2</sup>. Navrhl jsem změny ve funkcích jistých místností, většinu jsem spojil a vytvořil jeden spojený prostor obývacího pokoje, jídelny, kuchyně a herny o půdorysné ploše 137m<sup>2</sup>.

B.2.1. Půdorys 1S - stávající	M 1:75
B.2.2. Půdorys 1S - rekonstrukce	M 1:75
B.2.3. Půdorys 1NP - stávající	M 1:75
B.2.4. Půdorys 1NP - rekonstrukce	M 1:75
B.2.5. Půdorys 2NP - stávající	M 1:75
B.2.6. Půdorys 2NP - rekonstrukce	M 1:75

### B.3. Výpočet tepelné ztráty prostupem a větráním

Základní údaje o stavbě:

- návrhová venkovní teplota - lokalita Bernov 649,021 m.n.m

$\Theta_{ext} = -18 \text{ } ^\circ\text{C}$

Použité normy:

ČSN EN 12 831 – Tepelné

soustavy v budovách

ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov

POZNÁMKY:

- jedná se o rekonstrukci objektu - některé normové hodnoty nejsou splněny na přání investora.

Tabulka z normy ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov - Část 2: požadavky

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_N$

Popis konstrukce	Typ konstrukce	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Součinitel typu konstrukce	Činitel teplotní redukce
		$U_N$	$U_N$	$e_2$ [-]	$b_1$ [-]
		[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[W/(m <sup>2</sup> .K)]		
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	lehká	0,24	0,16	0,8	1,25
Podlaha nad venkovním prostorem					
Strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné izolace	těžká	0,30	0,20	0,8	1,00
Podlaha a stěna s vytápěním					
Stěna venkovní	lehká	0,30	0,20	1,0	1,25
Střecha strmá se sklonem nad 45°	těžká	0,38	0,25	1,0	1,00
Podlaha a stěna přilehlá k zemině (s výjimkou podle poznámky 2)		0,60	0,40	0,49	0,8
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		0,75	0,50	0,40	0,8
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k částečně vytápěnému prostoru		1,05	0,70	0,29	0,8
Stěna mezi sousedními budovami		1,30	0,90	0,29	1,0
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně					
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně					

#### SOUČINITELE TEPELNÉHO PROSTUPU KONSTRUKCÍ

OZN.	POPIS KONSTRUKCE	U [W/m <sup>2</sup> K]			R [m <sup>2</sup> K/W]	$U_{vyp.} < U_{n,pq}$	POZNÁMKY
		$U_{vyp.}$	$U_{N,rq}$	$U_{N,rc}$			
S1	S1 - VENKOVNÍ NOSNÁ STĚNA _ 1NP	0,37	0,38	0,25	2,7	SPLNĚNO	DOZATEPLENO
S2	S2 - VENKOVNÍ NOSNÁ STĚNA _ 2NP	0,38	0,38	0,25	2,6	SPLNĚNO	DOZATEPLENO
S3	S3 - VNITŘNÍ NOSNÁ STĚNA _ 1NP	0,65	1,3	0,9	1,5	SPLNĚNO	
S4	S4 - NOSNÁ STĚNA _tl.600mm _ 1S	1,04	0,38	0,26	1,0	NESPLNĚNO	PŮVODNÍ KAMENÁ STĚNA
S5	S5 - NOSNÁ STĚNA _tl.300mm _ 1S	1,32	1,3	0,9	0,8	NESPLNĚNO	PŮVODNÍ CIHELNÁ STĚNA
S6	S6 - NOSNÁ STĚNA _tl.500mm _ 1S	1,27	1,3	0,9	0,8	SPLNĚNO	PŮVODNÍ CIHELNÁ STĚNA
S7	S7 - VNITŘNÍ NOSNÁ STĚNA _ 1NP	1,22	1,3	0,9	0,8	SPLNĚNO	
S8	S8 - Vnitřní příčka 200mm	1,3	1,3	0,9	0,8	SPLNĚNO	
O2	O2 - zdvojené sklo - původní staré	2,8	1,7	1,2	0,4	NESPLNĚNO	Původní - požadavek investora
O1	O1 - dvojsklo,pěti-komorové okno	1,4	1,7	1,2	0,7	SPLNĚNO	

B1	B1 - balkonové dveře	1,2	1,7	1,2	0,8	SPLNĚNO	
D1	D1 - vchodové dveře	1,7	1,7	1,2	0,6	SPLNĚNO	
D2	D2 - vnitřní dveře	2	2,0	1,3	0,5	SPLNĚNO	
ST 1	ST 1 - strop 1_nad zádveřím	0,55	0,6	0,4	1,8	SPLNĚNO	DOZATEPLENO
ST 2	ST 2 - strop 2_šikmý 2NP	0,24	0,24	0,16	4,2	SPLNĚNO	DOZATEPLENO
ST 3	ST 3 - strop 3_1NP_herna	0,24	0,24	0,16	4,2	SPLNĚNO	DOZATEPLENO
ST 4	ST 4 - strop 4_1PP/1NP_obývací pokoj	0,65	1,05	0,7	1,5	SPLNĚNO	DOZATEPLENO
ST 5	ST 5 - strop5_2NP/nevytápěná půda	0,65	0,7	0,4	1,5	SPLNĚNO	DOZATEPLENO
P1	P1 - podlaha 1S	0,5	0,6	0,4	2,0	SPLNĚNO	

### NÁVRHOVÉ TEPLoty A VÝMĚNY VZDUCHU INTERIÉRU MÍSTNOSTÍ

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	POPIS MÍSTNOSTI	NÁVRHOVÁ VNITŘNÍ TEPLOTA	MIN. INTENZITA VÝMĚNY VZDUCHU	MÍSTNOST VYTÁPĚNA
	<b>1S</b>	$\Theta_{int,i}$ [°C]	$n_{min}$ [h <sup>-1</sup> ]	ANO / NE
S1.01	CHODBA	15	0,5	ANO
S1.02	SKLAD PALIVA	5	-	NE
S1.03	WC	20	1,0	ANO
S1.04	KOTELNA	10	-	NE
S1.05	KUCHYŇKA	18	1,5	ANO
S1.06	SPOLEČENSKÁ MÍSTNOST	18	1,0	ANO
S1.07	DÍLNA	16	0,5	ANO
S1.08	SKLAD DŘEVA	5	-	NE
S1.09	TECHNICKÁ MÍSTNOST	10	-	NE
S1.10	PRÁDELNA	18	2,0	ANO
	<b>1NP</b>			
1.01	ZÁDVEŘÍ	15	0,5	ANO
1.02	CHODBA	15	0,5	ANO
1.03	HERNA S KULEČNÍKEM	20	0,5	ANO
1.04	OBÝVACÍ POKOJ	20	0,5	ANO
1.05	JÍDELNÍ KOUT	20	0,5	ANO
1.06	KUCHYNĚ	20	1,5	ANO
1.07	SPÍŽ	10	-	NE
1.08	CHODBA	15	-	NE
1.09	KOUPELNA	24	1,5	ANO
1.10	ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST	10	-	NE
	<b>2NP</b>			
2.01	CHODBA	15	0,5	NE
2.02	KOUPELNA	24	1,5	ANO
2.03	TRUCOVNA	20	0,5	ANO
2.04	LOŽNICE	18	0,5	ANO
2.05	ŠATNA	15	-	NE
2.06	DĚTSKÝ POKOJ 1	20	0,5	ANO
2.07	ŠATNA 1	15	-	NE
2.08	DĚTSKÝ POKOJ 2	20	0,5	ANO
2.09	ŠATNA 2	15	-	NE

2.10	POKOJ PRO HOSTY	20	0,5	ANO
------	-----------------	----	-----	-----

## VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} \quad [W]$$

$\phi_i$  - Celková tepelná ztráta místnosti [W]

$\phi_{T,i}$  - tepelný tok prostupem tepla vytápěného prostoru [W]

$\phi_{V,i}$  - tepelný tok větráním vytápěného prostoru [W]

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\Theta_{int} - \Theta_e) \quad [W]$$

$H_{T,ie}$  - měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí přes obvodový plášť budovy [W/K]

$H_{T,iue}$  - měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor [W/K]

$H_{T,ig}$  - měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do zeminy [W/K]

$H_{T,ij}$  - měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do vedlejších vytápěných prostor s výrazně odlišnou teplotou [W/K]

$\Theta_{int}$  - vnitřní návrhová teplota vytápěného prostoru [°C]

$\Theta_e$  - venkovní návrhová teplota [°C]

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} * (\Theta_{int} - \Theta_e) \quad [W]$$

$H_{V,i}$  - měrná tepelná ztráta větráním [W/K]

$\Theta_{int}$  - vnitřní návrhová teplota vytápěného prostoru [°C]

$\Theta_e$  - venkovní návrhová teplota [°C]

Vzhledem k počtu místností v objektu uvedu pouze výpočet jedné místnosti. Kompletní výpočet bude v elektronické podobě na přiloženém CD na zadní straně mé Diplomové práce.

TEPELNÁ ZTRÁTA MÍSTNOSTI: 1.04

OBÝVACÍ POKOJ

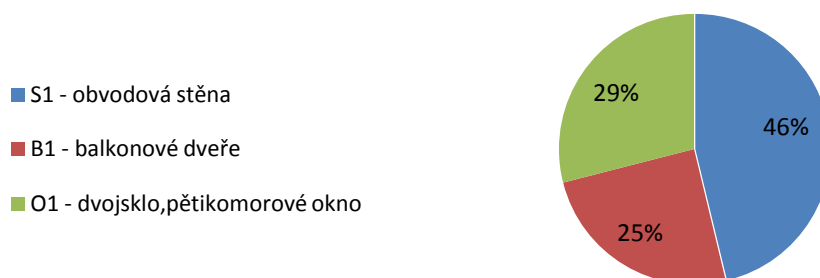
 $\Theta_{int,i} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 

## TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\Theta_{int} - \Theta_e) \quad [\text{W}]$$

$H_{T,ie}$  - měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí přes obvodový plášť budovy [W/K]

Měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí (exteriéru) $H_{T,ie} = \sum A_k * (U_k + \Delta U_{kc}) * e_k$						
Popis konstrukce	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ (W/m <sup>2</sup> K)	$\Delta U_{kc}$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U$ (W/m <sup>2</sup> K)	$e_k$	$A_k * U_{kc} * e_k$
S1 - obvodová stěna	28,59	0,37	0,1	0,47	1	13,4373
B1 - balkonové dveře	4,8	1,4	0,1	1,5	1	7,2
O1 - dvojsklo,pěti-komorové okno	5,61	1,4	0,1	1,5	1	8,415
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí (W/K)					$H_{T,ie} =$	29,0523 (W/K)



$H_{T,iue}$  - měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor [W/K]

Měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k * (U_k + \Delta U_{kc}) * b_u$						
Popis konstrukce	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ (W/m <sup>2</sup> K)	$\Delta U_{kc}$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U$ (W/m <sup>2</sup> K)	$b_u$	$A_k * U_{kc} * e_k$
ST 4 - strop 4_1PP/1NP_Obývací pokoj	63,6	0,65	0,10	0,75	0,395	18,829
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor (W/K)					$H_{T,ie} =$	18,829 (W/K)

Teplota nevytápěné místnosti  $\Theta_u = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$

Návrhová teplota interiéru  $\Theta_{int,i} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$

(Reálná hodnota změřená na stavbě, při  $\Theta_e = -18^\circ\text{C}$ )

$$b_u = (\Theta_{int,i} - \Theta_u) / (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$$

$b_u$  - redukční činitel teploty zahrnující rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a teplotou venkovního prostředí

$H_{T,ig}$  - měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do zeminy [W/K]

Zjednodušená metoda

Měrná tepelná ztráta přes zeminu							$H_{T,ig} = f_{g1} * f_{g2} * (\sum A_k * U_{equie,k}) * G_w$	
Popis konstrukce	$A_k$	$[m^2]$	$U_{equie,k}$	$(W/m^2K)$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$H_{T,ig}$
Podlaha	0		0		1,45	0	1,00	0,000
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor (W/K)							$H_{T,ig} =$	<b>0,000</b> (W/K)

$f_{g1}$  - korekční činitel zahrnující vliv ročního kolísání venkovní teploty (1,45)

$f_{g2}$  - korekční činitel zahrnující rozdíl mezi průměrnou roční teplotou a výpočtovou teplotou

$H_{T,ij}$  - měrná tep. ztráta z vytápěného prostoru do vedlejších vytápěných prostor s výrazně odlišnou teplotou [W/K]

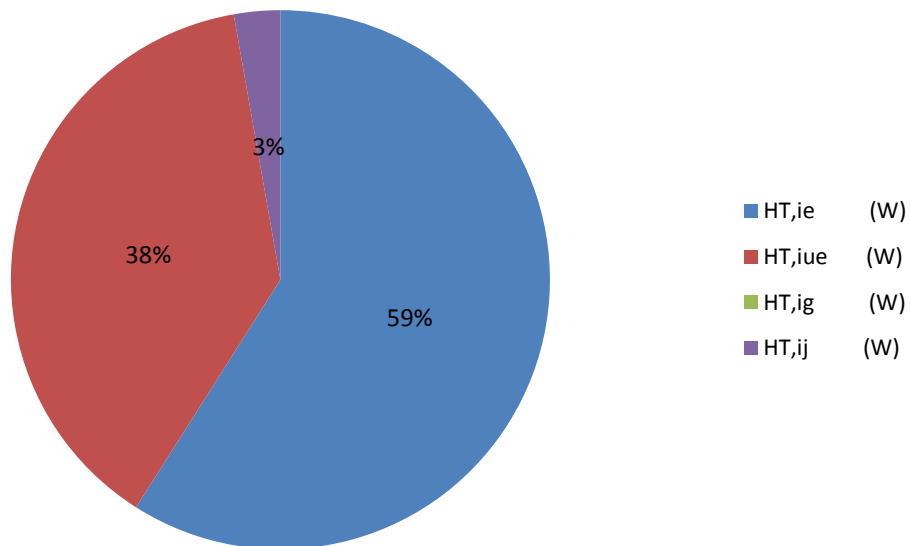
Měrná tepelná ztráta "do" nebo "z" prostoru s odlišnou teplotou						$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} * A_k * U_k$				
Popis konstrukce	$A_k$	$[m^2]$	$U_k$	$(W/m^2K)$	$\Theta_j$	$(^\circ C)$	$\Theta_{int,i}$	$(^\circ C)$	$f_{ij}$	$H_{T,ij}$
S3 - VNITŘNÍ NOSNÁ STĚNA _ 1NP	9,76		0,65		15		20		0,132	0,835
D2 - vnitřní dveře	2		2		15		20		0,132	0,526
Celková měrná tepelná ztráta "do" nebo "z" prostoru s odlišnou teplotou (W/K)									$H_{T,ij} =$	<b>1,361</b> (W/K)

$$f_{ij} = (\Theta_{int,i} - \Theta_j) / (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$$

$f_{ij}$  - činitel teplotní redukce zahrnující rozdíl mezi teplotou přilehlého prostoru a venkovní teplotou

$\Theta_j$  - návrhová teplota interiéru s odlišnou teplotou

Celková tepelná ztráta prostupem $\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\Theta_{int} - \Theta_e)$ [W]								
1.04	Místnost	$H_{T,ie}$ (W)	$H_{T,iue}$ (W)	$H_{T,ig}$ (W)	$H_{T,ij}$ (W)	$\Theta_{int,i}$ (°C)	$\Theta_e$ (°C)	$H_{T,ij}$
	OBÝVACÍ POKOJ	29,052	18,829	0,000	1,361	20	-18	<b>1871</b> (W)



### TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} * (\Theta_{int} - \Theta_e) \quad [W]$$

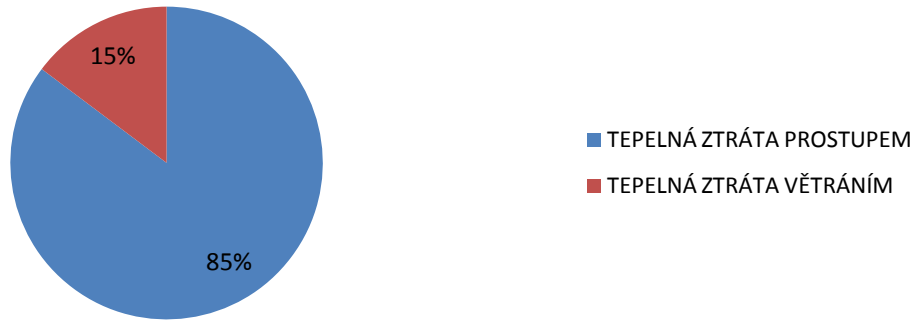
Objem místnosti $V_i$ ( $m^3$ )	$\Theta_e$ [°C]	$\Theta_{int,i}$ [°C]	Hygienické požadavky		Měrná tepelná ztráta $H_{V,i}$ [W/K]
			$n^{(h-1)}$	$V_{min,i}$ ( $m^3/h$ )	
89,76	-18	20	0,5	44,88	15,2592
Hygienické minimum ()				0	
$V_i = MAX V_{min,i}$ ( $m^3/h$ )				44,88	
Celková měrná tepelná ztráta větráním			$\phi_{V,i} =$	<b>323</b>	[W]

$$H_{V,i} = V_i * \rho * c = 0,34 * V_i \quad [W/K]$$

### CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} \quad [\text{W}]$$

TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM	$\phi_{T,i} =$	1871	(W)	$\phi_i =$	2194 (W)
TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM	$\phi_{V,i} =$	323	(W)		



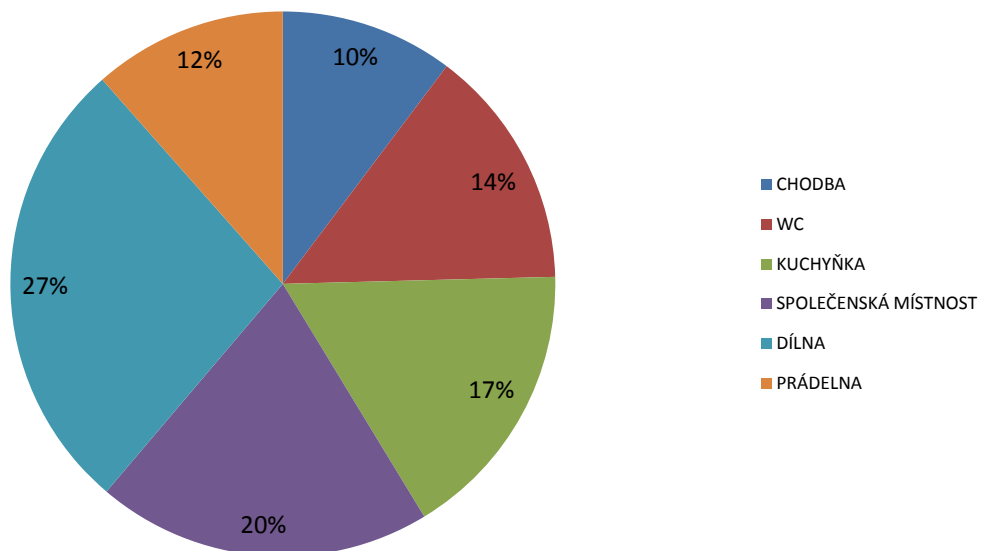


## Výpis tepelných ztrát jednotlivých místností objektu B49

1S					
č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_i$ [W]
S1.01	CHODBA	15	444	126	569
S1.02	SKLAD PALIVA	5	Nevytápěná		
S1.03	WC	20	367	426	793
S1.04	KOTELNA	10	Nevytápěná		
S1.05	KUCHYŇKA	18	640	287	928
S1.06	SPOLEČENSKÁ MÍSTNOST	18	809	293	1103
S1.07	DÍLNA	16	1356	156	1512
S1.08	SKLAD DŘEVA	5	Nevytápěná		
S1.09	TECHNICKÁ MÍSTNOST	10	Nevytápěná		
S1.10	PRÁDELNA	18	283	356	639

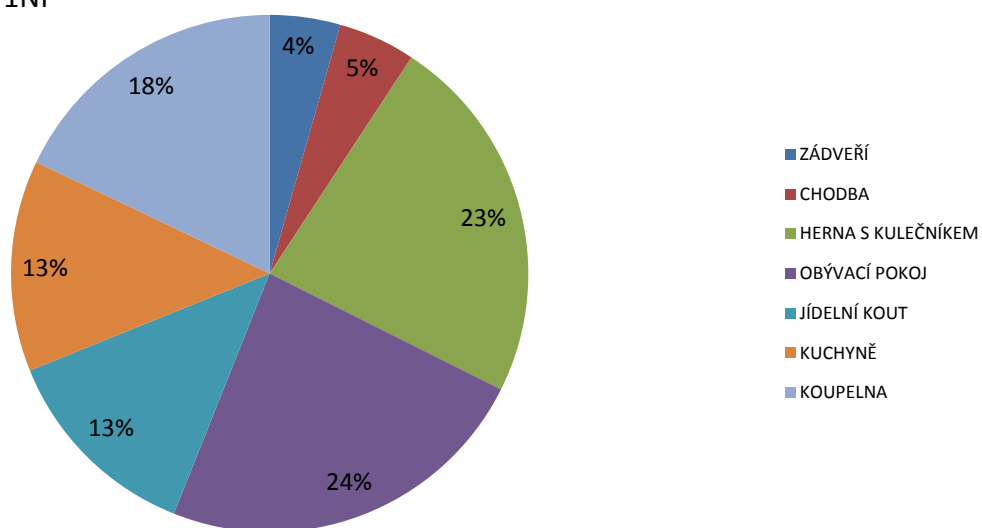
$\Sigma = 5,543$  kW

Tepelná ztráta 1S



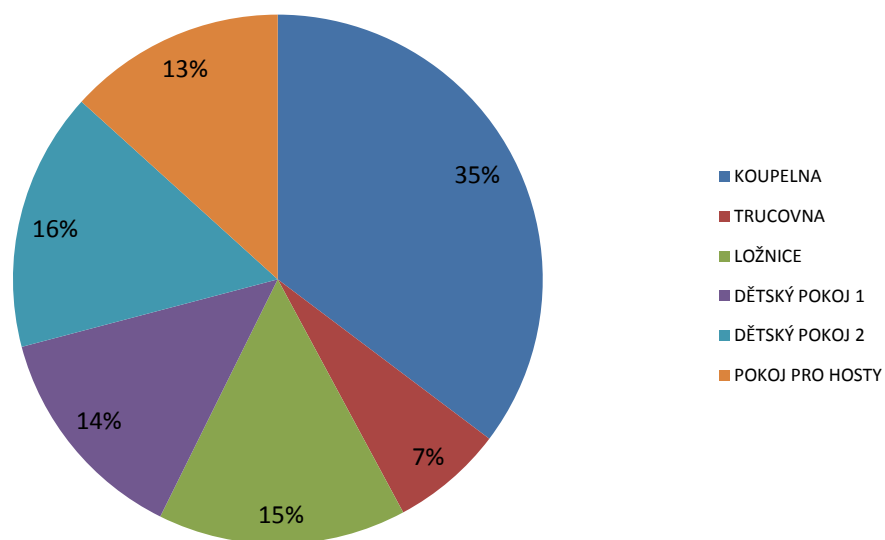
1NP					
č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_i$ [W]
1.01	ZÁDVEŘÍ	15	370	39	408
1.02	CHODBA	15	338	112	450
1.03	HERNA S KULEČNÍKEM	20	1720	426	2146
1.04	OBÝVACÍ POKOJ	20	1871	323	2194
1.05	JÍDELNÍ KOUT	20	965	227	1192
1.06	KUCHYNĚ	20	666	559	1225
1.07	SPÍŽ	5	Nevytápěná		
1.08	CHODBA	15	Nevytápěná		
1.09	KOUPELNA	24	762	899	1662
1.10	ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST	10	Nevytápěná		
$\Sigma =$					<b>9,276</b> kW

Tepelná ztráta 1NP



2NP					
č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_i$ [W]
2.01	CHODBA	15	-46	192	146
2.02	KOUPELNA	24	925	899	1970
2.03	TRUCOVNA	20	323	60	383
2.04	LOŽNICE	18	793	56	848
2.05	ŠATNA	15	Nevytápěná		
2.06	DĚTSKÝ POKOJ 1	20	600	158	758
2.07	ŠATNA 1	15	Nevytápěná		
2.08	DĚTSKÝ POKOJ 2	20	753	130	882
2.09	ŠATNA 2	15	Nevytápěná		
2.10	POKOJ PRO HOSTY	20	631	112	742
$\Sigma =$					<b>5,730</b>

Tepelná ztráta 2NP



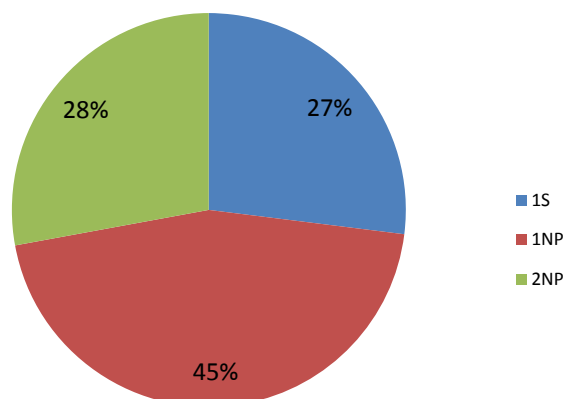
Poznámka:

Tepelná ztráta místnosti 2.01 CHODBA je přičtena k místnosti 2.02 KOUPELNA

Maximální\* tepelná ztráta prostupem a větráním objektu „B49“

$$\phi_i = 1S + 1NP + 2NP = 20,549 \text{ kW}$$

\* Při vytápění 100% požadovaných místností



Rozložení tepelné ztráty dle druhu předávání tepelné energie.

č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI	KAMNA $\phi_i$ [W]	VODA $\phi_i$ [W]
S1.01	CHODBA		569
S1.03	WC		793
S1.05	KUCHYŇKA		928
S1.06	SPOLEČENSKÁ MÍSTNOST		1103
S1.07	DÍLNA		1512
S1.10	PRÁDELNA		639
1.01	ZÁDVEŘÍ		408
1.02	CHODBA		450
1.03	HERNA S KULEČNÍKEM	1073	1073
1.04	OBÝVACÍ POKOJ	2194	
1.05	JÍDELNÍ KOUT	1192	
1.06	KUCHYNĚ	1225	
1.09	KOUPELNA		1662
2.01	CHODBA	146	
2.02	KOUPELNA		1970
2.03	TRUCOVNA		383
2.04	LOŽNICE	848	
2.06	DĚTSKÝ POKOJ 1	758	
2.08	DĚTSKÝ POKOJ 2	882	
2.10	POKOJ PRO HOSTY		742
		<b>8,318</b>	<b>12,231</b>

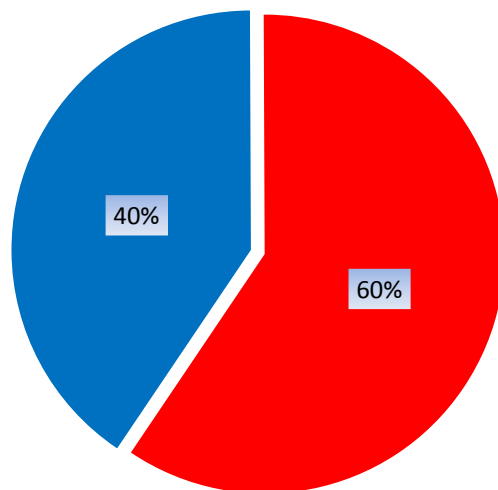
Kw

Výkon teplosměnných ploch hypokaustových kachlových kamen:

$$\Phi_{\text{KAMNA}} = 8,318 \text{ kW}$$

Teplovodní výkon:

$$\Phi_{\text{VODA}} = 12,231 \text{ kW}$$



■ Výkon teplosměnných ploch kamen    ■ Teplovodní výkon

#### **B.4. Volba variant řešení**

Při celkovém konceptu vytápění je nejen důležitá volba varianty, ale i její technické provedení, ekonomie i životnost. Výhodami a nevýhodami jednotlivých mnou zvolených variant se budu zabývat v oddíle B8. Každá z variant je něčím specifická a jedinečná. Na kamnářském řemesle je krásné, že se nesnaží schovat technické řešení do technických místností. Spalovací komora i tahový systém (= spalinová cesta) je ve většině případů součástí obývaných místností. Systém vytápění (sálavý, konvekce, teplovodní nebo kombinace) může být stejný, ale vzhled kamen (teplosměnných ploch) se projektuje vždy podle přání a představ uživatele (investora).

S vědomím individuality jsem přistupoval k jednotlivým variantám. V každé variantě se priority výběru mění. Chci tímto krokem trochu inspirovat. Ukázat moderní technologie a možnosti kamnařiny a šikovnost kamnáře při realizaci.

Zvolené varianty vytápění kamny v konceptu moderního vytápění:

- I. Třípodlažní hypokaustová sálavá kachlová kamna**
- II. Dvoupodlažní hypokaustová kachlová kamna s dvěma spalinovými teplovodními výměníky**
- III. Topná centrála BRUNNER - BHZ**

## **B.5. Varianta I – Třípodlažní hypokaustová sálavá kachlová kamna**

Tato varianta je jedinečná především svou rozsáhlostí. Vzhledem k větší potřebě paliva pro relativně vyšší výkon kamen jako hlavní zdroj vytápění, jsem v této variantě nastínil jedno z možných řešení. Přikládání do spalovací komory kachlových kamen je ze suterénu. Kamna jsou třípodlažní hypokaustová. Uzavřený teplovzdušný systém uvnitř kamen je oddělený od čistě akumulární části tahového systému umístěného v obývacím pokoji, který je spojen s jídelnou. Tepelným zdrojem (teplovzdušným výměníkem) je v této variantě litinový plášť kamnové vložky BRUNNER HKD 4.1, část odkouření SCHIEDEL PRIMA 1 a navíc plášť krbové vložky SPARTHERM VARIA FDh (s průhledovým prosklením spalovací komory). Krbová vložka má primární funkci především estetickou – začlenění hry plamenů do interiéru. Až sekundární funkci je zvýšení výkonu hypokaust systému. Celková dispozice a propojení systémů je patrná z níže uvedených výřezů slepých matric půdorysů.

Kamna jsou ryze sálavá. Teplosměnné plochy třípodlažních kamen jsou umístěny v nejvíce obývaných místnostech objektu „B49“. Jeden nedostatek tato varianta má – teplosměnné plochy kamen pokryjí pouze cca 70% objemu pobytových místností. Zbýlých cca 30% objemu takto koncipovaná kamna nestačí a pro tyto místnosti se musí použít dalšího zdroje (tepelné čerpadlo, kotel, přímotop,...). Toto je daň za nezávislost, která v této variantě byla přednější.

Nezávislost je v dnešní době nedostatkové zboží. Proto při výpadku elektrického proudu i všech sítí, tato kamna mohou být naprosto soběstačným hlavním zdrojem => a to je hlavní myšlenka této varianty. RD se nachází na okraji vesnice Bernov s velmi dobrým přístupem ke dřevu a tedy ekologicky vytápět tento dům vidím jako povinnost.

B.5.1. Výřez slepé matrice 1S

B.5.2. Půdorys kamen K2.1

B.5.3. Půdorys kamen K2.2

B.5.4. Výřez slepé matrice 2NP – Teplosměnné plochy K3,K4,K5

### **B.5.5. Dimenzování tahového systému a teplosměnných ploch**

Spalinová cesta začíná od spalovací komory, pokračuje přes tahový systém (=akumulační systém), obecně řečeno výměník a přes komínové těleso zakončí svou cestu v atmosféře. Zaměří-li se na tahový akumulací systém, je důležité pro dimenzování znát okrajové podmínky a tím je průměrná výstupní teplota spalin z kamnové vložky (měřená na hrdle KV) a tepelná ztráta účinné výšky komínového tělesa. Toto jsou dle platné ČSN 73 4231 okrajové podmínky pro návrh.

Po celou dobu topného cyklu nesmí dojít ke kondenzaci spalin. V české normě je uvedena teplota 100°C jako teplota, pod kterou klesne-li teplota spalin, nastane její kondenzace. Tento údaj je nesprávný, ale norma stále platí, tedy budu ctít její metodiku výpočtu. V reálné praxi i z výpočtů vychází teplota mnohem nižší.

Norma opět neřeší tvar tahového systému, pouze jeho délku. Proto postup návrhu délky akumulacího tahového systému je následující: 100°C + tepelná ztráta účinné výšky komínového tělesa je teplota spalin, kterou musí mít spaliny při vstupu do komínového tělesa. Odečteme-li tuto teplotu od teploty výstupní teploty spalin z hrdla kamnové vložky, máme teplotu, kterou můžeme předat (uložit = naakumulovat) v tahovém akumulací systém. Tuto teplotu podělíme tabulkovou hodnotou (tab. B2) dle použitého druhu individuálně stavěného tahu, nebo pokud uvažujeme použít prefabrikovaný systém, měli bychom mít teplotní ztrátu danou výrobcem.

Pro teplosměnné plochy (plocha kamen určená k předávání tepelné energie) je postup malinko jiný. Velmi zjednodušený. Tepelnou ztrátu místnosti musí pokrýt dodávaný výkon kamen. Jsou-li kamna pouze sálavá, tedy není z kamen další tepelný zisk v podobě například otevřené konvekce, tak tepelnou ztrátu místnosti podělím opět normovou tabulkovou hodnotou (tab.B1) dle použitého druhu stavební konstrukce. Výsledkem je nutná plocha – teplosměnná plocha, jakou musí mít kamna pro danou místnost, aby pokryla tepelnou ztrátu.



### B.5.5.1. Dimenzování tahového systému dle ČSN 73 4231 – Individuálně stavěná kamna (2006)

TEPELNÝ VÝKON DLE KONSTRUKCE			
TYP KCE:	TL. KONSTRUKCE	TEPLOTA NA PLÁŠTI	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]
LEHKÁ	kachle	90 - 120°C	1,3
POLOTĚŽKÁ	kachle + 20 mm šamot	50 - 80°C	0,93
TĚŽKÁ	kachle + 2 x 20 mm šamot	40 - 50°C	0,68
HYPOKAUST	Litý šamot 20 mm (KACHLE)	50 - 60°C	0,76

Tab.B1 – Tepelný výkon teplosměnných ploch

TEPELNÁ ZTRÁTA TAHU	
TYP KCE:	ZTRÁTA 1m <sup>2</sup> TAHU
LEHLÁ	70 °C*m <sup>-1</sup>
POLOTĚŽKÁ	60 °C*m <sup>-1</sup>
TĚŽKÁ	50 °C*m <sup>-1</sup>

Tab.B2 – Tepelná ztráta individuálního tahu



Obr. B1 - Kamnová vložka: BRUNNER HDK 4.1 (6)

	Nominální hodnoty:	Naměřené hodnoty:
Jmenovitý výkon:	13,5 kW*h <sup>-1</sup>	20,0 kW*h <sup>-1</sup>
Hodinová dávka paliva:	4 kg/h	6 kg/h
Hmotnostní tok spalin:	10 g/s	24 g/s
Výstupní teplota:	460°C	650°C
Výstupní teplota po 6 m KMS:	-	190°C
Potřebný podtlak:	12 Pa	15 Pa

Spotřeba spalovacího vzduchu: 35 m<sup>3</sup>/h 80 m<sup>3</sup>/h

Průměr CPV 125 mm 125 mm

Rozdělení výkonu:

45% akumulční systém (13,5 \* 0,45 = 6,075 kW; 20,0 \* 0,45 = 9 kW)

45% teplovzdušný výkon (13,5 \* 0,45 = 6,075 kW; 20,0 \* 0,45 = 9 kW)

10% sálání přes prosklení (13,5 \* 0,1 = 1,35 kW; 20,0 \* 0,1 = 2 kW)

Vzdálenost pláště KV od obestavby: 8 cm

Vzdálenost pláště KV od podlahy: 15 cm

Tepelná izolace s / bez	20/14 cm	Zed'
	6/0 cm	Podlaha
	22/16 cm	Strop

Váha 145 + 96 = 241 Kg

Schválení: Německo / Rakousko / Švýcarsko

1.BImSchV (Stufe 1) / 15a BvG / LRV"

### **Dimenzování tahového systému:**

Dimenzování tahového systému BRULA

Minimální teplota na komínové hlavě komínového tělesa:  $t_{kh}=105^{\circ}\text{C}$

Komínové tělesa:

SCHIEDEL UNI - DN 180 mm

Teplotní ztráta 1m' komínového tělesa:  $20^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$  (konzultace s firmou SCHIEDEL)

Účinná výška: 5,5 m (od zaústění po komínovou hlavu)

Nadstřešní část: 0,5m – ochlazovaná část

Minimální teplota spalin v zaústění do komínového tělesa:

$$t_z = t_{kh} + \text{účinná výška komína} * \text{teplotní ztráta } 1\text{m} \quad (^\circ\text{C})$$

$$t_z = 105 + 5,5 * 20 = 215^\circ\text{C}$$

Výstupní teplota z kamnové vložky HKD 4.1  $t_{in} = 650^\circ\text{C}$

Maximální délka tahového systému:

Polotěžký tahový systém

$$L_{pts} = (t_{in} - t_z) / \text{ztráta } 1\text{m} \text{ tahového systému dle tab. B2} \quad (\text{m})$$

$$L_{pts} = (650 - 210) / 60 = 7,25\text{m}$$

Těžký tahový systém

$$L_{tts} = (t_{in} - t_z) / \text{ztráta } 1\text{m} \text{ tahového systému dle tab. B2} \quad (\text{m})$$

$$L_{pts} = (650 - 210) / 50 = 8,70 \text{ m}$$

**Kontrola překročení délky tahového systému:**

Minimální teplota spalin v zaústění do komínového tělesa =  $210^\circ\text{C}$

Výstupní teplota z kamnové vložky HKD 4.1 =  $650^\circ\text{C}$

Využitelná teplota spalin v tahovém systému:  $650 - 210 = 435^\circ\text{C}$

1. ROZTÁPĚNÍ (PŘÍKLÁDÁNÍ)			
Druh	ztráta °C/1m´	délka tahu [m]	teplotní ztráta [°C]
SCHIEDEL PRIMA 1	95	0,8	76
polotěžký tah:	60	0	0
Σ=			76 °C

< 435 °C

2. AKUMULACE DO TAHOVÉHO SYSTÉMU			
Druh	ztráta °C/1m´	délka tahu [m]	teplotní ztráta °C
SCHIEDEL PRIMA 1	95	0,8	76
polotěžký tah:	60	5,62	337,2
Σ=			413,2 °C

< 435 °C

3. AKUMULACE DO LAVICE			
Druh	ztráta °C/1m´	délka tahu [m]	teplotní ztráta °C
SCHIEDEL PRIMA 1	95	0,8	76
polotěžký tah:	60	5,95	357
Σ=			433 °C

< 435 °C

### VÝPOČET AKUMULAČNÍ HMOTNOSTI KAMEN

Tepelné energie se akumuluje hmotností topidla. Čím je topidlo těžší (větší hmotnost), tím více tepelné energie pojme a tím větší je doba akumulace a doba dalšího přiložení. Tato akumulací hmotnost se počítá v závislosti na množství paliva pro jedno přiložení a konstrukci topidla.

$$M_{AK} = 70 \cdot m_p$$

$$M_{AK} = 70 \cdot 8 = 420 \text{ Kg}$$

$m_p$  – maximální dávka paliva

$M_{AK}$  – akumulční hmotnost kamen

Hmotnost akumulčního systému BRULA

Skutečná hmotnost kamen:			
Druh	kg	počet prvků	Hmotnost (kg)
tah rovný (250*250*125)	9	42	378
koleno (250*250*250)	17	12	204
			582 kg

Kamna zařazena do skupiny: středně těžká kamna

#### **B.5.5.2. Dimenzování tahového systému dle EN 13384-1**

Následně provedu dimenzování dle evropských standardů. V České republice zatím tato norma není platná. Platí stále norma ČSN 73 4231 Individuálně stavěná kamna. Výpočet jsem simuloval v programu od rakouského cechu kamnářů, který respektuje nejmodernější poznatky v dimenzování kamen. Při použití tohoto výpočetního programu se mi potvrdili mé spekulace. My čeští kamnáři se máme od především západní Evropy stále co učit. Výpočet už je na úrovni a přibližuje se realitě.

Při návrhu oproti české normě výpočet ovlivňuje například nadmořská výška, směr proudění spalin (nahoru, dolů, doprava, doleva, dopředu a zpět) i osazení stříšky na komínové těleso. V naší ČSN máme minimální teplotu na komínové hlavě 105°C. V Evropě je to správně teplota kondenzace spalin cca 40°C. Tady u kontrol y překročení min. teploty česká norma končí. Evropský výpočet dále hodnotí tlakově vyrovnané poměry v tahovém systému a účinnost celého systému.

Uvádím zde evropský výpočet dimenzování tahového systému. Výpočetní program není freeware, proto děkuji panu Václavu Škrobovi, který zastupuje firmu BANADOR, o zpřístupnění softwaru.

## Dimenzování tahového systému akumulace (tvarovky BRULA)

Údaje obecné:

Název projektu: Diplomová práce – Koutecký Jan \_BRULA tahový systém

Adresa: Bernov 49

Město. Nejdek 362 21

Komín:

SCHIEDEL Absolut 3vrstvý keramický

Průměr: 180 mm

Účinná výška: 5,5 m

Komínová stříška: není osazena

Kamnová vložka:

HKD 4.1 od firmy BRUNNER

Hodinová spotřeba: 8,0 Kg

Technické údaje

Jmenovitý výkon: 6,5 kW (pro kamnovou vložku HKD 4.1 – z databáze)

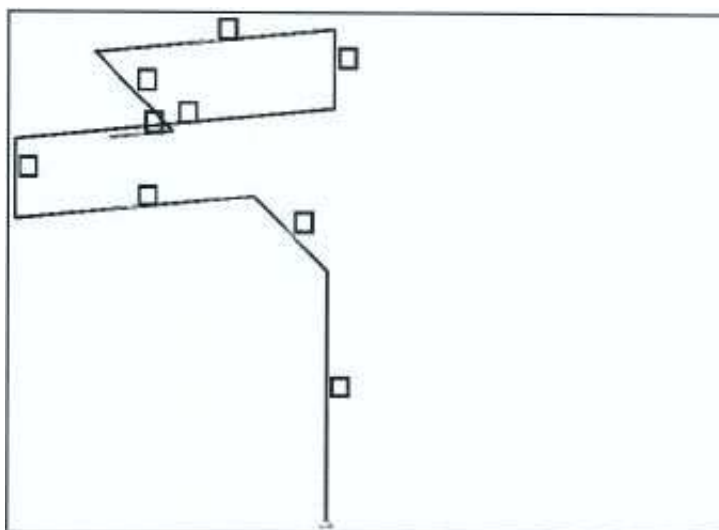
Cyklus příkládání: 8 hodin

Nadmořská výška: 650 m.n.m. (B.P.V)

Maximální dávka paliva: 8,0 Kg

Min. dávka paliva: 4,0 Kg

Délka tahového systému: 4,55 m v systému BRULA



Výpočet tahového systému:

Nr.	l[m]	h[m]	Uml.	A[m <sup>2</sup> ]	b[cm]	h[cm]	T[C°]	VA[m <sup>3</sup> /s]	v[m/s]	ph[Pa]	λf	pf[Pa]	pd[Pa]	zeta ζ	pu[Pa]	Stena	Strop	Smer
sk1	0,80			0,0254	18,0		542	0,094	3,68	6,85	0,0313	0,40	2,85	0,00	0,00			Hore
Tah 2	0,75	0,00	90	0,0225	15,0	15,0	503	0,087	3,88	0,00	0,0486	0,76	3,14	1,20	3,77	40	30	Spát
Tah 3	0,75	0,00	90	0,0225	15,0	15,0	433	0,079	3,53	0,00	0,0486	0,69	2,86	1,20	3,43	40	30	Vl'a
Tah 4	0,25	0,25	90	0,0225	15,0	15,0	391	0,075	3,32	1,74	0,0486	0,22	2,69	1,20	3,23	35	30	Hore
Tah 5	1,00	0,00	90	0,0225	15,0	15,0	345	0,070	3,09	0,00	0,0486	0,81	2,51	1,20	3,01	30	30	Vpra
Tah 6	0,25	0,25	90	0,0225	15,0	15,0	305	0,065	2,89	1,56	0,0486	0,19	2,34	1,20	2,81	30	30	Hore
Tah 7	0,75	0,00	90	0,0225	15,0	15,0	276	0,062	2,74	0,00	0,0486	0,54	2,23	1,20	2,67	30	25	Vl'a
Tah 8	0,80	0,00	90	0,0225	15,0	15,0	236	0,057	2,54	0,00	0,0486	0,53	2,06	1,20	2,48	20	20	Pred
sk9	0,20			0,0254	18,0		214	0,055	2,16	0,00	0,0313	0,06	1,67	1,20	2,01			Vl'a
Nr.	l[m]	h[m]	Uml.	A[m <sup>2</sup> ]	b[cm]	h[cm]	T[C°]	VA[m <sup>3</sup> /s]	v[m/s]	ph[Pa]	λf	pf[Pa]	pd[Pa]	zeta ζ	pu[Pa]			
Ohn															0,00			
Komin	5,5			0,0254	18,0		179	0,051	2,00	29,61		1,75		1,20	1,94			
Suma										39,77		5,96			33,35			

Výsledky výpočtu:

Obrat paliva: 8,00 Kg/h

Objem vzduchu: 0,031 m<sup>3</sup>/s

Hmotnostní tok spalin: 0,036 Kg/s

Délka tahového systému: 4,55 m

Teplota komínové hlavy na vnitř. straně: 125°C

Teplota spalin na komínové hlavě: 177°C

Stupeň účinnosti: 80%

Tlakový rozdíl: 0,47 Pa

Hodnocení výpočtu:

Teplota na vnitřní straně komínové hlavy je stále ještě vysoká (125°C), teplota může klesnout až na teplotu 41°C. Stupeň účinnosti je při spodní hranici min. 80%. Výpočet, ale svazuje tlakový rozdíl. Proto jsou teploty vyšší.

Relativně malý průměr spalinové cesty (150mm) má za následek vysokou rychlost proudění => vyšší tlakové ztráty.

## Dimenzování tahového systému vytápění lavice (tvarovky BRULA)

Údaje obecné

Název projektu: Diplomová práce – Koutecký Jan \_BRULA kachlová lavice

Adresa: Bernov 49

Město. Nejdek 362 21

Komín:

SCHIEDEL Absolut 3vrstvý keramický

Průměr: 180 mm

Účinná výška: 5,5 m

Komínová stříška: není osazena

Kamnová vložka:

HKD 4.1 od firmy BRUNNER

Hodinová spotřeba: 8,0 Kg

Technické údaje

Jmenovitý výkon: 6,5kW (pro kamnovou vložku HKD 4.1 – z databáze)

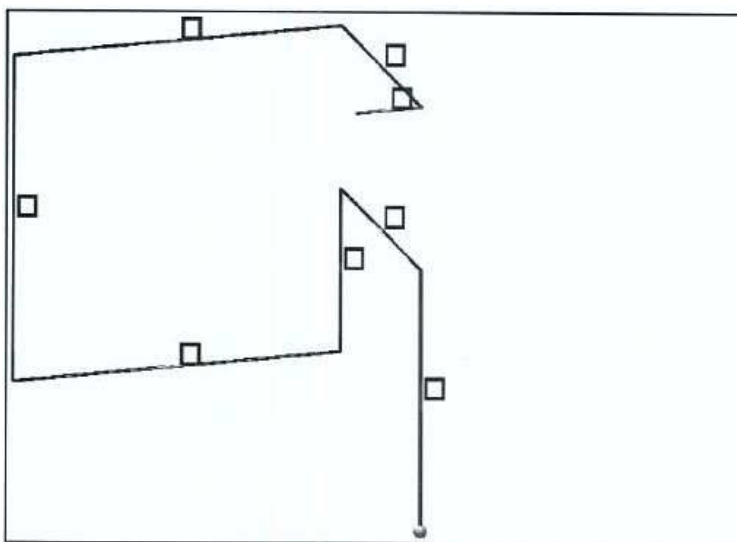
Cyklus přikládání: 8 hodin

Nadmořská výška: 650 m.n.m. (B.P.V)

Maximální dávka paliva: 8,0 Kg

Min. dávka paliva: 4,0 Kg

Délka tahového systému: 5,10 m v systému BRULA





Výpočet tahového systému:

Nr.	l[m]	h[m]	Uml.	A[m <sup>2</sup> ]	b[cm]	h[cm]	T[C°]	VA[m <sup>3</sup> /s]	v[m/s]	ph[Pa]	λf	pr[Pa]	pd[Pa]	zeta ζ	puj[Pa]	Stena	Strop	Smer
sk1	0,80			0,0254	18,0		542	0,094	3,68	6,85	0,0313	0,40	2,85	0,00	0,00			Hore
Tah 2	0,80	0,00	90	0,0225	15,0	15,0	500	0,087	3,86	0,00	0,0486	0,81	3,13	1,20	3,76	40	40	Spät
Tah 3	0,50	-0,50	90	0,0225	15,0	15,0	439	0,080	3,56	-3,65	0,0486	0,47	2,89	1,20	3,46	40	40	Dole
Tah 4	1,00	0,00	90	0,0225	15,0	15,0	378	0,073	3,25	0,00	0,0486	0,85	2,64	1,20	3,17	35	30	Vl'a
Tah 5	1,00	1,00	90	0,0225	15,0	15,0	309	0,065	2,91	6,30	0,0486	0,76	2,36	1,20	2,83	30	25	Hore
Tah 6	1,00	0,00	90	0,0225	15,0	15,0	253	0,059	2,63	0,00	0,0486	0,69	2,13	1,20	2,56	15	20	Vpra
Tah 7	0,80	0,00	90	0,0225	15,0	15,0	212	0,054	2,42	0,00	0,0486	0,51	1,96	1,20	2,36	25	20	Pred
sk8	0,20			0,0254	18,0		192	0,052	2,06	0,00	0,0313	0,06	1,59	1,20	1,91			Vl'a

Nr.	l[m]	h[m]	Uml.	A[m <sup>2</sup> ]	b[cm]	h[cm]	T[C°]	VA[m <sup>3</sup> /s]	v[m/s]	ph[Pa]	λf	pr[Pa]	pd[Pa]	zeta ζ	puj[Pa]
Ohn															0,00
Komin	5,5			0,0254	18,0		161	0,049	1,92	27,79		1,67		1,20	1,85
Suma										37,30		6,22			29,91

Výsledky výpočtu:

Obrat paliva: 8,00 Kg/h

Objem vzduchu: 0,031 m<sup>3</sup>/s

Hmotnostní tok spalin: 0,036 Kg/s

Délka tahového systému: 5,10 m

Teplota komínové hlavy na vnitř. straně: 112°C

Teplota spalin na komínové hlavě: 158°C

Stupeň účinnosti: 82%

Tlakový rozdíl: 1,17 Pa

Hodnocení výpočtu:

Tahový systém je o trochu delší, ale stále jsou teploty zbytečně vysoké. Relativně malý průměr spalinové cesty (150 mm) má za následek vysokou rychlost proudění => vyšší tlakové ztráty.

## Výsledky zde EN 13384-1

Jméno zakázky: Diplomová práce – Kamna v konceptu moderního vytápění

Adresa stavby: Bernov 49 , Nejdeč 362 21, Karlovy Vary

Technická specifikace:

Typ spalovací komory:	Kamnová vložka HKD 4.1
Palivo:	Dřevo (max. vlhkost 17%)
Jmenovitý výkon:	6,5 kW
Účinnost:	82,3 %
Hmotnostní tok spalin:	0,037 kg/s
Teplota spalin:	195,3 °C
Nutný dopravní tlak:	21,13 Pa
C <sub>O2</sub> :	6,93 Vol %

Komínové těleso

Typ :	SCHIEDEL Absolut – 3vrstvý DN 180mm
Účinná výška:	5,5 m
Výška komínu uvnitř objektu:	5,0 m
Průměr:	180 mm
Tepelný odpor R:	0,4000 m * K / W
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 1/R$	2,5 W / m * K
Střední drsnost:	0,0015 m

Funkční hodnoty

Podtlak P <sub>Z</sub> :	24,3 Pa
Tlaková ztráta třením a vloženými odpory P <sub>ZE</sub> :	23,1 Pa
Teplota na vnitřní stěně komínové hlavy T <sub>ioB</sub> :	111,7 °C

Teplota spalin v komínové hlavě $T_{ob}$ :	158,5 °C
Rychlost spalin $W_m$ :	1,92 m/s
Limitní teplota $T_g$ :	54,3 °C

Rekapitulace výpočtu:

$P_z - P_{ze} =$	1,2 Pa
$P_z - P_B =$	24,3 Pa
$T_{iob} - T_g =$	57,4 °C

Vyhodnocení podmínek:

Tlaková podmínka:	ANO
Teplotní podmínka:	ANO

Závěr: Splněny podmínky normy EN 13384-1

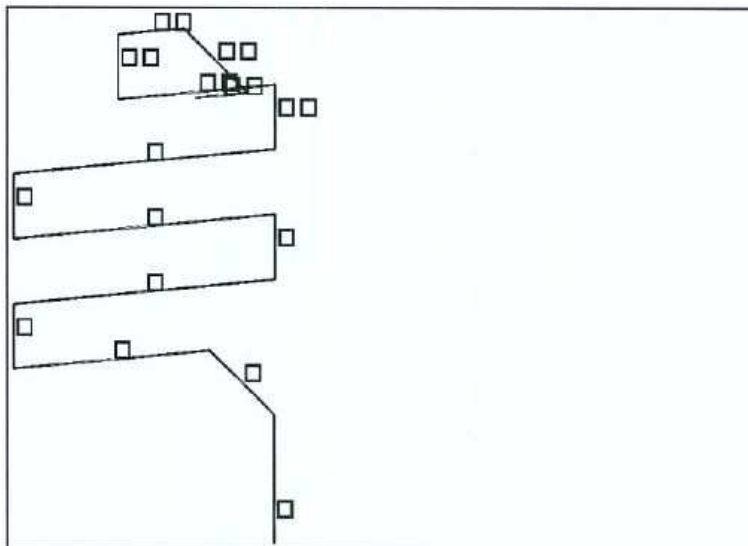
Výpočet odpovídá zkušebním výpočtovým směrnícím zkušebního ústavu kamnářů (Stav 2011 / VNr.:1.600)

## Dimenzování tahového systému akumulace (individuální tahový systém)

Pro předešlé výpočty v tahovém systému BRULA, byl průřez spalinové cesty dán. Tedy po celé své délce byl průřez 150 x 150 mm. Pro proudění spalin to není moc vhodné. ČSN 73 4231 neřeší jakým průměrem a jakým směrem je veden tahový systém.

Maximální rychlost proudění spalin nesmí přesáhnout 6m/s v ústí kamnové vložky. Pokud zjednoduším problematiku, mohu říci, že je vhodné aby rychlost proudění v celé délce tahového systému byla stejná – okolo 2 m/s. Pro spaliny na začátku tahového systému o teplotě například 600°C potřebujeme mnohem větší průřez tahu než na konci systému. Tam by se teplota měla pohybovat okolo 110°C a tedy pro zachování stejné rychlosti je zapotřebí zmenšovat průtočný průřez tahu po jeho délce. Minimální průřez tahového systému však může být nejnižší roven průřezu hrdla komínového tělesa. Využijí tedy volby individuálního tahového systému ze šamotových plátek a desek.

Délka tahového systému: 8,45 m v individuálním tahovém systému



Výpočet tahového systému:

## Hodnocení výpočtu

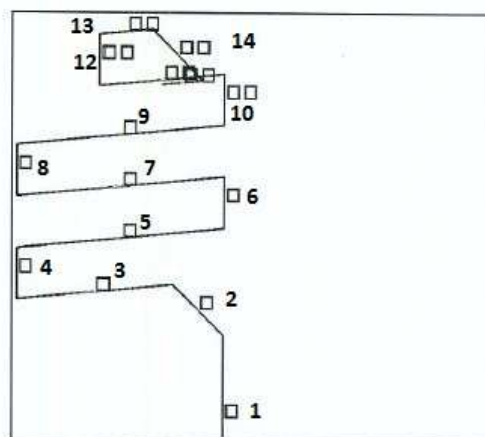
Tahový systém je individuálně stavěn tzn. odborník = kamnář postaví na centimetry přesné

rozměry tahového systému. Tento systém je mnohem více náročný na stavbu a projeví se v kvalitě odbornost a preciznost kamnářského mistra. Pracnost celého systému je vykoupena mnohem lepšími tlakovými i teplotními poměry v tahovém systému.

Tahový systém složený ze šamotových plátek (tl. 20 – 30mm) a šamotových desek (tl. 40 – 60 mm) postupně zmenšuje svou průřezovou plochu a rovněž se snižuje tloušťka šamotové stěny tahového systému. Tahový systém může být mnohem delší a variabilnější.

Nr.	l[m]	h[m]	Uml.	A[m.]	b[cm]	h[cm]	TC <sup>o</sup>	VA[m/s]	v[m/s]	ph[Pa]	Δf	pr[Pa]	pd[Pa]	zeta ζ	pu[Pa]	Stena	Strop	Smer
Tah 1	0,80	0,80	0	0,1156	34,0	34,0	527	0,223	1,93	6,21	0,0363	0,06	0,78	0,00	0,00	40	40	Hore
Tah 2	0,80	0,00	90	0,1089	33,0	33,0	483	0,211	1,94	0,00	0,0367	0,07	0,80	1,20	0,97	40	40	Spät
Tah 3	0,75	0,00	90	0,1024	32,0	32,0	444	0,200	1,95	0,00	0,0370	0,07	0,86	1,20	1,04	40	40	Vl'a
Tah 4	0,25	0,25	90	0,0961	31,0	31,0	420	0,194	2,01	1,79	0,0374	0,03	0,95	1,08	1,03	40	40	Hore
Tah 5	1,00	0,00	90	0,0961	31,0	31,0	392	0,186	1,93	0,00	0,0374	0,11	1,08	1,08	0,99	30	30	Vbra
Tah 6	0,25	0,25	90	0,0900	30,0	30,0	367	0,179	1,98	1,69	0,0379	0,03	1,00	1,10	1,10	30	30	Hore
Tah 7	1,00	0,00	90	0,0900	30,0	30,0	343	0,172	1,91	0,00	0,0379	0,12	0,96	1,10	1,06	30	30	Vl'a
Tah 8	0,25	0,25	90	0,0841	29,0	29,0	320	0,166	1,97	1,60	0,0383	0,03	1,06	1,12	1,18	30	30	Hore
Tah 9	1,00	0,00	90	0,0841	29,0	29,0	299	0,160	1,90	0,00	0,0383	0,13	1,02	1,12	1,14	30	30	Vbra
Tah 10	0,25	0,25	90	0,0784	28,0	28,0	279	0,154	1,97	1,50	0,0387	0,04	1,13	1,14	1,29	25	25	Hore
Tah 11	0,60	0,00	90	0,0784	28,0	28,0	267	0,151	1,92	0,00	0,0387	0,09	1,11	1,14	1,26	25	25	Vl'a
Tah 12	0,25	0,25	90	0,0729	27,0	27,0	255	0,147	2,02	1,43	0,0392	0,06	1,25	1,16	1,45	25	25	Hore
Tah 13	0,25	0,00	90	0,0729	27,0	27,0	248	0,145	1,99	0,00	0,0392	0,04	1,24	1,16	1,43	20	20	Vbra
Tah 14	0,80	0,00	90	0,0729	27,0	27,0	234	0,142	1,94	0,00	0,0392	0,14	1,20	1,16	1,39	20	20	Pred
Tah 15	0,20	0,00	90	0,0400	20,0	20,0	222	0,138	3,45	0,00	0,0436	0,17	3,90	1,36	5,29	20	20	Vl'a
P. vzduchu				0,0236														
Ohn										6,95								
Komíři	5,5			0,0254	18,0		199	0,132	5,18	30,56		11,05		1,36	13,79			
Suma										51,73		12,25			39,11			

Nr.	l[m]	b[cm]	h[cm]	Stena	Strop	Smer	Bemerkung
Tah 1	0,80	34,0	34,0	40	40	Hore	
Tah 2	0,80	33,0	33,0	40	40	Spät	
Tah 3	0,75	32,0	32,0	40	40	V'á	
Tah 4	0,25	31,0	31,0	40	40	Hore	
Tah 5	1,00	31,0	31,0	30	30	Vpra	
Tah 6	0,25	30,0	30,0	30	30	Hore	
Tah 7	1,00	30,0	30,0	30	30	V'á	
Tah 8	0,25	29,0	29,0	30	30	Hore	
Tah 9	1,00	29,0	29,0	30	30	Vpra	
Tah 10	0,25	28,0	28,0	25	25	Hore	
Tah 11	0,60	28,0	28,0	25	25	V'á	
Tah 12	0,25	27,0	27,0	25	25	Hore	
Tah 13	0,25	27,0	27,0	20	20	Vpra	
Tah 14	0,80	27,0	27,0	20	20	Pred	
Tah 15	0,20	20,0	20,0	20	20	V'á	



Z výpočtu vyplývají rozměry jednotlivých tahů. První tah má rozměry 34 x 34 cm, zaústění do komínového tělesa má rozměr 20 x 20 cm. Lineární zmenšování průřezu má za následek stejnou = vyrovnanou rychlost proudění a minimální tlakové ztráty v tahu. Tahový systém jsem musel prodloužit, abych měl bezpečnostní rezervu cca 1-2m'.

### Výsledky zde EN 13384-1

Jméno zakázky: Diplomová práce – Kamna v konceptu moderního vytápění

Adresa stavby: Bernov 49 , Nejde 362 21, Karlovy Vary

Technická specifikace:

Typ spalovací komory:

Kamnová vložka HKD 4.1

Palivo:

Dřevo (max. vlhkost 17%)

Jmenovitý výkon:

6,5 kW

Interval přikládání.

12 h

Účinnost:

80,3 %

Hmotnostní tok spalin:

0,042 kg/s

Teplota spalin:

219,3 °C

C<sub>02</sub>:

7,1 Vol %

## Komínové těleso

Typ :	SCHIEDEL Absolut – 3vrství DN 180mm
Účinná výška:	5,5 m
Výška komínu uvnitř objektu:	5,0 m
Průměr:	180 mm
Tepelný odpor R:	0,4000 m * K / W
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 1/R$	2,5 W / m * K
Střední drsnost:	0,0015 m

## Funkční hodnoty

Podtlak $P_z$ :	5,7 Pa
Tlaková ztráta třením a vloženými odpory $P_{ZE}$ :	5,4 Pa
Teplota na vnitřní stěně komínové hlavy $T_{iob}$ :	168,4°C
Teplota spalin v komínové hlavě $T_{ob}$ :	197,5°C
Rychlost spalin $W_m$ :	3,18 m/s
Limitní teplota $T_g$ :	54,3°C

## Rekapitulace výpočtu:

$P_z - P_{ze} =$	0,4 Pa
$P_z - P_B =$	1,0 Pa
$T_{iob} - T_g =$	114,0°C

## Vyhodnocení podmínek:

Tlaková podmínka:	ANO
Teplotní podmínka:	ANO

Závěr: Splněny podmínky normy EN 13384-1

Výpočet odpovídá zkušební výpočtovým směrnicím zkušebního ústavu kamnářů (Stav 2011 / VNr.:1.600)

### B.5.5.3. Dimenzování teplosměnných ploch kamen a jejich výkon

Vycházím z tabulky uvedené v normě ČSN 73 4231 Individuálně stavěná kamna

TEPELNÝ VÝKON DLE KONSTRUKCE			
TYP KCE:	TL. KONSTRUKCE	TEPLOTA NA PLÁŠTI	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]
LEHKÁ	kachle	90 - 120°C	1,3
POLOTĚŽKÁ	kachle + 20 mm šamot	50 - 80°C	0,93
TĚŽKÁ	kachle + 2 x 20 mm šamot	40 - 50°C	0,68
HYPOKAUST	Litý šamot 20 mm (KACHLE)	50 - 60°C	0,76

Tab.B1 - Tepelný výkon teplosměnných ploch (1)

Výkon teplosměnných ploch se dimenzuje dle tepelného výkonu zdroje a druhu obestavby (lehká, polotěžká, těžká). Výkon je dán tabulkovou hodnotou vynásobenou dílčí teplosměnnou plochou. U takto složitých kamen je třeba rozdělit teplosměnné plochy na funkční části a na části v jedné zóně (pobytové místnosti)

Celý systém třípodlažních kachlových kamen spojených s krbem jsou rozděleny K1 – K5 následovně:

K1 – umístění S1.01

Izolační obestavba, tedy pouze ztrátové teplo. Výrazným zdrojem je prosklení kamnové vložky. Osazení příkládacích dvířek s kontrolním otvorem pro eliminaci tepelného toku a tím zvýšení teploty v topeništi.

Tepelná ztráta: 570 W



Tepelný výkon: 0,7 kW

Výkon přes příkladací dvířka (0,7 kW – podklady výrobce)

K2 – umístění v obývacím pokoji (1.04) a jídelním koutě (1.05). Pro dimenzování je nutné vzít v potaz celý spojený volný prostor tj. obývací pokoj (1.04) jídelní kout (1.05) herna s kulečnickem (1.03) a kuchyně (1.06). Maximální možný volný prostor je 137 m<sup>2</sup> podlahové plochy. Zde je umístěn celý akumulární individuálně stavěný tahový systém, který je izolací oddělen od hypokaust systému.

Tepelná ztráta obývacího pokoje, jídelního koutu, herna a kuchyně: 2,194 + 1,191 + 2,146 + 1,224 = 6,757 kW

Typ kce:	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]	Tepelná ztráta [kW]	Potřebná plocha [m <sup>2</sup> ]	Skutečný výkon [kW]	
POLOTĚŽKÁ	1,3	3,386	5,20	8,155	
				Σ=	8,515

Skutečná plocha:	6,55	m <sup>2</sup>
------------------	------	----------------

POSOUZENÍ:	126,02%
VYHOVUJE	

K3 – hypokaustová teplosměnná plocha v chodbě druhého podlaží 2.01 CHODBA

Tepelná ztráta 0,146kW

Typ kce:	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]	Tepelná ztráta [kW]	Potřebná plocha [m <sup>2</sup> ]	Skutečný výkon [kW]	
Hypokaust	0,76	0,146	0,19	0,1596	
				Σ=	0,1596

Skutečná plocha:	0,21	m <sup>2</sup>
------------------	------	----------------

POSOUZENÍ:	109,59%
VYHOVUJE	

K 4 - Teplosměnná plocha hypokaust systému v 2. nadzemním podlaží. Situována je v dětském pokoji č.1 (2.06). Povrch teplosměnné plochy – kachlový.

Typ kce:	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]	Tepelná ztráta [kW]	Potřebná plocha [m <sup>2</sup> ]	Skutečný výkon [kW]
Hypokaust	0,76	0,758	1,00	0,874
Σ=				0,874

Skutečná plocha:	1,15	m <sup>2</sup>
------------------	------	----------------

POSOUZENÍ:	105,35%
VYHOVUJE	

K 5 - Teplosměnná plocha hypokaust systému v 2. nadzemním podlaží. Situována je v ložnici (2.04). Povrch teplosměnné plochy – kachlový.

Typ kce:	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]	Tepelná ztráta [kW]	Potřebná plocha [m <sup>2</sup> ]	Skutečný výkon [kW]
Hypokaust	0,76	0,848	1,12	0,912
Σ=				0,912

Skutečná plocha:	1,20	m <sup>2</sup>
------------------	------	----------------

POSOUZENÍ:	107,52%
VYHOVUJE	

Seznam:

K1: 0,7 kW

K2: 8,155 kW

K3: 0,16 kW

K4: 0,87 kW

K5: 0,912 kW

#### **B.5.5.4. Vizualizace a hodnocení varianty**

Tato varianta klade důraz především na design, jedinečnost a nezávislost. Třípodlažní hypokaustová kamna mají exkluzivně příkládání ze suterénu domu. Oboustranně průhledová krbová vložka VARIA FDh (SPARTHERM) dodává interiéru luxusní pohled na hru plamenů. Prioritou je design a nezávislost na el. energii, to má za následek nepokrytí maximální ztráty objektu ve všech místnostech „B49“.

Varianta I - je využití velmi kvalitní spalovací komory kamnové i krbové vložky s důrazem na dispoziční uspořádání kamen. Ta jsou ryze sálavá s akumulací schopností cca 24 hodin. Tahový systém je individuálně stavěný šamotový – oddělený od hypokaustové části. Toto řešení je relativně technicky složité a náročné na detaily a normové požadavky. Po finanční stránce tato varianta vyjde určitě přes půl miliónu korun českých.

Zcela jistě si však tato varianta najde své příznivce i odpůrce.

VIZUALIZACE V PŘÍLOZE (obr.B5, B6,B7)

## **B.6. Varianta II – Dvoupodlažní hypokaustová kachlová kamna s dvěma teplovodními spalinovými výměníky**

Trochu jiný přístup jsem zvolil při projektování této varianty vytápění kamny jako hlavním zdrojem. Dimenzování zdroje, výkonu a technologií jsem dělal na stejný objekt jako ve variantě I – tj. na rezidentní rodinný dům „B49“. Hlavním mottem této varianty bylo vyprojektovat kamna pro celý objekt. Tedy prioritou je vytápění. Snížení pořizovací ceny oproti variantě I a zajištění komfortu regulace.

Stanovil jsem si nejvyšší požadavky na kvalitu a technologii. Budu se zabývat regulací systému, důležitostí vhodného návrhu zdroje, dimenzování a naznačím dvěma detaily relativní složitost stavby hypokaustových kamen.

Hlavním zdrojem jsou dvoupodlažní hypokaustová akumulční kamna s teplovodním výměníkem. Sekundární tepelné zdroje jsou: kotel na tuhá paliva VIADRUS U22 (6 článkový), tepelné čerpadlo Stiebel-Eltron VPL 23 E vzduch / voda. Pro zmenšení spotřeby energie na přípravu TV uvažuji v této variantě kolektorové solární pole Regulus. Všechny tepelné zdroje jsou svými primárními okruhy připojeny do kombinované akumulční nádoby s vestavěným zásobníkem na teplou vodu Regulus DUOE 2 1500/300. Dále je topné teplovodní médium rozváděno po objektu pomocí rozdělovače / sběrače ve čtyřech větvích.

### **B.6.1. Návrh zdroje tepla**

Zdroj tepla pro kamna je tak důležitý jako srdce pro lidské tělo. V kamnářské terminologii je kamnová vložka obecně řečeno topeniště srdcem a tahový systém žilami. Vzhled kamen je taky jako každý člověk – jedinečný. V této kapitole se budu zabývat vhodnou volbou srdce, tedy topeništěm.

Výběr té „pravé“ je jako v životě velmi složitý. V mnoha ohledech je to věcí názoru, vkusu a potřeb jedince. Pokud budete vybírat to pravé topeniště pro daný objekt, musíte nejdříve znát odpovědi na mnohé otázky podmiňující výběr.

Nejdůležitější otázky, na které je nezbytné odpovědět pro vhodnou volbu topeniště:

- Kamna jako
  - Hlavní (primární) zdroj – Maximální výkon dimenzovat na 120 – 150 % maximální tepelné ztráty objektu
  - Vedlejší (sekundární) zdroj – volba stejného nebo i menšího jmenovitého výkonu než maximální tepelná ztráta objektu
  
- Velikost tepelné ztráty objektu = tedy potřebný jmenovitý výkon kamen. V tomto rozhodnutí se dopustí investor chyby, pokud se odchýlí od zvoleného výkonu na obě strany.
  - Jmenovitý výkon >> Tepelná ztráta – Dochází ve velmi krátké době k přetopení místnosti. Samozřejmě toto lze eliminovat dostatečnou akumulací vyprodukovaného výkonu. Buď akumulacím tahovým systémem, nebo pokud je kamnová vložka teplovodní akumulací do akumulacní nádoby.
  - Jmenovitý výkon < Tepelná ztráta – V přechodných obdobích postačující. Při vyšší tepelné ztrátě než výkon kamen dochází k teplotnímu diskomfortu. Bylo by zapotřebí zapnutí druhého (sekundárního) zdroje tepla. Většinou v bivalenci.
  
- Druh objektu
  - Zděná klasická stavba RD – Možnost použití všech kvalitních technologií předávání tepla.
  - Dřevostavba – Výborně tepelně technické vlastnosti snižují nároky na výkon kamen. Avšak většinou budova postrádá jakoukoli akumulacní schopnost. Proto je velmi vhodné použití akumulacních – sálavých kamen nebo kamen s teplovodním výměníkem a nízkoteplotním podlahovým vytápěním. Při realizaci OTS – otevřeného teplovzdušného systému dochází velmi rychle k přetopení prostoru a velmi výrazné stratifikaci tepla v místnosti. Tento fakt mírně zlepšuje regulaci, ale stejně nelze výrazně omezit proces spalování. V zimním období může přijít výrazný tepelný zisk například přímou sluneční

radiací a nastává ten stejný problém. Řešením pro dřevostavby je tedy **akumulace**.

- Nízkoenergetické domy – ekonomicky velmi hodnotné stavby na které kamnářské řemeslo také zareagovalo. Tepelná ztráta celého objektu bývá většinou jen 3 – 4 kW\*h<sup>-1</sup>. Pokud si představíte, že jeden kilogram kusového dřeva má 3,8 kW – je to tedy jedno poleno s váze 1kg na hodinu při maximální tepelné ztrátě. Proto je velmi rozumné řešení (jako u dřevostaveb) výrazná akumulace a nízké povrchové teplosměnné teploty s nižším výkonem. Teplovzdušný výkon kamen lze také zakomponovat do teplovzdušného vytápění celého objektu řízeno centrální ventilační (klimatizační) jednotkou.
- Druh kamen a tahového systému
  - Klasická akumulární kamna
  - Teplovzdušná kamna
    - Hypokaustová
    - Pravý - uzavřený teplovzdušný systém
    - Falešný - otevřený teplovzdušný systém s větším podílem předání tepelné energie sáláním. Má vyšší výkon než pravý hypokaust vlivem otevřené konvekce. Vhodná volba pokud je velmi málo místa pro teplosměnnou plochu a je zapotřebí předat vyšší výkon.
- Velikost investice do kamen – v praxi je tento bod výběru velmi často rozhodující. Ideální řešení je ve většině případů dražší varianta, než se prakticky realizuje. Vždy by měly pořizovací náklady a náklady na provoz a údržbu být ve vhodném poměru k životnosti, ekologii a náročnosti na obsluhu. Podotýkám, že ceny samotných topenišť se pohybují v rozpětí od deseti tisíc až po stovky tisíc.
- Volba typu topeniště – tato otázka je spojena s volbou systému vytápění. Pokud potřebujeme pouze sálavé teplo z teplosměnných ploch kamen, můžeme volit individuálně stavěné šamotové topeniště i kamnovou vložku. Přičemž šamotové topeniště bude mít vyšší dobu akumulace. Při volbě jakéhokoli typu konvekce (otevřená - OTS, uzavřená – hypokaust systém,

nebo falešný hypokaust systém) je mnohem vhodnější použití kamnové litinové vložky. Její kovový plášť je teplovzdušný výměník, který se dá rozšířit o litinový (litino-šamotový) výměník ve spalinové cestě. Ten patřičně zvýší teplovzdušný výkon dle potřeby a volby.

- Rozložení výkonu – předávání tepla = sálání + konvekce + spalinový teplovodní výměník. Tento požadovaný poměr rozdělení výkonu je zásadní a měl by být podstatný při volbě topeniště i celého konceptu vytápění.
- Plošná a objemová dispozice – volbu nejen topeniště, ale i celého konceptu ovlivní prostorová lokalizace a rozměry. Například pokud mi jako kamnáři investor zadá velmi malý objemový prostor, musím volit lehké opláštění s vyšším výkonem na m<sup>2</sup>, nebo kamnovou vložku s teplovodním výměníkem. Jestliže je pro investora důležitý a předem daný vzhled a víme předem plochu teplosměnné plochy, je potřeba zvolit vhodný typ konstrukce obestavby (lehká, středně těžká nebo těžká), aby byl zajištěn požadovaný tepelný výkon. .
- Dosah teplosměnných ploch kamen – tento požadavek je spojen s volbou rozložení výkonu. Jsou-li kamna projektována jako hlavní zdroj, pak teplosměnné plochy kamen přímo ovlivní jen například 2/3 místností a kamnář má další volbu s teplovzdušnou variantou (přirozenou nebo nucenou – ventilátor), nebo teplovodní variantu. Vždy se při návrhu musí přihlížet k ekonomii investice. Někdy se vyplatí osadit elektrický přímotop do zřídka obývané místnosti než složitá a investičně nákladná například teplovodní varianta.

### **Vlastní návrh typu spalovací komory (topeniště)**

Topeniště navrhuji pro rodinný dům s pracovním názvem „B49“, kterého se týká celá má diplomová práce – část B. Rodinný dům je reálný a v současné době prochází

modernizací. Kachlová kamna mají sloužit jako hlavní zdroj (primární). V tak rozsáhlém objektu je volba spalovací komory velmi důležitá. Investor kamen má jasné požadavky, které kamna jako celek musí splňovat:

1. Kamna jako hlavní zdroj vytápění
2. Akumulaci min. 10 – 12 hodin
3. Pokrýt maximální tepelnou ztrátu
4. Přikládat max. 3x denně lépe 2x denně
5. Vzhled kamen
6. Ekologický provoz
7. Ekonomický provoz - automatický

### Podklady pro návrh:

Maximální tepelná ztráta objektu „B49“ při exteriérové návrhové teplotě -18°C.

$$\Phi_{\max} = 20,56 \text{ kW} \cdot \text{h}^{-1}$$

<b>1S</b>					
č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI	$\Theta_{\text{int},i}$ [°C]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_i$ [W]
S1.01	CHODBA	15	444	126	569
S1.02	SKLAD PALIVA	5	Nevytápěná		
S1.03	WC	20	367	426	793
S1.04	KOTELNA	10	Nevytápěná		
S1.05	KUCHYŇKA	18	640	287	928
S1.06	SPOLEČENSKÁ MÍSTNOST	18	809	293	1103
S1.07	DÍLNA	16	1356	156	1512
S1.08	SKLAD DŘEVA	5	Nevytápěná		
S1.09	TECHNICKÁ MÍSTNOST	10	Nevytápěná		
S1.10	PRÁDELNA	18	283	356	639

$\Sigma = 5,543 \text{ kW}$

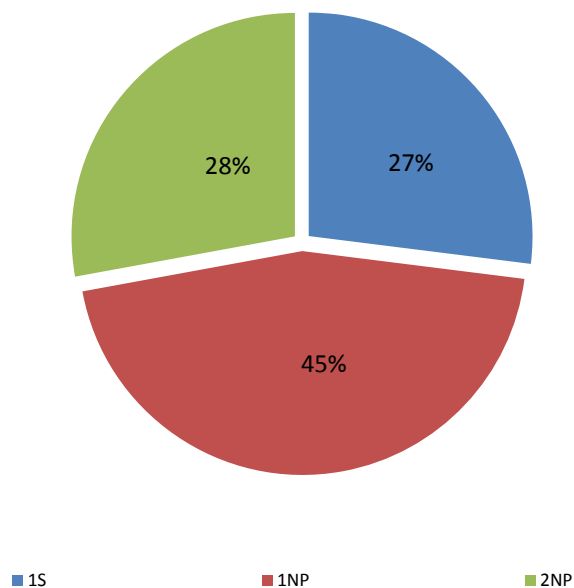
<b>1NP</b>					
č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI	$\Theta_{\text{int},i}$ [°C]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_i$ [W]
1.01	ZÁDVEŘÍ	15	370	39	408
1.02	CHODBA	15	338	112	450
1.03	HERNA S	20	1720	426	2146



KULEČNÍKEM					
1.04	OBÝVACÍ POKOJ	20	1871	323	2194
1.05	JÍDELNÍ KOUT	20	965	227	1192
1.06	KUCHYNĚ	20	666	559	1225
1.07	SPÍŽ	5	Nevytápěná		
1.08	CHODBA	15	Nevytápěná		
1.09	KOUPELNA	24	762	899	1662
1.10	ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST	10	Nevytápěná		
$\Sigma =$					<b>9,276</b> kW

2NP					
č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI	$\Theta_{int,i}$ [°C]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_i$ [W]
2.01	CHODBA	15	-46	192	146
2.02	KOUPELNA	24	925	899	1970
2.03	TRUCOVNA	20	323	60	383
2.04	LOŽNICE	18	793	56	848
2.05	ŠATNA	15	Nevytápěná		
2.06	DĚTSKÝ POKOJ 1	20	600	158	758
2.07	ŠATNA 1	15	Nevytápěná		
2.08	DĚTSKÝ POKOJ 2	20	753	130	882
2.09	ŠATNA 2	15	Nevytápěná		
2.10	POKOJ PRO HOSTY	20	631	112	742
$\Sigma =$					<b>5,730</b> kW

### Tepelná ztráta celého objektu "B49"



### Rozložení tepelné ztráty dle druhu předávání tepelné energie.

Výkon

č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI	KAMNA $\phi_i$ [W]	VODA $\phi_i$ [W]
S1.01	CHODBA		569
S1.03	WC		793
S1.05	KUCHYŇKA		928
S1.06	SPOLEČENSKÁ MÍSTNOST		1103
S1.07	DÍLNA		1512
S1.10	PRÁDELNA		639
1.01	ZÁDVEŘÍ		408
1.02	CHODBA		450
1.03	HERNA S KULEČNÍKEM	1073	1073
1.04	OBÝVACÍ POKOJ	2194	
1.05	JÍDELNÍ KOUT	1192	
1.06	KUCHYNĚ	1225	
1.09	KOUPELNA		1662
2.01	CHODBA	146	
2.02	KOUPELNA		1970
2.03	TRUCOVNA		383
2.04	LOŽNICE	848	
2.06	DĚTSKÝ POKOJ 1	758	
2.08	DĚTSKÝ POKOJ 2	882	
2.10	POKOJ PRO HOSTY		742
		<b>8,318</b>	<b>12,231</b>

kW

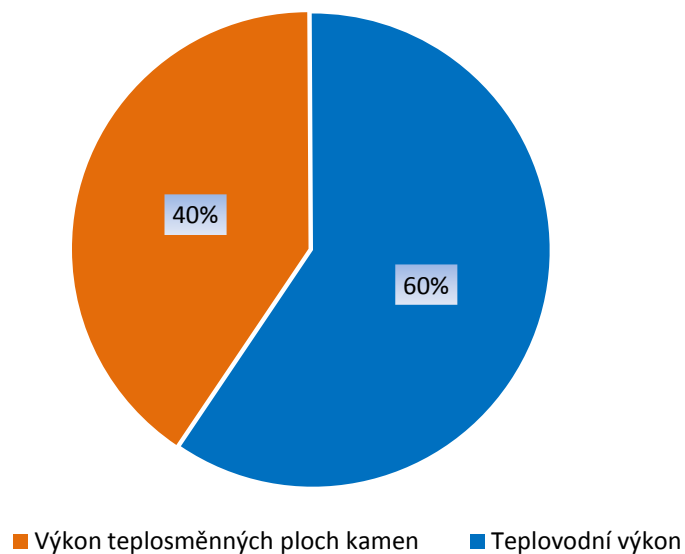
teplosměnných ploch hypokaustových kachlových kamen:

$$\Phi_{\text{KAMNA}} = 8,318 \text{ kW}$$

Teplovodní výkon:

$$\Phi_{\text{VODA}} = 12,231 \text{ kW}$$

Rozložení tepelné ztráty



Z výše uvedeného grafu vyplývá, že nejvhodnější rozdělení výkonu kamnové vložky je 60% do teplovodního výměníku a zbylých 40% do akumulčního systému kachlových kamen – v tomto případě systému KMS.

Po hlubším zamyšlení o funkcích a opravdového využívání jednotlivých místností docházím nikoli k jedné hodnotě výkonu, ale k intervalu. Za prvé dochází k jisté redistribuci tepla v objektu z teplejšího místa k chladnějšimu, a za druhé zmíněné procentuální využití jistých místností.

Pobytové místnosti jsou procentuálně nejčastěji využívané a pro ty jsem navrhl teplosměnné plochy kamen (místnosti např. obývací pokoj, ložnice, dětský pokoj,...). Na opačnou stranu místnosti jako: společenská místnost, dílna, herna s kulečnickem, trucovna a pokoj pro hosty budou využívány ve velmi malém procentu a budou vzhledem k ekonomii a úsporám ve vytápění po většinu otopné sezony temperovány. Tedy zvedne

se tepelná ztráta okolních vytápěných místností – zmíněná redistribuce tepla. Tedy přesnější rozdělení tepelného výkonu kamnové vložky by mělo být:

**Podíl výkonu teplosměnných ploch hypokaustových kachlových kamen by se měl pohybovat v intervalu 40 – 55 %.**

**Podíl výkonu teplovodního výměníku by se měl pohybovat v intervalu 35 – 65%.**

Tepelná ztráta ani požadavky na tepelnou pohodu nejsou konstantní. Zdroj tepla = kamnová vložka musí být schopna zareagovat na dané změny požadované majitelem, investorem i kamnářem.

Nyní po specifikaci podílů výkonů jsem vybral dva výrobky od firmy BRUNNER. Tato firma patří bezesporu k nejlepším výrobcům a inovátorům v kamnářském řemesle. Jako nejvhodnější typ kamnové vložky volím modulovou řadu HKD 4.1. Nyní podrobněji popíši vybrané varianty: Varianta I: HKD 4.1 w a varianta II: HKD 4.1 SK.

## Varianta 1 – BRUNNER HKD 4.1 w



- Sekundární způsob spalování
- Jmenovitý výkon 13,5 kW (dle EN 13 229 w)
- Maximální výkon 32 kW (odzkoušeno výrobcem)
- Bezroštové spalování
- 2-40% výkonu do teplovodního výměníku
- Peletový systém - retortový podavač
- Délka polen 50 cm
- Množství paliva 4-8 kg\*h<sup>-1</sup>
- Dvojité prosklení příkládacích dvířek
- Velmi vysoká účinnost spalování
- CPV - Centrální přívod vzduchu
- Výměník neochlazuje spalovací komoru

Obrázek B 7 – kamnová vložka BRUNNER HKD 4.1. w (6)

### Teplovodní výměník na kamnovou vložku HKD 4.1

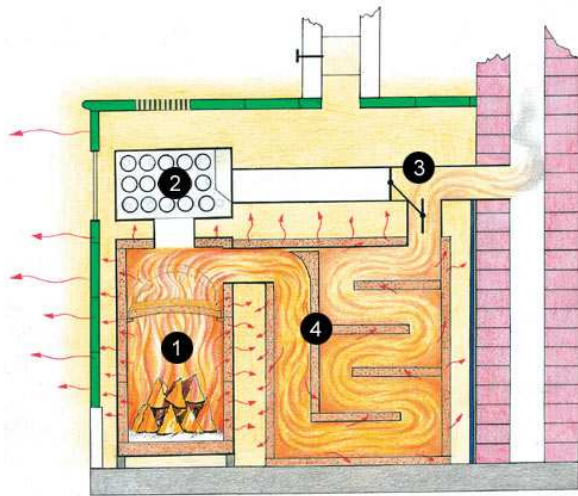
Výměník je umístěn nad spalovací komorou. To má dvě velké výhody. Možnost volby, zda-li chci topit do akumulčního systému nebo do teplovodního výměníku je tou první výhodou. Druhá, neméně důležitá je umístění výměníku. Ten přímo neochlazuje spalovací komoru, a nedochází tak k ochlazení spalovací komory. Tím dosáhne vysokých spalovacích teplot a s tím spojené vysoké účinnosti spalování a nízkých emisních hodnot.



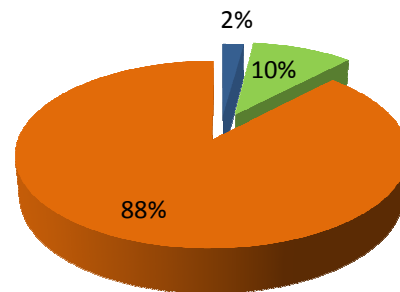
Výměník je vybaven čidlem teploty a nezbytnou ochlazovací smyčkou. Výměník lze vypustit na pravé i levé straně. Je umožněno i čištění celého systému.

Obrázek B 8 - teplovodní výměník na HKD 4.1w (6)

## Rozložení energie při předávání do akumulčních šamotových tahů



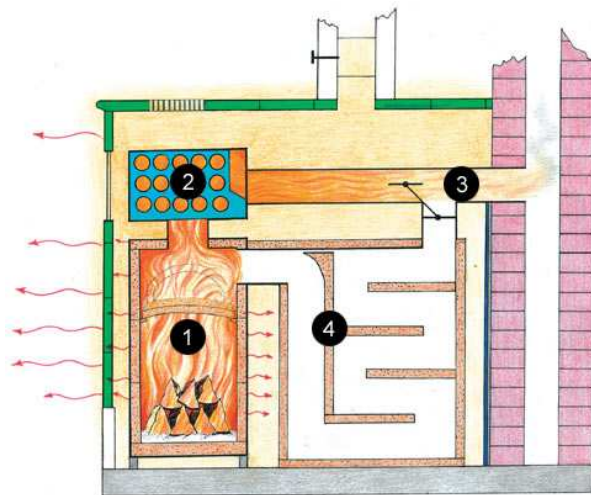
■ Výměník H2O ■ Dvojitě prosklení dvířek ■ Akumulace



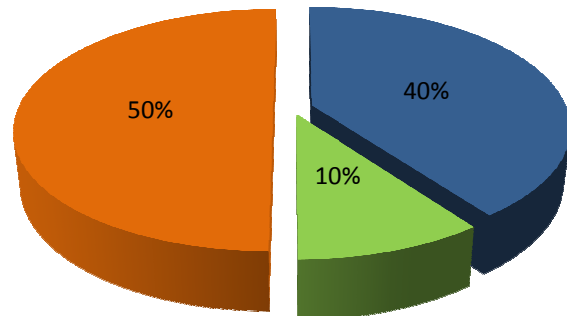
Obrázek B 9 – Schéma tahového systému (6)

1-Topeniště 2- Výměník H2O 3- Moritz klapka 4- Tahový akumulční systém (6)

## Rozložení energie při předávání do teplovodního výměníku



■ Výměník H2O ■ Dvojitě prosklení dvířek  
■ Akumulace



Obrázek B 10 – Schéma zapojení teplovodního spalínového výměníku (6)

1-Topeniště 2- Výměník H2o 3- Moritz klapka 4- Tahový akumulční systém (6)]

Experiment provedený přímo výrobcem kamnové vložky slouží pro představu, jakých výstupních teplot spalin tato vložka dosahuje v závislosti na čase. Hodnoty jsou uvedeny na základě konceptu kamnové vložky BRUNNER HKD 4.1 v akumulčním provozu s tahovým systémem KMS (ORTNER).

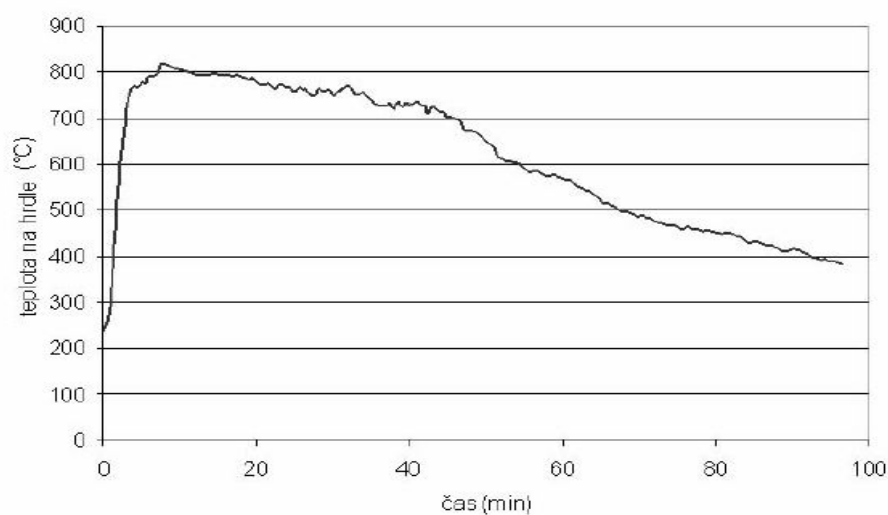


Obrázek B 11 – Tahový systém OTRNER KMS s kamnovou vložkou BRUNNER HKD 4.1 (7)

Pro dimenzování tahového systému KMS pro kamnové vložky HKD 4.1/5.1/6.1 uvádí výrobce ideální délku a hmotnost systémového tahového systému.

Kamnová vložka	Plnicí množství [Kg]	Hmotnost KMS [Kg]	Délka KMS [m]
HKD 6.1	4 – 6	350 – 450	3 – 3,5
HKD 5.1	5 – 7	450 – 550	3,5 – 4,5
HKD 4.1	7 – 10	550 – 750	4,5 - 6

Pro rychlý návrh postačí zjednodušený algoritmus: cca 80kg akumulární hmoty KMS na 1kg dřeva.



Obrázek B 12 – Změřené teploty spalin v kamnové vložce (7)

Hodnoty v akumulčním provozu (plná zátěž):

- Jmenovitý výkon: 11 kW
- Množství paliva 8,3 kg\*h<sup>-1</sup>
- Hmotnostní tok spalin: 35 g\*s<sup>-1</sup>
- Dopravní tlak: 11,4 Pa
- CO<sub>2</sub>: 7,9 %
- Co vztaženo na 13% O<sub>2</sub>: 0,007 %



## Varianta 2 – BRUNNER HKD 4.1 SK

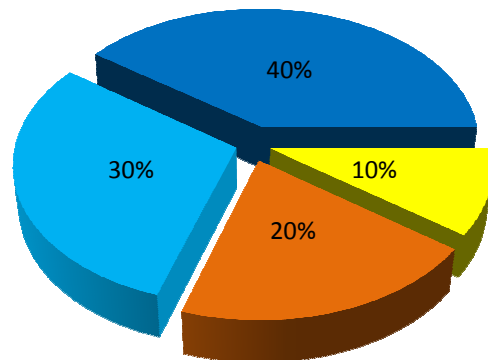
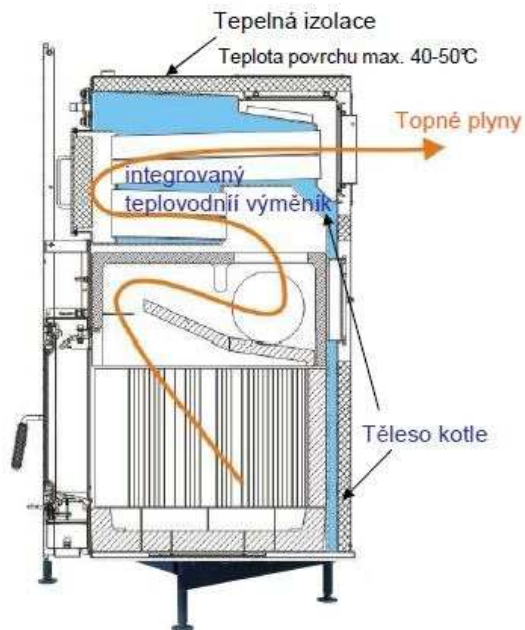


- Sekundární způsob spalování
- Jmenovitý výkon 14,5kW (dle EN 13 229 w)
- Maximální výkon 32 kW (odzkoušeno výrobcem)
- Bezroštové spalování
- 30-70% výkonu do teplovodního výměníku
- Peletový systém - retortový podavač
- Délka polen 50 cm
- Množství paliva 4-8 kg\*h<sup>-1</sup>
- Dvojitě prosklené příkládací dvířka
- Velmi vysoká účinnost spalování
- CPV - Centrální přívod vzduchu
- Varianta SK má dva teplovodní výměníky

Obrázek B 13 – kamnová vložka BRUNNER HKD 4.1 SK (7)

Tento typ varianty kombinované teplovodní kamnové vložky se odlišuje od ostatních typů a podtypů především dvěma teplovodními výměníky. První je umístěn v části spalovací komory – tedy teplovodní výkon je stálý a nelze jej oddělit či odpojit. Tento výměník dává přibližně konstantní výkon. Jeho výkon je cca 30% z celkového aktuálního výkonu. Druhý teplovodní výměník o výkonu dalších 40% z celkového aktuálního výkonu se dá odpojit ze spalinové cesty.

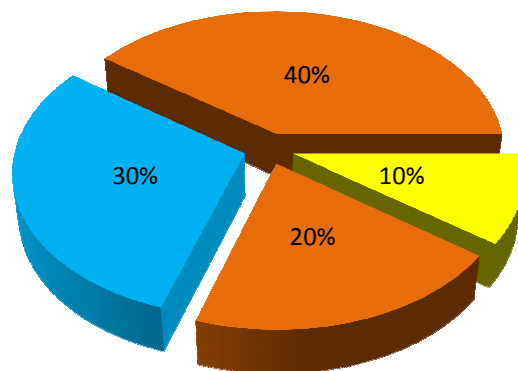
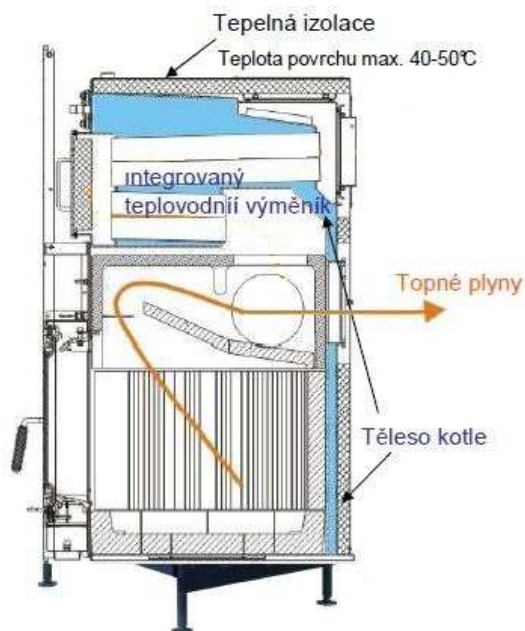
### Varianta A – Plně teplovodní výkon – připojen sekundární teplovodní výměník



- Primární teplovodní výměník (trvalý)
- Sekundární teplovodní výměník (volitelný)
- Dvojitě prosklení dveří
- Akumulace

Obrázek B 14 - Plně teplovodní provoz = primární i sekundární spalínový teplovodní výměník ve spalínové cestě (7)

### Varianta B – Akumulační výkon – odpojen sekundární teplovodní výměník



- Primární teplovodní výměník (trvalý)
- Akumulace
- Dvojitě prosklení dveří
- Akumulace

Obrázek B 15 - Odpojený sekundární teplovodní výměník, spaliny pokračují do akumulačního systému kamen (7)

Varianta kamnové vložky SK má volitelný teplovodní výkon 30 a 70% z aktuálního výkonu. Při této ryze teplovodní variantě vystupují z druhého teplovodního výměníku již velmi studené spaliny, které je zapotřebí co nejkratší cestou dovést do komínového tělesa. Při variantě s aktivním jen prvním (trvalým) teplovodním výměníkem vystupují spaliny o teplotách kolem 650°C. Spalovací proces v této kamnové vložce je velmi precizní. I přes prvotní ochlazení prvním teplovodním výměníkem vystupují velmi vysoké teploty spalin, které se dají využít do akumulčního systému.

### **Společné vlastnosti a možnosti u obou variant 1 a 2**

Jednou z možností, které nabízí široký sortiment k této kamnové vložce je i volba druhu a typu prosklení. Aby bylo zachováno velké prosklení, které je žádoucí z hlediska začlenění kouzla plamenů do interiéru jsou používána s povrchovou úpravou tzv. pokovením. Tato úprava keramoskla částečně redukuje negativní důsledek velkého prosklení. Pokovení odráží sálavou složku zpět do prostoru spalovací komory a nedochází k výraznějšímu poklesu teploty ve spalovací komoře (až 1150°C) a samozřejmě zlepšení emisních hodnot.

Kamnová vložka HKD 4.1 má tři různé typy dvířek. Jednoduché, dvojité a kontrolní otvor (Obr.B 18). Tyto varianty se liší různými tepelnými výkony přes prosklení. Je samozřejmostí pravé i levé otevírání příkládacích dvířek.



Obrázek B 16 - Kamnová vložka HKD 4.1 - w - kontrolní otvor s topným štítem (6)

## Pelet modul

Pro zajištění komfortního vytápění lze přidat peletový zásobník. Podávání ze zásobníku je řešeno šnekovým podavačem v modulu 500 mm. Retortový podavač pelet do spalovací komory zajišťuje bezproblémové podávání a vysokou účinnost.

Peletový systém je řízen automatickou regulací BRUNNER EOS. Peletový systém



by měl sloužit pro temperování v době nepřítomnosti obsluhy, nebo pokud bude požadován přesný a stálý tepelný výkon kamnové vložky. Pelety mohou být dodávány v pytlích přímo do zásobníku, nebo možnost velkého před zásobníku v některé z technických místností domu. Tento systém zaručuje vysoký komfort a redukuje fyzickou práci se dřevem.

Obrázek B 17 - Kamnová vložka HKD 4.1 s peletovým systémem (6)

## Typy zasklení a jejich vlastnosti - kamnová vložka HKD 4.1 (w, SK) (6)



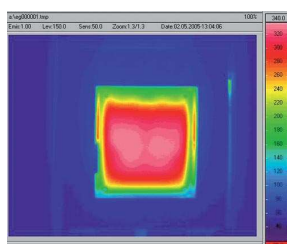
Obrázek B 20 – Jednoduché zasklení



Obrázek B 18 – Dvojité zasklení

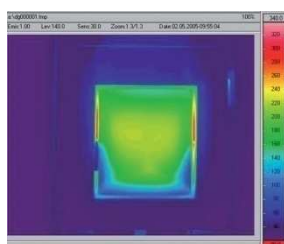


Obrázek B 19 – kontrolní otvor



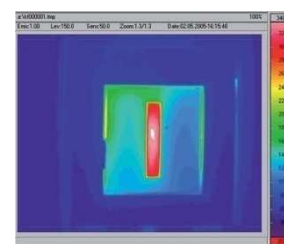
Obrázek B 21 – Jednoduché zasklení

$$Q = 2200 \text{ W}$$



Obrázek B 23 – dvojité zasklení

$$Q = 1300 \text{ W}$$



Obrázek B 22 – kontrolní otvor

$$Q = 700 \text{ W}$$

## Automatická regulace ESA a EOS 6 (BRUNNER)

S pomocí dotykového displeje můžeme plně ovládat nejen proces spalování (který se zaznamenává do historie), ale také celý teplovodní systém.



Obrázek B 24 - Automatické regulace BRUNNER EOS, ESA (7)

Požizovací investice kamnových vložek je velmi důležitý argument k výběru. Podle aktuálního ceníku firmy BRUNNER pro Českou republiku je v roce 2011 pořizovací cena bez DPH u typu:

- HKD 4.1 w (korpus, šamoty, ISO vystýlka, černý rámeček, podstavec, příprava EOS, display EOS a teplovodní výměník) = 162'456 Kč
- HKD 4.1 SK (korpus, šamoty, ISO vystýlka, černý rámeček, podstavec, příprava EOS a display EOS) = 183'764 Kč

Varianta HKD 4.1 SK je o 11,6 % (21'308 Kč) dražší.

### Výběr nejvhodnějšího typu kamnové vložky pro RD „B49“.

Vzhledem k podrobné analýze vlastností a technických možností výrobků HKD volím typ: **BRUNNER HKD 4.1 SK**. Cenový nárůst o 11,6 % oproti typu w je pro mě osobně méně podstatný než maximální pokrytí veškerých intervalů tepelného výkonu do akumulčního systému KMS i do teplovodní soustavy.

## B.6.2. Dimenzování teplosměnných ploch kamen

Princip výpočtu výkonu teplosměnných ploch hypokaustových kachlových kamen je na stejném principu jako ve variantě I. Tedy dle platné ČSN 73 4231 – Individuálně stavěná kamna. Jednotlivé výkony daných ploch jsou určeny druhem předávání tepelné energie a svou stavební konstrukcí.

TEPELNÝ VÝKON DLE KONSTRUKCE			
TYP KCE:	TL. KONSTRUKCE	TEPLOTA NA PLÁŠTI	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]
LEHKÁ	kachle	90 - 120°C	1,3
POLOTĚŽKÁ	kachle + 20mm šamot	50 - 80°C	0,93
TĚŽKÁ	kachle + 2 x 20mm šamot	40 - 50°C	0,68
HYPOKAUST	Litý šamot 20mm (KACHLE)	50 - 60°C	0,76

Jednotlivé teplosměnné plochy jsou označeny K1 – K4. K1 (jako kamna 1 = teplosměnná plocha kamen K1). K2, K3 a K4 jsou hypokaustové topné kachlové stěny v prvním podlaží rodinného domu „B49“.

K1 - LEHKÁ konstrukce - 1,04 Obývací pokoj + 1,05 Jídelní kout + 1,06 Kuchyně

Tepelná ztráta: 4611 W ==> **4,611 kW**

Minimální teplosměnná plocha:

Typ konstrukce:	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]	Tepelná ztráta [kW]	Potřebná plocha [m <sup>2</sup> ]	Skutečný výkon [kW]
LEHKÁ	1,3	3,311	2,55	4,875
Prosklení HKD 4.1 SK (Dvojitě prosklení)				1,3
	CELKEM	3,311	2,55	Σ= 6,175

Skutečná plocha:	3,75	m <sup>2</sup>	POSOUZENÍ:	133,92%
				VYHOVUJE

Pozn. Úmyslně mírně předimenzovaný výkon hlavních kamen – může přibýt tepelná ztráta od dalších místností vlivem redistribuce tepelné výměny v objektu

## K2 - Hypokaustová kamna - 2.01 Chodba

Tepelná ztráta: 145,638 W ==> 0,146 kW

Minimální teplosměnná plocha:

Typ konstrukce:	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]	Tepelná ztráta [kW]	Potřebná plocha [m <sup>2</sup> ]	Skutečný výkon [kW]
HYPOKAUST	0,76	0,146	0,19	0,1596
				Σ= 0,1596

Skutečná plocha:	0,21	m <sup>2</sup>	POSOUZENÍ:	109,59%
VYHOVUJE				

## K3 - Hypokaustová kamna - 2.06 Dětský pokoj 1

Tepelná ztráta: 757,503 W ==> 0,758 kW

Minimální teplosměnná plocha:

Typ konstrukce:	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]	Tepelná ztráta [kW]	Potřebná plocha [m <sup>2</sup> ]	Skutečný výkon [kW]
HYPOKAUST	0,76	0,758	1,00	0,8664
				Σ= 0,8664

Skutečná plocha:	1,14	m <sup>2</sup>	POSOUZENÍ:	114,38%
VYHOVUJE				

## K4 - Hypokaustová kamna - 2.04 Ložnice

Tepelná ztráta: 848,220 W ==> 0,848 kW

Minimální teplosměnná plocha:

Typ konstrukce:	VÝKON [kW*m <sup>-2</sup> ]	Tepelná ztráta [kW]	Potřebná plocha [m <sup>2</sup> ]	Skutečný výkon [kW]
HYPOKAUST	0,76	0,848	1,12	0,8664
				Σ= 0,8664

Skutečná plocha:	1,14	m <sup>2</sup>	POSOUZENÍ:	102,14%
VYHOVUJE				



### B.6.3. Dimenzování teplovodní soustavy

Výchozí pro dimenzování teplovodní soustavy je výpočet tepelné ztráty objektu „B49“. Jelikož je konstrukční uspořádání stěn, místností a všech okrajových podmínek stejné ve všech variantách, přebírám hodnoty vypočtené návrhové tepelné ztráty místností oddílu B.3 – Výpočet tepelné ztráty prostupem a větráním.

Kachlová hypokaustová kamna jsou navržena jako hlavní zdroj. Z důvodů nezávislosti jsem ve všech místnostech, kde byl požadavek na dodržení tepelné pohody, umístil desková otopná tělesa. V 1NP jsem pod balkonové dveře umístil konvektory MINIB s ventilátorem. Otopná soustava je řízena automatickou regulací a rozvádí se po objektu pomocí rozdělovače a sběrače - podrobněji v B.6.4 – Schéma zapojení primárního teplovodního okruhu.

Návrh otopných těles – výpočet skutečného výkonu

$$Q_{Tskut} = Q_T \cdot \varphi \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3$$

$Z_1$  - součinitel na úpravu okolí (zákryt, umístění pod parapetem, nízko u podlahy, do niky, .....)

$Z_2$  - součinitel na počet článku (nad 10 čl.)

$Z_3$  - součinitel na umístění tělesa v místnosti

$\varphi$  - součinitel na způsob připojení těles

Otopná desková tělesa: Radik VK (KORADO)

Teplotní spád deskových těles: 55/45°C

Konvektory MINIB COIL – T60 (s ventilátorem)

Střední teplota otopné vody: 60°C

Při návrhu použity střední otáčky ventilátoru – stupeň 2

č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI 1PP	$\theta_{int,i}$ [°C]	$Q_i$ [W]	$Q_{jed.tělesa}$ [W]	ks	$Q_T$ [W]	Typ otopných těles	$Q_{Tskut.}$ [W]	% pokrytí
S1.01	CHODBA	15	569	722	1	722	22-500/80;VK 15(1) PŠ10	577,6	101,5%
S1.03	WC	20	793	844	1	844	33-500/80;VK 15(2) PŠ10	844	106,4%
S1.05	KUCHYŇKA	18	928	1264	1	1264	33-500/110;VK 15(1) PŠ10	1011	109,0%
S1.06	SPOLEČENSKÁ MÍSTNOST	18	1103	400	3	1200	22-500/60;VK 15(1,1,2) PŠ10	1200	108,8%
S1.07	DÍLNA	16	1512	812	2	1624	22-500/90;VK 15(2) PŠ10	1624	107,4%
S1.10	PRÁDELNA	18	639	801	1	801	22-500/100;VK 15(1) PŠ10	640,8	100,4%

č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI 1NP	$\theta_{int,i}$ [°C]	$Q_i$ [W]	$Q_{jed.tělesa}$ [W]	ks	$Q_T$ [W]	Typ otopných těles	$Q_{Tskut.}$ [W]	% pokrytí
1.01	ZÁDVEŘÍ	15	408	514	1	514	22-500/60;VK 15(2) PŠ10	411,2	100,7%
1.02	CHODBA	15	450	605	1	605	22-500/70;VK 15(1) PŠ10	484	107,6%
1.03	HERNA S KULEČNÍKEM	20	2146	716	3	2148	33-300/100;VK 15(4,3,3) PŠ10	2148	100,1%
1.04	OBÝVACÍ POKOJ	20	2194	1460	1	1460	Konvektor MINIB COIL - T60 - 2m	1460	108,6%
				362	3	1086	11-400/100;VK 15(4,3,3) PŠ10	923,1	
1.05	JÍDELNÍ KOUT	20	1192	476	4	1904	21-400/100;VK 15(4,3,3,2) PŠ10	1333	111,8%
1.06	KUCHYŇĚ	20	1225	601	1	601	Konvektor MINIB COIL - T60 - 1m	601	118,0%
				889	1	889	33-400/100;VK 15(2) PŠ10	844,6	
1.09	KOUPELNA	24	181	5,1	Podlahové vytápění			923	101,4%
			1662	762	1	762	33-400/100;VK 15(3) PŠ10	762	

Pozn. U podlahového vytápění je  $181 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  výkon.  $5,1 \text{ m}^2$  plocha podlahového vytápění.

č. míst.	POPIS MÍSTNOSTI 2NP	$\theta_{int,i}$ [°C]	$Q_i$ [W]	$Q_{jed.tělesa}$ [W]	ks	$Q_T$ [W]	Typ otopných těles	$Q_{Tskut.}$ [W]	% pokrytí
2.01	CHODBA	15	146	222	1	222	11-400/50;VK 15(2) PŠ10	188,7	129,6%
2.02	KOUPELNA	24	2154	1195	2	2390	33-400/110;VK 15(6) PŠ10	2390	111,0%
2.03	TRUCOVNA	20	383	431	1	431	22-400/70;VK 15(3) PŠ10	387,9	101,2%
2.04	LOŽNICE	18	848	433	2	866	11-400/100;VK 15(3) PŠ10	866	102,1%
2.06	DĚTSKÝ POKOJ 1	20	758	382	2	764	11-400/100;VK 15(6) PŠ10	764	100,9%
2.08	DĚTSKÝ POKOJ 2	20	882	889	1	889	33-400/100;VK 15(5) PŠ10	889	100,8%
2.10	POKOJ PRO HOSTY	20	742	889	1	889	33-400/100;VK 15(6) PŠ10	889	119,7%

Opravné součinitele					
č.m.	Popis místnosti	Z1	Z2	Z3	φ
1S					
S1.01	CHODBA	1	1	0,8	1
S1.03	WC	1	1	1	1
S1.05	KUCHYŇKA	1	1	0,8	1
S1.06	SPOLEČENSKÁ MÍSTNOST	1	1	1	1
S1.07	DÍLNA	1	1	1	1
S1.10	PRÁDELNA	1	1	0,8	1
1NP					
1.01	ZÁDVEŘÍ	1	1	0,8	1
1.02	CHODBA	1	1	0,8	1
1.03	HERNA S KULEČNÍKEM	1	1	1	1
1.04	OBÝVACÍ POKOJ	1	1	0,85	1
1.05	JÍDELNÍ KOUT	1	1	0,7	1
1.06	KUCHYNĚ	1	1	0,95	1
1.09	KOUPELNA	1	1	1	1
2NP					
2.01	CHODBA	1	1	0,85	1
2.02	KOUPELNA	1	1	1	1
2.03	TRUCOVNA	1	1	0,9	1
2.04	LOŽNICE	1	1	1	1
2.06	DĚTSKÝ POKOJ 1	1	1	1	1
2.08	DĚTSKÝ POKOJ 2	1	1	1	1
2.10	POKOJ PRO HOSTY	1	1	1	1

## Návrh podlahového vytápění (2)

Místnost: 1.09 KOUPELNA

Tepelná ztráta místnosti prostupem i větráním:		$Q_c =$	1662 W
Teplota míst. pod podlahou:	$t'_i =$	10 °C	( $t_i \neq t'_i$ )
Teplota interiéru:	$t_i =$	24 °C	
Teplotní spád:	$t_1 =$	45 °C	$t_2 =$ 40 °C
Maximální povrchová teplota:	$t_{p,max} =$	34 °C	(normový požadavek)
Střední teplota topné vody :	$t_m =$	42,5 °C	
Rozteč trubek:	$l =$	0,2 m	
Vnější průměr trubek:	$d =$	0,018 m	Materiál: PEX
Plocha podlahového vytápění:	$P =$	4,2 m	

**Výstup:**

**Vypočtené hodnoty:**

Střední povrchová teplota:

$$t_p = 33,66 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Celkový tepelný výkon:

$$q_{\text{celk}} = 181,67 \text{ W/m}^2$$

Potřebná podlahová topná plocha:

$$S_p = 9,1457 \text{ [m}^2\text{]}$$

**Celkový výkon podlahového vytápění:**

$$q_{\text{real}} = q_{\text{celk}} \cdot P = \mathbf{763,01 \text{ W}}$$

Výpočet:

Skladba stropní a podlahové konstrukce:

č.	Popis vrstev	tloušťka	$\lambda$	$\Lambda_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_p} + \sum \frac{t_i}{\lambda_i}}$	$\Lambda_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_p} + \sum \frac{t_n}{\lambda_n}}$
		[m]	[W*m <sup>2</sup> *K <sup>-1</sup> ]		
1	Mramorová deska	0,03	3,1	$\Lambda_1 = 6,19 \text{ W/m}^2$ 89,62%	
2	Betonová mazanina	0,06	1,2		
3	KARI síť			$\Lambda_2 = 0,72 \text{ W/m}^2$ 10,38%	
4	Folie PE				
5	Polystyren	0,05	0,044		
6	Vyrovnávací bet. vrstva	0,02	1,2		
7	ŽB monolitický strop	0,2	1,44		

$$\alpha_p = \alpha_{sp} + \alpha_{kp}$$

$$\alpha_p = 9,82 \text{ [W/m}^2\text{*K]}$$

Součinitel přestupu tepla sáláním  $\alpha_{sp}$ 

$$\alpha_{sp} = 5,5 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \text{ (Podlahové vytápění)}$$

Součinitel přestupu tepla prouděním  $\alpha_{kp}$ 

$$\alpha_{kp} = 4,32$$

Kde:

 $\Lambda_1$  – tepelná propustnost od roviny uložení kabelů směrem do vytápěné místnosti [W/m<sup>2</sup>.K] $\Lambda_2$  – tepelná propustnost od roviny uložení kabelů směrem dolů [W/m<sup>2</sup>.K] $t_i$  - je tloušťka i-té vrstvy [m]

Charakteristické číslo podlahy

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_1 + \Lambda_2)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} \quad m = 8,1 \text{ m}^{-1}$$

Kde:

 $\Lambda_1$  – tepelná propustnost od roviny uložení kabelů směrem do vytápěné místnosti [W/m<sup>2</sup>\*K] $\Lambda_2$  je tepelná propustnost vrstev pod trubkami [W/m<sup>2</sup>\*K],

$\lambda_d$  – součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého jsou zalaty trubky [W/m\*K],  
 $d$  – vnější průměr trubek [m].

pomocné výpočty pro rozteč trubek: 200 mm

$$m \cdot \frac{l}{2} = 0,806$$

$$\operatorname{tgh} \left( m \cdot \frac{l}{2} \right) = 0,6671$$

Střední povrchová teplota

$$t_p = \frac{\Lambda_1}{\alpha_p} \cdot (t_m - t_i) \cdot \frac{\operatorname{tgh} \left( m \cdot \frac{l}{2} \right)}{m \cdot \frac{l}{2}} + t_i$$

$t_p = 33,66 \quad ^\circ\text{C} \quad t_{\max} = 34 \quad ^\circ\text{C}$

Splněna podmínka:  $t_p < t_{\max}$  OKI

Měrný tepelný výkon otopné plochy

$$q = \alpha_p (t_m - t_i) \quad [\text{W/m}^2] \quad q = 181,67 \quad [\text{W/m}^2]$$

Podlahové vytápění v individuálním režimu uživatele. Tepelný komfort zajistí otopné těleso s termostatickou hlavici

## Dimenzování teplovodní dvoutrubkové soustavy

Celkové dimenze potrubí a termodynamické seřízení je patrné z výkresů vytápění. Uvádím pouze malou část výpočtu. Doregulování větve a regulace zbylých jsou provedeny analogicky ve smyslu ekonomických rychlostí proudění.

### Dimenzování potrubí pro otopnou soustavu 55/45

Č. Úseku [i]	M [kg/h]	Q [kW]	l [m]	$\xi$ [počet]	d [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	Z [Pa]	R*I [Pa]	$\Delta p_v$ [Pa]	$R^*I+Z+\Delta p_v$ [Pa]	$\Delta p_{di}$ [Pa]
1	102,8	1,195	2,60	11,9	15x1	70,5	0,22	288	183	1700	2171	2171
2	205,5	2,39	8,60	3,2	18x1	87,4	0,29	135	752		886	3057
3	238,9	2,78	6,20	1,2	18x1	109,7	0,33	65	680		745	3803
4	255,1	2,97	2,10	1,2	18x1	128	0,36	78	269		347	4150
5	329,6	3,83	6,40	1,5	22x1	65,7	0,29	63	420		484	4633
6	582,4	6,77	6,40	1,5	28x1,5	62,3	0,33	82	399		480	5113
7	845,1	9,83	5,10	23,1	28x1,5	121,5	0,48	2661	620	2750	6031	11144
	845,1									<b>maximální tlaková ztráta</b>		11144

#### TERMOSTATICKÉ PŘEDNASTAVENÍ

ÚSEK 2.1  $\Delta p_{di} = 2171 \text{ Pa}$

Č. Úseku [i]	M [kg/h]	Q [kW]	l [m]	$\xi$ [počet]	KOUPELNA		33-400/110;VK 15(6) PŠ10						
					d [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	Z [Pa]	R*I [Pa]	$\Delta p_v$ [Pa]	R*I+Z [Pa]	$\Delta p_{di}$ [Pa]	
2.1	102,8	1,195	0,45	20,1	15x1	70,5	0,22	486	32	<b>1653</b>	518	2171	[Pa]

TRV přednastavení:  $k = 0,7832 \Rightarrow 6$

(tab. www.korado.cz)

#### TERMOSTATICKÉ PŘEDNASTAVENÍ

ÚSEK 3.1  $\Delta p_{di} = 3057 \text{ Pa}$

Č. Úseku [i]	M [kg/h]	Q [kW]	l [m]	$\xi$ [počet]	TRUCOVNA		22-400/70;VK 15(3) PŠ10						
					d [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	Z [Pa]	R*I [Pa]	$\Delta p_v$ [Pa]	R*I+Z [Pa]	$\Delta p_{di}$ [Pa]	
3.1	33,4	0,388	0,45	19,5	10x1	98	0,21	430	44	<b>2583</b>	474	3057	[Pa]

TRV přednastavení:  $k = 0,2034 \Rightarrow 3$

(tab. www.korado.cz)

TERMOSTATICKÉ PŘEDNASTAVENÍ

ÚSEK 4.1					CHODBA		11-400/50;VK 15(2) PŠ10						
Č. Úseku [i]	M [kg/h]	Q [kW]	l [m]	ξ [počet]	d [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	Z [Pa]	R*I [Pa]	Δpv [Pa]	R*I+Z [Pa]		
4.1	16,2	0,189	0,45	20,4	8x1	77,7	0,16	261	35	<b>3507</b>	296	3803	[Pa]

TRV přednastavení: k= 0,0849 ==> 2

(tab. www.korado.cz)

TERMOSTATICKÉ PŘEDNASTAVENÍ

ÚSEK 5.1					LOŽNICE		11-400/100;VK 15(3) PŠ10						
Č. Úseku [i]	M [kg/h]	Q [kW]	l [m]	ξ [počet]	d [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	Z [Pa]	R*I [Pa]	Δpv [Pa]	R*I+Z [Pa]		
5.1	37,2	0,433	1,80	19,5	10x1	92,6	0,21	430	167	<b>3553</b>	597	4150	[Pa]

TRV přednastavení: k= 0,1936 ==> 3

(tab. www.korado.cz)

TERMOSTATICKÉ PŘEDNASTAVENÍ

ÚSEK 5.2					LOŽNICE								
Č. Úseku [i]	M [kg/h]	Q [kW]	l [m]	ξ [počet]	d [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	Z [Pa]	R*I [Pa]	Δpv [Pa]	R*I+Z [Pa]		
5.2	74,5	0,866	1,30	3,6	12x1	74,5	0,27	131	97		228	228	[Pa]

Další větve jsou regulovány a dimenzovány analogicky.

#### **B.6.4. Schéma zapojení primárního teplovodního okruhu**

Hlavním zdrojem vytápění objektu „B49“ je kamnová teplovodní vložka BRUNNER HKD 4.1 SK o odzkoušeném jmenovitém výkonu 32 kW. Návrhový teplotní spád je 85/65°C. Je hlídána teplota vratné vody na minimální teplotu 65°C pro omezení vzniku nízkoteplotní koroze. Oběhové čerpadlo je spouštěno termosplínačem s příložným čidlem. Je proveden obtok oběhového čerpadla se zpětnou klapkou pro případ výpadku proudu. Za výstupem z teplovodního výměníku je jako první armatura osazen pojistný ventil s nastaveným otevíracím tlakem 2,5 bar.

Teplovodní výměník je vybaven vychlazovací smyčkou. Pojistná armatura vpustí do výměníku studenou vodu při dosažení kritické teploty topné vody ve výměníku 98°C. Darling jako zdroj tlakové vody je napojen na záložní elektrický zdroj – agregát. Z kamnové vložky přechází 30 – 70% výkonu do vody. Primární okruh kamnové teplovodní vložky je napojen na akumulární nádrž REGULUS DUOE 2 1500/300. Proces spalování v kamnové vložce je řízen automatickou regulací TIMPEX REG 360EQ.

Jeden ze záložních (sekundárních) zdrojů vytápění je tepelné čerpadlo STIEBEL – ELTRON VPL 23 E vzduch / voda ve vnitřním provedení. Tepelný návrhový spád je 60/40°C. Tepelné čerpadlo řízeno regulací WPMW II ( STIEBEL – ELTRON). Dá se také spustit relé splínačem z automatické regulace REG 360EQ. Tepelná energie předávaná do výše zmíněného akumulárního zásobníku pomocí topného hadu (horní).

Druhý záložní zdroj je stávající litinový kotel na tuhá paliva VIADRUS U22 s jmenovitým výkonem 32 kW. Připojen také do akumulární nádrže – přímo. Hlídána teplota vratné vody na minimálních 65°C. Návrhový teplotní spád 90/65°C. Pojistný ventil nastaven na otevírací tlak 3bar. Na přívodní potrubí dodatečně osazen bezpečnostní dvoucestný ventil, který nahrazuje absenci vychlazovací smyčky. Bezpečnostní opatření vychlazování jako u kamnové vložky. Oběhové čerpadlo je spínáno termostatem s příložným čidlem.

Dodatkovým zdrojem pro zmenšení spotřeby energie na přípravu teplé vody v letních měsících je solární kolektorové pole REGULUS KPW1 – C20 AR. Vzhledem v relativně malé sluneční intenzitě nepočítám s přílišnou efektivností. Solární sestava



řízena regulací REGULUS SRS 4. Připojena do akumulární nádrže pomocí topného hadu (spodního).

Všechny výše uvedené tepelné zdroje jsou napojeny pouze do akumulární nádrže REGULUS DUOE 2 1500/300 s vestavným zásobníkem na teplou vodu. Z toho pokračuje teplovodní rozvod na rozdělovače/sběrače, který má 4 větve. Dvě větve jsou pro dvoutrubkovou soustavu radiátoru RADIK VK s návrhovým nízkoteplotním spádem 55/45°C. Soustava je řízena equitermní regulací pomocí automatické regulace TIMPEX REG 360EQ.

Třetí větev je pro dva konvektory umístěné v 1NP pod balkonovými dveřmi. Jejich velký výkon může velmi rychle zareagovat na změnu externích podmínek nebo požadavku uživatele. Ovládán také REG 360EQ.

Čtvrtou větví je podlahové vytápění v koupelně v 1NP. Ovládání je pomocí pokojového termostatu SIEMENS REV 200. Povrchová úprava je z mramorových desek DAINO o tloušťce 30mm. Pod těmito deskami umístěno čidlo teploty pro regulaci podlahového vytápění. Pomocí týdenního termostatu se nastaví životní styl uživatelů objektu.

Každý tepelný zdroj na svém primárním okruhu má svou expanzní nádobu a je chráněn pojistným ventilem. Potrubí kotle VIADRUS U22 je provedeno z oceli, ostatní potrubí je z měděných trubek dle naprojektovaných dimenzí. Veškeré prostupy konstrukcemi jsou chráněny ocelovými průchodkami. Potrubí je po celé délce tepelně izolováno – pouze potrubí uvnitř kamen v 1NP není izolované. Jsou provedeny kompenzátory na příslušných místech dle reálných možností a stavu vedení potrubních rozvodů. Celou soustavu lze napustit, vypustit a odvzdušnit.

## **Schéma zapojení primárního teplovodního okruhu - VÝKRES**

### B.6.4 Schéma zapojení primárního okruhu

Celý systém regulace topného okruhu má dohromady pět regulací. Většinou na sobě nezávislých. Celý topný systém nebude zrealizován v jedné etapě a funkčnost tepelných zdrojů si povětšinou zvolí uživatel sám, proto není nutná jedna složitá regulace celého systému. S realizací solárního systému se počítá předběžně za 3 – 4 roky. Naopak litinový kotel VIADRUS U22 je v současné době už na místě a udržuje objekt na nezámrzné teplotě minimálně +5°C. Nyní popíši každý tepelný zdroj a všechny regulace, jejich funkce a systém regulace. V projektu jsem jako hlavní regulaci pro spalování a otopný systém volil regulaci EOS 6 od firmy BRUNNER. Nyní pro schéma regulace primárního okruhu udělám variantu s českou automatickou regulací REG 350EQ. U té si mohu nastavit každý parametr individuálně. Za zmínku také stojí její pořizovací cena, která je o polovinu nižší.

S popisem regulace začnu hlavním tepelným zdrojem, tedy kamnovou teplovodní vložkou BRUNNER HKD 4.1 SK. Ta je připojena měděným potrubím pouze do akumulární kombinované akumulární nádrže REGULUS DUOE 2 1500/300. Spouštění oběhového čerpadla je termosínačem s dotykovým teplotním čidlem umístěným v horní části teplovodního výměníku v jímce. Pomocí T.S.V. je hlídána teplota vratné vody na minimálních 65°C pro omezení vzniku nízkoteplotní koroze. Teplovodní výměník je vybaven vestavěnou vychlazovací smyčkou. Teplotní čidlo umístěné v jímce v horní části teplovodního výměníku má nastavenou kritickou teplotu topné vody na 98°C. Při dosažení této teploty se otevře pojistná armatura vychlazovací smyčky a vpustí do vychlazovací smyčky studenou vodu z vlastního zdroje (kopaná studna). Tlakovou vodu pro celý objekt vytváří darling. Pro udržení funkčnosti vychlazovací smyčky je osazen záložní zdroj elektrické energie na pohon čerpadla domácí vodárny. Soustava je zajištěna proti přetopení a expanzi.

Systém regulace procesu spalování v kamnové vložce řídí automatická regulace TIMPEX REG 350EQ. Je snímána vysokoteplotním čidlem teplota spalin na výstupu ze spalovací komory, která je akční veličinou pro regulaci množství spalovacího vzduchu. Servopohon ovládá klapku na CPV v regulaci od 0 – 100% otevření. Vždy dle nejideálnějších potřeb pro dosažení nejkvalitnějšího spalovacího procesu. Jako signalizace přiložení (zatopení) je osazen dveřní spínač. REG 350EQ má jako ovládací prvek dotykový display umístěný v obývacím pokoji v 1NP. Je viditelná aktuální teplota v topeništi a veškeré teploty topné vody, kde je umístěné čidlo.

REG 350EQ má osazená teplotní čidla:

- T1 – spalínové vysokoteplotní čidlo pt 1100
- T2 – příložné čidlo do jímky ve spodní části akumulární nádrže
- T3 – příložné čidlo do jímky v horní části akumulární nádrže
- T4 – exteriérové teplotní čidlo
- T5 – Příložné teplotní čidlo mezi T.S.V. a čerpadlem pro potřeby equitemné regulace
- T6 – interiérové teplotní čidlo

Automatika REG 350EQ ovládá a řídí:

- Spouští oběhová čerpadla na dvou equitemně regulovaných větvích s otopnými tělesy RADIK.
- Ovládá trojcestné směšovací ventily (T.S.V.) na výše zmíněných teplovodních equitemně regulovaných větvích.
- Zapíná / vypíná oběhové čerpadlo na teplovodní větví s konvektory
- Může na požadavek uživatel spustit tepelné čerpadlo vzduch / voda ve vnitřním provedení STIEBEL – ELTRON typ VPL 23 E.
- - ovládá na požadavek uživatele servopohon, který ovládá „Moritz klapku“ umístěnou ve spalovací cestě – ovládá jestli spalínová cesta povede přes akumulární systém KMS nebo přes sekundární teplovodní výměník.

Litínový kotel na tuhá paliva VIADRUS U22 je jedním ze záložních (sekundárních) zdrojů. K akumulární nádrži je připojen ocelovým potrubím (izolovaným). Spouštění oběhového čerpadla na tomto primárním topném okruhu je také pomocí příložného termostatu. Proces spalování je řízen poloautomatickou regulací – bimetalem, který je součástí kotle. Je zde také komínová klapka pro redukci komínového tahu. Vzhledem k velmi vysoké účinné výšce komínového tělesa SCHIEDEL DN 180 umístil jsem místo vybíracích dvířek regulátor tahu. Ten zajistí konstantní podtlak v komínovém tělese. Na zpátečce je umístěna expanzní nádoba. Na expanzním potrubí je uzavírací armatura s krytem proti nechtěnému uzavření. Jako první armatura na přívodu je pojistný ventil. Dodatečně je tento topný okruh doplněn o bezpečnostní ventil dvoucestný (B.V.D.), který nahradí chybějící vychlazovací smyčku.

Dalším sekundárním zdrojem, především pro pohodlnost a uživatelský komfort je soustava doplněna o vzduchové tepelné čerpadlo STIEBEL – ELTRON typ VPL

23E. Má svou originální regulaci WPMW II (STIEBEL – ELTRON), která snímá teplotu přívodu a vratu u tepelného čerpadla. Dále teplotu v akumulární nádrži v místě topného výměňikového hadu. Je propojen datovými kabely s řídicí centrálou TČ. Spouští oběhové čerpadlo na primárním okruhu tepelného čerpadla. Sepnutí TČ a rozběhnutí čerpadla jde také pomocí pokynu v automatické regulaci REG 350EQ.

Alternativním ekologickým zdrojem pro zmenšení spotřeby energie na přípravu teplé vody především v letních měsících je kolektorové pole REGULUS. Ploché sluneční kolektory KPW 1 – C 20 AR. Řízeno regulátorem SRS 4 (zapojení B2). Primární okruh solární soustavy je napojen na topného hada v dolní části kombinované akumulární nádrže REGULUS DUOE 2 1500/300.

Podlahové vytápění je pouze v koupelně v 1NP. Povrchová úprava je tvořena mramorovými deskami DAINO o tl. 30 mm. Pod mramorovou deskou bude umístěno teplotní čidlo pro nastavení výkonu. Podlahové vytápění má svou topnou větev. Pokojový týdenní termostat SIEMENS REV 200 spouští čerpadlo na dané větvi a reguluje trojcestný směšovací ventil. Snímána teplotními čidly je také teplota topné vody na přívodu a vratu.

Všechny tepelné teplovodní zdroje předávají svou energii do jedné kombinované akumulární nádrže. Akumulační nádrž REGULUS DUOE 2 1500/300 má dva topné výměňikové hady. Horní slouží pro předání tepelné energie ze vzduchového tepelného čerpadla. To slouží jako pohodlný záložní zdroj. Dolní výměňikový topný had v nádrži je přiřazen k solárnímu systému. Kamnová vložka BRUNNER HKD 4.1 SK i kotel VIADRUS U22 jsou napojeny přímo do akumulární nádrže. Napojení přívodů a vratů do a z akumulární nádrže je koncipováno se snahou o co největší stratifikaci tepla. Zdroje o nejvyšší teplotě přívodní vody připojit do druhého nejvyššího šroubení (vstupu). Nejvyšší vstup z akumulární nádrže slouží jako přívod do rozdělovače / sběrače. Vestavěný 300 litrový zásobník na teplou vodu má dostatečnou kapacitu pro nadstandardní požadavky uživatele na potřebu teplé vody.

B.6.5 Schéma regulace vytápění primárního teplovodního okruhu

B.6.6. Výřez slepé matrice 1NP – hypokaustová kamna

B.6.7. Výřez slepé matrice 2NP – hypokaustová kamna

B.6.8. Slepá matrice 1S – otopná soustava

B.6.9. Slepá matrice 1NP – otopná soustava

B.6.10. Slepá matrice 2NP – otopná soustava

B.6.11. Detail č.1 – Řez akumulční částí kachlových kamen

B.6.12. Detail č.2 – Řez kamnovou vložkou a hypokaustových kamnech

B.6.13. Ochranné a bezpečnostní prvky hypokaustových kamen

Bezpečnostní prvky v kachlových kamnech se dělí na aktivní a pasivní.

**Aktivní** - Soubor vlastností pomáhajících zabránit vzniku nehody (poruchy).

Jako u automobilů jsou aktivním prvkem především brzdy a ABS, tak u kamen je aktivním prvkem především regulační morálka obsluhy při regulaci množství spalovacího vzduchu v případě manuální regulace. Abych eliminoval lidský faktor, navrhl jsem automatickou regulaci procesu spalování BRUNNER EOS 6 (v systému regulace jsem provedl alternativu na českou regulaci REG 350EQ od firmy TIMPEX).

**Pasivní** - Soubor vlastností, které zmírňují následky nehody či poruchy. Pasivní bezpečnostní prvky se aktivují, pokud selžou aktivní prvky nebo dojde k nečekané situaci nebo porušení fyzikálních zákonů. Pro přiblížení opět přirovnám k automobilům, kde pasivním prvkem bezpečnosti jsou airbagy a bezpečnostní pásy. U kamen jsou tímto prvkem explozivní pojistky a slepé tahy.

Před čím chrání a čemu zabraňují bezpečnostní prvky v kachlových kamnech.

Při spalování dřevní hmoty se uvolňují vysoce hořlavé plyny, které reagují s kyslíkem, a tím vzniká teplo. Výhřevné a výbušné plyny se z dřevní hmoty uvolňují na základě dosažení určité teploty (pro různé plyny, různé teploty). A pouze pokud je přítomen dostačující podíl kyslíku ve spalovací komoře, proběhne termická reakce bez problémů. Primární prvky bezpečnosti mají zaručit dostatečné množství potřebného kyslíku. Na otázku: Proč tedy není trvale otevřený přívod spalovacího vzduchu po celou dobu hoření? Odpověď je zcela jednoduchá: Potřebné množství kyslíku se v průběhu celého procesu mění, pro zvýšení účinnosti spalovací komory a dosažení maximální energie z dřevní hmoty. Jde o přebytek kyslíku ve spalovací komoře.

Nejlepší případ by nastal v nulovém přebytku kyslíku, ale toto je v praxi nedosažitelné. Reálný přebytek kyslíku v dobrých spalovacích komorách je pod 1,5 násobkem. Nejdůležitější část celé regulace je v uzavření přívodu vzduchu do spalovací komory po ukončení spalovacího procesu. Obzvláště u akumulčních kamen je tato poslední fáze regulace velmi důležitá. Pokud nedojde ke zmíněné poslední fázi regulace, dochází ke značnému snížení doby akumulace. Celé dílo má tak nižší účinnost. Dochází k tomu v důsledku stále fungujícího komínového efektu. Přes komínové těleso se ochlazuje celý tahový systém.

Případy z praxe, kdy dochází k explozi dřevních plynů:

- Prvním případem (nejčastějším) je uzavření přívodu spalovacího vzduchu okamžitě po naložení spalovací komory. Tento případ obvykle nezapříčiní majitel nebo uživatel, ale návštěva apod. Dochází k pyrolýze = termický proces - reduktivní, v reakčním prostoru je obsah kyslíku nulový nebo substechiometrický. Ve spalovací komoře je dostatečná teplota pro uvolnění plynů, které naplní celý spalovací prostor a tahy. A zde nastává vysoké riziko. Pokud konstrukce kamen umožní například ve spáře mezi kachlemi nasát malé množství kyslíku, dochází k explozi uvnitř tahového systému. Toto je ta lepší varianta.

Bohužel se ale velmi často stává, že v době kdy si majitel - uživatel všimne, že kamna nehoří, tzn. ve spalovací komoře není viditelný plamen, otevře příkladací dvířka a mnohem větší množství výbušného plynu s již dostatečným množstvím kyslíku způsobí obrovskou explozi za přítomnosti osoby.

- Jedna z častých chyb při obsluze nastává před ukončením procesu spalování. V momentě, kdy dohořívá palivo, ale stále je ho dostatek, aby se nahromadily výbušné plyny. Obsluha uzavře přívod vzduchu a většinou pak jde např. spát. Dochází ke stejnému jevu jako v prvním případě.

- Jedna neobvyklá možnost vzniku výbuchu plynů je zapříčiněna množstvím a druhem paliva. Jedná se především o dřevní hmotu o veliké výhřevnosti a veliké reakční ploše. Jde například o šišky nebo třísky. Spalovací komora je projektována na spalování kusového paliva o relativně malé reakční ploše (vnější plocha polen). Například pokud

dojde k naplnění plné spalovací komory šiškami a zapálí se, vznikne nadměrné množství plynů a je přiváděno nedostatečné množství kyslíku.

- Pro eliminaci lidského faktoru (předčasné uzavírání spalovacího vzduchu) se v dnešní době velmi často instalují automatické regulace, které v dostatečném množství regulují proces spalování. Každé zařízení má svou životnost a poruchovost. U jistých regulací může dojít k poruše a tedy přístupu nedostatku kyslíku do spalovací komory. Já jsem vybral již zmíněný výrobek BRUNNER EOS 6 (TIPMEX REG 350EQ), který má zpětnou pružinu v případě poruchy, nebo pokud dojde k výpadku proudu. Zpětná pružina otevře přívod spalovacího vzduchu na 100%, a tedy nemůže dojít k explozi, jen se poměrně zmenší účinnost a doba akumulace. Velmi výhodné do doplnění systému o dveřní spínač, který signalizuje zásah uživatele do procesu spalování.

Určitě je zapotřebí věnovat dostatečný čas a energii při řešení aktivní a pasivní bezpečnosti.

## B.6.14. Čistírna odpadních vod a využití dešťových vod

Vzhledem k rozsáhlosti část B – Aplikace tématu na zadané budově ponechám v tištěné podobě pouze výsledky návrhu. Výpočty a úvahy pro návrh domovní čističky odpadních vod a nádrže na využití dešťové vody. Celkový oddíl B.6.14 Čistírna odpadních vod a využití dešťových vod má 14 stran. Celý oddíl je v elektronické podobě na CD na zadní straně mé Diplomové práce.

Navrhuji ČOD firmy ASIO typ AS – VARIOCOMP K

Popis čističky:

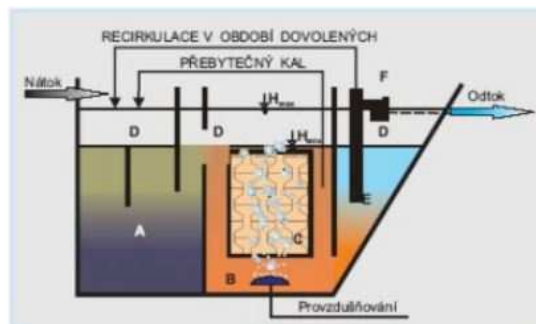
Typová řada vystrojených domovních čistíren (čističek) odpadních vod určených k čištění splaškových vod z RD. Technologické řešení těchto čistíren je založeno na stabilním spolehlivém provozu při minimální potřebě energie. Tato technologie využívá aerobní biologické procesy, které jsou v ověřeny dlouholetým provozem.



a  
praxi

Obrázek B 25 - Schéma čistírny odpadních vod (10)

Popis technologie: Odpadní voda natéká do usazovacího prostoru (A) nátokové části čistírny odpadních vod (ČOV), kde je zbavena mechanických plovoucích a usaditelných látek, které jsou dále podrobeny anaerobnímu rozkladu. Z usazovacího prostoru natéká přepadem již mechanicky předčištěná voda do aktivačního prostoru (B). Aktivační prostor slouží k biologickému čištění odpadní vody. Tento prostor je ve spodní části osazen jemnobublinným provzdušňovacím systémem, do kterého je vháněn vzduch



(B)

Legenda:

- A - Usazovací a kalový prostor
- B - Aktivace
- C - Nosič biomasy
- D - Akumulační prostor
- E - Dosazovací prostor
- F - Mamutka



pomocí dmyhadla a případně nosičem biomasy (C) pro zlepšení stability procesu přetížené nebo málo zatížené čistírny odpadních vod (ČOV). Výhodou řešení je akumulční prostor (D) v celém prostoru čistírny, který je určen k akumulaci odpadní vody a k zabezpečení zrovnoměrnění odtoku z čistírny. Aktivovaná směs z aktivace natéká do vertikální dosazovací nádrže (E), odkud je pak vyčištěná voda odtahována mamutkou (F) do odtokového žlabu. Přebytečný aerobně stabilizovaný kal je odtahován pomocí mamutky do usazovacího a kalového prostoru (A), dle potřeby.

### Nádrž na využití dešťové vody

Navrhuji plastovou nádrž na využití dešťové vody AS – REWA od firmy ASIO

Popis nádrže:

Plastové nádrže pro uskladnění a následné využívání dešťové vody. Tvar střechy a její krytina má vliv na to, že ne všechna dešťová voda je ze střechy odvedena. To vyjadřuje tzv. koeficient (0,6 až 0,8). Při styku dešťové vody se střechou může dojít k jejímu znečištění, a nejsou všechny střechy pro zachycování dešťové vody stejně vhodné.



Obrázek B 26 - Nádrž na dešťovou vodu (10)

### B.6.15. Spotřeba energie a potřeba paliva

Pro spotřebu energie jsem použil zjednodušený výpočet z internetového portálu [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz). Pro venkovní výpočtovou teplotu  $t_s = -18^\circ\text{C}$  a tepelnou ztrátu 20,5 kW s lokalitou v blízkosti Karlových Varů. Průměrná vnitřní teplota interiéru je  $19^\circ\text{C}$ .

Roční potřeba energie na vytápění:

$$Q_{\text{VYT},r} = 156,7 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1} \Rightarrow 43,5 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Roční potřeba energie na ohřev teplé vody:

$$Q_{\text{TV},r} = 31,1 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1} \Rightarrow 8,4 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$$

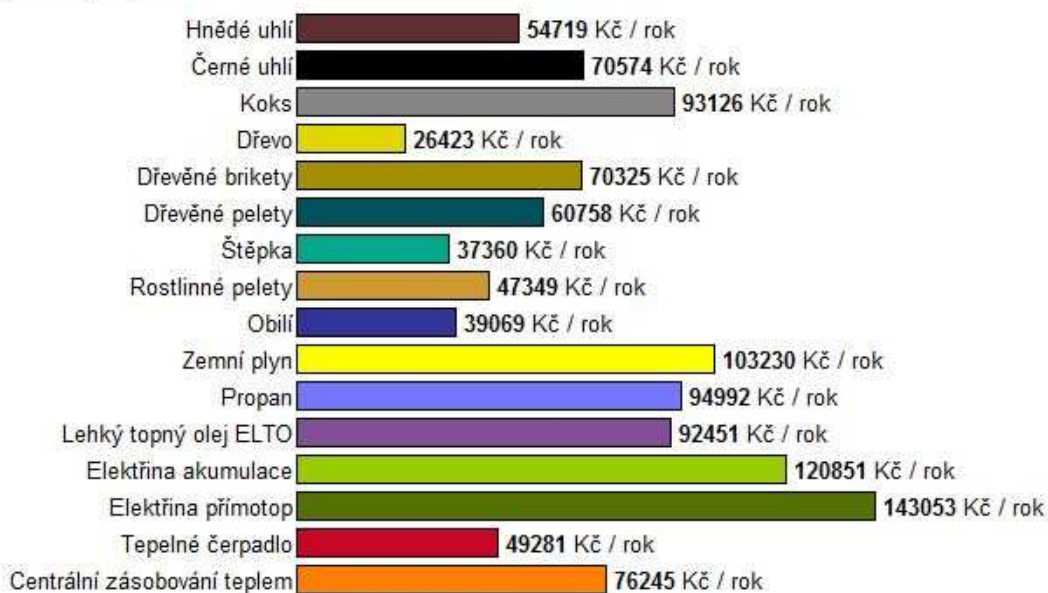
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev TV:

$$Q_r = 186,8 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1} \Rightarrow 51,9 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$$

### Náklady na vytápění

Pro porovnání jsem použil také výše zmíněný portál, kde jsem zadal účinnost kamen 92% a cenu kusového paliva v lokalitě objektu „B49“.

#### Náklady na vytápění



Obrázek B 27 – Náklady na vytápění (9)

### **B.6.16. Vizualizace a hodnocení varianty**

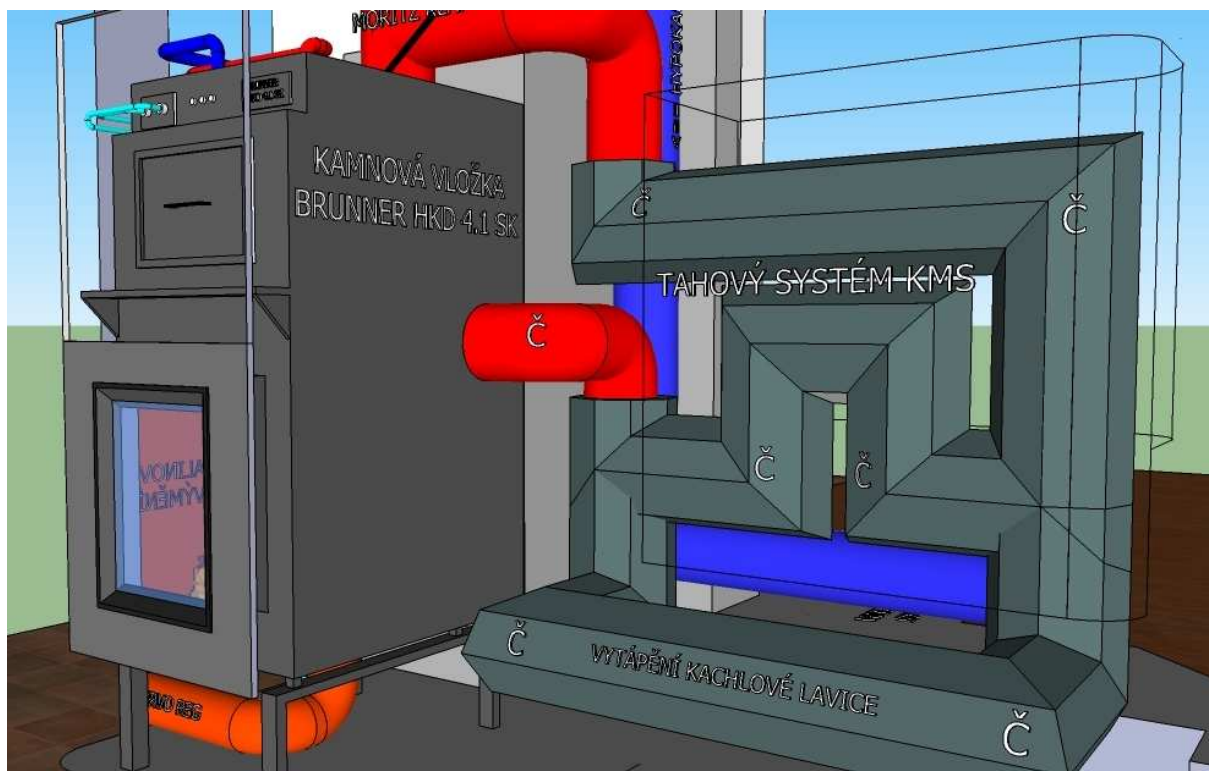
Tuto variantu jsem koncipoval především na dokonalé pokrytí tepelné ztráty a poměr kvalita/investiční náklady. Opěk jsem zvolil hypokaust systém jako nejvýhodnější distribuce tepelné energie uvnitř kamen. Sálavé předávání tepla do interiéru je dle mého názoru to správné pro trvale obývané budovy jakou „B49“ určitě je. Hypokaust systém nejen zvedá výkon (přirozenou konvekcí vzrůstá součinitel přestupu tepla  $\alpha$ ), ale na rozdíl od tahového akumulárního systému je naprosto bezúdržbový. I pořizovací náklady hypokaustových kamen (teplosměnných ploch) v patře domu je vzhledem k celkové investici za kamna velmi malá poměrná částka.

Zkombinoval jsem tedy nejdokonalejší kamnářský způsob předávání tepelné energie (hypokaust systému) s teplovodní soustavou. Hlavním zdrojem pro oba tyto způsoby je kamnová vložka nejvyšší kvality BRUNNER HKD 4.1 SK. Zajisté jsem si vědom, že velikým propojením všech tepelných zdrojů a tím, že kamnová teplovodní vložka vždy minimálně 30% svého aktuálního výkonu předává do teplovodní soustavy s nuceným oběhem, nemohu prohlásit, že jsem naprojektoval naprosto nezávislý tepelný zdroj, jako u varianty I.

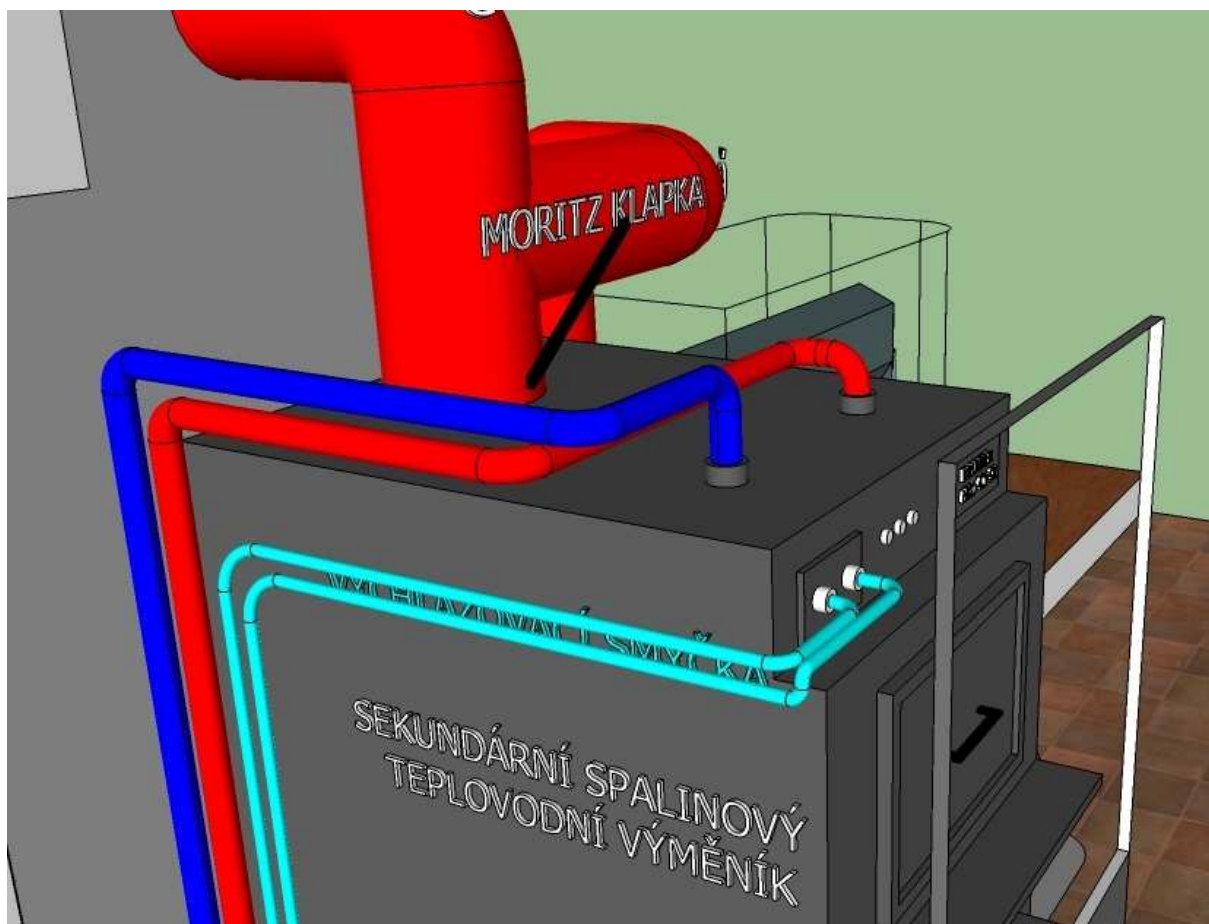
Kamna v konceptu moderního vytápění se nemohou obejít bez kvalitní regulace. V systému jsou celkem tři na sobě nezávislé regulace. Hlavní je automatická regulace BRUNNER EOS 6 (alternativa TIMPEX REG 350 EQ), která řídí spalovací proces, Moritz klapku, a většinu teplovodní soustavy.

Variantu II jsem vymýšlel především proto, abych ukázal krásu kamnařiny. Téměř neomezené možnosti vzhledu a technických řešení. Pokud se dnešní technické možnosti a technologie propojí s výbornou regulací, vznikne například koncept vytápění, jaký jsem v této variantě nastínil.

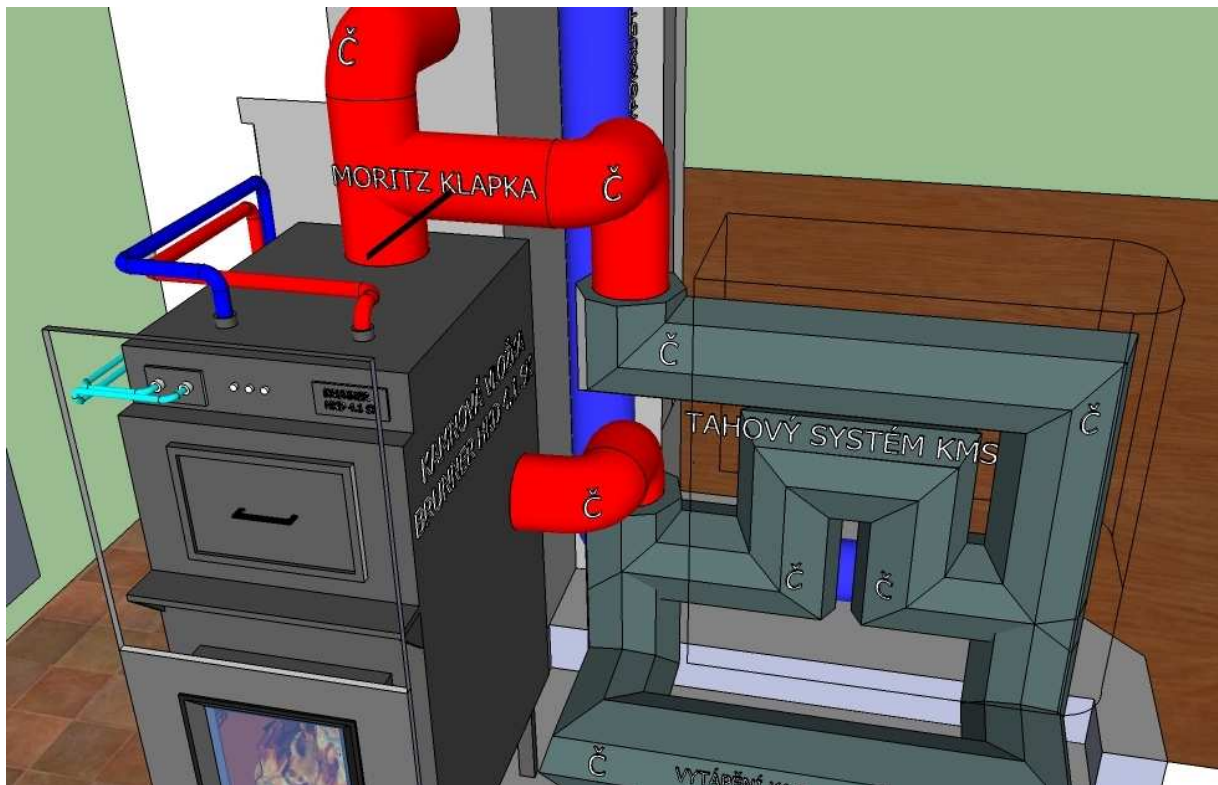
Vizualizaci jsem provedl v 3D programu SCHECH UP 7. 3D lépe vystihne mé myšlenky a celkovou koncepci této varianty. Na CD na zadní straně je ve formátu .avi také video z této 3D vizualizace.



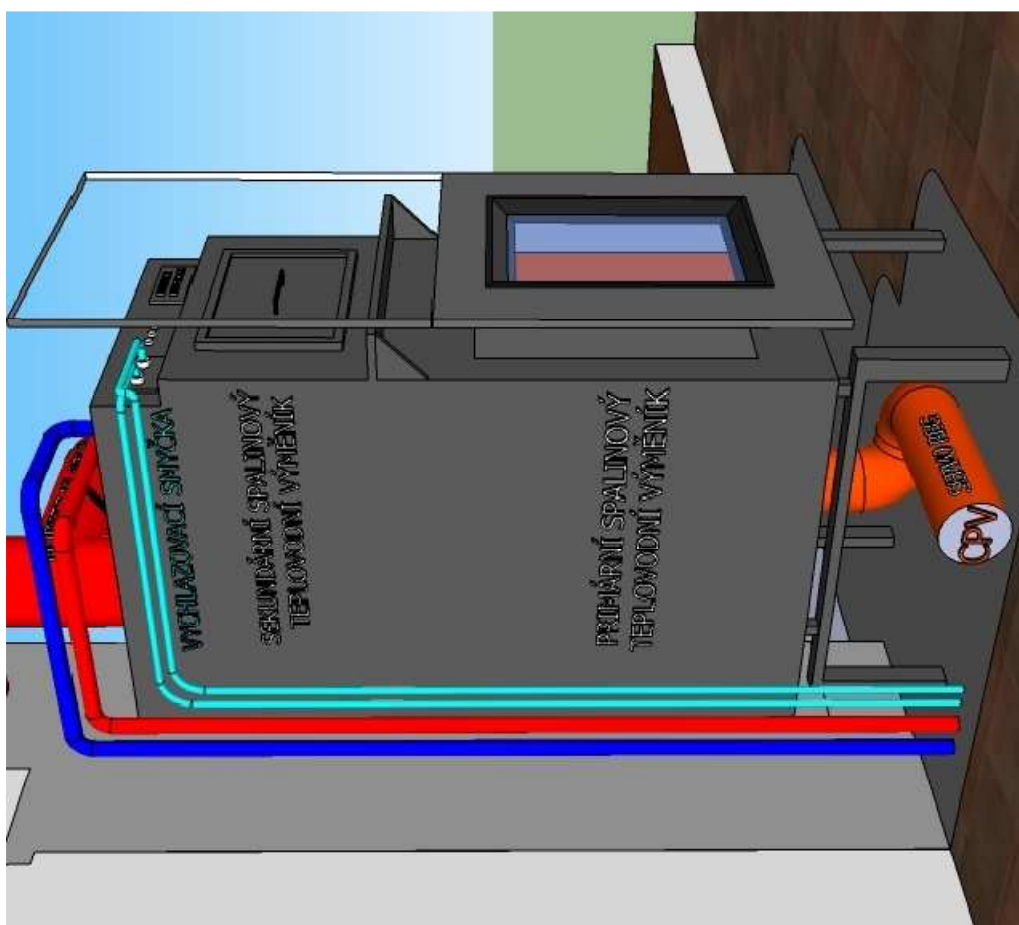
Obrázek B 29 - Kamnová vložka a akumulční systém KMS



Obrázek B 28 - Připojení teplovodní kamnové vložky BRUNNER HKD 4.1 SK

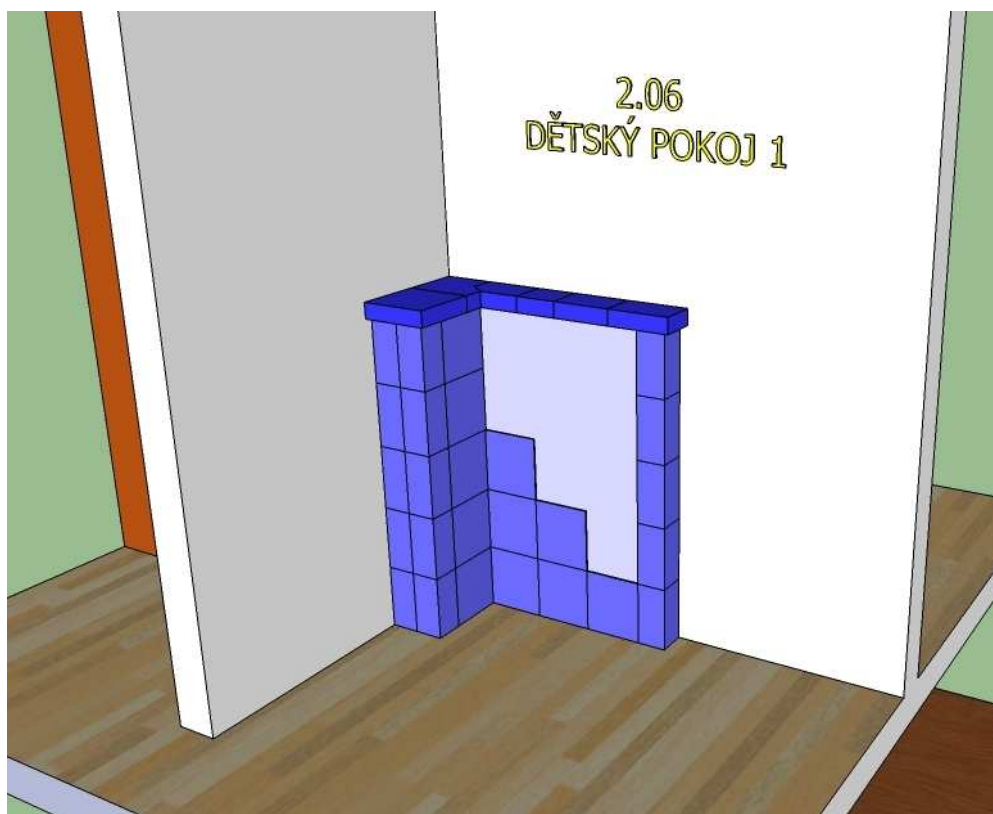


Obrázek B 30 - Propojení kamnové vložky s komínovým tělesem a akumulčním systémem KMS

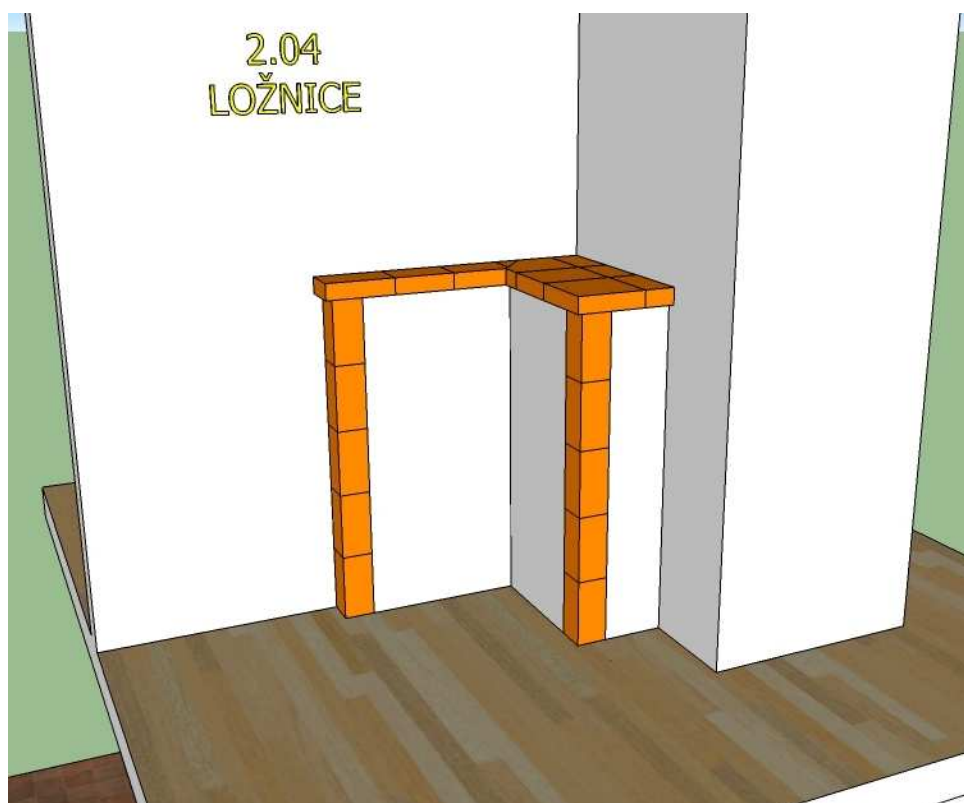


Obrázek B 31 - Připojení centrálního přívodu vzduchu pro proces spalování

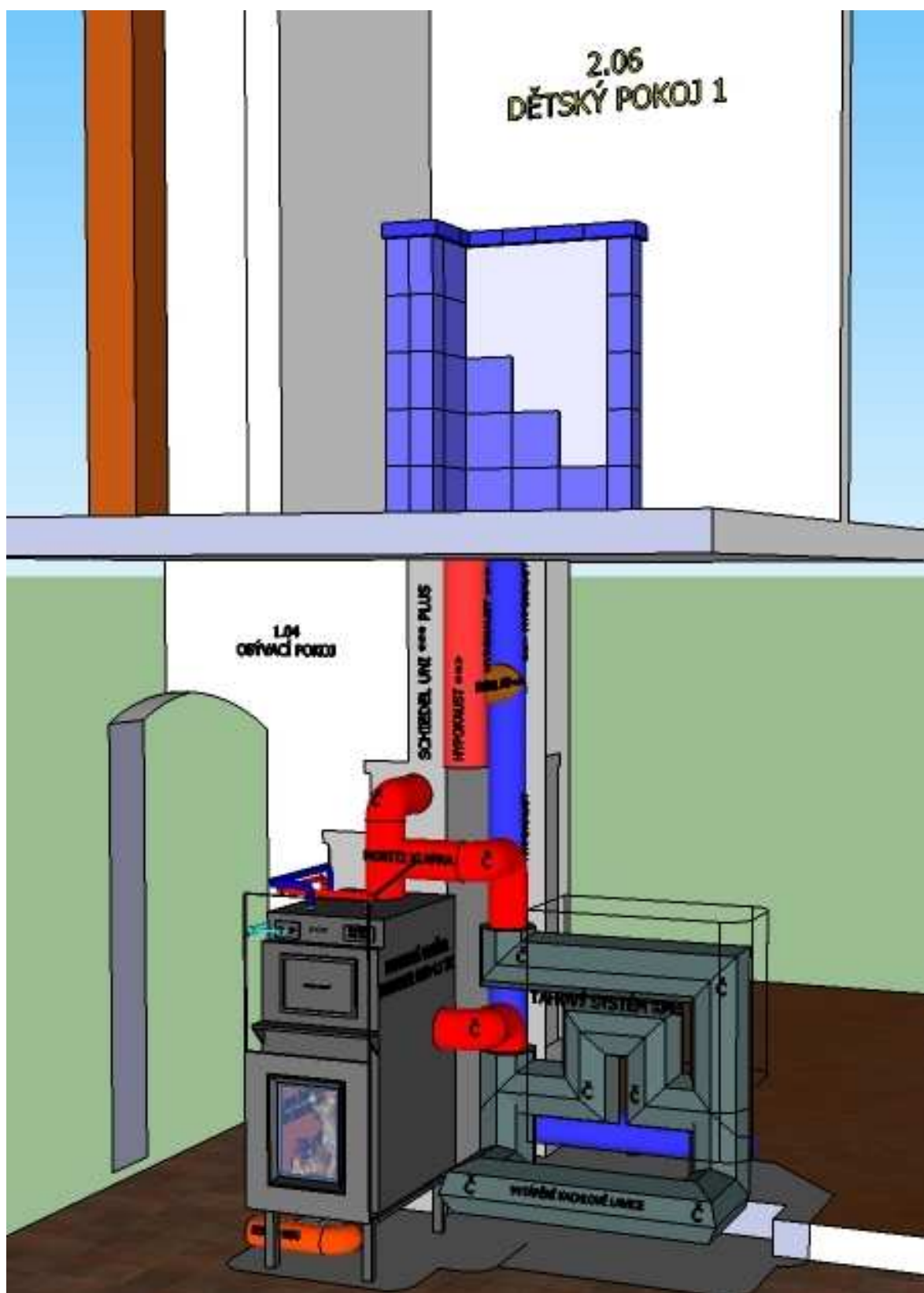




Obrázek B 34 - Teplosměnná hypokaustová plocha v 2NP – Dětský pokoj

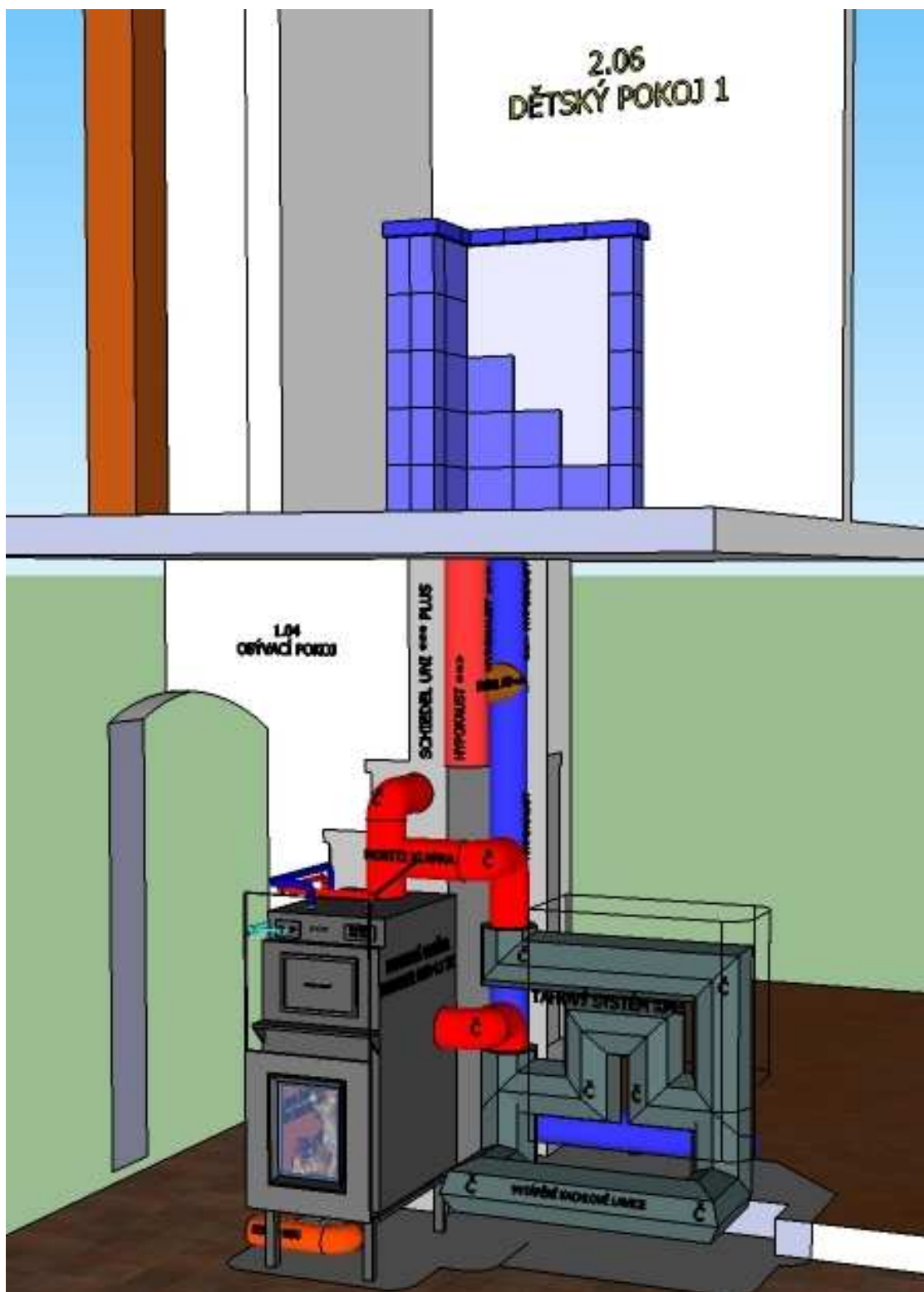


Obrázek B 35 - Teplosměnná hypokaustová plocha v 2NP - Ložnice

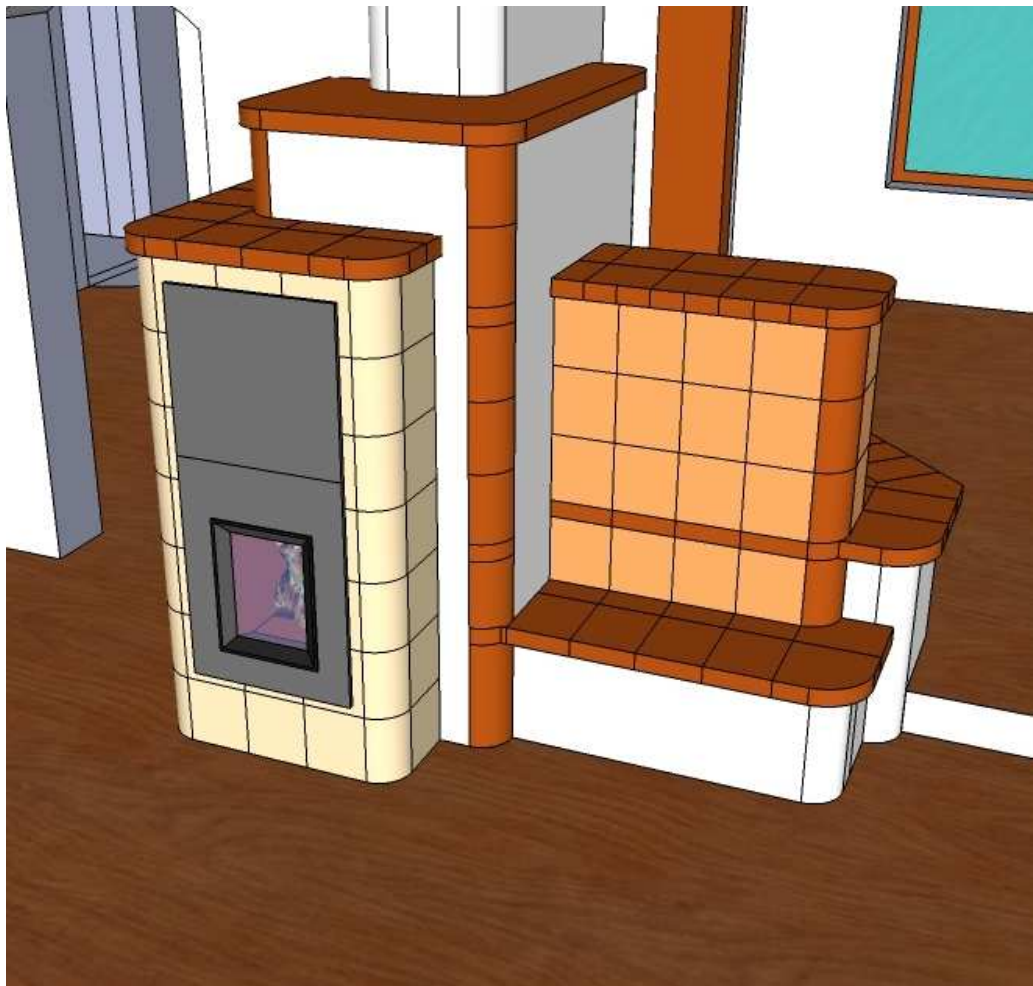


Obrázek B 36 - Koncept kamen





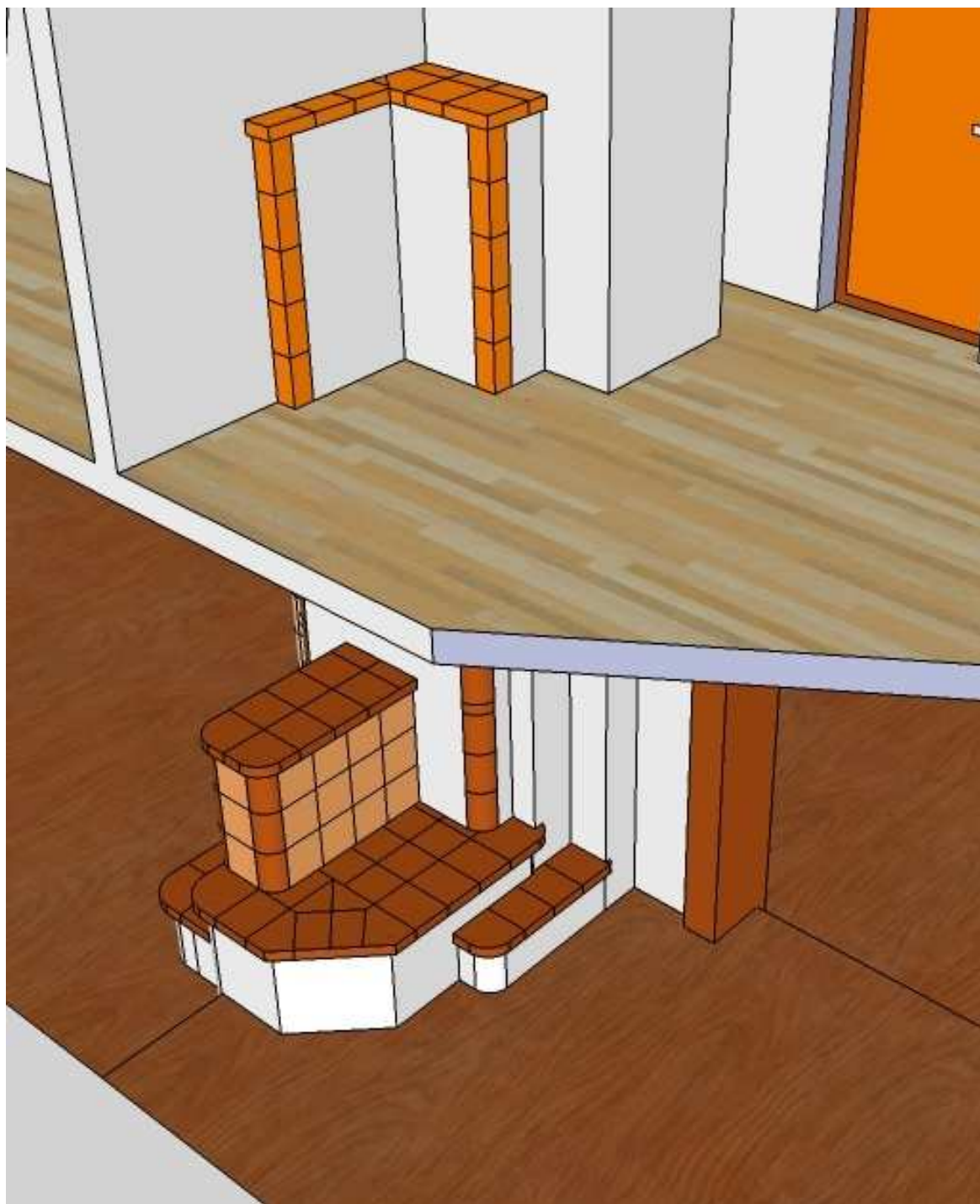
Obrázek B 37 - Hypokaust systém



Obrázek B 38 - Kachlová kamna v 1NP - Pohled z obývacího pokoje



Obrázek B 39 - Umístění kamen vzhledem k využití hypokaust systému



Obrázek B 40 - Pohled na hypokaustová kachlová kamna

ech  
nic  
ká  
zpr  
áva

I.  
vo  
d a  
zák  
lad  
ní  
úd  
aje

P  
má  
tři  
pod  
laží

Přízemí je z části podsklepené, tvořené z kamenných bloků tl. 600mm. Podlaží 1S je technické podlaží pro zařízení TZB a dále je tam společenská místnost, kuchyňka, WC a dílna. Nadzemní podlaží 1NP a 2NP jsou plně obytná. Při rekonstrukci / modernizaci se v 1NP vytvořil otevřený společný prostor obývacího pokoje, jídelny a kuchyně 137m<sup>2</sup>.

Zdivo nadzemních podlaží je tvořeno CPP o tl. 400 mm. Střecha sedlová s hliníkovými plechy. V 1NP se nachází zastřešený balkón o půdorysné ploše 37,3m<sup>2</sup>. Rozprostírá se na východní a jižní straně fasády objektu. Okna po rekonstrukci jsou zasklena dvojsklem s šesti-komorovým profilem rámu. Po zateplení obvodové konstrukce (mimo investorem požadované kamenné zdi v 1S) splňují požadavky ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov.

## II. Charakteristika objektu „B49“

Výpočet tepelných ztrát byl proveden v souladu s ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy v budovách - výpočet tepelného výkonu

- Tepelná ztráta prostupem a větráním:  
 $1S + 1NP + 2NP = 5,543 + 9,276 + 5,73 = \mathbf{20,549 \text{ kW}}$
- Návrhová exteriérová teplota: -18°C
- Průměrná teplota exteriéru v otopném období: +5,1°C
- Teplotní spád dvou-trubkové teplovodní soustavy: 55/45°C
- Teplotní spád konvektorů MINIB: 80/60°C
- Teplotní soustava je řízena automaticky

## III. Otopný výkon, spotřeba tepelné energie, spotřeba paliva

Návrh a dimenzování kachlových kamen byl proveden dle ČSN 73 4231- Individuálně stavěná kachlová kamna (2006). Výpočet otopného příkonu byl prováděn v souladu s ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu a souborem technických norem ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov. Spotřeba a potřeba tepla byla určena zjednodušenou metodou dle výpočtu z internetového serveru [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

- roční potřeba tepla pro vytápění: 43,5 MWh/rok
- roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody: 8,4 MWh/rok
- roční potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody: 51,9 MWh/rok

- roční potřeba paliva 13 900 kg/rok (kusové palivo - dřevo)

#### **IV. Technické řešení**

Hlavní tepelný zdroj tvoří středně těžká dvoupodlažní akumulční hypokaustová kachlová kamna s kamnovou vložkou s dvěma spalinovými teplovodními výměníky. Celý systém je řízen automatickou regulací. Doba akumulace kamen se bude pohybovat okolo cca 10-12 hodin. Spalovací komora umístěná v 1NP v obývacím pokoji BRUNNER HKD 4.1 SK. Spalovací vzduch se bere z místnosti. Teplovodní primární okruh kamnové vložky je napojen do kombinované akumulční nádrže REGULUS DUOE 2 1500/300.

Teplosměnné kachlové plochy hypokaustových kamen v 2NP jsou v místnostech 2,01 – Chodba, 2,04 – Ložnice a 2,06 – Dětský pokoj. Výkon daných teplosměnných ploch je dimenzován na ztrátu místností, ve kterých jsou umístěné.

Záložními (dalšími) tepelnými zdroji jsou: litinový kotel na tuhá paliva VIADRUS U22, tepelné čerpadlo STIBEL – ELTRON VPL 23 E vzduch/voda ve vnitřním provedení a pro snížení spotřeby el. energie na přípravu TV solární kolektorové pole REGULUS KPW1 – C20 AR. Všechny tepelné zdroje jsou svými primárními topnými okruhy napojeny do zmíněné akumulční nádrže REGULUS DUOE 2. Dále je po objektu teplo rozváděno pomocí rozdělovače / sběrače se čtyřmi topnými okruhy (2 x dvou-trubková soustava s radiátory RADIK, 1x podlahové vytápění koupelna 1NP, 1x konvektory v 1NP).

#### **V. Zdroje tepla**

Hlavním tepelným zdrojem je kamnová teplovodní vložka s dvěma spalinovými teplovodními výměníky. Technický list kamnové vložky je v příloze č. P3. Proces spalování řízen pomocí automatické regulace REG 350 EQ. Spalovací vzduch je brán z místnosti. Kamnová vložka má dva výstupy spalin. První přes oba spalinové teplovodní výměníky. Při druhém vývodu je odpojen druhý spalinový teplovodní výměník a spalinová cesta pokračuje do akumulčního systému KMS, který je tepelným zdrojem pro hypokaust systém. Přepínání ve dvou spalinových cestách probíhá pomocí „Moritz klapky“, která je řízená automatickou regulací.

Záložním komfortním tepelným zdrojem je vzduchové tepelné čerpadlo STIBEL – ELTRON VPL 23 E vzduch/voda ve vnitřním provedení s tepelným spádem 60/50. Tento tepelný zdroj řízen svou regulací WPMW II zajišťuje tepelnou pohodu v případě nepřítomnosti obsluhy a nezámrznou teplotu systému tj. +5°C. Tepelné čerpadlo je napojeno do výměňikového topného hada v akumulární nádrži DUOE 2.

Aktuálně již instalovaný záložní tepelný zdroj je litinový kotel VIADRUS U22 na tuhá paliva se jmenovitým výkonem 32kW. Spalovací vzduch je brán z kotelny, která je dostatečně větrána. Poloautomatický bimetal řídí proces spalování omezením množství spalovacího vzduchu. Kotel má návrhový teplotní spád 85/65°C a teplovodní primární okruh je napojen také do akumulární nádrže DUOE 2.

Pro snížení spotřeby elektrické energie na ohřev TV je systém rozšířen o solární systém REGULUS. Dva ploché sluneční kolektory KPW 1 – C20 AR umístěné na střeše objektu jsou pouze dodatkovým tepelným zdrojem. Primární okruh solárního systému je napojen do výměňikového topného hadu v dolní části akumulární nádrže DUOE 2.

## **VI. Otopné plochy**

Teplosměnné plochy kamen K1 jsou tvořeny polotěžkou konstrukcí. Hypokaustové teplosměnné plochy v 2NP jsou tvořeny kachli a litými deskami ORTNER o ploše potřebné k pokrytí tepelné ztráty místností. Teplovodní soustava s deskovými radiátory RADIK VK výrobce KORADO Česká Třebová. Teplotní spád 55/45°C. Jednotlivé škrčení po mocí termostatických hlavic, je patrné z výkresů vytápění.

## **VII. Tahový systém a teplovodní rozvody**

Tahový systém je z prefabrikovaných tvarovek v systému firmy ORTNER. Tahový systém KMS je speciálně vyvinutý pro potřeby velké akumulace a určený především pro použití v hypokaust systémech. Tahový systém KMS má vnitřní průměr kouřovodu DN 180. Vnitřní stěny jsou velmi hladké a nemají velkou tlakovou ztrátu třením. Jednotlivé bloky KMS tvarovek se spojují spojovací hmotou ORFIX 1000.

Teplovodní rozvody jsou z měděného potrubí. Dimenze jsou patrné z výkresů vytápění. Celý návrh dimenzí byl proveden pro tzv. ekonomické rychlosti proudění. Pouze primární připojení litinového kotle VIADRUS U22 je provedeno v oceli tl. 20mm. Veškeré potrubí bude opatřeno izolací dle vyhlášky 193/2007 Sb. Uchytení rozvodů bude pomocí pevných a kluzných bodů. Systém bude odvodněn na nejnižším místě vypouštěcími ventily. Na trubních rozvodech budou umístěny příslušné armatury, umístění armatur je patrné z výkresové dokumentace.

## **VIII. Zabezpečovací zařízení**

Kamnová vložka je opatřena automatickou regulací (TIMPEX) procesu spalování a omezování extrémních teplot. Automatická regulace dále zajišťuje dostatek kyslíku, aby nedošlo k explozi z nedostatku kyslíku ve spalovací komoře nebo tahovém systému. Při výpadku proudu se automatická regulace otevře na 100% a je umožněna manuální regulace procesu spalování.

Na výstupu z teplovodního výměníku je osazen pojistný ventil GIACOMINI DN15 s otevíracím přetlakem 250 kPa. Otopná soustava je zajištěna tlakovou expanzní nádobou s membránou typ REFLEX – barva červená. Teplovodní výměník je osazen ochlazovací smyčkou. Tlak ve vychlazovací smyčce zajišťuje domovní vodárna – darling potřebný tlak 1,5Mpa. Čerpadlo darlingu má záložní zdroj pro případ výpadku elektrického proudu.

Každý tepelný zdroj (kotel VIADRUS U22, tepelné čerpadlo i solární sestava) má na své primární větvi pojistný ventil a expanzní nádobu.

## **IX. Ohřev teplé vody**

Z vestavěného zásobníku na teplou vodu v akumulační nádrži REGULUS DUOE 2 1500/300 je 300 litrový smaltovaný zásobník na TV. Tedy každý tepelný zdroj přispívá k ohřevu teplé vody. Pro zajištění komfortu slouží tepelné čerpadlo, které zajistí teplotu vody 55 – 60°C, pro případ poruchy je v AN instalována topná elektrická spirála (10 kW·h<sup>-1</sup>). Na výstupu teplé vody z AN je osazen trojcestný směšovací ventil, který zajistí vždy maximální teplotu 55°C. Tepelné zdroje jsou navrženy s větším topným spádem, a tedy by

mohlo dojít k opaření. Pro snížení potřeby energie na ohřev především v letních měsících je v systému akumulční nádrže osazen solární systém.

## **X. Zkoušky zařízení kamen**

Zkoušky kamen se budou řídit dle ČSN 73 4231 Individuálně stavěná kachlová kamna, oddílu 8.1 a 8.2. O provedení zkoušek bude proveden zápis.

### **Zkouška plynotěsnosti kamen**

Tato zkouška se provede po dokončení tahového systému. Před touto zkouškou nesmí být dokončeny teplosměnné plochy. Zkouška může začít, až spoje mezi jednotlivými tvarovkami tahového systému KMS dosáhnou požadovaných vlastností. Tato zkouška může kontinuálně probíhat se zkouškou měření a regulace tahového systému. Ve spalovací komoře se (dle návodu k použití) na zatopení použije menší množství měkkého dřeva (4kg). Při přikládání se zkontroluje, zda-li kamnová vložka nezakuřuje do místnosti. Při druhém přiložení (tvrdé dřevo) se postupně otestují všechny kombinace cest tahového systému a vizuálně i čichem se kontroluje plynotěsnost s dilatační schopností celého systému.

## **XI. Zkouška otopné soustavy**

Před veškerými zkouškami a uvedením do provozu musí být každé zařízení propláchnuto. Propláchnutí se provádí při 24hodinovém provozu oběhových čerpadel. Před uvedením do provozu se musí provést nastavení seřizovacích armatur a armatur na otopných tělesech a naplnit zařízení vodou podle ČSN 07 7401 nebo ČSN 38 3350. Vyčištění a propláchnutí soustavy je součástí montáže. Seřízení a nastavení parametrů vzduchového čerpadla provede firma, která bude instalovat TČ. Při uvádění jednotlivých zařízení do provozu se bude postupovat dle jednotlivých montážních postupů a platných normových nařízení a vyhlášek.

## **XII. Měření a regulace**



Celková regulace systému má tři na sobě nezávislé regulace. Hlavní regulací je REG 350EQ od firmy TIMPEX. Ta řídí většinu teplovodní soustavy i spalínové cesty. Druhou regulací je regulace tepelného čerpadla STIEBEL – ELTRON. Regulace WPMW II řídí pouze tepelné čerpadlo. Solární systém je regulován svou regulací REGULUS SRS 4.

Automatická regulace REG 350EQ řídí:

- Spalovací proces (= reguluje množství spalovacího vzduchu) v kamnové vložce BRUNNER HKD 4.1 SK. Spalovací vzduch se bere z místnosti, kde je umístěna spalovací komora. Na potrubí CPV (centrálního přívodu vzduchu) je vsunuta klapka se servo-pohonem. Pro signalizaci přiložení slouží dveřní spínač na příkládacích dvířkách. Pro zjištění fáze procesu spalování slouží vysokoteplotní spalínové čidlo umístěné v horní části spalovací komory.
- Equitermně reguluje dvě topné teplovodní větve, na kterých spouští i oběhová čerpadla. Pro equitermní regulaci je dále snímána teplota interiéru v obývacím pokoji a teplota exteriéru. Dále je snímána teplota topného média po smísení.
- Spouští oběhové čerpadlo na topném okruhu konvektorů.
- Umožní uživateli spustit tepelné čerpadlo STIEBEL – ELTRON VPL 23 E
- Ovládá servo, které ovládá Moritz klapku. Klapka slouží k volbě spalínové cesty. První spalínová cesta je přes oba spalínové teplovodní výměníky. Druhá je před tahový systém KMS, který je tepelným zdrojem pro hypokaust systém.
- Uživateli udává procentuální poměr natopení akumulární nádrže DUOE 2 a aktuální teploty v akumulární nádrži.

Spouštění oběhového čerpadla na primární větví kamnové vložky BRUNNER HKD 4.1 SK je pomocí termosplínače. Tentýž termosplínač je použit na primárním topném okruhu kotle VIADRUS U22.

Vychlazovací smyčka v teplovodním výměníku kamnové vložky, je řízena čidlem teploty vody ve výměníku. Otevírací teplota je 98°C. Musí být zajištěn minimální tlak studené vody 1,5 Mpa po celou dobu topné sezony.

Litínový kotel VIADRUS U22 je řízen pomocí poloautomatické regulace bimetalu. Řídí se množstvím spalovacího vzduchu, který se bere z dostatečně větrané kotelny. Litínový kotel je umístěn těsně vedle akumulární nádrže DUOE 2, kde je patrná aktuální teplota natopené AN. Celý systém obsluhuje jedna osoba, a tedy není automaticky řízeno

příkládání do kotle. Obsluha musí být proškolená o příkládání do natopeného systému. Na primární větvi je osazen bezpečnostní ventil dvoucestný, který supluje absenci vychlazovací smyčky. Samozřejmostí je pojistný ventil a expanzní nádoba.

Pokojevým termostatem SIEMENS REV 200 řídí podlahové vytápění v koupelně v 1NP. Tepelný komfort zajišťuje equitemně regulovaný radiátor.

### **XIII. Komínové těleso**

V objektu jsou čtyři průduchy UNI\*\*\* PLUS Ø180mm od firmy SCHIEDEL. Jedná se o třívrstvé komínové těleso. Vnější plášť je tvořena vylehčenou tvárnici. Vysoce gramážovaná vláknitá izolace je odvětrávána pomocí větracích kanálů ve tvárnici. Komínový systém UNI\*\*\* PLUS je vhodný pro tuhá, kapalná i plynná paliva.

Keramická vložka UNISAN je odolná proti vyhoření sazí. Komínové těleso splňuje normu ČSN EN 13 063 - Komínové systémy s keramickou vložkou. Všechna čtyři komínová tělesa jsou založena v 1S a všechna pokračují svisle až nad střechu. Nadstřešní část je řešena dodatečně zateplena vláknitou izolací ORSIL tl. 60 mm. Výška nadstřešní části je v souladu s normou ČSN 73 4201- Komíny a kouřovody – navrhování, provádění a připojování spotřebičů paliv tj. 650 mm nad hřeben střechy. Vybírací otvory všech kouřovodů jsou v 1S.

### **XIV. Bezpečnost práce**

V oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a provozu se vychází z platných norem a bezpečnostních předpisů, které budou dodržovány.

### **XV. Související normy**

ČSN 73 4231 – Individuálně stavěná kachlová kamna (2006)

ČSN EN 13 063 - Komínové systémy s keramickou vložkou

ČSN 73 4201- Komíny a kouřovody – navrhování, provádění a připojování spotřebičů

ČSN EN 12 831 - Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu.

ČSN 73 0540-1 - Tepelná ochrana budov - Část 1- Termíny, definice a veličiny pro navrhování a ověřování.

ČSN 73 0540-2 - Tepelná ochrana budov - Část 2 - Funkční požadavky

ČSN 73 0540-3 - Tepelná ochrana budov - Část 3 - Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování.

ČSN 73 0540-4 - Tepelná ochrana budov - Část 4 - Výpočtové metody pro navrhování a ověřování.

ČSN 06 0830 - Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřev teplé vody

### B.7. Varianta III – Topná centrála BRUNNER – BHZ

Tuto variantu nastíním jako koncept vytápění. Mám-li správné informace, v České republice do této doby nebyl takto komplexní systém vytápění realizován. Jedná se o revoluční propracovanou myšlenku, jak s naprostým komfortem vytápnout dům či menší firmu kamny. Mezi slova „naprostým komfortem“ by určitě mělo přijít zcela zaslouženě slovo „ekologickým“.

Jedná se o naprosté propojení kamen v klasickém stylu – akumulace do tahového systému a moderní teplovodní soustavy. Základem může být již dříve zmiňovaná kamnová teplovodní vložka BRUNNER KHD 4.1 SK s teplovodním výměníkem a právě centrála BHZ. Ta obsahuje akumulční zásobník, hydraulickou skříň automatickou regulaci a pro komfort lze obohatit soustavu o peletový systém.

**Systémový zásobník 750,**  
1000 nebo 1500 litrů podle  
principu vrstvení



Předem smontovaná a  
utěsněná **hydraulická skříň**



Předem zapojené  
ovládání systému s  
**dotekovým**  
displejem

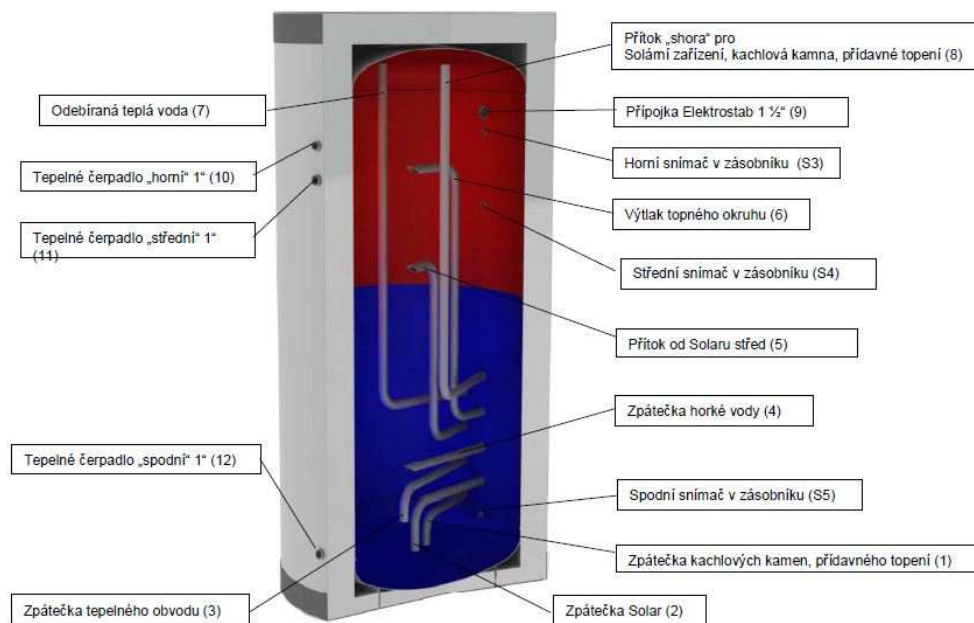
Te  
nto  
pro  
fes  
ion  
áln

Obrázek B 41 - Topná centrála BHZ (7)

í koncept má vše co potřebuje:

- kamna s teplovodním výměníkem
- kamna s teplovodním výměníkem a peletovým systémem
- další tepelné zdroje – plynový kotel, elektrokotel apod.
- solární systém

Akumulační nádrž podléhá nejvyšším nárokům. Samozřejmostí je snaha o co nejdokonalejší stratifikaci. Přesné umístění přívodních a vratných potrubí dle teplot topného média je patrné z obrázku pod textem. Ze 100 mm silné hydrofobní vlny z polyesterového základu je tvořena izolace celé akumulční nádoby. Ve srovnání s materiály z polyuretanu, které jsou běžně na trhu, má tato vlna o 10 – 15% menší tepelnou vodivost, a tedy lepší izolační vlastnosti. Největší předností je však pružné provedení, díky kterému nevznikají vzduchové štěrbin, kterými může unikat teplo ze zásobníku. Je prokázána tepelná ztráta takto zaizolované akumulční nádoby při střední teplotě 60°C na hodnotu 2-3 kWh\*den<sup>-1</sup>. V praxi je ztráta teploty 1–2 K\*den<sup>-1</sup>.



Obrázek B 42 - Akumulační nádrž ze stratifikací (7)



Obrázek B 43 - Hydraulická skříň (7)

dle dané situace a potřeby.

Instalovaná oběhová čerpadla



Obrázek B 44 - Deskový výměník pro přípravu TV (7)



Obrázek B 45 - Hydraulická skříň - plně vybavená (7)

Grundfos (typ UPS 25 – 40, typový štítek B).

Pro solární systém se instalují více zátěžová speciální solární čerpadla Grundfos typu Solar 15 – 60. Na přání investora lze systém doplnit / vyměnit o jiná čerpadla. Na připojení ke kamnové vložce je primární okruh vybaven

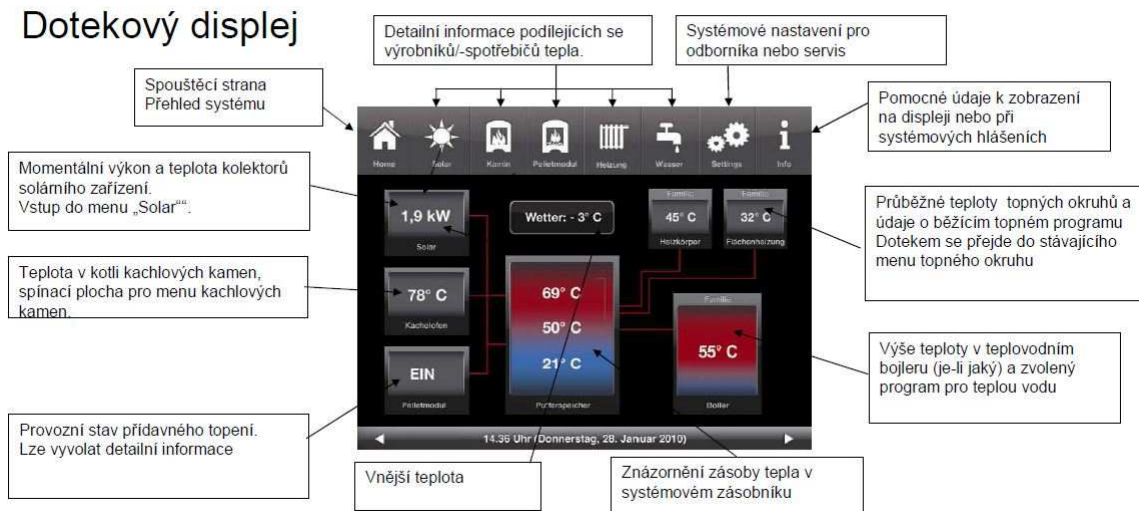
Skříň hydrauliky je dokonalost sama. Při pohledu na německou preciznost může investor kroutit hlavou už jen nad pořizovací cenou za tento komplexní systém. Jsou zde zabudovány všechny komponenty pro vytápění, distribuci a ovládání celého systému. Připojení k akumulárnímu zásobníku je z přípojných míst z boku. Na svislé vývody jsou umístěny tepelné zdroje a spotřebiče tepla umístěné v budově. Hydraulická skříň existuje ve čtyřech variantách s možností přidávání komponentů vždy

trojcestným směšovací ventil pro hlídání teploty vratné vody na minimálních 60°C pro omezení vzniku nízkoteplotní koroze. Na každé otopné větvi (rozvod tepla) je osazen regulační ventil pro dokonalé doregulování celé soustavy. Díky kulovým kohoutům lze vyměnit čerpadla, výměníky i ostatní komponenty aniž by bylo zapotřebí vypouštět celý teplovodní systém.

Příprava teplé vody je zde řešena pomocí deskového výměníku, který teprve v případě potřeby ohřívá teplou vodu na potřebnou teplotu. Do odběru 25l\*min<sup>-1</sup> nedochází k teplotním výkyvům.

Teplu pro deskový výměník se odebírá z topné vody ze systémového akumulčního zásobníku. Při požadavku zajišťuje integrovaný měřicí díl potřebu horké vody. Oběhové čerpadlo odebírá topnou vodu z horní části zásobníku a žene ji deskovým výměníkem. Pouze na takovou teplotu, kolik je zapotřebí k ohřevu studené vody z vodního zdroje studené vody na zadanou teplotu teplé vody

## ■ Dotekový displej



Obrázek B 46 - Dotekový displej (7)

Automatická regulace s dotykovou obrazovkou je v konceptu moderních „smartphonů“. Intuitivní ovládání a zobrazení veškerých informací dokončuje ojedinělost a dokonalost celého systému.

Lze velmi rychle vyčíst z displeje, jaký tepelný zdroj dodává teplo, jak plný je zásobní s konkrétními teplotami a také kdo (jaký tepelný okruh) teplo spotřebovává. Plné regulování solárního systému i přídavných zdrojů tepla lze také ovládat. Je možné využít individuální nebo přednastavené topné programy. Nastaví se aktivační časy spuštění čerpadel, i teploty daných místností. Nastavení v systému s pelet modulem přípravy teplé vody apod.

Tato technologie je budoucnost. Zajisté je to nejluxusnější a hlavně nejefektivnější varianta. Musím podotknout, že také nejdražší. Osobně si myslím, že ani nejšikovnějšímu topenáři se nepovede vměstnat takovou kvalitu a preciznost do tak malého prostoru. Toto variantu hodnotím jako variantu vytápění s nejvyšší účinností. Kombinace kamnové vložky HKD 4.1 SK, topné centrály BHZ, peletového systému a automatické regulace je naprostým ideálem pro dnešní moderní vytápění kamny.

## **B.8. Závěrečné hodnocení variant**

Vytvořil jsem tři z mnoho možných variant vytápění kamny jako hlavním zdrojem vytápění v objektu „B49“. Každá varianta je jistým způsobem specifická a něčím jedinečná. Jako pravda je subjektivní pohled na danou problematiku, tak i pohled na jednotlivé mnou vytvořené varianty řešení vytápění kamny najde své zastánce i kritiky.

Ve variantě I jsem vytvořil třípodlažní hypokaustová kamna, s individuálním tahovým systémem. Kamna jsou pouze sálavá, tedy nemají teplovodní výměník. Kamna zaručují a jsou tedy projektována jako naprosto nezávislý tepelný zdroj na elektrické energii. Pro objekty umístěné téměř v lese s relativně častými výpadky proudu je tato varianta důležitá. Také jsem v této variantě chtěl ukázat možnosti i možného designu kamen. Kamnová vložka jako zdroj tepelné energie pro hypokaust systém a pro akumulční tahový systém je umístěna v 1S. Pro začlenění hry plamenů do interiéru (tedy spíše architektonický pohled) jsem přidal oboustranně průhledovou křbovou vložku. Další architektonický prvek je v celkové koncepci kamen. Kamna jdou celá obejít dokola (přes

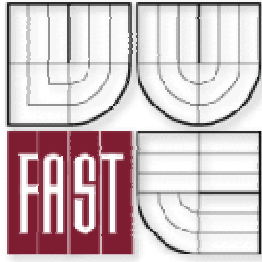
obývací pokoj, jídelnu a kuchyň a pak opět do obývacího pokoje) a také lze kamny procházet. Opticky i stavebně jsem rozdělil kamna a krb a vytvořil průchod topidlem. Architektonicky velmi zajímavé. Nezávislost kamen na elektrické energii si vybrala svou daň a to, že její teplosměnné sálavé plochy nejsou schopny pokrýt tepelnou ztrátu ve všech místnostech.

Právě maximální tepelné pokrytí a možnost využití kamen jsem vyřešil ve variantě II. Oproti předchozí variantě jsem změnil typ kamnové vložky a udělal pouze dvoupodlažní hypokaustový systém. Výrazně jsem omezil prostorovou rozsáhlost kamen jako celku. Výběr správné kamnové vložky do daného objektu je závislý na požadavcích a možnostech. Pro maximální pokrytí tepelné ztráty a tepelného komfortu ve všech místnostech jsem navrhl kamnovou kombinovanou vložku se dvěma spalinovými teplovodními výměníky. Vložka může předávat většinu své tepelné energie do akumulární nádrže (tedy do teplovodního systému) nebo do tahového systému KMS (zdroj hypokaust systému). Přepínání probíhá pomocí Moritz klapky v tahovém systému. Vytápění bylo v této variantě na prvním místě spolu s kvalitou. Proto jsem vyřešil i kompletní regulaci celé spalinové cesty i teplovodního systému. Doplnil jsem dva detaily, abych lépe demonstroval mé myšlenky a ukázal vnitřní složitost kamen.

Třetí varianta je hudba možné budoucnosti jak vyřešit vytápění. Je tvořena topnou centrálou BRUNNER BHZ. Dokonalé propojení hydraulické skříně, akumulární nádrže a systému regulace. Centrála zajišťuje přesné vytápění teplovodní rozlehlejší soustavy i přípravy teplé vody (pomocí deskového výměníku). V centrále se mohou kombinovat zdroje na tuhá paliva - kamna, krby i kotle s dalšími moderními technologiemi solárních systémů, tepelných čerpadel apod. Centrálu je možné ještě rozšířit při využívání kamen jako hlavního zdroje o peletový systém, který zajišťuje naprostý uživatelský komfort.

Poslední věty v tomto oddíle mé Diplomové práce budou patřit tématu, které je pro mě velmi důležité a měl by se jím zabývat každý. A tím je ekologie. Všechny mé varianty mají jako hlavní zdroj kamna na spalování biomasy. Spalovací komory mají účinnost spalování 85-90%. Naše Země je krásná a měli bychom přemýšlet o tom, abychom jsme si ji neničili.

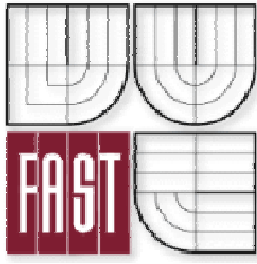




FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

## **KAMNA V KONCEPTU MODERNÍHO VYTÁPĚNÍ**

C. Experimentální řešení a zpracování výsledků



## OBSAH:

### C. Experimentální řešení a zpracování výsledků hypokaustových kachlových kamen s kamnovou vložkou BRUNNER HF15

<b>C.1.</b> Myšlenka a cíle experimentu	str. 165 - 166
<b>C.2.</b> Popis zkoumaných kamen	str. 166 - 169
<b>C.3.</b> Popis použitých měřících zařízení	str. 169 - 171
<b>C.4.</b> Přípravné práce před počátkem experimentu	str. 171 - 174
<b>C.5.</b> Vlastní popis experimentů	str. 174
C.5.1. Teploty spalin v tahovém systému	str. 175
C.5.2. Teploty teplosměnných ploch akumulární části a hypokaust systému	str. 176
<b>C.6.</b> Výstupy z jednotlivých měření	str. 177
C.6.1. Teploty spalin v tahovém systému	str. 177 -195
C.6.2. Teploty teplosměnných ploch akumulární části a hypokaust systému	str. 196 - 198
C.6.3. Teplotní ztráta šamotového patrového tahového systému	str. 199 - 202
C.6.4. Teplotní ztráta komínového tělesa	str. 203 - 205
<b>C.7.</b> Termosnímky zkoumaných hypokaustových kamen	str. 206 - 222
<b>C.8.</b> Chyby měření	str. 223
<b>C.9.</b> Závěrečné hodnocení experimentu	str. 223

## C. Experimentální řešení a zpracování výsledků

### C.1. Myšlenka a cíle experimentu

Hlavním cílem mého experimentu je porozumění chování teploty spalin v tahového systému a chování hypokaustových patrových kachlových kamen. Každá individuálně stavěná kamna jsou jedinečná nejen svým vzhledem, tedy velikostí i nasměrováním teplosměnných ploch, ale i svým tahovým systémem. S tímto vědomím jsem také přistupoval k tomuto experimentu.

Individualita je neměřitelná veličina, proto jsem si vybral individuálně stavěná hypokaustová kachlová kamna s kamnovou vložkou od německé firmy BRUNNER typ HF15. Tato kamnová vložka o jmenovitém výkonu 15kW ve své době (cca 8 let nazpět) byla naprostou špičkou a vzorem pro další výrobky kamnových vložek. Individuálně stavěná topeniště (roštová, bezroštová nebo BIO topeniště) jsem záměrně nepodrobil experimentu. V současné době největší četnost realizací kamen, jsou právě kamna s kamnovou vložkou a patrovým tahovým systémem. Cílem experimentu nebylo zkoumání chování spalovací komory, přebytku spalovacího vzduchu apod.

Jedním z nejdůležitějších cílů bylo celkové chování kamen na vnitřní požadovanou teplotu v interiéru. Hodnocení akumulční schopnosti kamen jako celku. Dílčí povrchové teploty teplosměnných ploch akumulční i hypokaustové části kamen. V hypokaust systému jsem chtěl zjistit rychlost proudění, druh proudění (laminární – turbulentní) a samozřejmě dosažené teploty vzduchu uvnitř hypokaust systému.

Při návrhu kamen se velmi často zmiňuje použití automatické regulace procesu spalování. Budu simulovat při stejných okrajových podmínkách chování tahového systému (kamen) při plné regulaci automatické regulace procesu spalování a při vyřazení této regulace z provozu. Při vyřazení automatické regulace EOS 5.1 bude vzduch přiváděn bez jakékoli regulace při maximálním otevření přívodu vzduchu.

Jedním z vedlejších cílů mého experimentu je grafické znázornění důsledků špatného založení ohně. Časové zpoždění a chybové hlášení automatické regulace. Sekundárně toto měření může posloužit uživatelům kamen jako simulace co se děje v tahovém systému při špatné obsluze kamen.

Komínové těleso je nedílnou a velmi důležitou součástí spalínové cesty kamen. Proto budu experimentálně měřit jeho tepelnou ztrátu na m' a posoudím, zdali nedochází ke kondenzaci spalín. A pokud ano, na jakém úseku a jak dlouho.

Natopená kamna podrobím termovizním snímkům. Toto měření bude mít dvě základní funkce. Zaprvé termosnímky poslouží k ověření naměřených povrchových teplot – tedy pro kontrolu. Snímky také poslouží k nalezení technických nedokonalostí a odhalí slabá místa kamen.

## C.2. Popis zkoumaných kamen

Má první myšlenka provedení měření bylo v laboratoři někde v ČR, ale nezdařilo se. Potýkal jsem se s třemi problémy. Jedním byla nedostatečná vybavenost mnou oslovených laboratoří, které se ale dali dovybavit. Druhý velmi častý problém byl v montáži části kamen v laboratoři. Musel bych postavit část kamen (spalovací komoru, tahový systém apod.) a vzhledem k tomu, že laboratoř se nacházela v Ostravě a já pocházím z Karlových Varů, musel jsem i tuto možnost zavrhnout. S naprostou většinou laboratorních zkušeben jsem měl třetí problém a tím byl naprostý nezájem pomoci. Absence finančního zisku zajistila, že se se mnou nikdo moc dlouho ne bavil.



Daná kamna pro můj experiment jsem si vybral z mnoha důvodů. Především časová náročnost celého experimentu i destruktivní metody mi nedali jinou možnost než otestovat vlastní topidlo. Rodinný dům (obr. C1) se nachází

ve vesnici Bernov (u Karlových Varů) s návrhovou výpočtovou venkovní teplotou  $-18^{\circ}\text{C}$ . Tato kamna reprezentují největší množinu individuálně stavěných kamen. V kachlích postavená teplosměnná plocha v kombinaci s patrovým individuálně stavěným tahovým systémem. Spodní „hlavní“ kamna mají kvádrový tvar. Dají se obcházet ze tří stran a všechny tyto strany předávají tepelnou energii do interiéru – obývacího pokoje.



Obrázek C 2 - Akumulační hypokaustová kachlová kamna

Experimentu podrobená kamna postavil můj otec Ladislav Koutecký na podzim roku 1987. Tahový systém je původní, ale spalovací komory se postupně měnily, jak se prohlubovaly znalosti o účinnosti spalování a technických možnostech. Původně v roce 1987 bylo topeniště roštové, pak bezroštové a následně se po několika letech zaměnilo za BIO topeniště, které už vykazovalo vysokou účinnost i výslednou teplotu spalování. Všechny tyto spalovací komory byly individuálně stavěné ze šamotových cihel a desek. Aktuálně je místo individuálně stavěného topeniště prefabrikovaná kamnová vložka od německé firmy BRUNNER. Typ spalovací komory HF 15 s jmenovitým výkonem 15kW.

Velkou zvláštností těchto kamen je otevřený prostor uvnitř kamen. Kamna mají dvě niky, které jsou uprostřed kamen spojené a dá se jimi vlézt doprostřed kamen. Lavice je dřevěná – nevytápěná. Topný štít se nachází u skladu paliva ve stejném patře jako hlavní kamna. Je tam postaven topný štít se zmíněnou kamnovou vložkou. Automatická regulace

BRUNNER EOS 5.1 má display osazený do prostoru jídelního koutu. Nasávání pro proces spalování je z místnosti.

Hypokaust systém je dvoupatrový. Zdrojem (vzduchovým tepelným výměníkem) je kamnová vložka, která předává svou tepelnou energii do vzduchu, který je uzavřen



v kamnech. Přirozenou konvekcí je teplejší vzduch vytlačován studenějším. Teplosměnné plochy hypokaust systému jsou dvě, obě umístěné v patře rodinného domu. Teplosměnnou plochou umístěnou na chodbě (obr.C3) teplý vzduch patrově stoupá. Za stěnou je umístěná totožná teplosměnná plocha, ve které pro změnu vzduch uvnitř patrově klesá a vrací se nazpět pod kamnovou vložku. Hypokaust systém není možno nijak regulovat nebo vyřadit z provozu.

Obrázek C 3 - Hypokaustová teplosměnná plocha v patře RD

Další zvláštností tohoto individuálního díla je umístění dvou hliníkových trubek o průměru 60 mm do prostoru hypokaust systému. Tyto trubky tvoří takový jednodušší teplovzdušný výměník, kdy se studený vzduch u podlahy místnosti nasává, o stěny hliníkových trubek se ohřeje a samotížně stoupá vzhůru a je vypouštěn zpět do prostoru obývacího pokoje. Tento systém také není možné nijak regulovat. Jedná se tedy o OTS – otevřený teplovzdušný systém.

### C.3. Popis použitých měřících zařízení

Výstupy z mého experimentálního měření jsem chtěl s velkou přesností, proto volba druhu měřících zařízení byla velmi důležitá. Vzhledem k tomu, že experiment byl prováděn místo v laboratoři v obývacím pokoji RD, musel jsem vymyslet jaké přístroje použiji a sehnat je. Většinu přístrojů jsem si zapůjčil od VUT TZB. Revizní kameru a vlhkoměr mi zapůjčil Cech Kamnářů ČR a Cech Kominíků ČR. Vysoké teploty spalin jsem měřil spalinovými čidly automatické regulace procesu spalování, které jsem si půjčil z rodinné firmy.

Jedním z mých cílů bylo analyzovat tepelné chování spalin v tahovém systému. Kamnová vložka BRUNNER HF 15 s automatickou regulací procesu spalování je základním kamenem experimentu. Vysokoteplotní spalinové čidlo umístěné v hrdle kamnové vložky snímalo výstupní teplotu z kamnové vložky. Tato získaná teplota sloužila jako impuls pro automatickou regulaci, která následně dávala impuls servopohonu pro přívod spalovacího vzduchu. Tuto teplotu jsem také v pravidelných intervalech opisoval a v časovém kroku zaznamenával.



Obrázek C 4 - Měřící centrála ALMEMO

Hlavní automatická regulace BRUNNER EOS 5.1 je součástí kachlových kamen. Další dvě automatické regulace procesu spalování jsem využil pro měření teplot spalin v určitých místech tahového systému – vždy v místě čistícího otvoru. Tyto regulace mi posloužili svými teplotními čidly, z nichž jsem ve stejném časovém kroku jako u regulace EOS zapisoval naměřené teploty spalin. Vypůjčené automatické regulace REG 200 (jedno teplotní čidlo) a REG 350 (dvě



Obrázek C 5 – Automatické regulace REG 200 a REG 350 pro měření teplot spalin v tahovém systému

teplotní čidla) – obr.C4. Výrobce těchto automatických regulací je česká firma TIMPEX.

Měřicí centrály mi zapůjčil ústav TZB na Vysoké škole technické v Brně. Hlavní centrála byla pro 12 čidel, menší pro 6 čidel. Vypůjčil jsem si 10 termočláňkových snímačů (NiCr-Ni) – obr.C 6, které mají krátkou dobu odezvy a velký teplotní rozsah (-40-1200°C). Nevýhoda byla relativně nízká přesnost. Dle technických podkladů max. 2,5%. Topení



Obrázek C 6 - Termočláňkové snímače

v kamnech vždy minimálně 30% ovlivní obsluhu, tedy přesnost teplotních čidel byla pro mě akceptovatelná. Dále jsem měl čidlo pro snímání rychlosti proudění vzduchu + její teploty. Toto čidlo se díky velmi malému teplotnímu rozsahu max. 60°C ukázalo v průběhu experimentu jako nevhodné.

Taktéž z VUT jsem si zapůjčil analyzátor spalin MINILIZER. Po delším měření jsem bohužel přišel na skutečnost, že je nefunkční. Naměřená data byla nedůvěryhodná, přístroj jsem vyřadil z experimentu a nezahrnul jeho výsledky ani do celkového hodnocení experimentu.



Obrázek C 7 - Kamna s měřicími přístroji

Pro kontrolní účely jsem měl vypůjčené 2 laserové teploměry a revizní kameru. V průběhu měření jsem průběžně ověřoval naměřené hodnoty. Jeden z důležitých nástrojů byl bezesporu vlhkoměr a digitální váha. Pro každou dávku paliva jsem měřil váhu a vlhkost každého polena. Podrobněji popíši v postupu měření.

Samozřejmostí byli 2 notebooky pro zaznamenávání, stahování naměřených dat a jejich následné vyhodnocení. Příklepová vrtačka pro



vyvrtání otvorů na teplotní čidla v horních hypokaustových teplosměnných plochách a další.

#### C.4. Přípravné práce před počátkem experimentu

Přípravné práce začali v zimě roku 2010. Plánování postupu experimentu byl první úkol. Zajištění výše uvedených přístrojů úkol následující. Celý experiment probíhal od 25.12.2010 do 4.1.2011. V tomto termínu byla kamna zkoumána a podrobena experimentům a měřením.



Obrázek C 8 - Umísťování teplotního čidla

Kamna se nechala vychladnout (trvalo to 3 dny) omezili se další zdroje vytápění v objektu (elektrické podlahové vytápění, krb v patře domu a ústřední kotel na tuhá paliva umístění v prvním podzemním podlaží). Jak je vidět na obr. C8 vymetl jsem saze z komínového tělesa a umístil spalinové čidlo na komínovou hlavu. Původní komínové těleso bylo postavené pouze s cihel s otvorem 150 x 150 mm. Při druhé rekonstrukci kamen se vyfrézoval průduch na DN 200. Následně bylo komínové těleso vyvločkováno šamotovými vložkami SCHIEDEL UNISAN – DN 180. Na komínovou hlavu bylo osazeno teplotní spalinové čidlo pro určení, zda-li nedochází ke kondenzaci vodní páry obsažené ve spalinách.



Obrázek C 9 - Šamotový patrový akumulční tahový systém

Dalším bodem přípravy bylo vyčistění a kontrola spalinové cesty kachlových kamen (obr. C9). Jak jsem již zmínil dříve, tahový systém je patrový individuálně stavěný. Postrádal jsem v tahovém systému roztápěcí klapku, která by rychleji ohřála komínové těleso.

Jak je vidět na obr. C 9 tahový systém nebyl nikterak zanesen, proto jsem



Obrázek C 10 - Vypalování sazí v tahovém systému

zvolil metodu: „vypalování sazí“ obr. C10. Při vypalování sazí se mi naskytl nádherný pohled na žhnoucí saze, které jsem zdokumentoval fotografií. Po ukončení vypalování sazí jsem celý tahový systém důkladně prohlédl a vymetl zbylé saze.

Po kontrole tahového systému přišla na řadu kamnová vložka BRUNNER HF15. Kamnovou vložku jsem vizuálně prohlédl a vybral popel z topeniště. Funkčnost automatické regulace jsem překontroloval o týden dříve.

Po kontrole tahového systému přišla na řadu kamnová vložka BRUNNER HF15. Kamnovou



Obrázek C 11 - Příprava paliva na zátop - určení druhu, hmotnosti a vlhkosti jednotlivých polen

Spalovací proces a celé měření je bezesporu přímo závislé na kvalitě a druhu paliva, proto jsem pečlivě vybíral a třídil kusové palivo. Do spalovací komory HF 15 se přikládají 50 cm dlouhá polena. Vždy jsem vybíral dřevěná polena minimálně 3 roky skladovaná.

Každé poleno, které mělo přijít, jako předepsaná dávka paliva jsem popsal číslicí v kroužku, která obsahuje informaci o druhu dřeva (javor, buk, břiza, smrk, olše,...). Dále na digitální váze jsem zaznamenal hmotnost daného polena v kg. Velmi důležitou informací byla vlhkost paliva (obr.C 12). Měření jsem prováděl vždy 5x na jednom polenu



Obrázek C 12 - Měření vlhkosti polena

a poté aritmeticky zprůměroval a tuto hodnotu napsal na poleno a zaznamenal do poznámek. Kritériem pro výběr polena byla jen jeho vlhkost. Dobře vysušené dřevo určené pro potřeby spalování by mělo mít maximálně 25% vlhkosti. Podrobněji o sledování kvality paliva a výsledné průměrné objemové hmotnosti a vlhkosti naleznete v pozdější kapitole „ 6. Výstupy z jednotlivých měření „

Rozmístění a připevnění teplotních NiCr-Ni – termočlánkových snímačů bylo dalším krokem. Teplotu interiéru měřila dvě čidla, která pro výsledné výsledky průměrovala svou hodnotu pro zpřesnění výsledné teploty. Čidla byla na teplosměnné plochy přilepována



páskou a před a po každém měření byla kontrolována jejich poloha. Na obr. C13 je vidět umístění teplotních čidel v horních hypokaustových kamnech. Popisování polohy a účelu čidel bylo nezbytnou součástí experimentu.

Obrázek C 13 - Umístění a popis čidel v horních hypokaustových kamnech

### C.5. Vlastní popis experimentů

Pro každé měření jsem si vždy připravil danou dávku paliva a zaznamenal do tabulky. Překontroloval jsem správnost zapojení a funkčnost spalinových čidel. Téměř každé měření jsem měřil dvakrát. Pro ověření výsledků a kontrolu funkčnosti čidel. Měření bylo rozmanité a vždy se lišilo v okrajových podmínkách nebo cíly pokusu či měření. Do písemné formy uvedu dva základní postupy měření experimentu. První bude měření spalin v tahovém systému a druhé měření povrchových teplot na plášti teplosměnné plochy. Ostatní jsou patrné z naměřených dat.

### C.5.1. Teploty spalin v tahovém systému

Pro měření teploty spalin v tahovém systému jsem použil celkově tři automatické regulace spalování s vysokoteplotními čidly. Jedinou automatickou regulací spalování regulující celý proces spalování byla originální regulace od firmy BRUNNER typ EOS 5.1. Zbylé dvě regulace sloužily jen k odečtu teploty spalin v tahovém patrovém systému kamen. Zbylé dvě automatické regulace jsou od firmy TIMPEX – typy REG 200 s jedním teplotním čidlem a REG 350 s dvěma čidly teplot.

Regulace EOS 5.1 ovládá servo dle přednastaveného programu pro kamnovou vložku BRUNNER HF 15 – tvrdé kusové palivo. Tato regulace řídí spalovací proces množstvím vzduchu, které dle právě probíhající fáze hoření pouští do spalovací komory. Taktéž rozděluje kolik procent z celkového množství spalovacího vzduchu přijde do spalovací komory jako primární (přiváděn na spodní část komory) nebo sekundární (předehřátý vzduch přiváděn nad plameny). Přitom primární vzduch se během regulace pohybuje od 100 - 0%. Po ukončení poslední fáze hoření – žárový proces – je hermeticky uzavřen jak primární, tak sekundární spalovací vzduch. Vysokoteplotní spalinové čidlo je umístěno na hrdle spalovací komory. Tuto hodnotu jsem v daných intervalech patrných z tabulek s daty zaznamenával.



**Obrázek C 14 - Umístění teplotního čidla do čistícího otvoru tahového systému.**

Zbylé dvě regulace REG 200 a REG 350 se neúčastnili regulace spalovacího procesu. Spalovací čidla byla umístěna do připravených (vyvrtaných) otvorů v místech čistících otvorů tahového systému (obr.C 14). Pořadí a umístění jsem měnil dle aktuální potřeby experimentů. Jejich přesné umístění je patrné z dat uvedených v tabulce a na grafech. Zkoumal jsem pokles teploty spalin s ohledem na délku tahového systému.

### C.5.2. Teploty teplosměnných ploch akumulční části a hypokaust systému

Pro toto měření jsem zvolil měřicí centrálu k zachycení až deseti teplot najednou.



Obrázek C 15 - Zaznamenávací a vyhodnocovací přístroje

Po nastavení kroku měření a odzkoušení zápisu dat do paměti jsem rozmístil teplotní čidla. Vždy jsem měřil teplotu exteriéru v reprezentativním místě. Teplotu interiéru jsem měřil ve dvou až třech místech. Vždy jednu teplotu u podlahy a druhou u stropu.

Zmíněná termočláňková čidla NiCr-Ni jsem k teplosměnným plochám upevňoval pomocí lepící pásky. Měřené teploty z termočláňkových čidel jsem kontroloval s ručním infra teploměrem. Celkově během experimentu jsem naměřil přes  $\frac{3}{4}$  miliónu hodnot. Měnil jsem umístění a zkoumal různé vlastnosti kamen, které jsem nakonec vyjádřil graficky a slovně ohodnotil. Z těchto důvodů nebudu popisovat každé umístění čidel. Jejich umístění je vždy patrné z grafu. Všechna naměřená data jsou v elektronické podobě na CD, jež je součástí mé diplomové práce. Jak je patrné z obr. C15 data se buď okamžitě zaznamenávala do grafů, nebo byla později extrahována do tabulek. K dispozici jsem měl dva notebooky a dvě měřicí centrály ALMEMO pro zaznamenávání všech hodnot.

## C.6. Výstupy z jednotlivých měření

Z každého měření jsem vypracoval graf, který popisuje chování dané zkoumané veličiny. Snažil jsem se zachytit chování akumulčních kachlových kamen a jejich vliv na dosažení příjemného mikroklimatu. U každého grafu jsem zhodnotil naměřená data. Ke konci měření jsem zkoušel různé varianty provozu. U zkoumání teplot spalin v tahovém systému jsem simuloval špatné založení plamene při zatápění.

Většina spalovacích procesů byla řízena automatickou regulací procesu spalování BRUNNER EOS 5.1. U posledního měření jsem záměrně vyřadil ovládání automatické regulace. Pozoroval a hodnotil následného chování celého tahového systému. A tedy přímý vliv regulace na proces spalování a chování kamen.

Samozřejmě nelze zachytit všechny dopady vyřazení regulace, na to by bylo zapotřebí mnohem více času a podrobnější zkoumání. Určitě by bylo zajímavé pozorovat, jaký vliv by tato úprava měla vliv na dobu akumulace – akumulční schopnost celého systému. Zajisté by se snížila, ale o jako hodnotu to budu zjišťovat někdy v dalším měření, které budu provádět pro své soukromé účely. Důvodem nezařazení tohoto pokusu je zaprvé velmi časově náročný experiment a za druhé (podstatnější) naprosto nedosažitelné zachování stejných okrajových podmínek pro potřeby experimentu.

### C.6.1. Teploty spalin v tahovém systému

Dříve než se dostaneme k výstupu tj. grafům a závěrečnému zhodnocení vypíši různé nahládky paliva, jejich objemové hmotnosti a vlhkost.

Označení paliva:				
OZN.	Popis		Průměrná objemová hmotnost	[Kg/m <sup>3</sup> ]
1	smrk	měkké dřevo	430	[Kg/m <sup>3</sup> ]
2	javor	tvrdé dřevo	640	[Kg/m <sup>3</sup> ]
3	bříza	středně tvrdé dřevo	585	[Kg/m <sup>3</sup> ]
4	osika	měkké dřevo	455	[Kg/m <sup>3</sup> ]

1. nakládka paliva:

dne:  
26.12.2010

Zatápění:

Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot						
Číslo zátoku	Ozn. paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]
I	1	1,32	17,00%	430	430	17,53%
	1	1,9	17,00%	430		
	1	0,81	17,00%	430		
	1	1,47	20,00%	430		
	1	1,2	17,00%	430		
	1	1,66	17,00%	430		
	$\Sigma=$	8,36	Kg			

Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot						
Číslo zátoku	ozn. Paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]
II	2	1,05	15,00%	640	640	16,61%
	2	1,4	16,00%	640		
	2	2,1	16,00%	640		
	2	1,8	16,00%	640		
	2	1,8	16,00%	640		
	2	1,8	16,00%	640		
	2	1,9	15,00%	640		
	2	3	20,00%	640		
	$\Sigma=$	14,85	Kg			

Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot						
Číslo zátoku	ozn. Paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]
III	2	1,9	16,00%	640	640	16,87%
	2	3,5	18,00%	640		
	2	3,5	19,00%	640		
	2	3,95	16,00%	640		
	2	2,15	16,00%	640		
	2	2,37	15,00%	640		
	$\Sigma=$	17,37	Kg			

Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot						
Číslo zátopy	ozn. Paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]
IV	1	0,66	17,00%	430	430	16,94%
	1	0,9	16,00%	430		
	1	1,4	17,00%	430		
	1	0,77	18,00%	430		
	1	1	18,00%	430		
	1	1,2	16,00%	430		
	$\Sigma=$	5,93	Kg			

27.12.2010  
v 15:20

Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot						
Číslo zátopy	ozn. Paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]
V	2	2,5	16,00%	640	640	17,08%
	2	1	18,00%	640		
	2	2	16,00%	640		
	2	2,8	16,00%	640		
	2	1,9	18,00%	640		
	2	2,7	19,00%	640		
	$\Sigma=$	12,9	Kg			

Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot						
Číslo zátopy	ozn. Paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]
VI	1	0,85	15,00%	430	430	15,29%
	1	2,8	15,00%	430		
	1	2	16,00%	430		
	1	1,2	15,00%	430		
	$\Sigma=$	6,85	Kg			

dne: 23.12.2010

Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot						
Číslo zátopy	ozn. Paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]
VII	3	5,1	15,00%	585	585	15,00%
	3	3,5	15,00%	585		
	3	4,1	15,00%	585		
	3	2,3	15,00%	585		
	$\Sigma=$	15	Kg			

Bříza



Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot							Dne 31.12.2010
Číslo zátopu	ozn. Paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]	Osika
VIII	1	1,2	16,00%	430	452	15,12%	REG
	4	0,65	15,00%	455			
	4	1,6	15,00%	455			
	4	2,5	15,00%	455			
	4	1,9	15,00%	455			
	4	2,5	15,00%	455			
	$\Sigma=$	10,35	Kg				

Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot							Dne 31.12.2010
Číslo zátopu	ozn. Paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]	Směs
IX	3	3,2	15,00%	585	574	17,92%	REG
	3	2,45	15,00%	585			
	2	1	15,00%	640			
	3	0,52	15,00%	585			
	2	3,8	20,00%	640			
	4	3,2	22,00%	455			
	$\Sigma=$	14,17	Kg				

Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot							Dne 1.1.2011
Číslo zátopu	ozn. Paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]	Osika
X	1	1,2	16,00%	430	452	15,14%	BEZ REGULACE
	4	1,2	15,00%	455			
	4	1	15,00%	455			
	4	2	15,00%	455			
	4	1,2	15,00%	455			
	4	2,2	15,00%	455			
	$\Sigma=$	8,8	Kg				

Tabulka kvality paliva a průměrných hodnot							Dne
--	--	--	--	--	--	--	-----

							1.1.2011
Číslo zátopu	ozn. Paliva	Hmotnost [Kg]	Vlhkost [%]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	PRŮMĚRNÁ vlhkost [%]	Směs
XI	2	3,5	19,00%	640	599	18,62%	BEZ REGULACE
	3	3,5	18,00%	585			
	3	2,8	18,00%	585			
	3	1,8	19,00%	585			
	3	1,2	19,00%	585			
	3	1	20,00%	585			
	$\Sigma=$	13,8	Kg				

Jedním z prvních měření jsem mapoval chování teplot v tahovém systému při ideálních podmínkách. Tedy správném založení ohně a včasném přiložení druhé nákladky paliva. Automatická regulace procesu spalování BRUNNER EOS 5.1 byla v provozu po celou dobu procesu a nehlásila žádnou chybu v obsluze. Popis umístění čidel je patrné ze spodní tabulky.

dne: 30.12.2010

Tabulka spalinových čidel a jejich popis:		
čidlo 1	Teplota na hrdle kamnové vložky BRUNNER HF 15	Hrdlo
čidlo 2	Teplota v 1. tahu	ČO 1
čidlo 3	Teplota v 2. tahu	ČO 4
čidlo 4	Teplota na hlavě komínového tělesa	KH

Čistící otvor:	ČO 1	- vzdálenost 3,1m od hrdla krbové vložky
	ČO 2	- vzdálenost 4,95m od hrdla krbové vložky
	ČO 3	- vzdálenost 7,35m od hrdla krbové vložky
	ČO 4	- na konci spalinové cesty – komínová hlava

Tabulka naměřených hodnot teplot spalín:

ČAS	ČIDLO 1	ČIDLO 2	ČIDLO 3	ČIDLO 4	Poznámky	Srovnávací čas [hod]
	Hrdlo KV	čO 1	čO 4	HL. komína		
15:00	70	72	65	36	Výchozí stav	0,00
15:02	67	90	68		Přiloženo VI	0,03
15:10	319	315	110	53	Fáze2	0,17
15:15	602	358	130			0,25
15:17:30	609	345	131			0,29
15:20	645	359	135	61		0,33
15:25	675	366	137			0,42

15:30	721	378	142			0,50
15:35	762	399	149	67		0,58
15:40	771	409	153			0,67
15:45	726	402	154			0,75
15:50	724	401	156	73		0,83
15:55	725	400	157			0,92
16:00	725	401	158			1,00
16:10	666	357	153	73	Fáze 3	1,17
16:20	584	333	147			1,33
16:30	611	376	159	76	nakládka VII - Bříza	1,50
16:40	829	411	173			1,67
16:50	860	425	177			1,83
17:00	880	443	181	90	Fáze 2	2,00
17:10	889	467	187	94		2,17
17:20	868	462	191	97		2,33
17:30	805	431	187		Fáze 3	2,50
17:40	684	393	179	96		2,67
17:50	627	353	167			2,83
18:00	600	342	165	85		3,00
18:10	581	330	163			3,17
18:20	551	319	162	84		3,33
18:30	525	310	160			3,50
18:40	484	296	159			3,67
19:00	473	292	158			4,00
19:20	449	284	156	82		4,33
19:30	432	276	155			4,50
19:40	428	212	139			4,67
20:30	375	184	128			5,50
21:50	321	159	119	60		6,83

Výsledným poskládáním naměřených hodnot je následující graf standardního průběhu hoření.

Graf C1 – Standardní průběh hoření s regulací spalování

Jedním z důležitých výstupů mého experimentu bylo simulovat spalovací proces a chování tahového systému při plně funkční automatické regulaci EOS 5.1 a při vyřazení z provozu. Při vyřazení ovládání servomotoru od ovládání přívodního vzduchu do procesu spalování byl natrvalo nastaven trvale servopohon jako 100% otevřený. Automatická regulace také postupně vypínala přívod primárního vzduchu do topeniště. Při vypnuté regulaci byl přívod primárního i sekundárního vzduchu otevřen na maximum a během celého měření zůstal na stejných hodnotách – tj. bez regulace.

dne: 1.1.2011

Tabulka spalinových čidel a jejich popis:		
čidlo 1	Teplota na hrdle kamnové vložky BRUNNER HF 15	Hrdlo
čidlo 2	Teplota v 1. tahu	ČO 1
čidlo 3	Teplota v tahu na přelomu 2. a 3. tahu	ČO 3
čidlo 4	Teplota spalin v posledním tahu	ČO 4

Čistící otvor:	ČO 1	- vzdálenost 3,1m od hrdla kamnové vložky
	ČO 2	- vzdálenost 4,95m od hrdla kamnové vložky
	ČO 3	- vzdálenost 7,35m od hrdla kamnové vložky
	ČO 4	- vzdálenost 9,9m od hrdla kamnové vložky

Tabulka naměřených hodnot teplot spalin:

#### VYPNUTA AUTOMATICKÁ REGULACE

ČAS	ČIDLO 1	ČIDLO 2	ČIDLO 3	ČIDLO 4	Poznámky	Srovnávací čas	Srovnávací čas
	Hrdlo KV	ČO 1	ČO 3	ČO 4		[min]	[hod]
19:15	61	62	55	56	Výchozí stav	0	0
19:17:30	90	113	72	61	Fáze 1 - nakládka X	2,5	0,04
19:20	224	217	105	80		5	0,08
19:22:30	471	271	122	97		7,5	0,13
19:25	542	298	130	107		10	0,17
19:27:30	580	315	136	112		12,5	0,21
19:30	634	326	148	118		15	0,25
19:32:30	652	339	147	121		17,5	0,29
19:35	663	348	151	125		20	0,33
19:37:30	677	352	154	127		22,5	0,38
19:40	696	357	156	130		25	0,42
19:42:30	711	364	160	132		27,5	0,46
19:45	725	365	162	134		30	0,50
19:47:30	730	368	164	136		32,5	0,54

19:50	772	367	164	137		35	0,58
19:52:30	799	368	165	137		37,5	0,63
19:55	815	378	170	140		40	0,67
19:57:30	805	380	171	141		42,5	0,71
20:00	794	378	172	142		45	0,75
20:02:30	783	380	172	143		47,5	0,79
20:05	777	379	172	144		50	0,83
20:07:30	756	370	172	144		52,5	0,88
20:10	739	367	171	144		55	0,92
20:12:30	714	361	171	143		57,5	0,96
20:15	682	353	169	143		60	1,00
20:17:30	661	349	168	142		62,5	1,04
20:20	652	344	168	142		65	1,08
20:22:30	630	340	167	142		67,5	1,13
20:25	613	332	165	141		70	1,17
20:27:30	609	344	166	141		72,5	1,21
20:30	610	331	166	141		75	1,25
20:32:30	597	324	165	141		77,5	1,29
20:35	584	320	164	140		80	1,33
20:37:30	567	313	163	140		82,5	1,38
20:40	551	308	162	139		85	1,42
20:42:30	537	304	161	139		87,5	1,46
20:45	495	332	171	143	nakládka XI	90	1,50
20:47:30	673	376	186	153		92,5	1,54
20:50	709	388	190	158		95	1,58
20:52:30	729	392	193	161		97,5	1,63
20:55	756	399	195	163		100	1,67
20:57:30	780	402	197	164		102,5	1,71
21:00	810	402	197	165		105	1,75
21:02:30	829	403	198	166		107,5	1,79
21:05	851	404	198	166		110	1,83
21:07:30	871	405	199	167		112,5	1,88
21:10	886	406	200	168		115	1,92
21:12:30	895	409	201	169		117,5	1,96
21:15	902	410	201	169		120	2,00
21:17:30	911	410	202	169		122,5	2,04
21:20	923	410	201	170		125	2,08
21:22:30	934	420	205	172		127,5	2,13
21:25	935	424	206	172		130	2,17
21:27:30	943	432	209	175		132,5	2,21
21:30	948	435	211	176		135	2,25
21:32:30	950	441	213	178		137,5	2,29
21:35	953	446	215	179		140	2,33
21:37:30	956	452	217	181		142,5	2,38
21:40	961	473	226	185	MAX teplota = 961°C	145	2,42

21:42:30	960	469	224	185		147,5	2,46
21:45	961	464	224	186		150	2,50
21:47:30	941	458	223	185		152,5	2,54
21:50	921	453	222	184		155	2,58
21:55	851	437	219	183		160	2,67
22:00	799	424	217	181		165	2,75
22:05	757	418	217	181		170	2,83
22:10	746	413	217	180		175	2,92
22:15	719	410	216	180		180	3,00
22:20	691	401	215	180		185	3,08
22:25	651	387	212	178		190	3,17
22:30	630	378	210	177		195	3,25
22:35	619	375	210	177		200	3,33
22:40	608	370	209	176		205	3,42
22:45	583	361	208	175		210	3,50
22:50	571	355	206	174		215	3,58
23:00	545	343	204	172		225	3,75
23:10	518	336	202	171		235	3,92
23:20	495	327	200	170		245	4,08
23:30	458	309	195	167		255	4,25
23:40	415	294	191	164		265	4,42
23:50	373	276	186	161		275	4,58
0:00	337	261	181	158	2.1.2011	285	4,75
0:10	309	252	177	155		295	4,92
0:20	284	238	173	152		305	5,08
0:30	269	232	170	150		315	5,25
0:40	245	222	166	147		325	5,42
0:50	234	214	162	145		335	5,58
1:00	222	198	159	143		345	5,75

Graf C2 – Průběh hoření BEZ automatické regulace spalování

Graf C3 – Průběh hoření při manuální a automatické regulaci procesu spalování (REG)

Sekundárním, ale velmi zajímavým cílem bylo simulování špatného a správného zatopení v kamnech. Naměřená data jsou graficky zhodnocena na konci těchto naměřených dat. Tento experiment by měl soužit k nastínění časového posunu a důsledků špatné obsluhy kamen.

Tabulka spalinových čidel a jejich popis:		
čidlo 1	Teplota na hrdle kamnové vložky BRUNNER HF 15	Hrdlo
čidlo 2	Teplota v 1. tahu	ČO 1
čidlo 3	Teplota v 2. tahu	ČO 2
čidlo 4	Teplota v 3. tahu - zaústění do komínového tělesa	ČO 4

Čistící otvor:	ČO 1	- vzdálenost 3,1m od hrdla kamnové vložky
	ČO 2	- vzdálenost 4,95m od hrdla kamnové vložky
	ČO 3	- vzdálenost 7,35m od hrdla kamnové vložky
	ČO 4	- vzdálenost 9,9m od hrdla kamnové vložky

Tahy jsou stavěny na "těžko" - patrové tahy

dne: 26.12.2010 Data špatného zatopení v kamnech

ČAS	ČIDLO 1	ČIDLO 2	ČIDLO 3	ČIDLO 4	Srovnávací	Srovnávací	Poznámky
	Hrdlo KV	ČO 1	ČO 2	ČO 4			
					[min]	[hod]	
17:10							Výběr sazí
17:15	24	30	30	24	0,0	0,00	Výchozí stav
17:20	24	30	30	24	5,0	0,08	Zatopení 10 třísek a velká polena
17:22:30	43	47	45	27	7,5	0,13	
17:25	122	116	104	35	10,0	0,17	
17:27:30	238	163	133	46	12,5	0,21	
17:30	270	167	135	51	15,0	0,25	Dohoření třísek a počátek hoření polen
17:32:30	273	174	142	54	17,5	0,29	
17:35	260	169	137	56	20,0	0,33	
17:37:30	222	153	126	54	22,5	0,38	
17:40	212	146	121	54	25,0	0,42	
17:42:30	197	162	134	55	27,5	0,46	
17:45	196	159	132	55	30,0	0,50	
17:47:30	195	159	132	56	32,5	0,54	
17:50	200	175	146	58	35,0	0,58	
17:52:30	212	188	154	61	37,5	0,63	

17:55	230	210	172	64	40,0	0,67	
17:57:30	245	197	161	66	42,5	0,71	
18:00	244	202	168	66	45,0	0,75	
18:02:30	275	212	175	69	47,5	0,79	
18:05	288	217	178	71	50,0	0,83	
18:07:30	288	218	179	71	52,5	0,88	
18:10	288	223	184	72	55,0	0,92	fire error
18:12:30	374	256	207	75	57,5	0,96	
18:15	357	230	190	77	60,0	1,00	
18:17:30	345	227	190	76	62,5	1,04	
18:20	348	227	190	76	65,0	1,08	
18:22:30	356	239	199	76	67,5	1,13	
18:25	380	254	210	81	70,0	1,17	
18:27:30	391	265	219	83	72,5	1,21	
18:30	408	276	227	86	75,0	1,25	
18:32:30	426	281	231	89	77,5	1,29	
18:35	440	293	241	91	80,0	1,33	
18:37:30	462	308	252	94	82,5	1,38	
18:40	478	309	253	97	85,0	1,42	fire error
18:42:30	483	308	252	98	87,5	1,46	
18:45	497	308	253	99	90,0	1,50	
18:47:30	512	311	256	100	92,5	1,54	naloženo 14,8 Kg javoru
18:52:30	465	358	289	111	97,5	1,63	
18:55	580	368	299	116	100,0	1,67	
18:57:30	619	396	321	122	102,5	1,71	
19:00	650	404	326	125	105,0	1,75	
19:02:30	680	403	327	128	107,5	1,79	
19:05	710	406	330	130	110,0	1,83	Fáze hoření 2
19:07:30	736	409	333	132	112,5	1,88	
19:10	755	409	334	134	115,0	1,92	
19:12:30	777	405	331	135	117,5	1,96	
19:15	804	405	331	137	120,0	2,00	
19:17:30	822	403	330	137	122,5	2,04	
19:20	837	401	328	138	125,0	2,08	
19:22:30	850	398	325	138	127,5	2,13	
19:25	859	403	330	139	130,0	2,17	
19:27:30	855	411	335	141	132,5	2,21	
19:30	865	407	332	142	135,0	2,25	
19:32:30	872	419	341	143	137,5	2,29	pořízeno video
19:35	850	432	353	147	140,0	2,33	
19:37:30	837	433	356	149	142,5	2,38	
19:40	843	428	354	151	145,0	2,42	
19:42:30	828	426	352	151	147,5	2,46	
19:45	802	422	351	151	150,0	2,50	
19:47:30	776	400	333	147	152,5	2,54	



19:50	753	393	328	144	155,0	2,58	
19:52:30	730	384	323	143	157,5	2,63	Fáze hoření 3
19:55	702	373	315	142	160,0	2,67	
19:57:30	677	365	309	141	162,5	2,71	
20:00	656	357	304	140	165,0	2,75	
20:02:30	650	337	286	134	167,5	2,79	Fáze hoření 4 - žárový proces
20:05	640	328	279	131	170,0	2,83	
20:07:30	625	322	274	128	172,5	2,88	
20:10	611	316	270	127	175,0	2,92	
20:12:30	602	313	267	127	177,5	2,96	
20:15	596	311	266	127	180,0	3,00	
20:17:30	591	309	264	126	182,5	3,04	
20:20	587	307	261	126	185,0	3,08	
20:22:30	578	302	258	125	187,5	3,13	
20:25	572	299	257	125	190,0	3,17	pořízeno video - žárový proces
20:27:30	565	296	255	125	192,5	3,21	
20:30	558	293	252	124	195,0	3,25	
20:32:30	554	291	251	124	197,5	3,29	
20:35	548	288	248	124	200,0	3,33	
20:37:30	540	285	246	123	202,5	3,38	
20:40	534	283	245	123	205,0	3,42	
20:42:30	527	281	243	123	207,5	3,46	
20:45	522	280	242	123	210,0	3,50	
20:47:30	462	286	256	123	212,5	3,54	naloženo 17,3 Kg javoru
20:50	570	390	323	151	215,0	3,58	Fáze 1
20:52:30	662	400	332	156	217,5	3,63	Fáze 2
20:55	717	412	342	161	220,0	3,67	
20:57:30	739	418	346	163	222,5	3,71	
21:00	764	431	356	167	225,0	3,75	
21:02:30	766	447	360	169	227,5	3,79	
21:05	775	437	360	170	230,0	3,83	
21:07:30	796	441	363	171	232,5	3,88	
21:10	811	445	367	172	235,0	3,92	
21:12:30	829	448	368	174	237,5	3,96	
21:15	845	448	367	174	240,0	4,00	
21:17:30	880	452	370	174	242,5	4,04	
21:20	896	463	377	175	245,0	4,08	
21:22:30	903	474	385	178	247,5	4,13	
21:25	911	480	389	180	250,0	4,17	
21:27:30	916	484	391	182	252,5	4,21	
21:30	919	488	395	182	255,0	4,25	
21:32:30	920	496	396	184	257,5	4,29	
21:35	927	508	397	185	260,0	4,33	
21:37:30	937	520	398	186	262,5	4,38	
21:40	934	522	397	186	265,0	4,42	

21:42:30	907	516	394	186	267,5	4,46	
21:45	892	510	391	186	270,0	4,50	
21:47:30	848	502	386	185	272,5	4,54	
21:50	821	484	372	180	275,0	4,58	Fáze 3
21:52:30	802	476	368	179	277,5	4,63	
21:55	802	470	364	178	280,0	4,67	
21:57:30	779	461	359	177	282,5	4,71	
22:00	754	453	354	176	285,0	4,75	
22:02:30	732	447	350	176	287,5	4,79	
22:05	718	441	347	175	290,0	4,83	
22:07:30	702	435	344	175	292,5	4,88	
22:10	686	412	325	169	295,0	4,92	Fáze 4
22:12:30	674	406	320	166	297,5	4,96	
22:15	662	401	317	164	300,0	5,00	
22:17:30	653	395	313	164	302,5	5,04	
22:20	644	391	310	163	305,0	5,08	
22:30	608	372	298	160	315,0	5,25	po 10 minutách
22:40	585	365	292	159	325,0	5,42	
22:50	569	357	287	158	335,0	5,58	
23:00	551	347	280	157	345,0	5,75	
23:10	532	341	276	157	355,0	5,92	
23:20	520	333	271	156	365,0	6,08	
23:30	502	326	266	154	375,0	6,25	
23:40	487	322	263	154	385,0	6,42	
23:50	486	320	261	153	395,0	6,58	
0:00	476	311	256	152	405,0	6,75	27.12.2010
0:20	442	258	220	145	425,0	7,08	Pokyn přiložit
0:30	418	217	191	129	435,0	7,25	
0:50	391	205	180	126	455,0	7,58	
1:10	370	195	172	123	475,0	7,92	
1:30	350	188	166	121	495,0	8,25	
1:50	323	180	159	118	515,0	8,58	Uzavřen přívod spalovacího vzduchu
2:00					525,0	8,75	
3:00					585,0	9,75	
4:00					645,0	10,75	
5:00					705,0	11,75	
6:00					765,0	12,75	
7:00					825,0	13,75	
8:00					885,0	14,75	
9:00	126	106	98	79	945,0	15,75	
10:00					1005,0	16,75	
11:00					1065,0	17,75	
12:00					1125,0	18,75	
12:30	87	86	79	64	1155,0	19,25	

### Data správného zatopení v kamnech

ČAS	ČIDLO 1	ČIDLO 2	ČIDLO 3	ČIDLO 4	Srovnávací	Srovnávací	Poznámky
	Hrdlo	ČO 1	ČO 3	ČO 4			
Změna polohy čidla - čidlo 2 čistící otvor v otočce do 3, tahu - pravá strana							
14:00					1185,0	19,75	
15:00					1245,0	20,75	Příprava dřeva
15:20	62	67	66	56	1265,0	21,08	Fáze 1
15:22:30	91	137	85	65	1267,5	21,13	Zatopeno měkkým dřevem - IV zátop
15:25	250	264	118	86	1270,0	21,17	
15:27:30	470	319	137	108	1272,5	21,21	Nošení dřeva - pokles interiérové teploty
15:30	527	351	146	116	1275,0	21,25	
15:32:30	518	373	162	123	1277,5	21,29	
15:35	524	376	154	126	1280,0	21,33	
15:37:30	539	377	157	128	1282,5	21,38	
15:40	541	377	158	129	1285,0	21,42	
15:42:30	566	392	162	132	1287,5	21,46	
15:45	582	398	164	134	1290,0	21,50	
15:47:30	595	389	164	135	1292,5	21,54	
15:50	609	380	162	135	1295,0	21,58	Fáze 2
15:52:30	595	368	161	134	1297,5	21,63	
15:55	590	363	161	134	1300,0	21,67	
15:57:30	570	355	160	133	1302,5	21,71	
16:00	551	344	158	132	1305,0	21,75	Fáze 3
16:02:30	536	322	150	129	1307,5	21,79	
16:05	535	315	147	125	1310,0	21,83	
16:07:30	523	308	145	123	1312,5	21,88	
16:10	508	297	143	121	1315,0	21,92	
16:12:30	497	294	143	121	1317,5	21,96	
16:15	424	281	151	126	1320,0	22,00	Nakládka V
16:17:30	420	353	165	133	1322,5	22,04	Fáze 1
16:20	552	393	176	142	1325,0	22,08	
16:22:30	659	424	184	150	1327,5	22,13	Fáze 2
16:25	691	432	188	154	1330,0	22,17	
16:27:30	731	440	192	157	1332,5	22,21	
16:30	766	434	193	159	1335,0	22,25	
16:32:30	810	426	194	159	1337,5	22,29	
16:35	833	425	194	159	1340,0	22,33	
16:37:30	854	425	195	160	1342,5	22,38	
16:40	870	420	195	161	1345,0	22,42	
16:42:30	867	428	198	162	1347,5	22,46	
16:45	860	438	201	164	1350,0	22,50	
16:47:30	863	439	202	165	1352,5	22,54	
16:50	864	452	205	167	1355,0	22,58	
16:55	818	467	209	172	1360,0	22,67	

16:57:30	824	468	210	172	1362,5	22,71	
17:00	831	474	214	175	1365,0	22,75	
17:02:30	830	467	214	176	1367,5	22,79	
17:05	827	451	212	175	1370,0	22,83	
17:07:30	811	442	210	174	1372,5	22,88	
17:10	808	441	210	174	1375,0	22,92	
17:12:30	760	421	200	168	1377,5	22,96	
17:15	741	417	198	166	1380,0	23,00	Fáze 3
17:17:30	726	414	198	165	1382,5	23,04	
17:22:30	687	407	196	164	1387,5	23,13	
17:25	677	403	195	164	1390,0	23,17	
17:27:30	662	398	195	163	1392,5	23,21	
17:30	650	394	193	162	1395,0	23,25	
17:40	628	353	180	152	1405,0	23,42	Fáze 4 - žárový proces
17:50	586	336	177	149	1415,0	23,58	
17:55	570	327	176	147	1420,0	23,67	
18:00	547	319	174	147	1425,0	23,75	
18:10	525	312	173	146	1435,0	23,92	
18:20	500	302	172	145	1445,0	24,08	
18:30	484	297	171	144	1455,0	24,25	
18:40	474	291	170	143	1465,0	24,42	
18:50	469	285	169	143	1475,0	24,58	
19:00	446	276	167	141	1485,0	24,75	
19:10	423	271	166	140	1495,0	24,92	
19:20	418	206	150	123	1505,0	25,08	
19:30	400	198	146	120	1515,0	25,25	
19:40	386	192	144	118	1525,0	25,42	
19:50	375	187	141	117	1535,0	25,58	
20:00	362	183	140	115	1545,0	25,75	Pokyn přiložit
20:10	348	178	138	114	1555,0	25,92	
20:20	335	174	137	112	1565,0	26,08	
20:30	325	171	135	111	1575,0	26,25	
20:40	315	168	133	110	1585,0	26,42	
20:50	307	165	132	109	1595,0	26,58	
21:00	301	162	130	108	1605,0	26,75	
21:10	295	159	129	107	1615,0	26,92	
21:20	288	157	128	106	1625,0	27,08	
21:30	280	154	126	105	1635,0	27,25	
22:00	262	146	123	102	1665,0	27,75	
22:30	244	142	119	99	1695,0	28,25	
23:00	232	137	116	97	1725,0	28,75	
23:30	214	132	112	95	1755,0	29,25	
0:00	198	128	109	92	1785,0	29,75	

Graf C4 – průběh hoření při simulaci správného a špatného zatopení

## C.6.2. Teploty teplosměnných ploch akumulční části a hypokaust systému

Výsledné naměřené povrchové teploty závisle na čase byly zásadní na teplotní chování v místnostech. Při zaznamenávání naměřených hodnot jsem nastavoval krok měření, dle aktuální potřeby měření. Pokud byl teplotní gradient teplot výrazný v krátkém časovém úseku, nastavil jsem krok měření velmi krátký. Naopak při měření teploty spalin na hlavě komínového tělesa byl časový krok dlouhý.

Výsledné povrchové teploty kamnář projektuje na návrhovou tepelnou ztrátu prostupem a větráním pro každou místnost, kterou chce kamny přímo vytápět. Pro výkon topidla tedy potřebujeme znát dílčí aktivní teplosměnnou plochu kamen a povrchovou teplotu, pro kterou známe výkon na  $1 \text{ m}^2$  (výpočtem nebo z normy ČSN 73 4231).

V praxi právě kamnář, který navrhuje – dimenzuje kamna, nejdříve určí druh akumulčních kamen. Druh obestavby určuje povrchovou teplotu a její výkon na  $\text{m}^2$ . Celkovou tepelnou ztrátu dimenzované místnosti podělí topným výkonem  $1 \text{ m}^2$  teplosměnné plochy. Výsledkem je optimální topná (aktivní) teplosměnná plocha.

Při měření povrchových teplot teplosměnných ploch akumulční části kamen a celého hypokaust systému jsem naměřil přes 750 tisíc teplot. Jistá měření byla vyřazena z hodnocení experimentu pro nedůvěryhodnost, nebo nesplnění okrajových podmínek. Z velkého počtu naměřených hodnot jsem rozhodl nevypisovat naměřená data. Naměřená data příkládám v elektronické formě na CD na zadní straně mé diplomové práce.

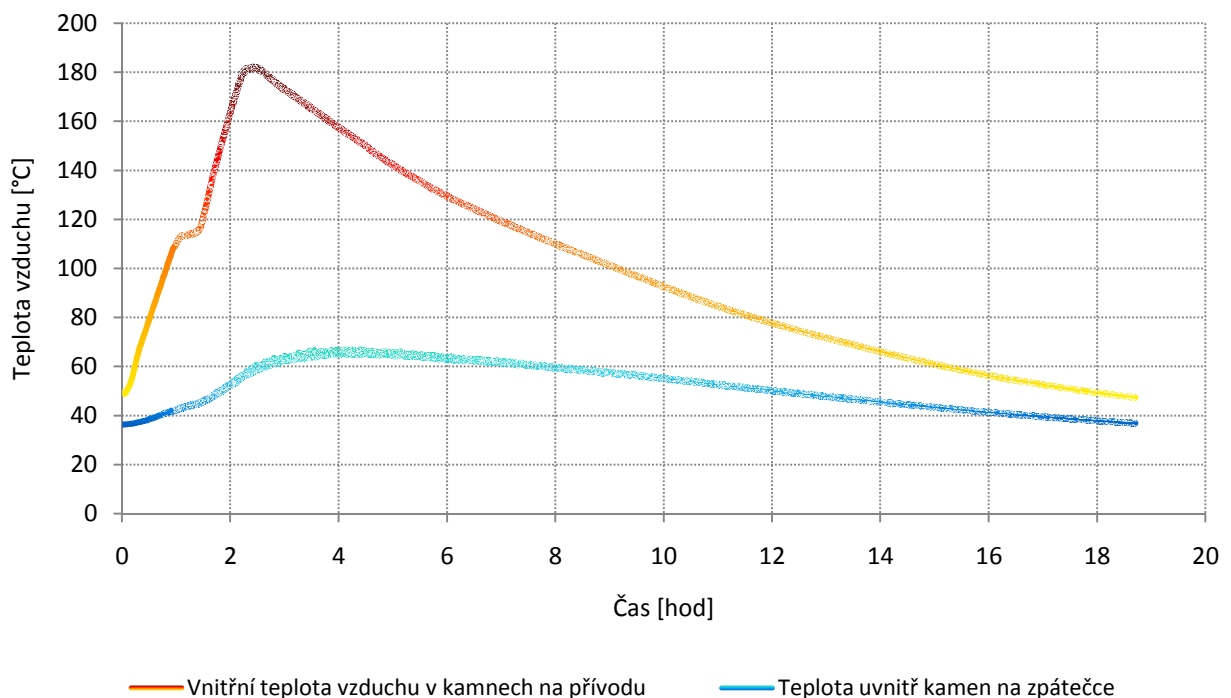
Graf C5 - Závislost kolísání teploty interiéru na povrchové teplotě teplosměnných ploch akumulční části kamen a intervalu příkládání

Jedním z dalších velmi zajímavých měření, bylo postihnout tepelné chování hypokaust systému. Kamnová vložka BRUNNER HF 15 je svým litinovým povrchovým pláštěm v tomto případě zdrojem tepelné energie. Teplo se do cirkulujícího vzduchu přenáší pomocí součinitele přestupu tepla konvekcí.

Z naměřených dat teploty přívodu ohřátého vzduchu je vidět přímá reakce na aktivní topný cyklus. Při zatápění teplota přívodu vzrostla na teplotu 115°C (teplotní gradient 65°C). Při prvním přiložení teplota vzrostla na lokální maximum 180°C (teplotní gradient prvního přiložení 65°C). Z dalších měření (přiloženo na CD) vyplývá vzrůst teploty přívodního vzduchu při druhém přiložení – ovšem s o trochu menším teplotním gradientem.

Teplota vratu je téměř konstantní po celý topný cyklus => teplosměnná plocha je dostatečně velká pro předání tepelné energie. Přenos tepla v hypokaustových teplosměnných plochách přechází takto: Přestup tepla ze vzduchu do akumulární (lehké) obestavby  $\alpha$  bude vyšší vlivem přirozené konvekce + vedení tepla stěnou (rozhodující materiálová vlastnost  $\alpha$  – součinitel teplotní vodivosti) + přestup tepla ze stěny do interiérového vzduchu.

### Průběh teplot v hypokaust systému



Graf C6 – Průběh teplot vzduchu v hypokaust systému

### C.6.3. Teplotní ztráta šamotového patrového tahového systému

Dle normy ČSN 73 4231 Individuálně stavěná kamna se tahový systém dimenzuje jen na základě jeho maximální možné délky vzhledem k tabulkově určené teplotní ztrátě 1m' určitého druhu tahového systému. Například pro „těžký“ tahový systém je tabulková hodnota  $40^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$ . Ale zásadní problém vidím v konstantní hodnotě po celé délce tahového systému. S tímto normovým postupem už dlouho nesouhlasím, a proto jsem udělal následující měření.

Z níže uvedených grafů jednoznačně vyplývá, že teplotní ztráta tahového systému po své délce není lineární ale **exponenciální**. Na základě uvedených grafů jsem stanovil pomocí regresních křivek vzorce pro přibližné určení teplot v tahovém systému při zadání délky tahového systému.

Přikládám naměřená data, za kterými jsou zmíněné grafy teplotních ztrát tahového systému.

dne: 1.1.2011

Tabulka spalínových čidel a jejich popis:		
čidlo 1	Teplota na hrdle kamnové vložky BRUNNER HF 15	Hrdlo
čidlo 2	Teplota v 1. tahu	ČO 1
čidlo 3	Teplota v tahu na přelomu 2. a 3. tahu	ČO 3
čidlo 4	Teplota spalin v posledním tahu	ČO 4

Čistící otvor:	ČO 1	- vzdálenost 3,1m od hrdla kamnové vložky	3,1
	ČO 2	- vzdálenost 4,95m od hrdla kamnové vložky	4,95
	ČO 3	- vzdálenost 7,35m od hrdla kamnové vložky	7,35
	ČO 4	- vzdálenost 9,9m od hrdla kamnové vložky	9,9

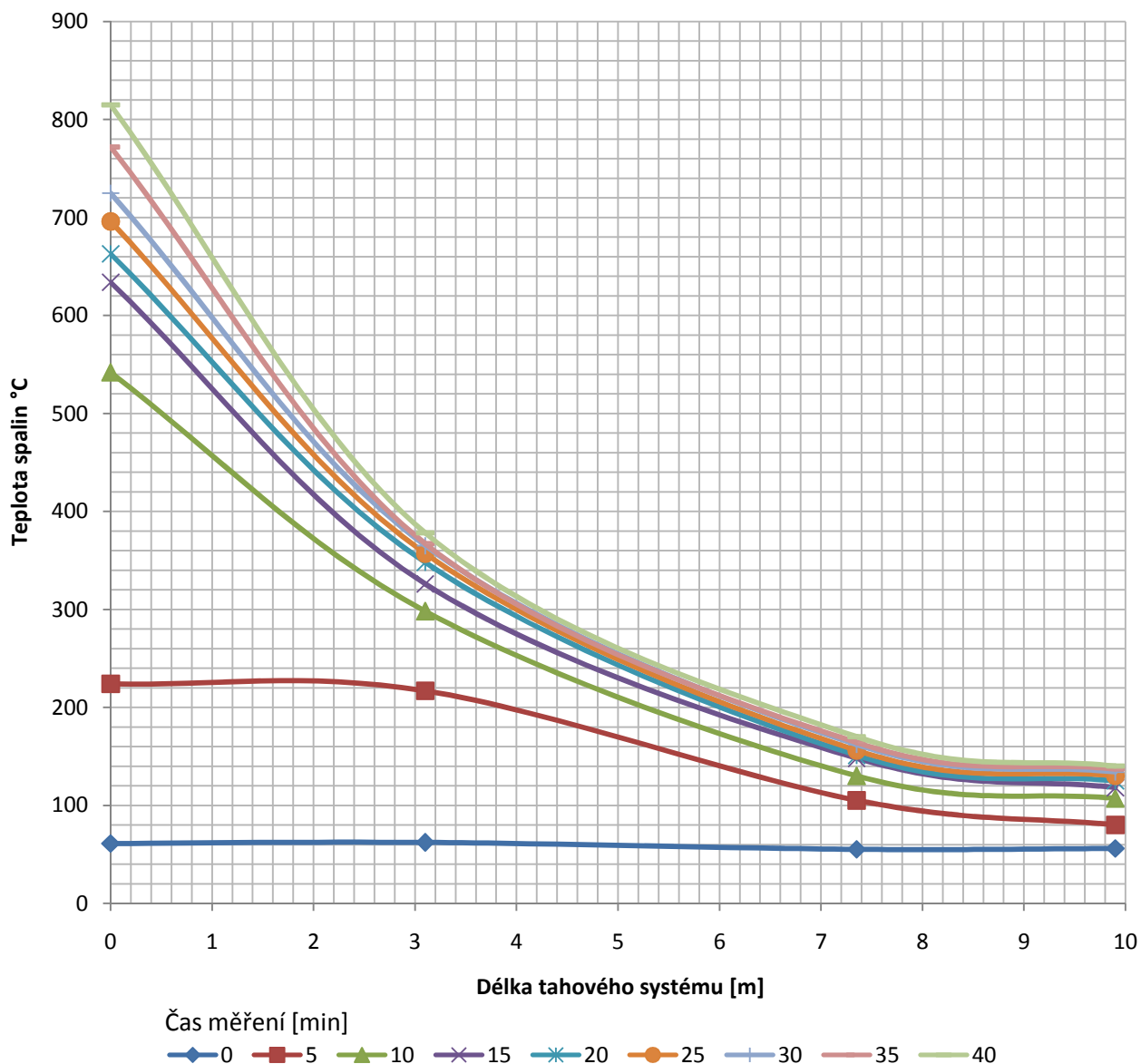
ČAS	ČIDLO 1	ČIDLO 2	ČIDLO 3	ČIDLO 4	Poznámky	Srovnávací čas
	0	3,1	7,35	9,9	<=== Vzdálenost od hrdla KV	
	Hrdlo KV	ČO 1	ČO 3	ČO 4	BEZ REGULACE	[min]
19:15	61	62	55	56	Výchozí stav	0
19:20	224	217	105	80		5
19:25	542	298	130	107		10
19:30	634	326	148	118		15
19:35	663	348	151	125		20
19:40	696	357	156	130		25
19:45	725	365	162	134		30
19:50	772	367	164	137		35
19:55	815	378	170	140		40

#### Stanovení regresní křivky

	ČIDLO 1	ČIDLO 2	ČIDLO 3	ČIDLO 4		Srovnávací čas
	0	3,1	7,35	9,9	<=== Vzdálenost od hrdla KV	
	Hrdlo KV	ČO 1	ČO 3	ČO 4		[min]
	542	298	130	107		10
	634	326	148	118		15
	663	348	151	125		20
	696	357	156	130		25
	725	365	162	134		30
	772	367	164	137		35
	815	378	170	140		40
$\Sigma =$ stř. hodnota	4847 <b>692,43</b>	2439 <b>348,43</b>	1081 <b>154,43</b>	891 <b>127,29</b>		

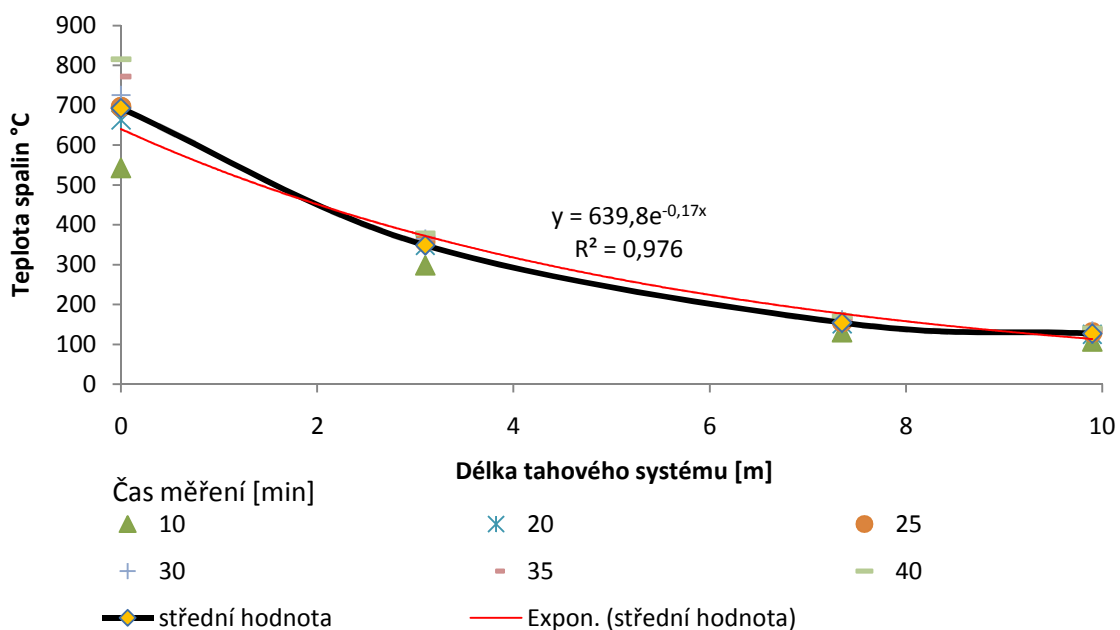


Graf C7 - Teplotní náběh tahového systému v čase vzhledem ke své délce

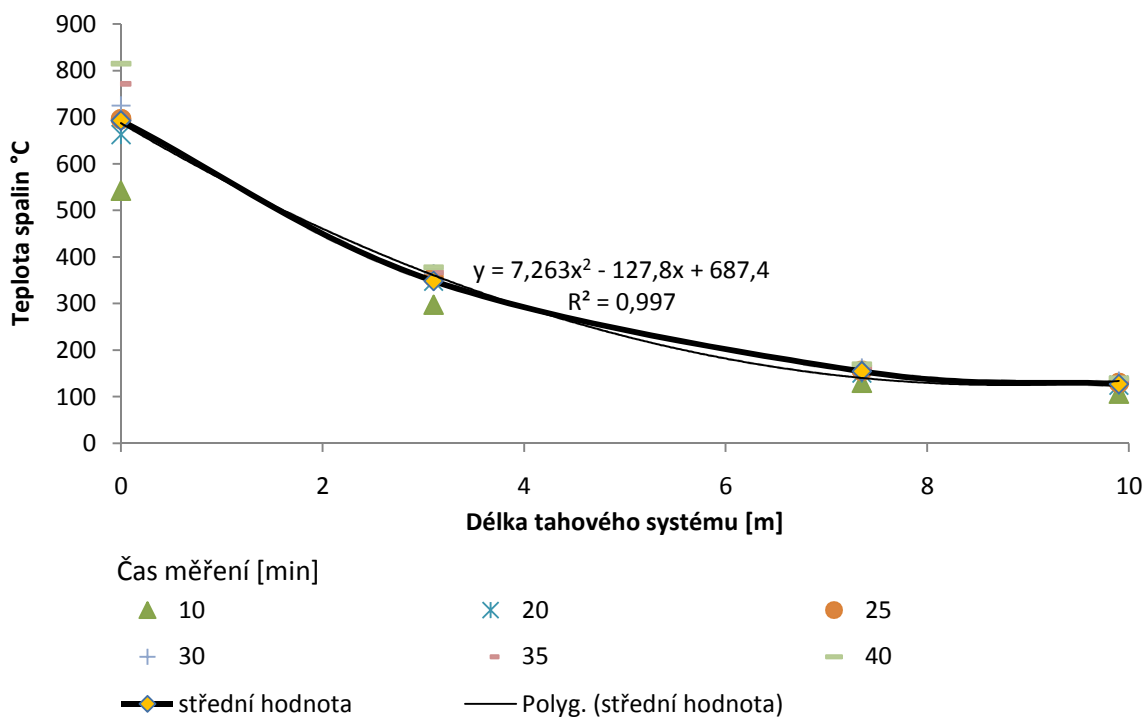


Z grafu C7 je patrný teplotní náběh teplot spalin po délce tahového systému. Počáteční teplota v celém šamotovém tahovém systému je konstantní. V experimentu zkoumaných kamnech je 10 m dlouhý tahový systém. Takto dlouhý tah je naprosto ideální vzhledem k teplotám vstupujícím do komínového tělesa = výstupní teplota ze šamotového tahového systému.

**Graf C8 - Exponenciální regresní křivka patrového šamotového tahového systému**



**Graf C9 - Polynomická regresní křivka patrového šamotového tahového systému**



Stanovil jsem tyto regresní křivky, pomocí kterých mohou kamnáři navrhovat patrové šamotové tahové systémy. Nemohou se použít pro návrh tahového systému se svislými tahy nebo prefabrikované např. KMS systém.

#### C.6.4. Teplotní ztráta komínového tělesa

Znalost teplotních a tlakových poměrů v komínovém tělese jsou zásadní funkčnost všech kamen, krbů, sporáků a ostatních spotřebičů na tuhá paliva. Vždy je lepší nejdříve si vybrat daný zdroj tepla (např. druh kamnové / krbové vložky) a přesně podle požadavků daného spotřebiče vhodně navrhnout komínové těleso. Rozhodujícími parametry pro volbu komínového tělesa jsou: druh komínového systému, volba provedení (klasické komínové těleso s účinnou i neúčinnou výškou, nebo tzv. „přímé odkouření“), účinná výška, průměr, typ a výška zaústění, materiálové vlastnosti (teplotní ztráta na 1m', součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ , drsnost a pórovitost – pro tlakovou ztrátu a další), bezesporu cena vs. životnost a další.

V praxi se často setkávám s otázkou: „Mám starší komín a on mi v patře domu hřeje. Mohl byste mi komín obložit do kachlů?“ Už při této otázce vím, že je hodně věcí špatně. Tento problém se děje většinou u starých cihelných neizolovaných komínových těles. Správný účel komínového tělesa je bezpečný odvod spalin do venkovního ovzduší nikoli jako teplosměnná plocha pro vytápění.

Problémy jsou následovné:

- Špatný typ komínového tělesa – absence tepelné izolace
- Předimenzovaný tepelný zdroj
- U kachlových kamen to bývá většinou nedostatečně dlouhým akumulacním systémem. Tahový systém je nadimenzován špatně a do komínového tělesa se dostávají stále velmi teplé spaliny. Tzn. účinnost kamen je nízká.
- U krbů je to běžnějším jevem – nemají tahový systém, ve kterém by spaliny předaly svou tepelnou energii akumulacní hmotě. Zlepšení je osazení teplovzdušného výměníku, který ochladí spaliny na přijatelnou teplotu a tím zvýší výkon topidla.

Zásadní je tedy znalost tepelné ztráty účinné výšky komínového tělesa pro správný návrh spalinové cesty. Kritériem je, aby nedocházelo v celé spalinové cestě ke kondenzaci spalin. V platné české normě ČSN 73 4231 Individuálně stavěná kamna je jako minimální teplota spalin na komínové hlavě 105°C. Ze zkušenosti, z výpočtů, z praxe i z evropských

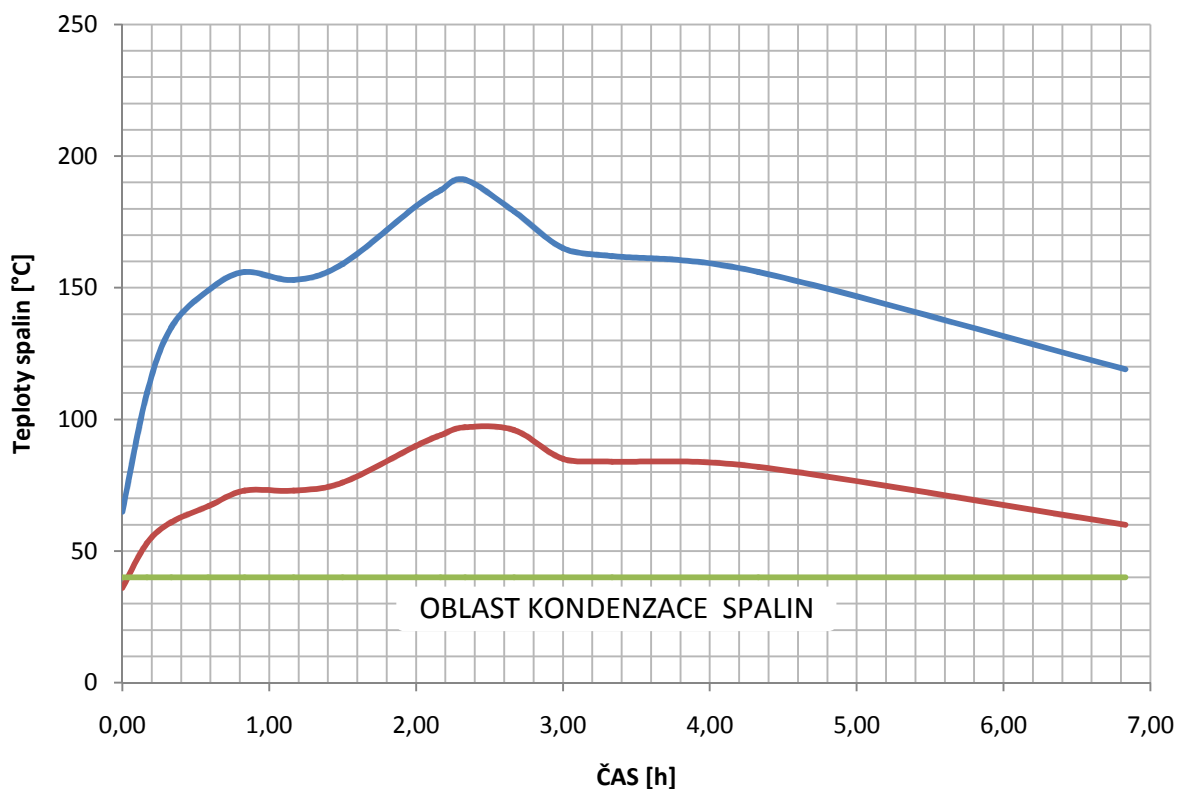
norem a jejich výpočtů vím, že ke kondenzaci spalin dochází při mnohem nižší teplotě spalin.

Následující můj experiment měl postihnout tepelné chování komínového tělesa. Především tepelné ztráty, která je tak důležitá pro návrh a dimenzování. V normě ČSN 73 4231 je uvedena následující tabulka tepelných ztrát komínového tělesa.

Tepelná ztráta komína dle ČSN 73 4231

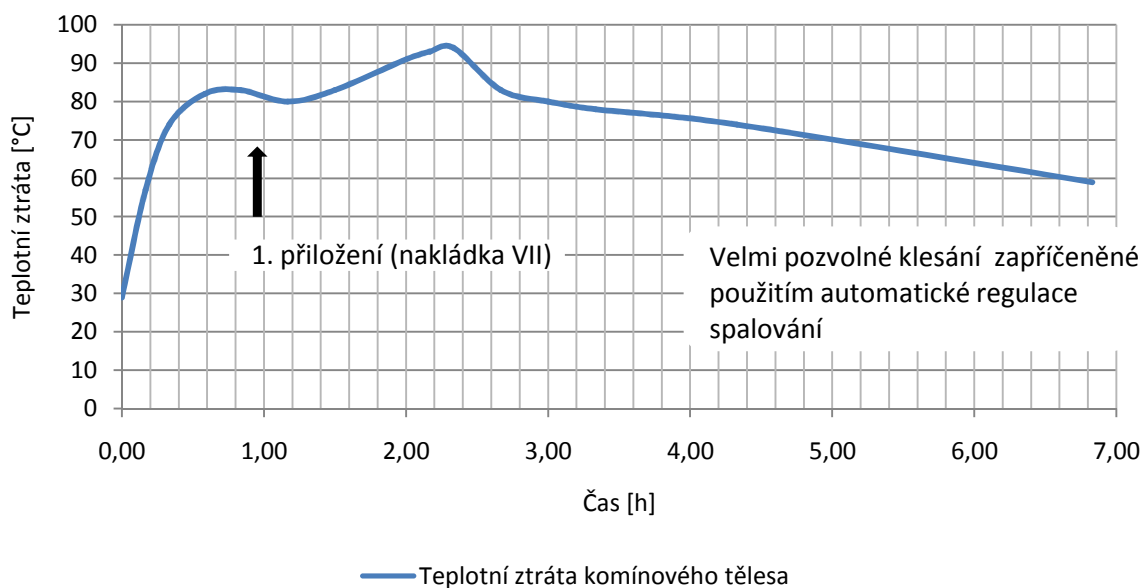
1)	Třívrstvý systémový komín	15°C
2)	Jednovrstvý zděný kulatý	25°C
3)	Jednovrstvý zděný hranatý	35°C
4)	Průlezový komínový průduch	50°C

Graf C10 - Teploty spalin v komínovém tělese SCHIEDEL UNI PLUS

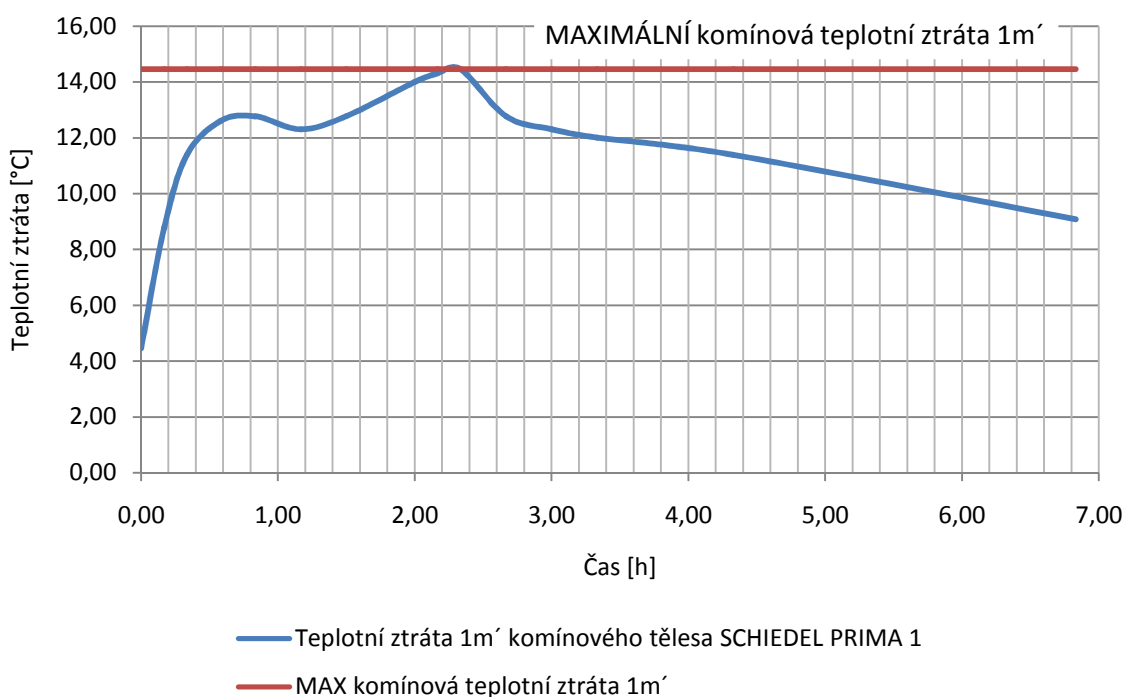


— Teplota při vstupu do komínového tělesa — Teplota na komínové hlavě — Teplota kondenzace spalin

Graf C11 - Teplotní ztráta spalin v komínovém tělese SCHIEDEL UNI PLUS



Graf C12 - Teplotní ztráta spalin 1m' komínového tělesa SCHIEDEL UNI PLUS



Z výše uvedených grafů vyplývá, že mnou experimentem zkoušená kamna by podle ČSN 73 4231 nevyhověla na teplotu spalin v místě komínové hlavy < 105°C. Naopak podle evropské normy by vycházela s velmi vysokou účinností. Z pozorování po dobu experimentu nedošlo během topného cyklu ke kondenzaci spalin. Teplotní ztráta 1m' komínového tělesa byla změřena na hodnotu  $14,2\text{°C}\cdot\text{m}^{-1}$ , která se téměř shoduje s hodnotou uvedenou v české normě  $15\text{°C}\cdot\text{m}^{-1}$ .

## C.7. Termosnímky experimentem zkoumaných hypokaustových kamen

Zobrazení kamen na termosnímku mi hlavně posloužilo k ověření naměřených dat a zjištění technických nedostatků při stavbě kamen.

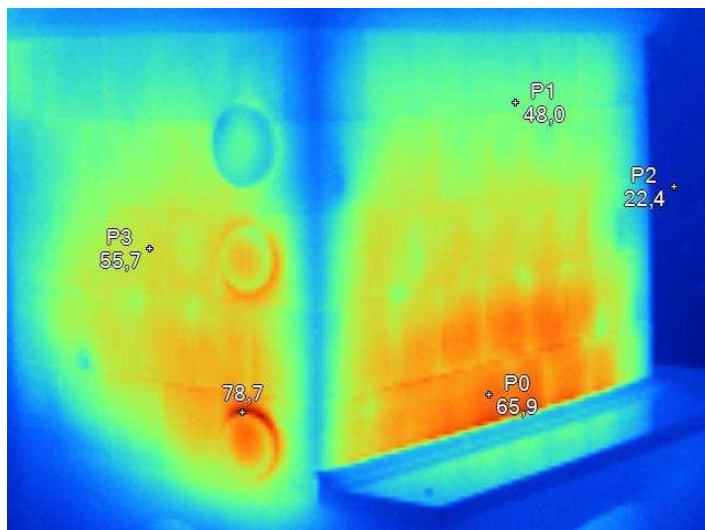
Je zapotřebí vyzdvihnout výborné umístění kamen v prostoru. Její otopné plochy jsou nejen vhodně umístěny uprostřed místnosti (tedy sálají na všechny strany obývacího pokoje) tak i výška samotných kamen. Přesněji výška předávání tepelného výkonu otopných ploch do prostoru, která je do výšky cca 2m od podlahy.

Popis termosnímku č.1

Na snímku jsou vidět hlavní dvě ze tří sálavých teplosměnných ploch kachlových kamen umístěných v 1NP. Střední povrchová teplota teplosměnných ploch kamen se pohybuje okolo 52°C. Tato povrchová teplota dle platných ČSN 73 4231 – Individuálně stavěná kamna odpovídá „těžkým“ kamnům. Tato kamna byla konstruována a požadována jako „těžká“ – splnění požadavků.

Zvýšená povrchová teplota o hodnotě 78,7°C je patrná na čistící kachli v prvním patře tahového systému, kde jsou nejteplejší spaliny. Konstrukčně to nevykazuje chybu – vzhledem k umístění v kolenu tahového systému, kde je větší dynamické předávání tepelné energie. Řešením pro snížení této teploty by bylo umístit kontrolní (čistící) otvor na přední stranu kamen, aby spaliny přímo nenarážely na stěnu čistícího otvoru. Naopak by se hůře čistil tahový systém a vzhledově by byla narušena symetrie kamen jako celku.

Nejteplejší povrchová teplota na kachlové ploše se nachází těsně nad lavicí v prostřední části kamen. Důvodem této zvýšené teploty je volba tvaru tahového systému. Tahový systém je patrový a právě v tomto místě se zvýšeným tepelným výkonem (zvýšenou povrchovou teplotou) se napojuje kamnová vložka BRUNNER HF 15 na tahový systém. V tomto místě dle provedeného experimentu spaliny dosahují i teplot okolo 800 – 900°C. Konstrukčně neshledávám chybu.



Snímek s viditelným zářením

IR000892.IS2  
3.1.2011 15:57:02

### Informace o snímku

Zářivost	0,95
Rozsah snímku	18,3°C až 78,7°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 15:57:02

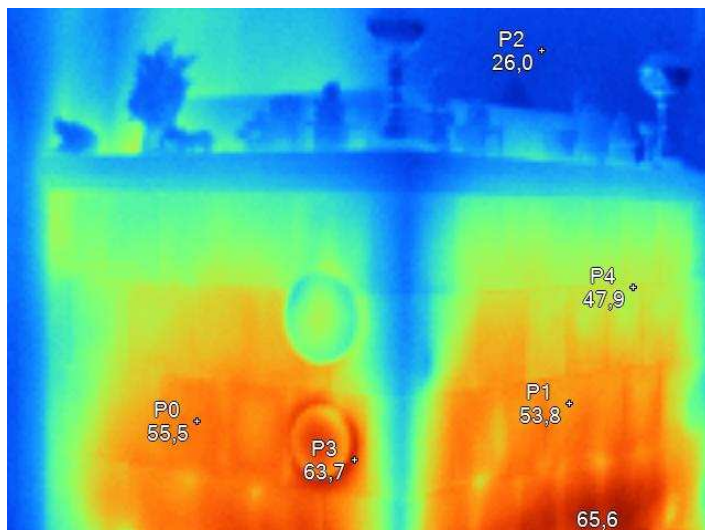
### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	78,7°C	0,95
P0	65,9°C	0,95
P1	48,0°C	0,95
P2	22,4°C	0,95
P3	55,7°C	0,95

### Popis termosnímku č.2

Tento snímek je podrobnějším detailem termosnímku č.1. Opět se zde vyskytuje zvýšená povrchová teplota okolo čistících otvorů patrového tahového individuálně stavěného systému. Z logiky šíření tepla vedením, sáláním a konvekcí lze usuzovat, že zvýšená teplota uprostřed teplosměnných ploch je obvyklá u takto stavěných topidel.

Snížená teplota na rohu spojení teplosměnných ploch je taktéž očekávaným dějem vlivem zvýšené ochlazované plochy teplosměnné plochy oproti předávané ploše z tahového systému. Horní římsa je nevytápěná – vzhledem k její výšce je to rozumná volba. Předávání většiny tepelné energie sáláním je předávaná do výšky cca 1,8m od čisté podlahy. Tato výška odpovídá průměrné výšce člověka.



Snímek s viditelným zářením

IR000893.IS2  
3.1.2011 15:57:29

### Informace o snímku

Zářivost	0,95
Rozsah snímku	20,2°C až 65,6°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 15:57:29

### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	65,6°C	0,95
P0	55,5°C	0,95
P1	53,8°C	0,95
P2	26,0°C	0,95
P3	63,7°C	0,95
P4	47,9°C	0,95

### Popis termosnímků č.3

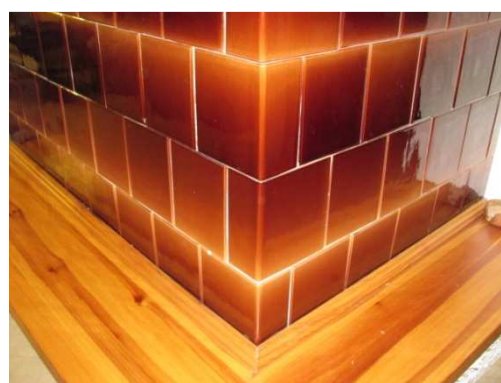
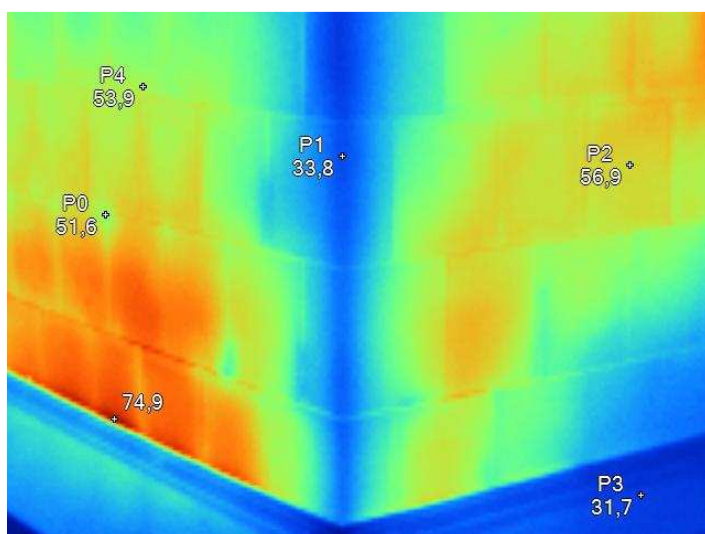
Nyní se nacházíme na druhé straně obývacího pokoje. Sledujeme chování střední a pravé částí kachlových kamen. Zvýšení povrchové teploty ve střední části jsem popisoval u termosnímků č.1. Snížení povrchové teploty jsem popisoval u termosnímků č.2. Důvody rozdílné povrchové teploty jsou stejné jako u předchozích snímků.

Termosnímek odhalil výrazně studenější povrchovou teplotu v pravé dolní části teplosměnné kachlové plochy. Příčinu jsem našel ve volbě připojení prvního tahu – přesněji v napojení kamnové vložky na patrový tahový systém. Zde je opět důkaz, že každá kamna jsou individuální v režimu každého kamnářského mistra, který ovládá své řemeslo. Po delším zamyšlení o možnostech vedení tahového systému vzhledem k složitosti celých kamen (připomínám – kamna jsou průlezná), bych volil stejnou cestu



tvaru tahového systému. Aby tahový systém začínal v termosnímku odhaleném rohu, musel by se použít boční vývod z kamnové vložky. To by mělo za důsledek prodloužení už tak dlouhého tahového systému s vnesením dalších tlakových odporů v důsledku 4 dalších kolen v tahovém systému. Tím by došlo k přehřívání této části kamen, ale ochlazení přední části.

Vzhledem k nasměrování pravé teplosměnné plochy (průchod do jídelny) není zvýšení teploty vhodné. Bylo správné rozhodnutí udělat tahový systém, tak jak je v reálném stavu. Samozřejmě velký nedostatek tahového systému jsem shledal v absenci zatápěcí (startovací) klapky, která by výrazně zvýšila rychlost zatápění a omezila riziko kondenzace vodní páry obsažené ve spalinách. Tímto nedostatkem se budu podrobněji zabývat v dalších kapitolách.



Snímek s viditelným zářením

IR000894.IS2  
3.1.2011 15:58:05

#### Informace o snímku

Zářivost	0,95
Rozsah snímku	25,4°C až 74,9°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 15:58:05

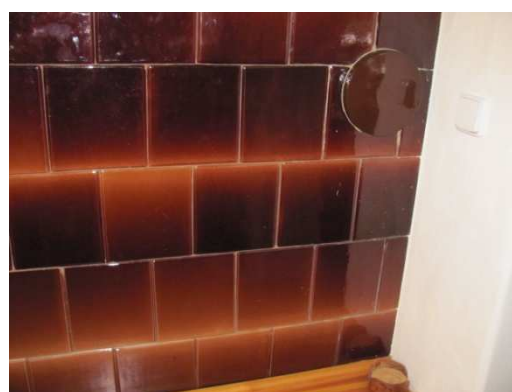
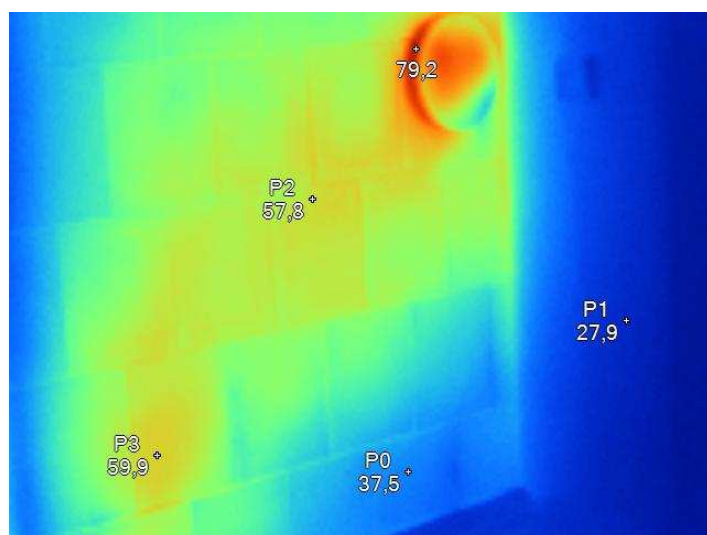
#### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	74,9°C	0,95
P0	51,6°C	0,95
P1	33,8°C	0,95
P2	56,9°C	0,95
P3	31,7°C	0,95
P4	53,9°C	0,95

## Popis termosnímků č.4

Tento termosnímek je detailem pravé strany kamen. Ze snímku je patrné dříve popsané místo s nižší povrchovou teplotou v důsledku tvaru tahového systému. Povrchová teplota je o 20 K nižší. Do chladnější části zmiňované teplosměnné plochy je tepelná energie dodávána pouze vedením v jednoplášťové kachlové stěně.

V místě umístění čistící kachle lokálně narůstá povrchová teplota. Tento revizní otvor se nachází na začátku druhého patra patrového tahového systému. Povrchová teplota okolního zdiva prohrátá sáláním teplosměnné plochy kamen má dotykovou povrchovou teplotu 27,9 °C. Tohoto pozitivního vedlejšího efektu sálavých kamen jsem si povšiml i na keramické dlažbě v okruhu cca 3m okolo kamen. Povrchová teplota keramické dlažby se zvedla na příjemných 21°C.



Snímek s viditelným zářením

IR000895.IS2  
3.1.2011 15:58:36

### Informace o snímku

Zářivost	0,95
Rozsah snímku	23,9°C až 79,2°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 15:58:36

### Značky k hlavnímu obrázku

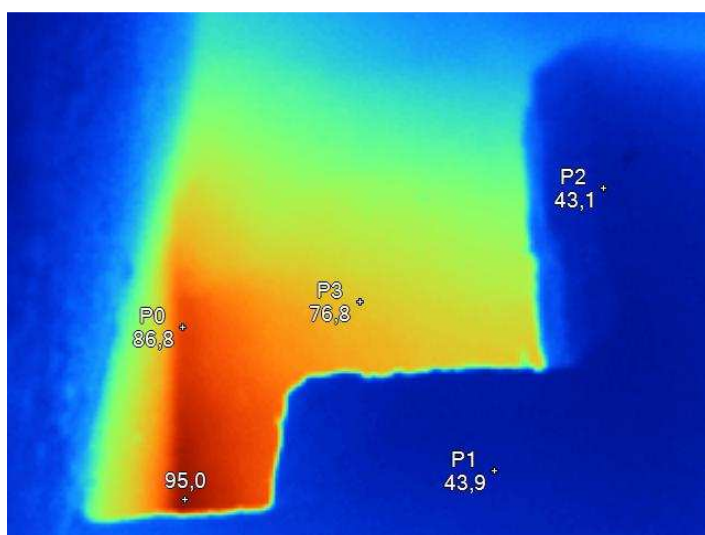
Název	Teplota	Zářivost
Teplá	79,2°C	0,95
P0	37,5°C	0,95
P1	27,9°C	0,95
P2	57,8°C	0,95
P3	59,9°C	0,95

## Popis termosnímků č.5

U popisu tohoto snímku se dostáváme opět k naprosté individualitě díla. Kachlová kamna mají 2 spojené niky pod nevytápěnou dřevěnou lavicí. V místě spojení těchto nik je horizontální tunel až ke stropu místnosti. V kamnech je tedy dutý prostor, který zvedá celkový výkon těchto kamen a samozřejmě je výrazným architektonickým prvkem kamen jako celku. Tento snímek zachycuje vnitřní stěny tohoto dutého prostoru – foceno zhora.

Nepřekvapila mě lokalita výskytu maximální povrchové teploty, ale její hodnota, která je 95°C. Vnitřní stěnu tahového systému tvoří právě zmiňovaná stěna uvnitř kamen. Pokud bych uvažoval tento prostor jen jako další výměník tepla (konvekci) kamen, v osobním hodnocení bych s tímto řešením souhlasil. O zvýšení teplosměnné plochy kamen se nejedná. Tyto akumulční stěny sálají na sebe uvnitř kamen a přímo nepředávají tepelnou energii do prostoru. Předávání energie do prostoru dochází konvencí – nasávání nikami a volný výdech ke stropu místnosti. Při zvýšení povrchové teploty se zvedne i součinitel přestupu tepla  $\alpha$  a tím se úměrně zvedá i teplovzdušný výkon.

Z vlastní zkušenosti vím, že tento dutý prostor slouží dětem jako „hrad“ kde si hrají a schovávají se např. před čerty. Povrchová teplota je v tomto případě nepřijatelná. Osobně bych udělal dvouplášťovou konstrukci s odvětranou vzduchovou mezerou. Osazením jen tepelné izolace, bychom docílili pouze zpoždění prostupu tepla. Režim akumulčních těžkých kachlových kamen podmiňuje téměř stejné povrchové teploty po celou otopnou sezónu, proto by jen tepelná izolace nepomohla.



IR000896.IS2  
3.1.2011 15:59:34

### Informace o snímku

Zářivost	0,95
Rozsah snímku	41,6°C až 95,0°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke

Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 15:59:34

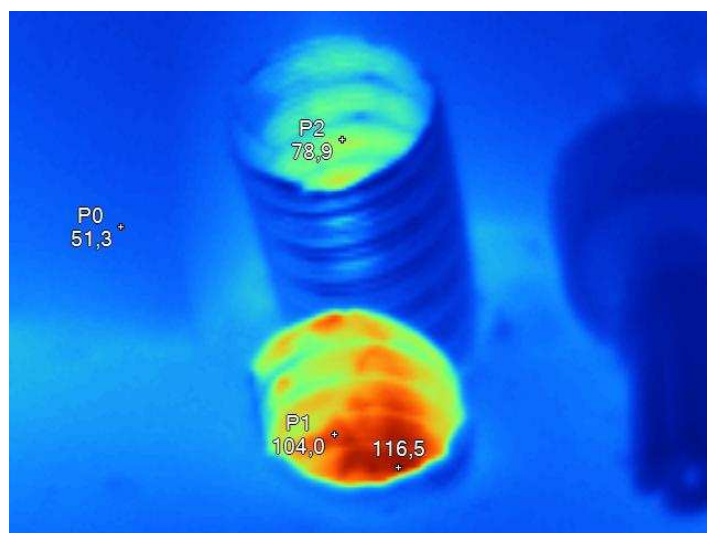
### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	95,0°C	0,95
P0	86,8°C	0,95
P1	43,9°C	0,95
P2	43,1°C	0,95
P3	76,8°C	0,95

### Popis termosnímků č.6

Termosnímek zachycuje kamnářský „trik“ jak odebrat z hypokaust systému přebytečné teplo a předat ho do požadované místnosti dle potřeby. Jsou to dvě hliníkové trubky SCHIEDEL FLEX PLUS o průměru 60 mm, které mají nasávání u podlahy v místě spojení dříve zmiňovaných nik a procházejí uzavřeným teplovzdušným systémem (neboli hypokaust systémem) a výdech, který je předmětem tohoto snímku je umístěn v horní části kamen.

Teplotu a rychlost proudění vzduchu jsem měřil a jsou k nahlédnutí v zaznamenaných datech mého experimentu v časové závislosti. Ze snímku jsem pouze zjistil povrchovou teplotu hliníkových trubek.



IR000897.IS2  
3.1.2011 16:00:04



Snímek s viditelným zářením

### Informace o snímku

Zářivost	0,95
Rozsah snímku	35,3°C až 116,5°C

Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 16:00:04

#### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	116,5°C	0,95
P0	51,3°C	0,95
P1	104,0°C	0,95
P2	78,9°C	0,95

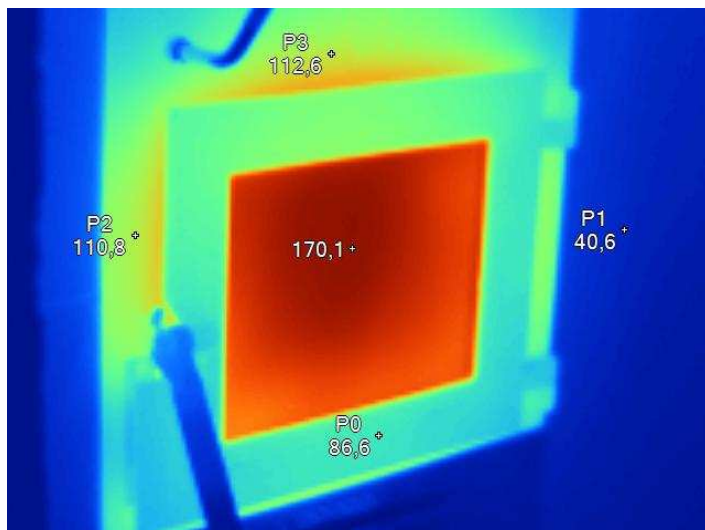
#### Popis termosnímku č.7

Při poslední rekonstrukci kamen bylo hlavní myšlenkou – místo individuálně stavěného šamotového biotopeniště osadit kamnovou vložku BRUNNER HF 15. S pomocí kamnové vložky se mohl postavit i do patra zasahující hypokaust systém. Kamnová vložka tvoří tepelný zdroj (teplovzdušný výměník) pro celý hypokaust systém.

Tato kamnová vložka je určena do těžkých kachlových kamen a velkého (dlouhého) tahového systému. Terciální bezroštové spalování doplněné automatickou regulací EOS 5.1 (BRUNNER) je i dnes špička kamnářské technologie.

Relativně malá příkládací dvířka mají své technické opodstatnění. Výrobce šel cestou maximální výstupní teploty spalin do tahového systému, tedy co nejmenší tepelnou ztrátou přes prosklení. Sklo je samozřejmě pokovené, aby lépe odráželo sálavou složku zpět do středu topeniště a zvedalo tím celkovou teplotu spalování. Druhou neméně důležitou myšlenkou výrobce je kvalitní promíchání uvolněných dřevních plynů s předeřhřátým kyslíkem (přívod sekundárního a terciálního vzduchu). U většiny uživatelů kamen se setkávám s častým nešvarem a tím je přeplňování spalovací komory palivem. Naplněním dřevní hmoty až po strop spalovací komory nedojde ke kvalitnímu promíchání zmíněných uhlovodíků a celkově se sníží účinnost spalování. Tato kamnová vložka má příkládací dvířka umístěna tak vysoko, aby šlo naplnit palivem maximálně 50% objemu spalovací komory.

Na snímku je patrná povrchová teplota prosklení příkládacích dvířek 170,1°C. Vzhledem k vysokým teplotám přesahujících 800°C v topeništi je tato teplota při jednoplášťovém prosklení v normě. Povrchová teplota teplosměnných ploch okolo spalovací komory byla dimenzována jako „lehká“ tedy projektované povrchové teploty 90-120°C. Pro kontrolu ze snímku lze odečíst teplotu 110°C, tedy splnění požadavků. Vyzdvihl bych ještě chladnou část otevírání příkládacích dvířek.



IR000898.IS2  
3.1.2011 16:01:58



Snímek s viditelným zářením

### Informace o snímku

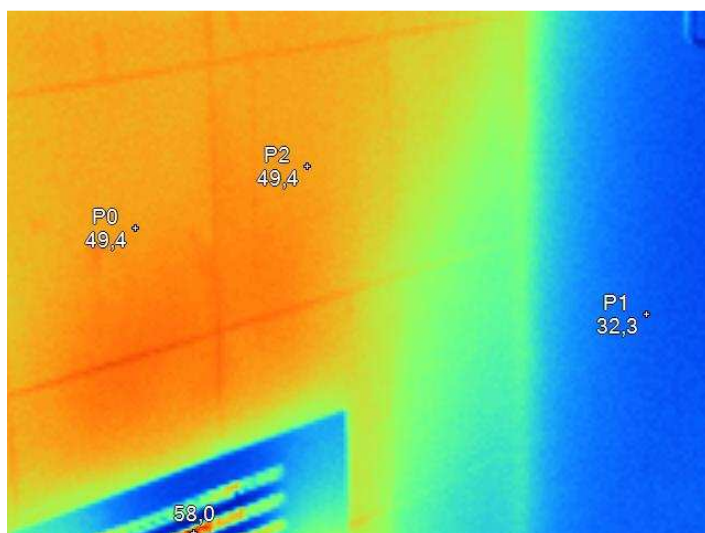
Zářivost	0,95
Rozsah snímku	28,1°C až 170,1°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 16:01:58

### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	170,1°C	0,95
P0	86,6°C	0,95
P1	40,6°C	0,95
P2	110,8°C	0,95
P3	112,6°C	0,95

## Popis termosnímku č.8

Termosnímek zachycuje topný štít (stejný jako u termosnímku č.6). Vyrovnaná povrchová teplota kachlové teplosměnné plochy je důkazem dobrého konstrukčního uspořádání technologie uvnitř kamen.



IR000899.IS2  
3.1.2011 16:03:14



Snímek s viditelným zářením

### Informace o snímku

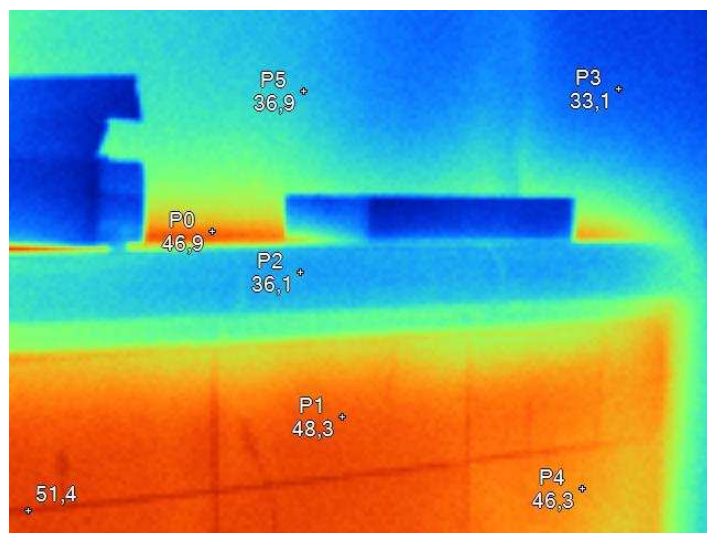
Zářivost	0,95
Rozsah snímku	26,8°C až 58,0°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 16:03:14

### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	58,0°C	0,95
P0	49,4°C	0,95
P1	32,3°C	0,95
P2	49,4°C	0,95

## Popis termosnímků č.9

Jednu technickou konstrukční chybu termokamera odhalila v topném štítě. Přesněji nad horní kachlovou římsou. Nad touto římsou se sbírá ohřátý vzduch v hypokaust systému. Pro eliminaci tohoto tepelného mostu by bylo zapotřebí doplnit skladbu o tepelnou izolaci.



IR000900.IS2  
3.1.2011 16:03:53



Snímek s viditelným zářením

### Informace o snímku

Zářivost	0,95
Rozsah snímku	29,0°C až 51,4°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 16:03:53

### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	51,4°C	0,95
P0	46,9°C	0,95
P1	48,3°C	0,95
P2	36,1°C	0,95
P3	33,1°C	0,95
P4	46,3°C	0,95
P5	36,9°C	0,95

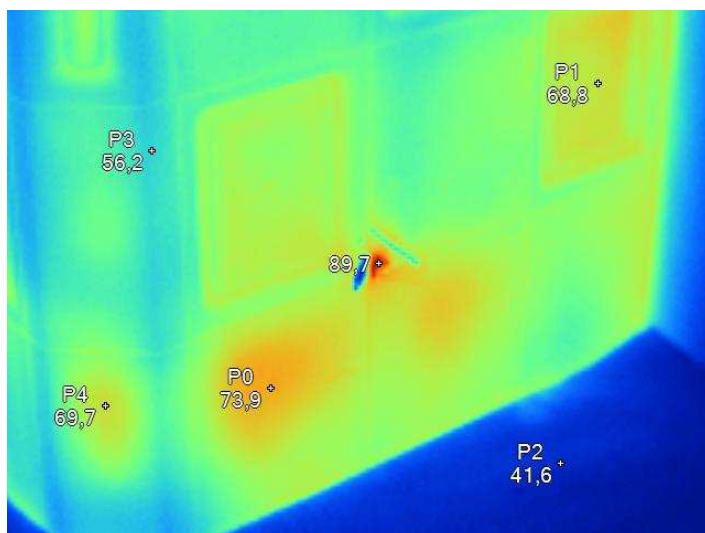
## Popis termosnímků č.10



Nyní se dostáváme k horním hypokaustovým teplosměnným plochám. Teplosměnnou plochu tvoří kombinace glazované a omítací kachle. Kladně hodnotím umístění (na společné chodbě) tak i celkovou plochu teplosměnné plochy kamen. Rovnoměrná povrchová teplota byla změřena cca 68°C – Důležitý poznatek pro dimenzování těchto ploch a jejich výkonu.

Kruhový tepelný most o hodnotě 89,7°C je pouze dočasnou záležitostí. Pro potřeby mého experimentu byl vyvrtán otvor pro měření rychlosti a teploty proudění teplého vzduchu v hypokaust systému. Po ukončení experimentu byl vyvrtaný otvor spraven.

Jako nevyhovující vidím kontakt koberce s teplosměnnou plochou. Povrchová teplota 41,6°C naznačuje, že ve vrstvách neochlazovaných vzduchem může dojít k samovznícení. Doporučil bych tepelně a dilatačně oddělit od podlahy.



Snímek s viditelným zářením

IR000901.IS2  
3.1.2011 16:05:44

#### Informace o snímku

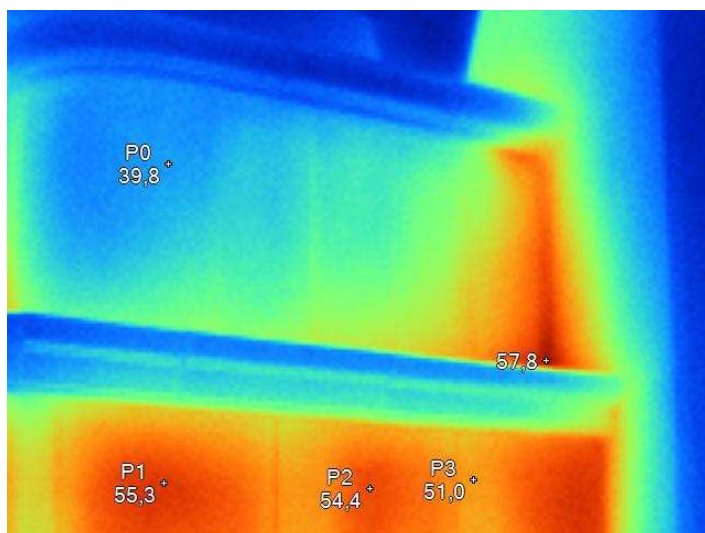
Zářivost	0,95
Rozsah snímku	36,3°C až 89,7°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 16:05:44

#### Značky k hlavnímu obrázku

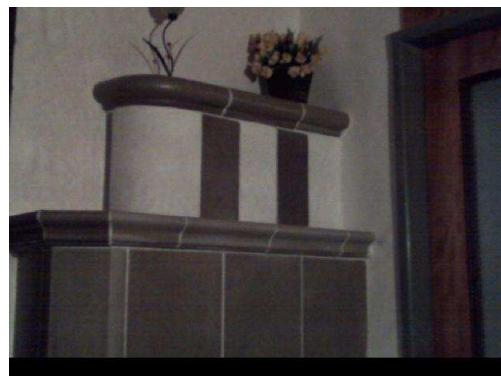
Název	Teplota	Zářivost
Teplá	89,7°C	0,95
P0	73,9°C	0,95
P1	68,8°C	0,95
P2	41,6°C	0,95
P3	56,2°C	0,95
P4	69,7°C	0,95

Popis termosnímku č.11

Povrchová teplota kachlů naměřena při horním okraji byla cca 54°C. Ozdobná část teplosměnné plochy s naměřenou teplotou 39,8°C není určena pro předávání tepelné energie a tedy na ní nejsou kladeny požadavky na splnění minimální teploty na povrchu. Nicméně termokamera odhalila výrazný tepelný most při kontaktu horní ozdobné římsy se zdí. Individualita kamen s sebou nese i důsledné řešení detailů a projeví se preciznost kamnáře. Zde byl podceňen detail horního záklopu hypokaust systému. Zjevně se v záklopu nachází vzduchová mezera, kterou teplý vzduch ohřívá chladnou stěnu.



IR000902.IS2  
3.1.2011 16:06:13



Snímek s viditelným zářením

#### Informace o snímku

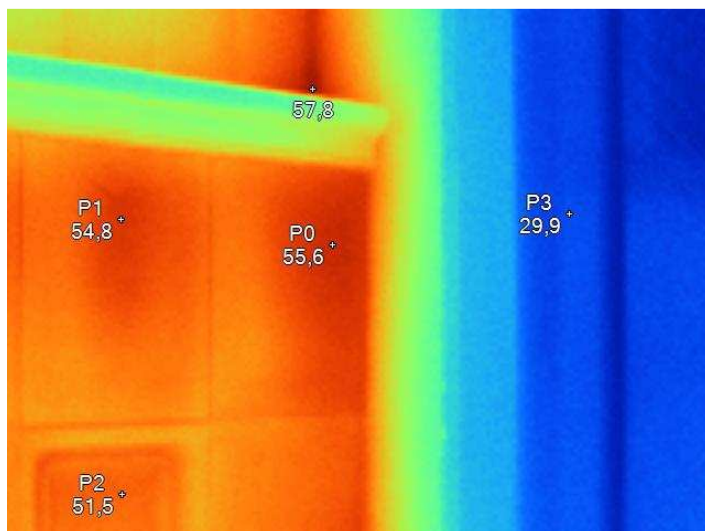
Zářivost	0,95
Rozsah snímku	32,4°C až 57,8°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 16:06:13

#### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	57,8°C	0,95
P0	39,8°C	0,95
P1	55,3°C	0,95
P2	54,4°C	0,95
P3	51,0°C	0,95

## Popis termosnímku č.12

Tento snímek je pouze podrobnější detail konstrukční chyby při stavbě teplosměnné plochy. Příčinu jsem popsal u snímku č.11.



Snímek s viditelným zářením

IR000904.IS2  
3.1.2011 16:06:51

### Informace o snímku

Zářivost	0,95
Rozsah snímku	25,0°C až 57,8°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 16:06:51

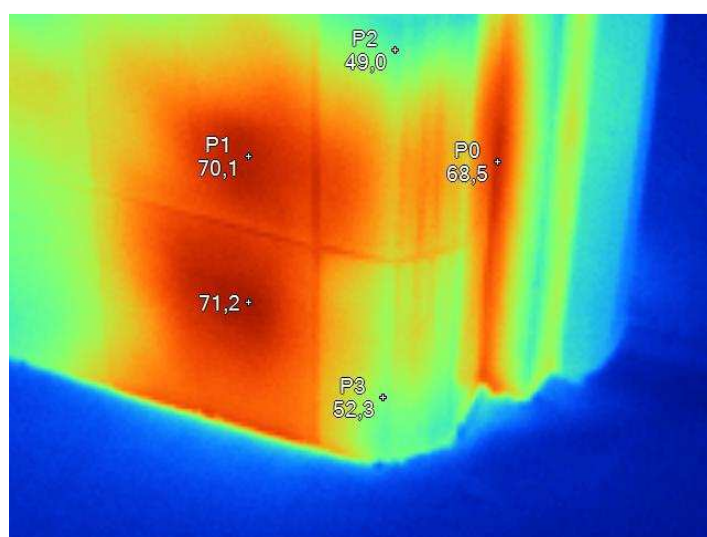
### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	57,8°C	0,95
P0	55,6°C	0,95
P1	54,8°C	0,95
P2	51,5°C	0,95
P3	29,9°C	0,95

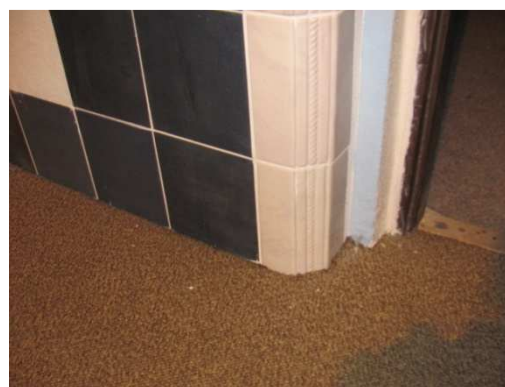
## Popis termosnímků č.13

Nyní se nacházíme v dětském pokoji, kde je umístěna druhá teplosměnná plocha hypokaustových kachlových kamen. Tato teplosměnná plocha sice je tzv. vratná (tepelná energie je jí dodávána vzduchem hypokaust systému už ochlazeným od první teplosměnné plochy umístěné v chodbě). Na rozdíl od teplosměnné plochy v chodbě kde je dráha proudícího vzduchu patrově vzestupná, je v teplosměnné ploše umístěné v dětském pokoji patrově sestupná.

Na detailu odhalující výrazně zvýšený tepelný výkon o cca 20% je patrný přívod nejteplejšího vzduchu hypokaust systému ze spodního patra s umístěným zdrojem tepla. Vstupující vnitřní teplota vzduchu byla experimentem zjištěna až na hodnotu okolo 180°C.



IR000905.IS2  
3.1.2011 16:07:35



Snímek s viditelným zářením

### Informace o snímku

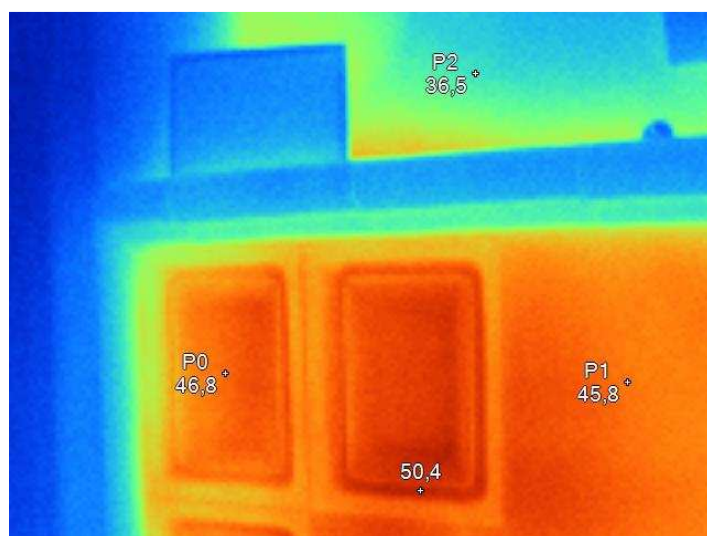
Zářivost	0,95
Rozsah snímku	30,2°C až 71,2°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 16:07:35

### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	71,2°C	0,95
P0	68,5°C	0,95
P1	70,1°C	0,95
P2	49,0°C	0,95
P3	52,3°C	0,95

## Popis termosnímků č.14

Povrchová teplota změřena na průměrnou hodnotu 47°C. Naprosto splňuje hodnoty požadované normou ČSN 73 4231. Po konzultaci s panem kamnářem (Ladislav Koutecký) o důvodu absence tepelné izolace v horní části záklopu jsem dostal jednoduchou, ale přesvědčivou odpověď: „Zvýšení akumulční schopnosti horních hypokaustových kamen.“ Cihelná stěna mezi teplosměnými plochami není opatřena tepelnou izolací a dá se počítat do tepelné setrvačnosti systému. Nicméně osobně bych zaizoloval horních 40cm stěny z obou stran, abych zamezil šíření tepelné energie vedením mimo tělo kamen.



IR000906.IS2  
3.1.2011 16:07:50



Snímek s viditelným zářením

### Informace o snímku

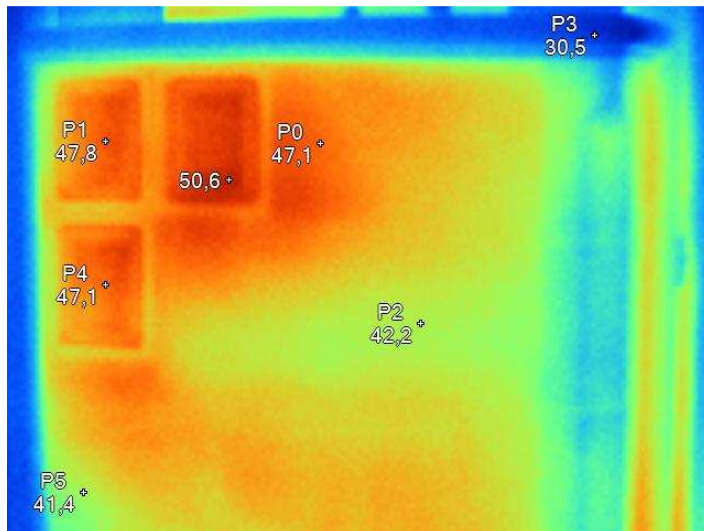
Zářivost	0,95
Rozsah snímku	27,6°C až 50,4°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 16:07:50

### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	50,4°C	0,95
P0	46,8°C	0,95
P1	45,8°C	0,95
P2	36,5°C	0,95

## Popis termosnímku č.14

Rovnoměrné rozložení povrchových teplot po teplosměnné ploše. V chladnější horizontální části uprostřed snímku lze pozorovat tvar tahového systému hypokaust systému. Naměřené teploty experimentu Ni-Cr příložnými čidly a termosnímku se shodují.



Snímek s viditelným zářením

IR000907.IS2  
3.1.2011 16:08:14

### Informace o snímku

Zářivost	0,95
Rozsah snímku	29,3°C až 50,6°C
Model kamery	Ti10
Výrobce	Fluke
Popis objektivu	20mm
Čas snímku	3.1.2011 16:08:14

### Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Zářivost
Teplá	50,6°C	0,95
P0	47,1°C	0,95
P1	47,8°C	0,95
P2	42,2°C	0,95
P3	30,5°C	0,95
P4	47,1°C	0,95
P5	41,4°C	0,95

V Bernově dne 3.1.2011

## C.8. Chyby měření

Při každém měření bylo prováděno kontrolní měření (infra teploměry aj.) a pokud se naměřené hodnoty neshodovali do  $\pm 5\%$ , vyřadil jsem celé měření ze záznamu do mé diplomové práce. Je důležité si uvědomit, že jsme měřil individuální stavbu kamen. Projektant = kamnář vždy rozhoduje jaký druh tahového systému zvolí a jak dlouhý ho postaví. Jistá chyba měření vznikne i obsluhou – tj. dávkou paliva, jeho složením a především času přiložení. Vzhledem z duplikování měření a kontrolou všech čidel a komponentů experimentu mohu tvrdit, že mnou naměřená data se vyskytují ve zkoumaných kamnech s 95% pravděpodobností. Pokud zhodnotím celkovou chybu měření bude se pohybovat okolo  $\pm 10\%$ .

## C.9. Závěrečné hodnocení experimentu

Při práci na tomto experimentu jsem se nejen dozvěděl o prozatím pro mě skrytých vlastnostech a technických komplikací kamen, ale také jsem se ve většině měření utvrdil v nabytých zkušenostech. Měřit tato kamna by se dalo ještě minimálně měsíc každý den a stále by se dalo něco objevovat. Časově omezené zapůjčení měřících zařízení mi však svazovalo ruce. Splnil jsem všechny požadavky, které jsem si stanovil na začátku měření.

V dalších experimentech budu určitě chtít zachytit podrobněji hypokaust systém – především rychlost proudění, tlakové ztráty apod. Také součinitel přestupu tepla  $\alpha$  na vnitřní a vnější (interiérové) straně hypokaust systému. Velkým otazníkem je určení celkové účinnosti kamen a emisní hodnoty spalin v průběhu topného cyklu. Nejen těmto tématům budu věnovat svou energii a čas v dalších experimentech.

Experimentem jsem si odpověděl na mnoho otázek a dostal na ně adekvátní odpovědi, ale také vyvstaly nové, zatím neprobádané otázky, na které chci znát odpověď.

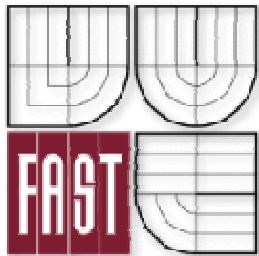
## ZÁVĚR

V experimentální části jsem se zmapoval chování sálavých hypokaustových dvoupodlažních kamen s patrovým tahovým individuálně stavěným tahovým systémem. Zjistil jsem teploty spalin v tahovém systému při různých okrajových podmínkách a výsledků určil grafy pro dimenzování patrových tahových systémů. Také jsem simuloval chování teploty spalin po celé délce spalinové cesty při řízení procesu spalování automatickou regulací nebo manuální regulací. Změřil jsem ideální topný cyklus těžkých kachlových kamen a zjistil teploty v hypokaust systému. Veškeré poznatky nejen z tohoto experimentu jsem využil při návrhu kamen v konceptu moderního vytápění v objektu „B49“

Kamna v konceptu moderního vytápění jsem naznačil třemi variantami provedení. V každé variantě jsou jiné priority a požadavky na kamna. Ve variantě I jsou kamna třípodlažní sálavá hypokaustová. Prioritou je nezávislost na elektrické energii, přikládání z technického podlaží a design kamen. Pro variantu II je hlavní priorita pokrytí veškerých tepelných ztrát ve všech místnostech objektu. Proto jsem navrhl dvoupodlažní teplovodní hypokaustová kachlová kamna s kamnovou vložkou BRUNNER HKD 4.1 SK s dvěma spalinovými teplovodními výměníky. Kamnová vložka má výkon do vody 30 – 70%. Systém vytápění jsem vybavil regulací celého systému. Ve třetí variantě je navržena topná centrála BRUNNER BHZ, která obsahuje dokonalé propojení všech dostupných technologií pro vytápění. Základní části centrály je akumulární nádrž, hydraulická skříň a automatická regulace celého systému.

Ekologické spalování biomasy v kamnové vložce s vysokým stupněm účinnosti spalování, doplněným kombinací hypokaust systému a teplovodní soustavy jako distribuce tepla po objektu. Vše řízeno automatickou regulací. Takto mohou vypadat kamna v konceptu moderního vytápění.





VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Veveří 95, 662 37 Brno

---

## Seznam použitých zdrojů

## POUŽITÁ LITERATURA:

Technická zařízení budov, Ústřední vytápění I.,

Doc. Ing. Jiří Cihlář, CSc.

Ing. Günter Gebauer, CSc.

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

Nakladatelství CERN, s.r.o. 1998

## Bibliografie

1. **Vít Pešek, Vilém König.** *Kamnářská technologie.* Horní Bříza : Organizace Středního odborného učiliště Horní Bříza, 2002.

2. **Kolektiv autorů pod vedením Vladimíra Valenty.** *Topenářská příručka 3 - Návody na projektování tepelných zařízení.*: GAS s.r.o. PRAHA, 2008.

3. **Prof. Ing. Pavel Noskievič, CSc a Ing. Radek Pilch, Ph.D.** *Spalování dřeva v malém ohništi.* Ostrava : Výzkumné energetické centrum VŠB-TU Ostrava, 2008.

4. **Ortner.** [www.ortner.eu](http://www.ortner.eu). [Online] 2011.

5. **Koutecký Ladislav, Koutecký Jan.** [www.3xk.cz](http://www.3xk.cz). [Online] 2011.

6. **Brunner, Ulrich.** [www.brunner.eu](http://www.brunner.eu). [Online] 2011.

7. Školení BRUNNER 2011. *BRUNNER školení - moderní technologie ve vytápění.* Eggenfelden, Brunner, 2011.

8. **Bartoš, Ing. Ivoš.** [www.timpex.cz](http://www.timpex.cz). [Online] 2011.

9. [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz). [Online] 2011.

10. [www.ASIO.cz](http://www.ASIO.cz) [Online] 2011.

## POUŽITÝ SOFTWARE:

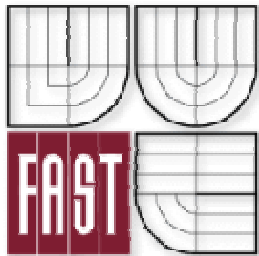
Stavební fyzika – SVODOBA (školní verze)

Skech UP 7 CZ – (licence)

AutoCAD 2007 (školní verze)

Microsoft Office – Word,Excel (licence)

PALETE CAD – (licence)



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Veveří 95, 662 37 Brno

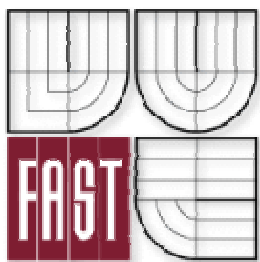
---

## Seznam zkratk a symbolů

## Seznam zkratk a symbolů:

HKD 4.1 w (SK)	typ kamnové vložky
REG	automatická regulace – TIMPEX
OTS	otevřený teplovzdušný systém
Kce	konstrukce
K1 – K5	popis teplosměnných ploch kernen
EOS, ESA	automatická regulace BRUNNER
KMS	Tahový systém firmy ORTNER – Keramický modelový systém
AN	Akumulační nádoba

U výpočtů jsou uvedeny a popsány jednotlivé veličiny. Na projektech jsou uvedeny a vysvětleny použité značky



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Veveří 95, 662 37 Brno

---

## Seznam příloh

## PŘÍLOHY:

- Příloha P1 – Experiment – Grafický výstup 8 x A4
- Příloha P2 – Varianta II – Dvoupodlažní hypokaustová kamna  
s dvěma spalinovými teplovodními výměníky 8 x A4
- Příloha P3 – Technický list kamnové vložky  
BRUNNER HKD 4.1 SK 4 x A4