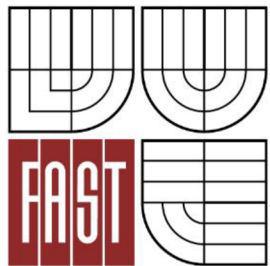




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

OTOPNÉ SYSTÉMY V PŘEDŠKOLNÍCH ZAŘÍZENÍCH

HEATING SYSTEMS IN PRESCHOOLS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

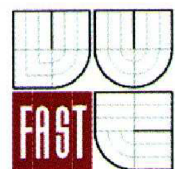
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. HANA SCHÄFEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN TOPIČ

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Schäferová Hana
Název	Otopné systémy v předškolních zařízeních
Vedoucí diplomové práce	Ing. Jan Topič
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2011
Datum odevzdání diplomové práce	13. 1. 2012
V Brně dne 31. 3. 2011	

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



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



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,

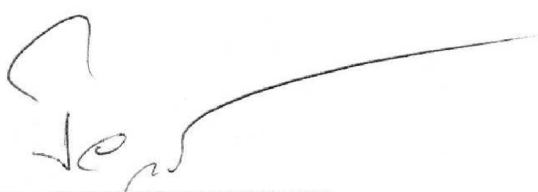
n) seznam příloh,

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



Abstrakt

Předmětem diplomové práce je řešení vytápění mateřské školy. Práce shrnuje aktuální řešení z praxe a současnou legislativu, která se problematiky týká. Práce obsahuje autorkou vypracované řešení vytápění mateřské školy a je dále doplněn o experiment, jehož cílem je posoudit vliv krytí otopných těles na jejich výkon.

Klíčová slova

vytápění, otopné těleso, výkon, radiace, konvekce, kaskáda kondenzačních kotlů

Abstract

The topic of a master thesis is solution of infant's school heating. The thesis summarizes state of art infant's school heating from practical and legislative point of view. The thesis contains solution of infant's school heating created by author of thesis. In addition, the thesis contains an experiment which is focused on examination of heat output from cover radiator.

Keywords

heating, convector, power, radiation, convection, cascade of condensation boilers

...

Bibliografická citace VŠKP

SCHÄFEROVÁ, Hana. *Otopné systémy v předškolních zařízeních*. Brno, 2011. 101 s., 4 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Jan Topič.

Prohlášení:

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

V Brně dne 20.1.2012

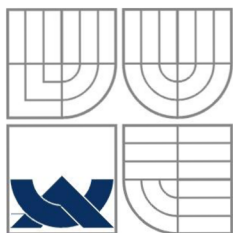
.....
podpis autora

Obsah

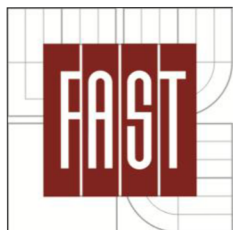
Obsah	7
A Analýza tématu, cíle a metody řešení	10
A1. Úvod	11
A2. Cíl práce	11
A3. Normové a legislativní podklady	11
A3.1 Legislativní podklady	11
A3.2 Normové podklady	23
A4. Aktuální technická řešení v praxi	27
A4.1 Zdroje vytápění	27
A4.1.1 Elektrická energie	27
A4.1.2 Kotle na biopaliva	28
A4.1.3 Tepelná čerpadla	29
A4.1.4 Plynové spotřebiče	33
A4.2 Otopné plochy	34
A4.2.1 Sálavé velkoplošné vytápění	34
A4.2.2 Vytápění otopnými tělesy	37
A5. Experimentální řešení	40
A5.1 Teoretická předpoklady – sdílení tepla	40
A5.1.1 Teplo sdílené sáláním a konvekcí	40
A5.2 Návrh experimentu	41
A5.3 Měřicí technika	41
B Aplikace tématu na zadané budově	42
B1 Analýza objektu a jeho koncepční řešení	43
B1.1 Analýza objektu	43
B1.2 Koncepční řešení	43
B1.3 Energetický štítek obálky budovy	44
B2 Návrh systému vytápění	47

B2.1 Tepelné posouzení konstrukce	47
B2.2 Výpočet tepelných ztrát objektu	48
B2.3 Návrh otopných těles	50
B2.4 Návrh zdroje tepla	52
B2.4.1 Potřeba tepla pro vytápění	52
B2.4.2 Potřeba tepla pro přípravu teplé vody	52
B2.4.3 Návrh zdroje tepla	54
B2.5 Roční potřeba tepla a paliva	55
B2.5.1 Roční potřeba tepla	55
B2.5.1.1 Roční potřeba tepla na vytápění	55
B2.5.1.2 Roční potřeba tepla pro ohřev TV	55
B2.5.2 Roční potřeba paliva	55
B2.6 Ekonomické zhodnocení	57
B2.6.1 Výběr zdroje vytápění a ohřevu TV	57
B2.6.2 Kaskáda plynových kondenzačních kotlů	57
B2.6.3 Kaskáda plynových nízkoteplotních kotlů THERM DUO 50	57
B2.6.4 Kaskáda tepelných čerpadel	58
B2.6.5 Automatické kotle na pelety	59
B2.6.6 Srovnání provozních a pořizovacích nákladů	60
B2.6.7 Závěry ekonomické analýzy	62
B2.7 Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí	63
B2.8 Návrh čerpadel	67
B2.9 Návrh zabezpečovacích zařízení	72
B2.9.1 Pojistné ventily	72
B2.9.2 Expanzní nádoba	73
B2.10 Návrh kombinovaného sběrače	75
B2.11 Návrh HVDT	76
B2.12 Návrh větrání technické místnosti	77
B2.12.1 Předepsaná intenzita větrání	77
B2.12.2 Návrh větracích otvorů	77
B2.12.3 Tepelná bilance technické místnosti v zimě	77
B2.12.4 Tepelná bilance technické místnosti v létě	78
B2.13 Technická zpráva	79

C Experimentální řešení	83
C1. Vstupní hodnoty	84
C1.1 Otopné těleso	84
C1.2 Kryt před radiátorem	84
C1.3 Měřené hodnoty	85
C2. Výpočet tepelného výkonu otopného tělesa	87
C2.1 Výpočet pomocí přepočtu výkonu dle DIN 4704 a dle ČSN EN 442	87
C2.2 Výpočet tepelného výkonu pomocí teplot vstupní a vratné vody ...	88
C2.3 Porovnání měření a přepočtu tepelného výkonu otopného tělesa .	89
C2.4 Určení sálavé složky výkonu otopného tělesa	89
C2.5 Velikost tepelného toku sdíleného volnou konvekcí	96
C2.5.1 Přestup tepla na straně vzduchu	97
C2.6 Celkový užitečný výkon tělesa	103
C3. Vyhodnocení experimentu	104
Závěr	108
Seznam použitých zdrojů	109
Seznam použitých symbolů a zkratk	111
Seznam příloh	113



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

A ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. HANA SCHÄFEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN TOPIČ

BRNO 2012

A Analýza tématu, cíle a metody řešení

A1. Úvod

Návrh a realizace otopných systémů v předškolních zařízeních je komplexní problematikou, jejímž cílem je vyhovět celé řadě normativních i legislativních předpisů a požadavků na ekologický a ekonomicky přijatelný provoz. Vzhledem k charakteru využití stavby je pak specifickým požadavkem právě na tyto provozy zvýšený nárok na bezpečnost a snížení rizika úrazu při kontaktu s otopným tělesem.

A2. Cíl práce

Cílem práce je přivést ucelený přehled legislativních a normových podkladů dotýkajících se provozu předškolního zařízení, obeznámit čtenáře se specifiky návrhu otopného systému a zdroje vytápění a ohřevu teplé vody pro takovéto zařízení. Experimentální část C má za snahu postihnout reálné chování otopných těles při použití krytů otopných těles.

Experimentální řešení má přinést poznatky aplikovatelné v části B. Praktickým výstupem práce pak je projekt otopného systému s přihlédnutím k technickým, ekonomickým a ekologickým aspektům.

A3. Normové a legislativní podklady

A3.1 Legislativní podklady

410

VYHLÁŠKA

ze dne 4. října 2005

o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých

Vnitřní prostory školských zařízení slouží jako pobytové a shromažďovací prostory pro žáky a zároveň jsou pracovištěm pro pedagogy i další zaměstnance.

Při řešení problematiky vytápění školských zařízení musí projektant vyhovět nejen legislativě přímo zaměřené na tuto úzkou problematiku, ale musí také vyhovět obecným předpisům.

Patří mezi ně především tyto právní předpisy:

- Zákon č. 183/2006 Sb. O územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- Vyhláška MMR č. 137/1998 Sb. O obecných technických požadavcích na výstavbu
- Zákon č. 20/1966 Sb. O péči a zdraví lidu
- Zákon č. 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících předpisů
- Zákon č. 155/2000 Sb., kterým se mění zákon č. 65/1965 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů
- Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců

Legislativou přímo upravující požadavky na mikroklimatické podmínky ve školských zařízeních je pak provádějící předpis k zákonu č. 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví – vyhláška MZ č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.

Vybrané statě zákona č. 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví

Zákon č. 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví v § 7 specifikuje, jakých subjektů se týkají hygienické požadavky upravené prováděcím právním předpisem vyhláškou MZ č. 6/2003 Sb.

Díl 2

Podmínky pro výchovu, vzdělávání a zotavení dětí a mladistvých a podmínky vnitřního prostředí stavby

§ 7

Hygienické požadavky na prostory a provoz škol, předškolních a školských zařízení a zotavovacích akcí

(1) Školy, předškolní a školská zařízení zařazená do sítě předškolních zařízení, škol a školských zařízení, s výjimkou školní knihovny, školy v přírodě a pedagogicko-psychologické poradny (dále jen "zařízení pro výchovu a vzdělávání") jsou povinny zajistit, aby byly splněny hygienické požadavky upravené prováděcím právním předpisem na prostorové podmínky, vybavení, provoz, osvětlení, vytápění, mikroklimatické podmínky, zásobování vodou a úklid.

§ 13 pak určuje povinnosti uživatele staveb včetně staveb zařízení pro výchovu a vzdělávání.

§ 13

Vnitřní prostředí staveb a hygienické požadavky na venkovní hrací plochy

(1) Uživatelé staveb zařízení pro výchovu a vzdělávání, vysokých škol, škol v přírodě, staveb pro zotavovací akce, staveb zdravotnických zařízení léčebně preventivní péče, ústavů sociální péče, ubytovacích zařízení, staveb pro obchod a pro shromažďování většího počtu osob jsou povinni zajistit, aby vnitřní prostředí pobytových místností v těchto stavbách odpovídalo hygienickým limitům chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů, upravených prováděcími právními předpisy. Tím není dotčena povinnost vlastníka stavby podle zvláštních právních předpisů udržovat stavbu v dobrém stavebním stavu.

Zákon č. 258/2000 Sb. tak rozděluje školské objekty do dvou skupin:

- Školy, předškolní a školská zařízení zařazená do sítě předškolních zařízení, škol a školských zařízení, s výjimkou školní knihovny, školy v přírodě a pedagogicko-psychologické poradny (dále jen "zařízení pro výchovu a vzdělávání").
- Stavby školní knihovny, školy v přírodě, pedagogicko-psychologické poradny, vysokých škol, škol v přírodě.

Pobytové místnosti staveb v první skupině musí vyhovět požadavkům vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb., mikroklimatické podmínky staveb z druhé skupiny pak musí vyhovět požadavkům vyhlášky MMR č. 137/1998 Sb.

Vybrané statě vyhlášky MZ č.6/2003 Sb.:

VYHLÁŠKA č. 6/2003 Sb.,

kteřou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních

a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí

pobytových místností některých staveb

Ministerstvo zdravotnictví stanoví podle § 108 odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, (dále jen "zákon") k provedení § 13 odst.1 zákona:

§ 1

Předmět úpravy

Touto vyhláškou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností staveb zařízení pro výchovu a vzdělávání, vysokých škol, škol v přírodě, staveb pro zotavovací akce, staveb zdravotnických zařízení léčebně preventivní péče, ústavů sociální péče, ubytovacích zařízení, staveb pro obchod a staveb pro shromažďování většího počtu osob.

§ 3

Mikroklimatické podmínky

- (1) Provoz v pobytových místnostech se zajišťuje tak, aby byly dodrženy přípustné mikroklimatické podmínky uvedené v příloze č. 1, s výjimkou mimořádně chladných nebo mimořádně teplých dnů. Za mimořádně chladný den se považuje den, kdy nejnižší teplota venkovního vzduchu dosáhla hodnoty nižší než -15 st. C. Za mimořádně teplý den se považuje den, kdy nejvyšší teplota venkovního vzduchu dosáhla hodnoty vyšší než 30 st. C.
- (2) V případě mimořádně chladných dnů při poklesu vnitřní průměrné teploty pod 16 st. C se provoz pobytových místností zastaví, pokud není možno vnitřní teplotu zvýšit odpovídajícím vytápěním na výslednou teplotu dle přílohy č. 1.
- (3) Při použití sálavého vytápění nesmí intenzita osálení v místě hlavy člověka překročit 200 W.m^{-2} .
- (4) Pobytové místnosti musí mít zajištěno přímé nebo nucené větrání.
- (5) Množství vyměňovaného vzduchu ve větraném prostoru se stanovuje s ohledem na množství osob a vykonávanou činnost tak, aby byly dodrženy mikroklimatické podmínky a hygienické limity chemických látek a prachu.

(6) Nucené větrání se použije tam, kde přímé větrání je nedostačující k odvodu vznikajících škodlivin a tepelně-vlhkostní zátěže prostoru.

Příloha č.1

Mikroklimatické podmínky

Tabulka č. 1: Požadavky na výslednou teplotu kulového teploměru

Typ pobytové místnosti	Výsledná teplota (°C)	
	Období roku	
	Teplé	Chladné
Ubytovací zařízení	24,0 +/- 2,0	22,0 +/- 2,0
Zasedací místnost staveb pro shromažďování většího počtu osob	24,5 +/- 1,5	22,0 +/- 2,0
Haly kulturních a sportovních zařízení	24,5 +/- 1,5	22,0 +/- 2,0
Učebny	24,5 +/- 1,5	22,0 +/- 2,0
Ústavy sociální péče	24,0 +/- 2,0	22,0 +/- 2,0
Zdravotnická zařízení	24,0 +/- 2,5	22,0 +/- 2,0
Výstaviště	24,5 +/- 2,5	22,0 +/- 3,0
Stavby pro obchod	23,0 +/- 2,0	19,0 +/- 3,0

Tabulka č. 2: Rychlost proudění vzduchu v pobytových místnostech

Teplé období roku	0,16 – 0,25 m.s ⁻¹
Chladné období roku	0,13 – 0,20 m.s ⁻¹

Tabulka č. 3: Relativní vlhkost vzduchu v pobytových místnostech

Teplé období roku	nejvýše 65 %
Chladné období roku	nejméně 30 %

Tabulka č. 4: Teploty a množství odváděného vzduchu pro hygienická zařízení u pobytových místností

	Teplota vzduchu (°C)	Množství odváděného vzduchu za hodinu
Umývárny	22	30 m ³ 1 umyvadlo
Sprchy	25	35 – 110 m ³ na 1 sprchu
WC	18	50 m ³ na 1 mísu 25 m ³ na 1 pisoár

Vysvětlivky:

- 1) Není-li typ prostoru uveden v tab. č. 1, vychází se z požadavku typu prostoru s obdobným charakterem činnosti.
- 2) Učebny ve stavebních, které nejsou zařízením pro výchovu a vzdělávání.

Vybrané statě vyhlášky MMR č.137/1998 Sb.

VYHLÁŠKA č. 137/1998 Sb.

Ministerstva pro místní rozvoj

o obecných technických požadavcích na výstavbu

§ 3

Pro účely této vyhlášky se rozumějí

j) pobytová místnost je místnost nebo prostor, která svou polohou, velikostí a stavebním uspořádáním splňuje požadavky k tomu, aby se v ní zdržovaly osoby (například kanceláře, dílny, ordinace, výukové prostory, pokoje ve zdravotnických zařízeních, hotelích a ubytovnách, halové prostory různého účelu, sály kin, divadel a kulturních zařízení, místnosti ve stavebních pro individuální rekreaci apod.)

OBECNÉ POŽADAVKY NA BEZPEČNOST A UŽITNÉ VLASTNOSTI STAVEB

§ 15

Základní požadavky

(1) Stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro zamýšlené využití a aby současně splnila základní požadavky, kterými jsou...

f) ... úspora energie a ochrana tepla.

§ 23

Denní osvětlení, větrání a vytápění

(1) Návrh denního osvětlení se musí posuzovat společně se souvisejícími činiteli, zejména s možností sdruženého a umělého osvětlení, s vytápěním, chlazením, větráním, ochranou proti hluku, prosluněním včetně vlivu okolních budov a naopak vlivu navrhované stavby na stávající zástavbu za účelem dosažení vyhovujících podmínek zrakové pohody s minimální celkovou spotřebou energií v souladu s normovými hodnotami.

(2) Obytné místnosti musí mít zajištěno dostatečné denní osvětlení, přímé větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace tepla.

(3) V pobytových místnostech se navrhuje denní osvětlení v závislosti na jejich funkčním využití a na délce pobytu osob. V odůvodněných případech lze navrhopvat sdružené, popřípadě umělé osvětlení v souladu s normovými hodnotami. Pobytové místnosti musí mít zajištěno přímé nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace tepla.

(4) Záchody, prostory pro osobní hygienu, prostory pro vaření, spíže a komory na uskladnění potravin musí být účinně odvětrávány. Záchody, prostory pro osobní hygienu a pro vaření musí být dostatečně vytápěny s možností regulace tepla.

§ 28

Úspora energie a ochrana tepla

(1) Budovy musí být navrženy a provedeny tak, aby spotřeba energie na jejich vytápění, větrání, popřípadě klimatizaci byla co nejnižší; energetickou náročnost je třeba ovlivňovat tvarem budovy, jejím dispozičním řešením, orientací a velikostí oken, použitými materiály a výrobky a vytápěcími systémy. Při návrhu budovy se musí respektovat klimatické podmínky lokality (například teplota vnějšího vzduchu a její kolísání, vlhkost vzduchu, síla a směr větru a četnost převládajících větrů, mohutnost a četnost srážek).

(2) Budovy s požadovaným stavem vnitřního prostředí musí být navrženy a provedeny tak, aby byly zaručeny požadavky na a) tepelnou pohodu uživatelů, b) požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí,

§ 49

Vytápění

(1) Technické vybavení zdrojů tepla musí umožnit hospodárný, bezpečný a spolehlivý provoz.

(2) Kotle a spotřebiče musí mít zajištěn přívod spalovacího a větracího vzduchu. Odvod spalin, kondenzátu ze spalin a dalších škodlivin nesmí ohrožovat životní prostředí a zdraví osob.

(3) Výpočet tepelných ztrát budov je dán normovými hodnotami.

(4) Ve stavbách se zvýšeným nebezpečím úrazu (například v předškolních a školských zařízeních) musí být instalovaná otopná tělesa opatřena ochrannými kryty.

(5) V otopných soustavách musí být osazena zařízení umožňující měření a nastavení parametrů otopných soustav (například teplot, přetlaku, tlakových rozdílů, průtoků). Při provozu otopných soustav se musí zajistit řízení tepelného výkonu v závislosti na potřebě tepla.

(6) Při dodávce tepla z vnějšího zdroje musí být na vstupu do vnitřní otopné soustavy stavby a na výstupu z ní osazen hlavní uzávěr topného média; měřiče dodávaného tepla musí být osazeny ve vnitřní otopné soustavě.

(7) Zařízení uvedená v odstavci 5 a hlavní uzávěry topného média musí být přístupné a zabezpečené proti neoprávněné manipulaci

(8) Otopná soustava vedená technickými podlažními musí být izolovaná.

Vybrané statě nařízení vlády č. 178/2001 Sb. ,kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci

ČÁST PRVNÍ ZÁKLADNÍ USTANOVENÍ

§ 1

(4) Podle tohoto nařízení se hodnotí podmínky ochrany zdraví žáků středních škol včetně učilišť, odborných učilišť, speciálních škol a školských zařízení při práci, která je součástí přípravy na povolání. Pracoviště dalších právnických nebo fyzických osob, které mají oprávnění k činnosti v daném oboru, pokud se na nich provádí příprava žáků na povolání, musí vyhovovat požadavkům tohoto nařízení.

§ 4

Tepelná zátěž, zátěž chladem a minimální opatření k ochraně zdraví zaměstnanců

(1) Na trvalých pracovištích, s výjimkou pracovišť vyžadujících zvláštní tepelné podmínky a pracovišť, na nichž nelze technickými prostředky odstranit tepelnou zátěž z technologie, musí být zajištěno dodržování přípustných mikroklimatických podmínek s výjimkou mimořádně chladných a mimořádně teplých dnů. Za mimořádně chladný den se považuje den, kdy venkovní teplota dosáhla hodnoty nižší než -15 °C. Za mimořádně teplý den se považuje den, kdy venkovní teplota dosáhla hodnoty vyšší než 30 °C. P přípustné mikroklimatické podmínky a způsob jejich stanovení upravuje část A přílohy č. 1 k tomuto nařízení.

(2) Na pracovištích, kde jsou překračovány hodnoty přípustných mikroklimatických podmínek v důsledku tepelné zátěže z technologických zdrojů, a na ostatních pracovištích za mimořádně teplých dnů musí být doba výkonu práce upravena tak, aby nebyly překračovány hodnoty dlouhodobě a krátkodobě únosné pracovní tepelné zátěže; tyto hodnoty a doby výkonu práce jsou upraveny v části B přílohy č. 1 k tomuto nařízení.

(5) Práce při teplotách nižších, než jsou hodnoty přípustných mikroklimatických podmínek podle odstavce 1, může být vykonávána na otevřených a polootevřených pracovištích a na uzavřených pracovištích, na nichž musí být z technologických důvodů udržována teplota nižší, než je teplota přípustná. K ochraně zdraví musí být pro zaměstnance, kteří jsou exponováni chladu, zřízeny ohřívárny s vybavením pro prohřívání rukou. Ochranný oděv musí mít takové tepelně izolační vlastnosti, které postačují k zajištění tepelně neutrálních

podmínek lidského organismu, daných teplotou tělesného jádra 36 až 37 °C. Pokud rychlost proudění vzduchu překračuje 1,8 m.s⁻¹, musí být tepelně izolační vlastnosti ochranného oděvu voleny tak, aby byla splněna uvedená podmínka v závislosti na teplotě vzduchu korigované podle skutečné rychlosti proudění vzduchu na pracovním místě. Přepočtení teploty vzduchu na korigovanou teplotu je uvedeno v tabulce v části E přílohy č. 1 k tomuto nařízení. Jestliže korigovaná teplota vzduchu klesne pod 4 °C, musí být zaměstnanci vybaveni vhodným typem rukavic. Vystavení nechráněné kůže vzduchu, jehož korigovaná teplota je nižší než -20 °C, nesmí překročit 20 minut. Práce nelze vykonávat na pracovištích, na kterých je korigovaná teplota vzduchu nižší než -30 °C.

§ 6

Větrání a klimatizovaná pracoviště

(1) Na všech pracovištích musí být k ochraně zdraví zaměstnance zajištěna dostatečná výměna vzduchu přirozeným nebo nuceným větráním. Množství vyměňovaného vzduchu se určuje s ohledem na vykonávanou práci a její fyzickou náročnost tak, aby byly pro zaměstnance zajištěny tepelné a vlhkostní podmínky vyhovující již od počátku pracovní směny a aby koncentrace chemických látek a prachu v pracovním ovzduší nepřekračovaly nejvyšší přípustné hodnoty upravené v přílohách č. 2 a 3 k tomuto nařízení. Koncentrace chemických látek a prachu v pracovním ovzduší, jejichž zdrojem není technologický proces, nesmí překračovat 30 % hodnoty jejich přípustných expozičních limitů.

(2) Nucené větrání musí být použito, pokud by bylo přirozené větrání nedostačující k zajištění ochrany zdraví zaměstnanců, je-li rovina podlahy pracoviště níže než 2 m pod úrovní terénu, a dále tam, kde umístění pracoviště neumožňuje zřízení dostatečných větracích otvorů. Další požadavky na nucené větrání a místní odsávání jsou stanoveny v části A přílohy č. 4 k tomuto nařízení. Klimatizovaná pracoviště musí splňovat prostorové požadavky upravené v části B přílohy č. 4 k tomuto nařízení.

(4) Vzduch přiváděný na pracoviště vzduchotechnickým zařízením musí obsahovat takový podíl venkovního vzduchu, který postačuje pro snížení koncentrace plyných látek a aerosolů pod hodnoty přípustných expozičních limitů a nejvyšších přípustných koncentrací. Množství přiváděného venkovního vzduchu na 1 zaměstnance však nesmí být nižší než hodnoty uvedené v bodu 1 části A přílohy č. 4 k tomuto nařízení. Podíl venkovního vzduchu v celkovém množství přiváděného vzduchu přitom nesmí klesnout pod 15 %. Související prostorové požadavky na klimatizovaná pracoviště jsou upraveny v části B přílohy č. 4 k tomuto nařízení.

Příloha č.1

Část A

Přípustné hodnoty a hodnocení mikroklimatických podmínek z hlediska ochrany veřejného zdraví

1. Přípustné hodnoty mikroklimatických podmínek jsou stanoveny v závislosti na tepelné produkci organismu, která je dána charakterem a intenzitou vykonávané práce.
2. Při hodnocení mikroklimatických podmínek se vychází z těchto zásad
 - 2.1 tepelná produkce organismu se pokládá pro účely tohoto nařízení za rovnou energetickému výdeji,
 - 2.2 stanovení energetického výdeje je pro tyto účely přípustné z tabelárních hodnot, jestliže nejsou známy hodnoty energetického výdeje, je možno zařadit posuzovanou práci do tříd práce podle příkladových činností uvedených v tabulce č. 1,
 - 2.3 energetický výdej (M) se vyjadřuje v brutto hodnotách, tj. v hodnotách zahrnujících i bazální metabolismus (BM). Jednotkou je (W), resp. v přepočtu na 1 m² tělesného povrchu (W.m²),
 - 2.4 činnosti se zařazují do tříd práce (tabulka č. 1) podle průměrného energetického výdeje vynakládaného na efektivní dobu práce. Po tuto dobu práce se energetický výdej vypočítá jako časově vážený průměr z hodnot energetického výdeje vynakládaného na pracovní činnost hlavní a vedlejší. V případě, že doba trvání vedlejší činnosti přesáhne 30 % efektivní doby práce, hodnotí se obě činnosti samostatně.

Tabulka č. 1:

Třídy práce podle celkového (brutto) průměrného energetického výdeje

Třída práce	Příklady činností	M (W.m-2)
I	Práce vsedě s minimální pohybovou aktivitou (kancelářské administrativní práce, kontrolní činnost v dozornách a velínech), práce vsedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží (psaní na stroji, práce s PC, jednoduché šití, laboratorní práce, sestavování nebo třídění drobných lehkých předmětů).	=< 80
IIa	Výstupní kontrola, řízení osobního vozidla za běžných provozních podmínek. Práce vstoje občasně spojená s pomalou chůzí po rovné podlaze s přenášením lehkých břemen nebo překonáváním malých odporů (vaření, strojní opracovávání a montáž malých lehkých dílců, kusová práce nástrojářů a mechaniků, prodavači).	81 až 105
IIb	Práce vsedě s trvalým zapojením obou rukou paží a nohou Práce vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou spojená s přenášením břemen do 10 kg	106 až 130
IIIa	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin občas v předklonu nebo v kleče, chůze	131 až 160
IIIb	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu	161 až 200
Iva	Práce spojená s rozsáhlou činností svalstva trupu, horních i dolních končetin	201 až 250
IVb	Práce spojená s rozsáhlou a intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin	251 až 300
V	Práce spojená s rozsáhlou a velmi intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin	301 a více

3. Na uzavřených pracovištích musí být zajištěny hodnoty mikroklimatických podmínek uvedené v tabulce č. 2. Na pracovištích třídy I a IIa, musí být ještě dodrženy tyto požadavky:

3.1 rozdíly teplot vzduchu mezi úrovní hlavy a kotníků nesmí být větší než 3 st.C,

3.2 asymetrie radiční teploty od oken nebo jiných chladných svislých povrchů nesmí být větší než 10 st.C,

3.3 asymetrie radiční teploty od teplého stropu nebo jiných vodorovných povrchů nesmí být větší než 5 st.C,

3.4 intenzita osálení hlav nesmí být větší než 200 W.m⁻².

Tabulka č. 2:

Přípustné hodnoty mikroklimatických podmínek pro celý rok

Třída práce	Operativní teplota t_o		
	$t_{o \text{ min}}$	$t_{o \text{ opt}}$	$t_{o \text{ max}}$
I	20	22 +/- 2	28
IIa	18	20 +/- 2	27
IIb	14	16 +/- 2	26
IIIa	10	12 +/- 2	26
IIIb	10	12 +/- 2	26

Optimální pracovní výkon je dosahován při optimálních mikroklimatických podmínkách.

A3.2 Normové podklady

ČSN 06 0220 Tepelné soustavy v budovách - Dynamické stavy

Norma stanoví postup výpočtu některých tepelně technických veličin tepelné techniky v případech, kdy dodávka tepla do místnosti nezajišťuje ustálený stav vnitřní teploty. Metoda výpočtu dynamických stavů uvedená v této normě byla odvozena na základě takových okrajových podmínek, aby bylo možno zjednodušit složitý matematický model dynamického průběhu teplot místnosti a tepelného výkonu otopného tělesa. Postupy uvedené v normě mohou být využity při navrhování vytápěcích soustav i při provozování těchto soustav. Uvedené postupy mohou být rovněž použity pro návrh ústředního i místního regulačního zařízení.

ČSN 06 0310 Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž

Norma platí pro projektování a montáž tepelných soustav, které používají jako teponosnou látku vodu, vodní roztoky nebo vodní páru.

Norma byla upravena tak, aby vyhovovala novým pojmům, definicím a požadavkům vyplývajících z evropských směrnic, českých předpisů a norem ČSN EN. Uvádí se tepelné soustavy v budovách, jejich rozdělení a volba, technické požadavky na otopné soustavy a zařízení tepelných soustav, značení zařízení, navrhování tepelných izolací. Jsou formulovány základní požadavky na navrhování kotlů a dalších zařízení pro výrobu tepla, výměníky, redukční zařízení, regulaci a měření, čerpadla, spotřebiče tepla, potrubí a armatury, projektovou dokumentaci. Požadavky umožňují optimální návrh a technicky i hospodárně správné provedení montáže zařízení. Její užití vytváří podmínky pro hospodárný a bezpečný provoz zařízení.

ČSN EN 12170 (060810)

Tepelné soustavy (otopné soustavy) v budovách - Návod pro provoz, obsluhu, údržbu a užívání - Tepelné soustavy (otopné soustavy) vyžadující kvalifikovanou obsluhu

Norma je určena k použití při zpracování návodů pro provoz, údržbu, obsluhu a užívání nových nebo modernizovaných tepelných soustav a jejich zařízení vyžadující kvalifikovaný obslužný personál.

Návody zajistí pro tepelnou soustavu její trvalý popis a soubor požadavků pro provoz, údržbu, obsluhu a užívání. Podporují zajištění bezpečnosti zařízení, hospodárnou spotřebu energie a řízení kvality prostředí. Jsou podkladem pro zpracování energetických auditů podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií a pro užití směrnice 2002/91/EU ze 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov.

ČSN 06 0312 (060312)

Ústřední sálavé vytápění se zabetonovanými trubkami. Projektování a montáž

Norma platí pro projektování a montáž ústředního sálavého vytápění se zabetonovanými trubkami a pro projektování a provádění staveb s ústředním sálavým vytápěním se zabetonovanými trubkami. Platí pro zařízení nová i pro zařízení rekonstruovaná po dni nabytí účinnosti normy. Není-li v den účinnosti normy dokončen prováděcí projekt, musí se podle této normy upravit. Norma obsahuje (stručné) technické požadavky, zvláště pak požadavky na projektování, provádění, zkoušky a konečně pokyny pro provoz (pro obsluhu).

ČSN EN 12098-1 (060330)

Regulace otopných soustav - Část 1: Regulace teplovodních otopných soustav v závislosti na venkovní teplotě

Norma je českou verzí evropské normy EN 12098-1:1996. Evropská norma EN 12098-1:1996 má status české technické normy. Tato evropská norma je určena pro elektronická regulační zařízení otopných soustav s vodou jako topným médiem o teplotě do 120 °C. Dynamické chování ventilů a servopohonů není v této normě zahrnuto. Požadavky na bezpečnost otopných soustav jsou touto normou nedotčeny. Požadavky na bezpečnost pro tyto regulace jsou zahrnuty v EN 60730-1 (v ČR zavedena jako ČSN EN 60730-1 + A1 + A11 + A12) společně s EN 60730-2-7 (v ČR zavedena jako ČSN EN 60730-2-7 + A11 + A12) a EN 60730-2-9 (v ČR do října 1998 nezavedena). Přesto na několika místech normy jsou další stručná ustanovení, vztahující se zejména k ochraně před úrazem elektrickým proudem. Norma obsahuje tyto kapitoly: kapitolu 1 - Předmět normy, kapitolu 2 - Normativní odkazy, kapitolu 3 - Termíny a definice, kapitolu 4 - Funkce, kapitolu 5 - Grafické symboly, kapitolu 6 - Požadavky, kapitolu 7 - Zkušební metody, kapitolu 8 - Označování a kapitolu 9 - Dokumentace. Dále norma obsahuje informativní Přílohu A, která uvádí 48 grafických symbolů, zhruba v polovině případů s odkazem na (ČSN) ISO 7000 a (ČSN) IEC 417.

ČSN EN 12098-2 (060330)

Regulace otopných soustav - Část 2: Regulátory pro optimální regulaci teplovodních otopných soustav

ČSN EN 12098-3 (060330)

Regulace otopných soustav - Část 3: Regulace elektrických otopných soustav v závislosti na venkovní teplotě

ČSN EN 12098-4 (060330)

Regulace otopných soustav - Část 4: Zařízení pro optimální zapínání a vypínání elektrických systémů

ČSN EN 12098-5 (060330)

Regulace otopných soustav - Část 5: Spínací časová zařízení pro otopné systémy

ČSN 06 0830 (060830)

Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení

Norma platí pro projektování, provádění a provoz zabezpečovacích zařízení pro tepelné soustavy v budovách parních nízkotlakých kotlů a vyvíječů páry do nejvyššího pracovního přetlaku 50 kPa, teplovodních otopných soustav s nejvyšší pracovní teplotou do 110 °C s kotli a výměníky, horkovodních uzavřených otopných soustav s pracovní teplotou nad 110 °C s kotli a výměníky jakékoliv konstrukce vytápěných z ústředního zdroje tepla, ohřivačů teplé vody připojených k tepelné soustavě a ohřívající vodu teplem přenášeným teplosnosnou látkou a s přihlédnutím k ČSN EN 806-2.

Zařízení, jejichž prováděcí projekt byl schválen před vydáním této normy, mohou být realizována a provozována podle projektu a dokumentace tohoto zařízení. Při rekonstrukcích a generálních opravách však musí být upraveny podle této normy.

Tato norma neplatí pro zabezpečovací zařízení a výstroj vestavěných ohřivačů teplé vody v teplovodních kotlích do výkonu 50 kW podle ČSN 07 0245, plynových rychloohřívacích kotlů do výkonu 31,5 kW s vodním objemem do 10 litrů podle ČSN 07 0246.

Pro navrhování teplovodních tepelných soustav platí ČSN EN 12 828. Jestliže návrh uspořádání podle této normy bude jiný než uvádí ČSN EN 12 828, je nutno toto řešení odůvodnit.

ČSN 06 1008 (061008)

Požární bezpečnost tepelných zařízení

Tato norma stanoví technické požadavky na požární bezpečnost pro instalaci, navrhování a montáž tepelných zařízení ve stavbách trvalých i dočasných a v silničních vozidlech. Stanoví také zkušební podmínky a zkušební metody pro určování bezpečných vzdáleností tepelných zařízení od povrchů hořlavých hmot a požadavky na technickou dokumentaci z hlediska požární bezpečnosti.

Tato norma se vztahuje na následující tepelná zařízení:

- lokální spotřebič(1) určený k vaření, ohřevu vody a k vytápění;
- zdroj tepla s jmenovitým tepelným výkonem do 70 kW určený pro ústřední vytápění, popř. ústřední ohřev užitkové vody;
- rozvodné a teplosměnné části otopné soustavy ústředního vytápění(1) , včetně otopné soustavy s teplovzdušnými jednotkami podle ČSN 06 0310

ČSN 07 0703

Kotelny se zařízeními na plynná paliva

Tato norma platí pro navrhování, zřizování a provoz kotelen s parními a kapalinovými kotli na plynná paliva (dále jen "zařízení kotelen") se jmenovitým tepelným výkonem alespoň jednoho kotle 50 kW a větším a též kotelen se součtem jmenovitých tepelných výkonů kotlů větším než 100 kW, i když ani jeden z nich nedosahuje jmenovitého tepelného výkonu 50 kW, ve kterých se spalují plynná paliva první, druhé a třetí třídy (viz ČSN EN 437), které jsou při teplotě 15 °C a tlaku 1 013 mbar v plynném stavu.

Tato norma platí pro zařízení kotelen s provozním přetlakem plynného paliva do 1,0 MPa. Zařízení kotelen postavená a jejich projektová dokumentace rozpracovaná nebo provedená podle předchozí normy se nemusí upravovat, pokud orgány státní správy z oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, požární ochrany, hygieny a životního prostředí nestanoví jinak. Pro účely této ČSN se za kotle považují i ohříváče vody vytápěné plynnými palivy.

A4. Aktuální technická řešení v praxi

A4.1 Zdroje vytápění

A4.1.1 Elektrická energie

Elektrická energie jako zdroj pro vytápění je v dnešní době v obcích nejdostupnější variantou. Příznivé pořizovací náklady elektrokotlů, elektrických přímotopů a téměř bezúdržbový provoz z nich činí pohodlnou a zajímavou variantu vytápění. Komfort elektrického vytápění je však vykoupen vyššími provozními náklady proti jiným zdrojům vytápění.

Typy elektrického vytápění

Elektrická topidla pracují v převážné většině na jednoduchém principu odporového drátu. Odporový drát se při průchodu proudu zahřívá a ohřívá tak okolní vzduch nebo kapalinu. Ohřátá voda z elektrického kotle je pak distribuována do jednotlivých místností. V případě elektrických přímotopů topný drát ohřívá přímo vzduch v místnosti a těleso přímotopu. V minulosti hojněji užívanou variantou jsou akumulární kamna, kde je teplo vyrobené elektrickou energií ukládáno v keramických cihlách s vysokou tepelnou kapacitou.

Výhodou otopné soustavy se zdrojem tepla vyráběným elektrickou energií je snadná regulace.

Spíše doplňkovou formou vytápění jsou infrazářiče a sálavé panely. Teplo z těchto zařízení je distribuováno hlavně pomocí sálání.

Fungují na jednoduchém principu odporového drátu, který ohřívá topné médium.

A4.1.2 Kotle na biopaliva

Biopaliva se v dnešní době staly díky své ceně zajímavou alternativou ke klasickému vytápění pomocí elektrokotlů, plynových kotlů nebo kotlů na pevná fosilní paliva. Kotle vhodné na spalování biomasy jsou odlišné konstrukce a jsou dražší než kotle klasické.

Kotle na biomasu lze rozdělit na základě několika kritérií.

Pro kotle na biomasu je specifikováno předepsané palivo. Kotle určené pro jeden druh paliva (např. pelety) mívají vysokou účinnost a velmi dobré technické parametry. Kotle vícedruhové jsou univerzálnější zařízení a umožňují volbu paliva s ohledem na dostupnost, popř. cenu. Vedle různých kombinací biomasy (např. pelety/štěpka/obilí, kusové dřevo/pelety) jsou na trhu zastoupeny i kotle, které vedle biomasy spalují uhlí (6).

Z hlediska obsluhy kotle se kotle rozdělují na kotle s obsluhou a kotle automatické.

Automatické kotle mají v kategorii kotlů na biomasu nejvyšší účinnost. Účinnost spalování se pohybuje do 95 %, celková účinnost automatických kotlů je nižší. Kromě samočinné dodávky paliva, která může být založena na šnekovém dopravníku, pneumatickém dopravníku a jejich kombinaci (palivo lze přidávat také využitím gravitace – gravitační doprava paliva), mají automatické kotle i další funkce, které zvyšují úspornost a komfort (6).

Obr.: příklad moderní kaskádové soustavy automatických kotlů na biomasu (Kotle Verner A501) (20)



Vybrané druhy paliv z biomasy a jejich vlastnosti:

Podle původu je biomasa rozdělena do 4 základních skupin,

dřevní, tedy biomasa, ze které je vyrobená naše peleta, je definována jako biomasa ze stromů, keřů a křovin.

Bylinná, což je biomasa z rostlin, které nemají dřevitý stonek a které odumírají na konci vegetační doby (obilniny, traviny, olejnin na semeno, kořenoviny, luskoviny, květiny).

Ovocná biomasa, kterou reprezentují části rostlin, které jsou ze semen, nebo obsahují semena (bobule, dužnina, semena).

Směsná, což jsou směsi a příměsi, tedy kombinace předešlých skupin s tím, že směsi jsou záměrně smíchaná biopaliva a příměsi nezáměrně smíchaná biopaliva (7).

Z hlediska formy, v které se fytopaliva dodávají na trh rozlišujeme pelety, brikety, piliny a hobliny, dřevní štěpku a v neposlední řadě pak palivové dříví.

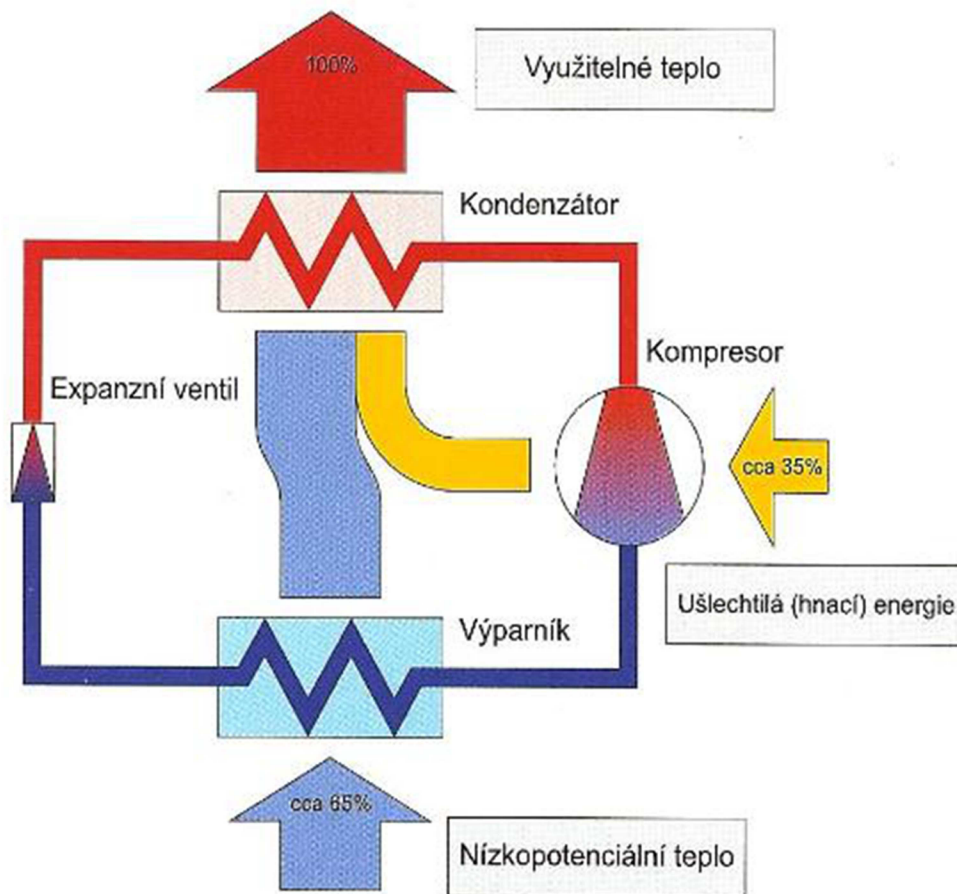
A4.1.3 Tepelná čerpadla

Moderním způsobem vytápění objektů je vytápění za využití nízkopotenciálního tepla. Jako obnovitelný zdroj je možné využívat tuto energii z přírody. Teplo povrchové a podzemní vody, geotermální teplo, teplo obsažené ve vzduchu to vše jsou obnovitelné zdroje nízkopotenciálního tepla. Dalším zdrojem tepla pak může být teplo „odpadní“, ztrátové, které vzniká provozem objektu, např. využití tepla při větrání objektu.

Základním úkolem tepelného čerpadla je zajištění přesunu energie z prostředí s nižší teplotou než teplota vzduchu ve vytápěném objektu (primární strana) do prostředí vytápěného objektu (sekundární strana).

Tepelné čerpadlo pracuje ve svém principu jako chladicí zařízení, jehož hnacím prvkem je kompresor poháněný zpravidla elektromotorem. Zařízení odvádí teplo v prvním výměníku (výparníku) teplo z prostředí s nižší teplotou (např. z okolního vzduchu nebo ze země) – tím prostředí ochlazuje – a pomocí hnací elektrické energie ho předává ve druhém výměníku (kondenzátoru) do prostředí s vyšší teplotou (např. do topné vody) – tím prostředí ohřívá (2).

Obr. : Princip funkce tepelného čerpadla (21).



Topný faktor (COP, Coefficient of performance) je podílem výkonu a příkonu tepelného čerpadla. Vyšší teplota nízkopotencionálního zdroje v podstatě zvyšuje topný faktor. Hodnota topného faktoru se v praxi pohybuje mezi 2,5-3,5 v optimálních podmínkách dosahuje topný faktor i hodnot i okolo 5.

Pro výpočet reálných úspor při vytápění tepelným čerpadlem je však vhodnější Roční topný faktor JAZ. Ten vyjadřuje průměrný topný faktor za celou topnou sezónu a jedná se o skutečně naměřené hodnoty se skutečným příkonem kompresoru i všech oběhových čerpadel a regulace (4).

V následujícím přehledu jsou uvedeny nejčastěji používaná tepelná čerpadla.

Tepelné čerpadlo „země-voda“

Jak uvádí Bašta, et al. (2) tepelné čerpadlo využívá nízkopotenciální teplo z vertikálního kolektoru (suchý vrt) o hloubce 50-150 m nebo z kolektoru horizontálního uloženého v půdě ve hloubce 1,5 až 2 m.

Vertikální kolektory jsou vhodnější pro tepelná čerpadla o větších výkonech. Tepelné čerpadlo s hlubinnými vrty má velmi dobrý topný faktor, který se během roku téměř nemění. To je dáno tím, že teplotu uvnitř vrtu je celoročně okolo 10°C (1).

Horizontální kolektory mohou být v zásadě dvojího typu. Výkopový kolektor je tvořen trubkovým hadem (nebo hady) vkládanými do úzkých výkopů s roztečí cca 1 m. Plošný kolektor je tvořen vlásenkami nebo smyčkami položenými s malou roztečí na dno výkopu širokého cca 1 m (2). Oproti vertikálnímu kolektoru mají horizontální tepelná čerpadla s horizontálním kolektorem mírně horší topný faktor. Ten se navíc v průběhu roku mění vzhledem k tomu, že kolektor umístěný v hloubce 1,5-2 m je ovlivněn klimatem a vychládáním půdy v průběhu roku. Na konci topné sezóny, tak má tepelné čerpadlo nejhorší tepelný faktor.

Teplo média (horniny, půdy) je využíváno nepřímo pomocí výměníků tepla. Vlastní transport tepla pak zajišťuje nemrznoucí a ekologicky nezávadná kapalina.

Tepelné čerpadlo „země-voda“

V případě tepelného čerpadla „voda-voda“ je zdrojem nízkopotenciální energie podzemní ve speciálních případech pak povrchová voda. V případě, že je množství podzemní vody dostatečné a je zajištěna její dostatečná celoroční teplota čistota je možné ji přímo využít jako transportního média. Po odebrání tepla této vodě čerpadlem, pak je nutné nevracet tuto vodu do stejného vrtu (studny), ale do vratné studny dostatečně vzdálené od studny odběrové. Nevýhodou tohoto systému, pak může být jakákoliv změna hydrologických poměrů ovlivňujících kvalitu a množství podzemní vody na lokalitě.

Minimální celoroční teplota podzemní vody je 8 °C. Potřebná vydatnost zdroje musí být ověřena dlouhodobými čerpacími zkouškami (2).

Tepelné čerpadlo „vzduch-voda“

Tato čerpadla využívají jako zdroj energie venkovní vzduch. Na rozdíl od předcházejících typů čerpadel, které se v zásadě konstrukčně příliš neliší (pomocí kapaliny je teplo zdroje přiváděno pomocí vody nebo nemrznoucí kapaliny do výparníku), u tepelného čerpadla „vzduch-voda“ je vzduch přiváděn přímo do výparníku.

Výhodou tohoto systému je široká dostupnost a nižší pořizovací náklady zařízení a jednodušší instalace proti čerpadlům „země-voda“ a „voda-voda“. Nevýhodou pak je proměnná teplota vzduchu v průběhu roku. Nejnižší efektivita provozu pak připadá na období s nejnižší teplotou venkovního vzduchu tj. na zimní období, v kterém je naopak třeba zajistit

nejvyšší návrhový výkon zdroje pro vytápění. Některá dnešní čerpadla pracují až do teploty vzduchu -15°C (někteří výrobci udávají i -20°C). Při klesajících teplotách vzduchu však klesá topný faktor.

Chlazení vzduchu na výparníku je vesměs provázáno kondenzací vlhkosti ve vzduchu obsažené. Při vyšších teplotách vzduchu kondenzát samovolně odtéká (odvod kondenzátu musí být zajištěn), při nižších teplotách kondenzát namrzá na ploše výměníku – tvoří námrazu. Námraza se musí periodicky odstraňovat – odtávat – jinak by došlo k selhání funkce výparníku a celého tepelného čerpadla (2). Nejčastějším způsobem odtávání kondenzátu je pomocí „zpětného chodu“ tepelného čerpadla, kdy je odebíráno tepla z objektu a využito na odtátí zmrzlého kondenzátu. Při určení topného faktoru „vzduch-voda“ je tak nutné počítat s tímto energetickým výdajem.

Bivalentní zdroj v systémech s tepelným čerpadlem

Potřeba výkonu pro vytápění se během roku mění. Dimenzovat tepelné čerpadlo pro maximální výkon je obvykle neekonomické. Větší tepelné čerpadlo a delší vrty či větší zemní kolektor výrazně zvyšují pořizovací náklady (1). Použití tepelného čerpadla „vzduch-voda“ jako monovalentního zdroje je v podstatě nemožné vzhledem k tomu, že při velkých mrazech je čerpadlo úplně odstaveno z provozu.

Proto se v tepelných soustavách s tepelným čerpadlem většinou používá ještě druhý zdroj energie pro vytápění, jehož funkcí je zajistit vytápění ve „špičce“, tj. v období největší mrazů.

Tento zdroj bývá větší elektrokotel. V dnešní době se v některých tepelných čerpadlech již vyskytuje elektrokotel vestavěný. Druhý zdroj slouží také jako záložní zdroj v případě odstávky tepelného čerpadla.

Zásadní nevýhoda tohoto systému je v tom, že elektrokotel zvyšuje potřebnou kapacitu elektrické přípojky. Tím rostou i platby za jistič (1).

Vlastnosti tepelné soustavy při použití tepelného čerpadla

Použití tepelného čerpadla jako zdroje energie pro vytápění s sebou nese četná specifika, které musí projektant při návrhu otopné soustavy respektovat. Pro úsporu výdajů pro provoz kompresoru tepelného čerpadla je elektrická energie odebírána pokud možno pouze v nižší sazbě přímotopných tarifů. V současné době dodavatelé elektrické energie nabízejí tarify „na míru“ tepelným čerpadlům a dodávají elektřinu v nižší sazbě po dobu 22 hodin ze dne.

Vždy je nutno pamatovat na teplotní omezení tepelných čerpadel a otopnou soustavu dimenzovat na teplotní spád max. $55/45^{\circ}\text{C}$. Některá tepelná čerpadla mají výstupní teplotu

až 65 °C, platí zde však jednoduchá úměra - čím větší výstupní teplota, tím menší topný faktor a tudíž i možná úspora (3).

A4.1.4 Plynové spotřebiče

Zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody je za plynový spotřebič považován tehdy, je-li jeho jmenovitý výkon nižší než 50 kW. Místnost, ve které je instalován, je považována za místnost s plynovým spotřebičem a z hlediska požadavků pro přívod vzduchu a plynovodu platí předpisy dány TPG 70 401. Tytéž předpisy platí pro zařízení s plynovými spotřebiči (kotli) do instalovaného výkonu 100 kW, přičemž žádný z kotlů nepřesahuje výkonově 50 kW. Základní rozdělení plynových spotřebičů uvádí TPG 80 000. Podle způsobu přívodu vzduchu a odvodu spalin se rozlišují plynové spotřebiče (kotle) v provedení B a C. Spotřebiče B si odebírají vzduch pro spalování z prostoru, ve kterém jsou umístěny a spaliny odvádějí do venkovního prostoru komínem nebo kouřovodem. Spotřebiče typu C jsou uzavřené, vzduch pro spalování je přiváděn přímo z venkovního prostoru nebo vzduchové šachty. Odvod spalin je kouřovodem do střechy, fasády nebo komínového průduchu.

Kotle se vyrábí jako standardní, nízkoteplotní nebo kondenzační.

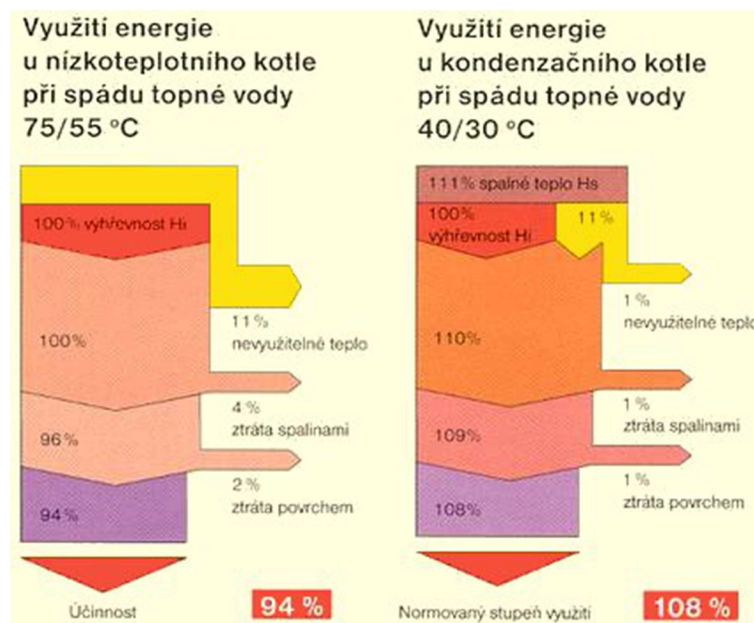
Standardní kotel je navržen pro provoz se suchými spalinami. Nejnižší dovolená teplota vstupní vody do kotle je omezena hodnotou 60 °C. Teplota spalin bývá v rozsahu 120 až 180 °C. Při napojení na vytápěcí soustavu musí být za kotlem osazeno zařízení pro zajišťování dostatečně vysoké teploty vstupní vody (zpátečky), aby nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti z vodní páry obsažené ve spalinách a následně k nízkoteplotní korozi teplosměnné plochy v místě zaústění vstupu vody do kotle. Průměrná účinnost kotle bývá 91 %.

Nízkoteplotní kotel je navržen pro provoz se suchými spalinami, přičemž může pracovat i s teplotami vstupní vody do kotle 35 až 40 °C. Za určitých podmínek může v kotli docházet ke kondenzaci, proto musí být teplosměnná plocha provedena z materiálu odolnějšího proti korozi. Většinou se jedná o litinové článkové kotle. Teplota spalin bývá v rozsahu 90 až 140 °C. Napojení na vytápěcí soustavu může být přímé bez směšovacích armatur s přímým řízením výkonu kotle podle vnější teploty. Průměrná účinnost kotle bývá 93 %.

Kondenzační kotel je navržen záměrně pro kondenzační provoz, tzn., že přímo v kotli má docházet ke kondenzaci vlhkosti z vodní páry obsažené ve spalinách. Proto musí být teplosměnná plocha provedena z materiálu plně odolného proti korozi. Používá se nerezová ocel nebo hliníko-hořčíková slitina. Kondenzát z kotle musí být trvale odváděn. Využitím kondenzačního tepla se snižuje spotřeba plynu. Teplota vstupní vody do kotle není

omezována určitou výší. Teplota spalin je v rozsahu 40 až 90 °C v silné závislosti na teplotě vody vstupní vody tepelné soustavy a také na okamžitém vytížení kotle. Protože teplota spalin je nízká a nestačila by pro vytvoření dostatečného tahu v komíně, a tím k bezpečnému odvodu spalin, musí být v kondenzačním kotli vzduchový nebo spalinový ventilátor. Spaliny vstupující do komína jsou mokré. Proto komínová konstrukce musí odolávat vlhkosti a také vnitřnímu přetlaku. Průměrná účinnost kotle bývá podle okamžitého provozního stavu 96 až 104 % (19).

Obr.:Porovnání účinnosti nízkoteplotního a kondenzačního plynového kotle (22).



A4.2 Otopné plochy

A4.2.1 Sálavé velkoplošné vytápění

Je zřejmé, že se u sálavého vytápění podstatná část tepla sdílí sáláním a pouze malé množství tepelného toku se do vytápěného prostoru sdílí konvekcí. Vzhledem k této skutečnosti je potřebné při návrhu podlahového vytápění určit:

- tepelnou rovnováhu sálající otopné plochy
- tepelnou rovnováhu vzduchu
- tepelnou rovnováhu sálající otopné plochy a vzduchu
- tepelnou rovnováhu vytápěného prostoru.

U velkoplošného vytápění tvoří otopnou plochu obvykle některá ze stěn ohraničujících vytápěný prostor. Je to tedy strop, stěna či podlaha. Povrchová teplota otopné vody je poměrně nízká (40 až 45°C u stropního, 55 až 60 °C u stěnového a 25 až 34 °C u podlahového vytápění) tudíž i teplota teplotonosné látky bude nízká. Otopná plocha je

zahřívána

- teplou vodou
- teplým vzduchem
- elektricky.

Nízkoteplotní otopné soustavy jsou vhodné pro využívání tepla z nízkopotenciálních zdrojů.

Podle použité plochy lze velkoplošné soustavy rozdělit na:

- podlahové
- stropní
- stěnové.

Podíl tepelného toku sáláním u stropního vytápění je 80%, u stěnového 65% a u podlahového 55% přičemž konstrukční provedení otopné plochy bývá různé. Je možno uvést dvě základní řešení:

- otopná plocha je nedělitelnou součástí stavební konstrukce
- otopná plocha je samostatná
 - buď upevněná na některé ze stavebních konstrukcí
 - nebo umístěná volně ve vytápěném prostoru.

Velkoplošné podlahové vytápění

Volba podlahového vytápění jako prostředníka k zajištění tepelné pohody, je dána objektem samým. Ten musí splňovat tepelnětechnické vlastnosti tak, že průměrná tepelná ztráta by měla být menší jak 20 W/m^3 eventuálně průměrná roční spotřeba tepla nižší než 70 až 80 kWh/m^2 . Z těchto údajů je patrné, že minimální náročnost objektu vzhledem ke spotřebě tepla je na prvním místě a teprve následně přistupuje vhodný provozní režim, možnost akumulace tepla či optimální regulace.

Tab.: Celkový součinitel přestupu tepla α_p a měrný tepelný tok q u velkoplošného sálavého vytápění.

Použitá plocha		Povrchová teplota plochy t_p [°C]							
		25	30	35	40	45	50	55	60
Stropní	α_p [W/m ² K]	-	-	7,4	7,5	7,5	-	-	-
	q [W/m ² K]	-	-	126	165	208	-	-	-
Podlahová	α_p [W/m ² K]	9,2	10,0	-	-	-	-	-	-
	q [W/m ² K]	64	120	-	-	-	-	-	-
Stěnová	α_p [W/m ² K]	-	-	-	-	-	11,0	11,4	11,7
	q [W/m ² K]	-	-	-	-	-	352	422	491

Tepelná pohoda

Úkolem vytápění je zajistit tepelnou pohodu ve vytápěném prostoru. To znamená, že musíme dosáhnout takových poměrů, za kterých člověk nepocituje ani chlad ani nadměrné teplo či mokře se potí, tedy cítí se tepelně neutrálně. Základní faktory, které ovlivňují tepelnou pohodu jsou:

a) faktor osoby

- činnost vyjádřená metabolickým tepelným tokem q_m [W/m²]
- tepelný odpor oblečení R_{ob} [m²K/W]

b) faktory prostředí

- teplota vnitřního vzduchu t_i [°C]
- účinná teplota okolních ploch t_u [°C]
- rychlost proudění vzduchu w [m/s]
- tlak vodních par ve vzduchu p_D [Pa]

Současně však musí za požadavku tepelné neutrality být splněno, že se žádná část těla nepřehřívá či nepodchlazuje.

Vzhledem k přímému kontaktu chodidla s podlahou může dojít k lokální tepelné nepohodě v důsledku vysoké povrchové teploty podlahy. Proto je velmi důležité znát, jaké povrchové teploty podlahy člověk akceptuje a během jaké doby kontaktu chodidla s podlahou a při jakém druhu obutí.

Pro podlahy kde se vyskytují neobutí lidé je rozhodující jejich skladba. Na základě teorie sdílení tepla je pak možné stanovit optimální povrchové teploty pro různé druhy podlah.

Podlahy využívané obutými lidmi neovlivňují z hlediska materiálu podlahové krytiny lokální tepelnou pohodu člověka. V tomto případě se doporučuje optimální teplota podlahy pro dlouhodobě sedící osoby 25°C a pro stojící a chodící osoby 23 °C. Obecně je u podlahového vytápění rozhodující, že průměrná teplota podlahy by neměla překročit 29°C.

Tab.: Optimální povrchová teplota užívané plochy bez obutí

Podlahový materiál	Optimální povrchová teplota podlahy		Doporučené rozmezí povrchové teploty podlahy t_p [°C]
	1. min	10. min	
Textilie	21	24,5	21,0 až 28,0
Korek	24	26	21,0 až 28,0
Dřevo - borovice	25	26	21,0 až 28,0
- dub	26	26	21,0 až 28,0
PVC na betonu	28	27	21,0 až 28,0
Linoleum na dřevě	28	26	21,0 až 28,0
Plynobeton	29	27	21,0 až 28,0
Betonová mazanina	28,5	27	21,0 až 28,0

A4.2.2 Vytápění otopnými tělesy

Otopná tělesa jsou otopné plochy, které jsou volně umístěny ve vytápěném prostoru tak, aby vhodným způsobem kryly tepelnou ztrátu a zajistily tak tepelnou pohodu. Otopná tělesa se tak odlišují od integrovaných otopných ploch, jako je podlahová, stropní či stěnová otopná plocha, které jsou přímo včleněny ve vytápěném prostoru.

Otopné těleso pro ústřední vytápění je vlastně výměníkem tepla, prostřednictvím kterého se z teplotnosné látky (nejčastěji voda, pára) sdílí do vytápěného prostoru teplo.

Sdílení tepla konvekcí a sáláním otopného tělesa na straně vzduchu je pro vytápěnou místnost rozhodující. Konstrukce otopného tělesa, tedy jeho druh a typ ovlivňují způsob proudění vzduchu okolo otopného tělesa a tak složku přirozené konvekce.

Otopná tělesa rozdělujeme podle druhu, typu a velikosti. Druh je určen konstrukčním řešením vnější přestupní plochy, typ je charakterizován provedením a hlavními rozměry příslušného druhu tělesa.

Podle druhu dělíme otopná tělesa na:

- článková (podle materiálu pak ocelová, litinová, ze slitin hliníku, z plastů atp.). Jsou to články buď hladké či se žebry malých rozměrů, kde $B > L$ vzájemně těsně spojeny v nábojích do souprav.

- desková (podle materiálu ocelová, ze slitin hliníku, plastová, ale i litinová). Jsou to hladké desky či desky s konvekčním plechem větších rozměrů, kde $L > B$.
- trubková (podle materiálu ocelová, ze slitin hliníku, z mědi a plastů). Sestávají z rozvodné a sběrné komory spojené trubkovými profily. Vyrábějí se z trubek nebo tažených profilů sestavených do registrů se svislými či vodorovnými kanálky, do meandrů apod.
- konvektory (podle materiálu nejčastěji ocelové, hliníkové a měděné). Nejčastěji jde o trubky s lamelami sestavené do otopných článků, umístěné v uzavřené nebo polo uzavřené skříni či šachtě.

Desková otopná tělesa

Desková otopná tělesa dělíme na

- jednoduchá
- zdvojená
- ztrojená

s rozšířenou přestupní plochou či bez. Tělesa jsou již z výroby z boku zakryta bočnicí a shora výdechovou mřížkou, což zlepšuje jejich vzhled. Mají přestupní plochu rozloženou převážně do délky. Mají malý vodní obsah, což umožňuje rychlou reakci na regulační zásah a rovněž tak mají i nižší hmotnost než tělesa článková. Kanálky jsou tvořeny vlisy ve tvaru kosodélníku či kruhových úsečí.

Ustálené číselné označení typů deskových ocelových těles zároveň určuje počet konvekčních plechů tj. počet rozšířených přestupních ploch.

Tab.: Typové označení deskových OT

Typ	Počet desek	Počet konvekčních plechů	Typ	Počet desek	Počet konvekčních plechů
10	1	0	21	2	1
11	1	1	22	2	2
20	2	0	23	3	3

Rozšířená přestupní plocha (konvekční plech) tvoří obvykle soustavu žeber, jejichž styk s přestupní plochou tělesa by měl být z hlediska vedení tepla co nejdokonalejší. Konvekční plech může být na přestupní ploše desky uspořádán nejrůznějším způsobem. Nejčastěji je

vyráběn z ocelového plechu o tloušťce 0,5 mm.

Konvekční plech byl dříve bodově přivařen k výlisku desky mezi svislými kanálky, tj. v místech o nižší teplotě, než je na povrchu kanálku. Přibodováním konvekčního plechu na povrch kanálků se dosáhlo u těles typu 11 a 21 zvýšení celkového tepelného výkonu až o 15 % proti dřívějšímu umístění. Tvar a hlavní rozměry konvekčního plechu, rozmístění prolisů, rozteč a jakost bodových svarů ovlivňují podstatným způsobem výsledek.

V ČSN EN 442-2 je uveden podíl tepelného výkonu sáláním pro současné druhy a typy otopných těles. Je patrné, jak se výhoda sdílení tepla sáláním i u těles deskových pozvolna ztrácí s nárůstem počtu konvekčních plechů. Při vývoji nových typů deskových těles by bylo proto vhodné soustředit pozornost spíše na využití co nejvyššího podílu sdílení tepla sáláním.

Tab.: Podíl tepla sdíleného sáláním u některých těles

Otopné těleso	Podíl tepla sdíleného sáláním (%)
Deskové typ 10	50
Deskové typ 20	35
Deskové typ 11	35
Deskové typ 21 a 22	20
Deskové typ 32 a 33	10
Článekové; B < 110 mm	30
Článekové; B > 110 mm	35
Konvektor	5

Konvektory a jejich typy

Konvektor je otopné těleso, které sdílí teplo do vytápěného prostoru převážně konvekcí. Skládá se obvykle z výměníku tepla a skříně, opatřené v horní části výdechovou mřížkou. Konvektory jsou pojmenovány podle toho, kde je umístěn otopný článek (výměník tepla). Konvektory tak lze rozdělit na:

- skříňové, ty jsou dodávány jako celek, či část jejich skříně může tvořit stěna stavební konstrukce nebo zařízení interiéru.

- soklové, které jsou situovány ve vytápěném prostoru u podlahy s nízkou skříní. Jelikož jsou často umístovány pod nízký parapet průběžně v jeho plné délce, jsou často nazývány jako podparapetní.
- Zapuštěné mají skříně v podobě součásti stavby. Je to většinou podlaha, kdy je žebrovka uložena v kanálu v podlaze pod oknem a zakrytá nášlapnou krycí rohoží. V tomto případě se jedná o podlahový konvektor. Stejně tak rozeznáváme i konvektor stropní. Tyto konvektory jsou často, vzhledem ke zvětšení jejich malého tepelného výkonu, opatřeny nuceným vybíjením pomocí ventilátoru.

Jak je z popisu a rozdělení jednotlivých typů patrné, mohou být konvektory podle svého řešení osazovány buď těsně na obvodovou stěnu, nebo v její blízkosti na stojánky. Některé typy se umísťují i přímo do stavební konstrukce, např. do zdi a do podlahy.

A5. Experimentální řešení

A5.1 Teoretická předpoklady – sdílení tepla

Úkolem otopné plochy je dodat do vytápěného prostoru takové množství tepla a takovým způsobem, aby v něm byla vytvořena tepelná pohoda. Veličiny, které mají hlavní vliv na tepelnou pohodu lze ovlivnit druhem, velikostí a způsobem instalace otopné plochy. Hlavním je pak ovlivnění:

- směru a rychlosti proudění vzduchu ve vytápěném prostoru
- rozložení teplot (teplotní profil) ve vytápěném prostoru
- povrchových teplot okolních ploch vzhledem k jejich sálavému účinku.

Otopná tělesa se odlišují od integrovaných otopných ploch, jako je podlahová, stropní či stěnová otopná plocha, které jsou přímo včleněny ve vytápěném prostoru.

A5.1.1 Teplo sdílené sáláním a konvekcí

Pro vytápěnou místnost je rovněž podstatný způsob sdílení tepla u otopné plochy na straně vzduchu. Vzájemný poměr mezi konvekcí a sáláním ovlivňují především druh a typ otopné plochy, neboť ovlivňují způsob proudění vzduchu okolo otopné plochy a tak složku přirozené konvekce.

Celkovým tepelným výkonem otopné plochy Q_c rozumíme součet tepelného toku sdíleného do okolního prostoru sáláním Q_z a konvekcí Q_k .

Tepelný výkon otopných těles je především závislý na uspořádání teplosměnné plochy na straně vzduchu. Je zřejmé, že celkový tepelný výkon není závislý na průmětné ploše tělesa do prostoru, ale je na ní převážně závislá část tepelného výkonu sdílená sáláním. Podíl tepla sdílený sáláním je závislý na poměru průmětné čelní plochy a konvekčních ploch.

A5.2 Návrh experimentu

Cílem experimentu je pokusně určit změnu efektivního výkonu deskového tělesa při zakrytí pomocí krytu z čelní strany tělesa a simulovat tak reálnou situaci v předškolních zařízeních, kde je legislativně nařízeno použití krytů kvůli bezpečnosti před úrazem.

V laboratorních podmínkách je navrženo měření při různých tepelných výkonech tělesa a referenční hodnoty jsou srovnány s měřením výkonu při zakrytí čelní stěny tělesa kartonem.

Měření je prováděno na otopném tělese Korado RADIK KLASIK typ 22 o rozměrech 2000 mm x 600 mm.

Změna výkonu deskového otopného tělesa při plošném zakrytí z čelní strany zjištěná při experimentu bude zohledněna při návrhu otopné soustavy v části B.

A5.3 Měřicí technika

V experimentu byly použity tyto přístroje pro měření veličin :

Transport PT878 pro měření průtoku otopné vody

Měřicí ústředna ALMEMO 3290 – pro zaznamenávání hodnot v časových intervalech spolu s termickými snímači pro určení teplot otopného tělesa, stěn a teploty konvektivního proudu a dále také pro určení teploty přivodní a vratné topné vody.

Fluke Thermal imager Ti 45 pro pořízení termosnímků místnosti s otopným tělesem typ 22.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

B APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ – KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. HANA SCHÄFEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN TOPIČ

BRNO 2012

B1 Analýza objektu a jeho koncepční řešení

B1.1 Analýza objektu

Řešený objekt je zděná mateřská školka v Kuřimi o půdorysných rozměrech 62,515 m x 16,36 m a zastavěná plocha činí 765,2 m².

Budova sestává ze čtyř částí a to tří tříd a zázemím pro zaměstnance.

B1.2 Koncepční řešení

Bytový dům se nachází v nadmořské výšce 286m. Výpočtová venkovní teplota pro zimní období činí -15°C, průměrná teplota v otopném období je 3,7°C.

Otopný systém bude dvoutrubkový rozdělený do čtyř větví dle světových stran. Oběh teplé vody bude nucený. Jako zdroj tepla budou navrženy plynové kondenzační kotle.

Pro zajištění dostatečné výměny vzduchu ve výdejních jídlu bude navrženo nucené rovnotlaké větrání s ohřevem s teplotou přiváděného vzduchu 18°C.

Teplá voda bude připravována lokálním zásobníkovým ohřevem.

Otopné plochy budou navrženy tak, aby splňovaly veškeré požadavky na tepelnou pohodu prostředí.

B1.3 Energetický štítek obálky budovy

Protokol k energetickému štítku obálky budovy - stávající stav

Identifikační údaje

Druh stavby Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ) Katastrální území a katastrální číslo Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	Mateřská školka Kuřim, Brněnská Kuřim č. kat.
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník Adresa Telefon / E-mail	/

Charakteristika budovy

Objem budovy V - vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahnuje lodžie, římsy, atiky a základy	3 002,6 m ³
Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	2563,0 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A/V	0,85 m ⁻¹
Převažující vnitřní teplota v topném období θ_{im}	22,0 °C
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e	-15,00 °C

Ochlazovaná konstrukce	Referenční budova (stanovení požadavku)				Hodnocená budova			
	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ (požadovaná hodnota podle 5.2) [W/m ² K]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]	Činitel teplotní redukce b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]
Stěny venkovní SO1	710,8	0,38	1,00	270,1	710,8	0,320	1,00	227,5
Podlaha na terénu PDL1	437,6	0,45	0,42	82,7	437,6	0,380	0,42	69,8
Podlaha na terénu PDL2	327,6	0,45	0,56	82,6	327,6	0,390	0,56	71,6
Okna a jiné výplně otvorů z vytápěného prostoru 1 - Dveře	26,1	1,7	1,00	44,4	26,1	1,300	1,00	33,9
Okna a jiné výplně otvorů z vytápěného prostoru 2 - Okna	175,8	1,5	1,00	263,7	175,8	1,100	1,00	193,4
Střechy ploché a šikmé se sklonem do 45°, podlaha nad venkovním prostorem SCH1	885,1	0,24	1,00	212,4	885,1	0,190	1,00	168,2
Celkem	2 563,0			955,8	2 563,0			764,3
Tepelné vazby	2 563,0	0,02		51,3	2 563,0	0,02		51,3
Celková měrná ztráta postupem tepla				1 007,1				815,6
Průměrný součinitel prostupu tepla podle 5.3.4 a tabulky 5		$U_{em} = \Sigma(U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j) / \Sigma A_j + 0,02$ s omezením shora podle tabulky 5 pro A/V = 0,85 $U_{em} = 0,48$ 912,6/2095,8+0,02		požadovaná hodnota: 0,39 doporučená: 0,29				0,32 Vyhovuje požadované hodnotě
Klasifikační třída obálky budovy podle přílohy C				0,32/0,39=0,82				Třída C - Vyhovující

Klasifikace třídy prostupu tepla obálkou hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Klasifikační ukazatel C1 pro hranice klasifikačních tříd	U _{em} [W/(m ² *K)] pro hranice klasifikačních tříd	
		Obecně	Pro hodnocenou budovu
A	0,5	$U_{em} \leq 0,5 * U_{em, N}$	0
B	0,75	$0,5 * U_{em, N} < U_{em} \leq 0,75 * U_{em, N}$	0,20
C	1	$0,75 * U_{em, N} < U_{em} \leq U_{em, N}$	0,29
D	1,5	$1,5 * U_{em, N} < U_{em} \leq 2,0 * U_{em, N}$	0,39
E	2	$2,0 * U_{em, N} < U_{em} \leq 2,5 * U_{em, N}$	0,59
F	2,5	$2,0 * U_{em, N} < U_{em} \leq 2,5 * U_{em, N}$	0,79
G	> 2,5	$U_{em} > 2,5 * U_{em, N}$	0,98

Klasifikace: C - Vyhovující

Datum vystavení energetického štítku obálky budovy: 1/12/2011

Zpracovatel energetického štítku obálky budovy:




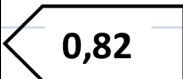




IC:

Zpracoval: Bc. Hana Schäferová

Číslo autorizace ČKAIT:

Tento protokol a energetický štítek obálky budovy odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a prEN 15217. Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540-2 a podle projektové dokumentace stavby dodané objednatelem.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Typ budovy, místní označení: Vzdělávací budova, laboratoře a počítačové centrum		Hodnocení obálky budovy	
Adresa budovy: Kuřim			
Celková podlahová plocha A_c =	765,25 m ²	stávající	po realizaci
CI	VELMI ÚSPORNÁ		
			
0,5			
0,75			
1,00			
1,50			
2,00			
2,50			
	MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ		
KLASIFIKACE			
Průměrný součinitel prostupu tepla obvodového pláště budovy U_{em} ve W/(m ² K) $U_{em} = H_T/A$		0,32	
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em, N}$ ve W/(m ² K)		0,39	
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em} pro A/V=		0,85	
CI	0,50	0,75	1,00
U_{em}	0,20	0,29	0,39
		1,50	2,00
		0,59	0,79
			2,50
			0,98
Platnost štítku:	Vypracováno: 4.12.2011		
Štítek vypracoval:	Jméno a příjmení	Bc. Hana Schäferová	
	Klasifikace po realizaci	C	

B2 Návrh systému vytápění

B2.1 Tepelné posouzení konstrukce

Dle normy ČSN 73 0540-2

KONSTRUKCE	UN,20 [W/m2 K]	U [W/m2 K]
Podlaha přilehlá k zemině (S1.01, S1.05)	0,45*	0,38
Podlaha přilehlá k zemině (S1.02, S1.04)	0,45	0,39
Obvodová stěna	0,38	0,32
Příčka tl. 250 mm	1,05	0,55
Příčka tl. 180 mm	2,4	0,45
Příčka tl. 120 mm	2,7	2,55
Okna s izolačním dvojsklem	1,5	1,1
Dveře	1,7	1,3
Střecha	0,24	0,19

* Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31. 12. 2012 připouští tato hodnota.

B2.2 Výpočet tepelných ztrát objektu

Výpočet byl proveden dle ČSN EN 12831 pomocí programu PROTECH

podl.	č.m.	účel	úsek	t_i °C	n_p	V_{np} m ³ .h ⁻¹	V_{n50} m ³ .h ⁻¹	V_{mech} m ³ .h ⁻¹	f_{RH}
ÚSEK 1									
1	102	102 + 143 + 101 + 10	1	15	0,5	317,9	76,3	0,0	6
1	103	ŠATNA	1	20	0,5	16,7	0,0	0,0	6
1	104	UMÝVÁRNA	1	24	1,5	47,0	0,0	0,0	6
1	105	WC HOŠI	1	24	1,5	55,1	0,0	0,0	6
1	106	LOŽNICE	1	22	2,0	350,8	21,0	0,0	6
1	107	JÍDELNA + HERNA	1	22	1,5	466,1	37,3	0,0	6
1	107A	HERNA - MOKRÁ	1	24	0,5	10,4	0,0	0,0	6
1	108	WC	1	20	0,5	5,4	0,0	0,0	6
1	109	SKLAD HRAČEK	1	22	0,5	4,1	0,0	0,0	6
1	111	UMÝVÁRNA + SKLAD	1	20	0,5	7,7	0,0	0,0	6
1	112	112+113 ÚKLID + CHLA	1	20	0,5	6,6	0,0	0,0	6
1	114	114+115 KUCHYŇ	1	20	15,0	1 385,6	11,1	1 350,0	0
1	116	116+117 WC	1	24	1,5	31,8	2,5	0,0	6
1	119	SKLAD HRAČEK	1	22	0,5	4,1	0,0	0,0	6
1	120	WC	1	20	0,5	5,4	0,0	0,0	6
1	121	ŠATNA	1	20	0,5	16,7	0,0	0,0	6
1	122	UMÝVÁRNA	1	24	1,5	49,5	0,0	0,0	6
1	123	WC HOŠI	1	24	1,5	58,9	0,0	0,0	6
1	124	LOŽNICE	1	22	2,0	350,8	21,0	0,0	6
1	125	JÍDELNA + HERNA	1	22	1,5	466,1	37,3	0,0	6
1	125A	HERNA - MOKRÁ	1	24	0,5	10,4	0,0	0,0	6
1	126	TECH. MÍSTNOST	1	15	0,5	15,6	0,0	0,0	6
1	127	127+128 KUCHYŇ	1	20	15,0	813,4	4,3	800,0	0
1	131	SKLAD HRAČEK	1	22	0,5	4,1	0,0	0,0	6
1	132	WC	1	20	0,5	5,4	0,0	0,0	6
1	133	ŠATNA	1	20	0,5	16,7	0,0	0,0	6
1	134	UMÝVÁRNA	1	24	1,5	47,0	0,0	0,0	6
1	135	WC HOŠI	1	24	1,5	55,1	0,0	0,0	6
1	136	LOŽNICE	1	22	2,0	350,8	21,0	0,0	6
1	137	JÍDELNA + HERNA	1	22	1,5	466,1	37,3	0,0	6
1	137A	HERNA - MOKRÁ	1	24	0,5	10,4	0,0	0,0	6
1	138	ŠATNA	1	20	0,5	13,1	3,2	0,0	6
1	139	WC	1	20	1,5	15,2	0,0	0,0	6
1	140	SKLAD ČISTÉHO PRÁDLA	1	15	0,5	4,4	0,0	0,0	6
1	141	SKLAD	1	15	0,5	10,8	0,0	0,0	6
1	142	ŘEDITELNA	1	20	1,0	28,3	3,4	0,0	6
1	144	SBOROVNA	1	20	2,0	142,7	8,6	0,0	6
1	145	145 + 146 WC	1	20	1,5	31,3	0,0	0,0	6
1	147	147 + 148 + 149 WC	1	20	1,5	48,0	3,8	0,0	6
1	150	CHODBA	1	15	0,5	16,8	2,7	0,0	6

č.m.	úsek	V _{mi} m ³	A _p m ²	H _{Tm} W/K	H _{Vm} W/K	Φ _{Tm} W	Φ _{Vm} W	Φ _{RHm} W	Φ _{HLm} W	Q _{cm} W	Q _z W
ÚSEK 1											
102	1	635,9	183,2	76	108	2 283	3 243	1 099	6 626	6 626	0
103	1	33,4	9,6	6	6	218	199	58	475	475	0
104	1	31,3	9,0	9	16	363	623	54	1 041	1 041	0
105	1	36,7	10,6	15	19	572	730	63	1 366	1 366	0
106	1	175,4	50,5	42	119	1 559	4 413	303	6 275	6 275	0
107	1	310,7	89,5	75	158	2 781	5 864	537	9 182	9 182	0
107A	1	20,8	6,0	10	4	384	138	36	559	559	0
108	1	10,7	3,1	0	2	14	64	19	96	96	0
109	1	8,2	2,4	5	1	175	52	14	240	240	0
111	1	15,3	4,4	9	3	321	91	26	439	439	0
112	1	13,1	3,8	5	2	176	78	23	276	276	0
114	1	92,4	26,6	16	11	549	371	0	920	920	0
116	1	21,2	6,1	18	11	694	421	37	1 152	1 152	0
119	1	8,2	2,4	5	1	175	52	14	240	240	0
120	1	10,7	3,1	0	2	14	64	19	96	96	0
121	1	33,4	9,6	6	6	218	199	58	475	475	0
122	1	33,0	9,5	6	17	251	656	57	964	964	0
123	1	39,2	11,3	9	20	369	780	68	1 217	1 217	0
124	1	175,4	50,5	40	119	1 491	4 413	303	6 207	6 207	0
125	1	310,7	89,5	75	158	2 772	5 864	537	9 173	9 173	0
125A	1	20,8	6,0	10	4	384	138	36	559	559	0
126	1	31,3	9,0	-3	5	-95	159	54	119	119	0
127	1	54,2	15,6	21	9	728	324	0	1 052	1 052	0
131	1	8,2	2,4	5	1	191	52	14	256	256	0
132	1	10,7	3,1	0	2	14	64	19	96	96	0
133	1	33,4	9,6	6	6	218	199	58	475	475	0
134	1	31,3	9,0	9	16	363	623	54	1 041	1 041	0
135	1	36,7	10,6	15	19	572	730	63	1 366	1 366	0
136	1	175,4	50,5	39	119	1 452	4 413	303	6 168	6 168	0
137	1	310,7	89,5	76	158	2 818	5 864	537	9 219	9 219	0
137A	1	20,8	6,0	10	4	384	138	36	559	559	0
138	1	26,3	7,6	20	4	716	156	45	918	918	0
139	1	10,1	2,9	7	5	262	180	17	460	460	0
140	1	8,8	2,5	-5	1	-142	45	15	0	0	0
141	1	21,7	6,2	-2	4	-55	111	37	93	93	0
142	1	28,3	8,2	24	10	826	337	49	1 212	1 212	0
144	1	71,3	20,6	30	49	1 035	1 698	123	2 856	2 856	0
145	1	20,9	6,0	6	11	226	373	36	635	635	0
147	1	32,0	9,2	21	16	729	571	55	1 355	1 355	0
150	1	33,7	9,7	-4	6	-106	172	58	124	124	0
Σ úsek 1		3 002,6	865,3	716	1 231	25 902	44 659	4 938	75 581	75 581	0

B2.3 Návrh otopných těles

Vzhledem k nízkému parapetu, velikosti prosklených ploch a nutnosti zakrytí deskových otopných těles byl zvolen teplotní spád: $t_{m1} = 70^\circ\text{C}$ / $t_{m2} = 55^\circ\text{C}$.

K přihlídnutí k povaze objektu, jedná se o stavbu se zvýšeným nebezpečím úrazu a tudíž musí být instalována otopná tělesa opatřena ochrannými kryty, uvažují 10 % ztrátu výkonu topného tělesa zakrytého krytem. Proto jsou otopná tělesa dimenzována na 110% ztráty místnosti.

Navržena desková otopná tělesa RADIK VK, dále lavicové konvektory LICON PK a podlahové konvektory LICON OL/D.

č.m.	Účel	Q_{cm} [kW]	110 % Q_{cm} [kW]	Výkon OT [kW]	Typ OT	Q_{skut} [kW]
102	102 + 143 + 101 + 101a	6626	7289	568	Licon PK 160/19/28 * 13x konvektor	7384
103	ŠATNA	475	523	577	RADIK VK 21/600/600	577
104	UMÝVÁRNA	1041	1145	808	RADIK VK 21/600/800	808
105	WC HOŠI	1366	1503	1616	RADIK VK 22/600/1400	1616
106	LOŽNICE	6275	6903	2502	RADIK VK 21/600/2600	
				2502	RADIK VK 21/600/2600	
				2214	LICON OL/D 200	7218
107	JÍDELNA + HERNA	9182	10100	3911	RADIK VK 33/400/3000	
				3390	RADIK VK 33/400/2600	
				3390	RADIK VK 33/400/2600	10691
107A	HERNA - MOKRÁ	559	615	976	LICON OL/D 100	976
				*částečně pokrývá ztrátu místnosti 104		
109	SKLAD HRAČEK	240	264	315	RADIK VK 20/500/500	315
111	UMÝVÁRNA + SKLAD	439		515	RADIK VK 20/600/700	515
112	112+113 ÚKLID + CHLA	276		324	RADIK VK 20/400/500	324
114	114+115 KUCHYŇ	920		1130	RADIK VK 21/600/1100	1130
116	116+117 WC	1152	1267	687	RADIK VK 20/600/1000	
				687	RADIK VK 20/600/1000	1374
119	SKLAD HRAČEK	240	264	315	RADIK VK 20/500/500	315
121	ŠATNA	475	523	577	RADIK VK 21/600/600	577
122	UMÝVÁRNA	964	1060	808	RADIK VK 21/600/800	808
123	WC HOŠI	1217	1339	1403	RADIK VK 22/600/1200	1430
124	LOŽNICE	6168	6785	2502	RADIK VK 21/600/2600	
				2502	RADIK VK 21/600/2600	
				2214	LICON OL/D 200	7218
125	JÍDELNA + HERNA	9173	10090	3911	RADIK VK 33/400/3000	
				3390	RADIK VK 33/400/2600	
				3390	RADIK VK 33/400/2600	10691
125A	HERNA - MOKRÁ	559	615	976	LICON OL/D 100	976
				*částečně pokrývá ztrátu místnosti 122		
127	127+128 KUCHYŇ	1052		1205	RADIK VK 22/600/900	1205
131	SKLAD HRAČEK	256	282	315	RADIK VK 20/500/500	315

č.m.	Účel	Q _{cm}	110 % Q _{cm}	Výkon OT	Typ OT	Q _{skut}
		[kW]	[kW]	[kW]		[kW]
133	ŠATNA	475		577	RADIK VK 21/600/600	577
134	UMÝVÁRNA	1041	1145	808	RADIK VK 21/600/800	808
135	WC HOŠI	1366	1503	1616	RADIK VK 22/600/1400	1616
136	LOŽNICE	6275	6903	2502	RADIK VK 21/600/2600	
				2502	RADIK VK 21/600/2600	
				2214	LICON OL/D 200	7218
137	JÍDELNA + HERNA	9219	10141	3911	RADIK VK 33/400/3000	
				3390	RADIK VK 33/400/2600	
				3390	RADIK VK 33/400/2600	10691
137A	HERNA - MOKRÁ	559	615	976	LICON OL/D 100	976
				*částečně pokrývá ztrátu místnosti 134		
138	ŠATNA	918	1010	623	RADIK VK 20/300/1400	
				536	RADIK VK 21/300/900	1159
139	WC	460	506	549	RADIK VK 20/600/700	549
142	ŘEDITELNA	1212	1333	702	RADIK VK 20/300/1600	
				702	RADIK VK 20/300/1600	1404
144	SBOROVNA	2856	3142	1267	RADIK VK 20/600/1600	
				950	RADIK VK 20/600/1200	
				950	RADIK VK 20/600/1200	3167
145	145 + 146 WC	635	699	339	RADIK VK 20/500/500	
				407	RADIK VK 20/500/600	746
147	147 + 148 + 149 WC	1355	1491	1741	RADIK VK 33/600/900	1741
					Celkem Q _{skut} [kW]	87923

B2.4 Návrh zdroje tepla

B2.4.1 Potřeba tepla pro vytápění

Potřeba tepla pro vytápění se rovná sumě výkonů navrhovaných těles.

$$Q_{VYT} = 87,923 \text{ kW}$$

B2.4.2 Potřeba tepla pro přípravu teplé vody

Počet osob: 90 osob

Počet jídel – jen výdej: 270 jídel/den

Úklidová plocha: 700m²

Teplota ohřáté vody: 55°C

Teplota studené vody: 10°C

Druh objektu	Měrná jednotka	Činnost	Spotřeba V _{2p} [m ³ /per]	Teplo E _{2p} [kWh/per]
Školy	1 žák	Umývání	0,02	0,08
	100 m ³	Úklid	0,02	0,08
Vaření a mytí nádobí jen výdej	1 jídlo	Mytí jídelního nádobí	0,001 – 80°C	0,1

Tab. Bilance spotřeby TV a tepla

Potřeba teplé vody

$$V_{2p} = \sum n \times V_{2p}$$

$$V_{2p} = 90 \times 0,02 + 270 \times 0,001 + \frac{700}{100} \times 0,02$$

$$V_{2p} = 2,21 \text{ m}^3$$

Potřeba tepla

$$Q_{2p} = Q_{2T} + Q_{2Z}$$

$$Q_{2p} = 115,7 + 57,83$$

$$Q_{2p} = 173,53 \text{ kWh}$$

Teplo odebrané

$$Q_{2T} = c \times V_{2p} \times \Delta\Theta$$

$$Q_{2T} = 1,163 \times 2,21 \times 45$$

$$Q_{2T} = 115,7 \text{ kWh}$$

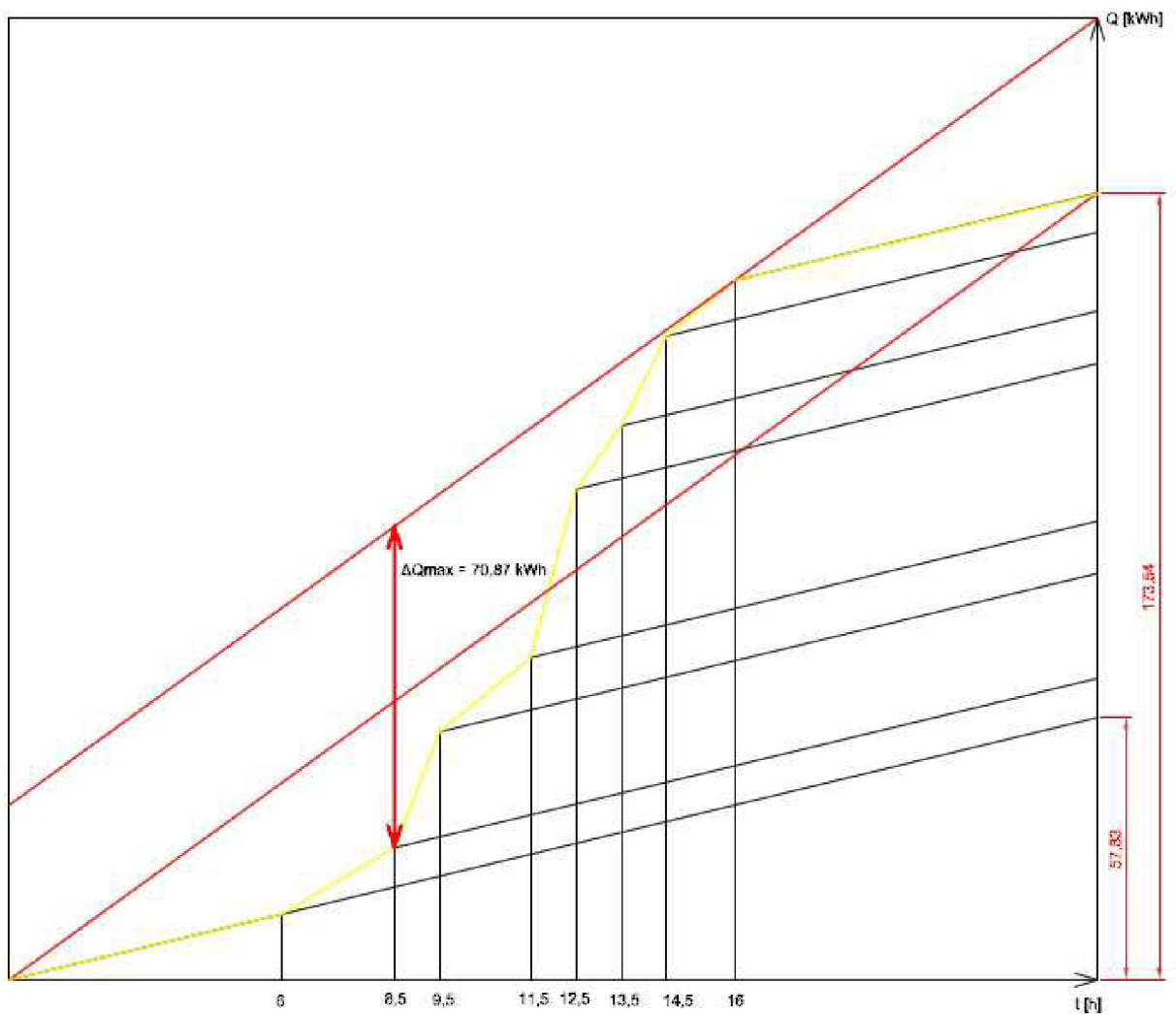
Teplo ztracené

$$Q_{2Z} = z \times Q_{2T}$$

$$Q_{2Z} = 0,5 \times 115,7$$

$$Q_{2Z} = 57,83 \text{ kWh}$$

Odběrový diagram



Velikost zásobníku

$$V_Z = \Delta Q_{max} / (c \times \Delta \Theta)$$

$$V_Z = 70,87 / (1,163 \times 45)$$

$$V_Z = 1,35 \text{ m}^3$$

Jmenovitý výkon ohřevu

$$Q_{1n} = (Q_1/t)_{max}$$

$$Q_{1n} = \frac{173,53}{24}$$

$$Q_{1n} = 7,23 \text{ kW}$$

Teplosměnná plocha (70°C/55°C)

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)}$$

$$\Delta t = \frac{(70 - 55) - (55 - 10)}{\ln\left(\frac{70 - 55}{55 - 10}\right)}$$

$$\Delta t = 27,3$$

$$A = \frac{Q_{1n} \times 10^3}{U \times \Delta t}$$

$$A = \frac{7,23 \times 10^3}{420 \times 27,3}$$

$$A = 0,66 \text{ m}^2$$

Navrhuji 2 x zásobníkový ohřívač REFLEX SF 750

Rozměry průměr/výška: - s izolací: 910 x 2000 mm
 - bez izolace: 750 x 1932 mm

B2.4.3 Návrh zdroje tepla

$$Q_{P1} = 0,7 Q_{VYT} + 0,7 Q_{VZT} + Q_{TV} + Q_{TECH} \text{ [kW]}$$

$$Q_{P1} = 0,7 \times 87,923 + 0,7 \times 0 + 7,23 + 0 \text{ kW}$$

$$Q_{P1} = 68,78 \text{ kW}$$

$$Q_{P2} = Q_{VYT} + Q_{VZT} + Q_{TECH} \text{ [kW]}$$

$$Q_{P1} = 87,923 + 0 + 0 \text{ kW}$$

$$Q_{P1} = 87,923 \text{ kW}$$

B2.5 Roční potřeba tepla a paliva

B2.5.1 Roční potřeba tepla

B2.5.1.1 Roční potřeba tepla na vytápění

Počet denostupňů

$$D = d \times (t_{is} - t_{es}) [Kden]$$

$$D = 241 \times (22 - 3,7) Kden$$

$$D = 4410 Kden$$

Roční potřeba tepla

$$Q_{VTP,r} = \frac{f_c}{\eta_0 \eta_r} \times \frac{24 \times Q_c \times D}{(t_{is} - t_{is})} [MWh/rok]$$

$$Q_{VTP,r} = \frac{0,612}{1 \times 0,95} \times \frac{24 \times 75,6 \times 4410}{(22 + 115)} MWh/rok$$

$$Q_{VTP,r} = 139,3 MWh/rok$$

B2.5.1.2 Roční potřeba tepla pro ohřev TV

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TV,d} = (1 + z) \times \frac{\rho \times c \times V_{zp} \times (t_2 - t_{sv2})}{3600} [kWh]$$

$$Q_{TV,d} = (1 + 0,5) \times \frac{1000 \times 4186 \times 1,35 \times (55 - 10)}{3600} kWh$$

$$Q_{TV,d} = 105,96 kWh$$

Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TV,r} = Q_{TV,d} \times d + 0,8 \times Q_{TV,d} \times \frac{(t_2 - t_{sv1})}{(t_2 - t_{sv2})} \times (N - d) [MWh/rok]$$

$$Q_{TV,r} = 105,96 \times 241 + 0,8 \times 105,96 \times \frac{(55 - 15)}{(55 - 10)} \times (241 - 241) [MWh/rok]$$

$$Q_{TV,r} = 25,54 MWh/rok$$

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TV,r} \text{ [MWh/rok]}$$

$$Q_r = 139,3 + 25,54 \text{ MWh/rok}$$

$$Q_r = 164,84 \text{ MWh/rok}$$

$$Q'_r = Q_r \times 3600 \times 10^{-3} \text{ GJ/rok}$$

$$Q'_r = 593 \text{ GJ/rok}$$

B2.5.2 Roční potřeba paliva

Palivo – zemní plyn

$$P = \frac{Q_r \times 3600}{H_p} \text{ [m}^3\text{/rok]} \text{ (pro 100\% účinnost)}$$

$$P = \frac{164,84 \times 3600}{34} \text{ m}^3\text{/rok (pro 100\% účinnost)}$$

$$P = 17454 \text{ m}^3\text{/rok (pro 100\% účinnost)}$$

Palivo – dřevní pelety

Výhřevnost H

$$H = \frac{Q}{m} = 18,8 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$H' = 18,8 \text{ GJ} \cdot \text{t}^{-1}$$

$$P = \frac{Q'_r}{H'} = 31,54 \text{ t/rok (pro 100\% účinnost)}$$

B2.6 Ekonomické zhodnocení

B2.6.1 Výběr zdroje vytápění a ohřevu TV

Na základě požadavků investora je vypracováno několik variant použitého zdroje

- kaskáda plynových kondenzačních kotlů
- kaskáda nízkoteplotních plynových kotlů
- kaskáda tepelných čerpadel
- kaskáda automatických kotlů na dřevěné pelety

B2.6.2 Kaskáda plynových kondenzační kotlů

Pro ohřev TV a vytápění byly vybrány dva kondenzační kotle THERM 45 KD zapojené v kaskádě

Účinnost kondenzačního kotle THERM 45 KD při teplotním spádu 70/55°C $\eta = 1,01$

Pořizovací náklady 2x THERM 45 KD 76 660 Kč

[\(http://www.idubina.cz/www/cz/shop/pro-topeni-3/therm-45-kd/\)](http://www.idubina.cz/www/cz/shop/pro-topeni-3/therm-45-kd/)

Účtované objemové spalné teplo $H_s = 10,34 \text{ kWh/m}^3$

Množství dodané energie $Q = V_p \times \frac{H_s}{\eta} = 178\,687 \text{ kWh}$

Cena za odebraný plyn 1430,11 Kč/MWh

Roční provozní náklady na vytápění a ohřev TV

$= 12 \times \textit{stálý měsíční plat} + \textit{cena za odebraný plyn} [\text{Kč}]$

$= 12 \times 885 + 178,687 \times 1430,11 = 266\,162 \text{ Kč}$

B2.6.3 Kaskáda plynových nízkoteplotní kotlů THERM DUO 50

Pro ohřev TV a vytápění v této variantě byly vybrány dva nízkoteplotní kotle THERM 45 KD zapojené v kaskádě

Účinnost kotle THERM DUO 50 při teplotním spádu 70/55°C $\eta = 0,92$

Pořizovací náklady 2x THERM DUO 50

52 900 Kč

Účtované objemové spalné teplo $H_s = 10,34 \text{ kWh/m}^3$

Množství dodané energie $Q = V_p \times \frac{H_s}{\eta} = 196\,168 \text{ kWh}$

Cena za odebraný plyn

1430,11 Kč/MWh

Roční provozní náklady na vytápění a ohřev TV

$= 12 \times \textit{stálý měsíční plat} + \textit{cena za odebraný plyn} [\text{Kč}]$

$= 12 \times 885 + 196\,168 \times 1430,11 = 280\,552 \text{ Kč}$

B2.6.4 Kaskáda tepelných čerpadel

Vzhledem k vysokému tepelnému spádu 70/55°C, který je nevhodný pro většinu tepelných čerpadel přichází v úvahu pouze vysokoteplotní tepelná čerpadla „vzduch-voda“ využívající dva okruhy s dvěmi různými chladícími kapalinami.

Tepelné čerpadlo „vzduch-voda“ Rotex HPSU Hitemp Monobloc 16kW poskytuje výstup vody pro vytápění a ohřev TV v rozmezí 45°C – 80°C.

Čerpadla jsou projektována jako monovalentní zdroj energie pro vytápění i ohřev TV.

Topný faktor Rotex HPSU Hitemp 16kW

2,88 (COP A7W65)

Pořizovací náklady 6x Rotex HPSU Hitemp 16kW vnitřní jednotka + vnější jednotka

6 x 307 999 Kč

1 848 000 Kč (<http://rotex.esel.cz>)

Roční spotřeba elektrické energie pro pohon tepelných čerpadel $Q_{T\check{c}} = \frac{Q_r}{COP} = 57,236 \text{ MWh/rok}$

Rezervovaný výkon pro vnitřní a vnější jednotky TČ 3 x 56A

Spolu s ostatním odběrem uvažují rezervovaný výkon 3 x 100A

Pro výpočet celkové roční platby za vytápění a ohřev TV jsem využila webovou aplikaci

Energetického regulačního úřadu <http://kalkulator.eru.cz>. Pro ekonomické zhodnocení není uvažována úspora na platbách za provoz ostatních elektrospotřebičů.

Silová elektřina	99 149 Kč
Distribuce	59 117 Kč
Ostatní regulované služby	39 148 Kč
<u>Daň z elektřiny</u>	<u>1943 Kč</u>
Celková roční platba za vytápění a ohřev TV	199 358 Kč

B2.6.5 Automatické kotle na pelety

V této variantě vytápění je třeba pro relevantní ekonomické zhodnocení uvažovat nejen pořizovací cenu kotlů, ale také dopravní cestu od zásobníku pelet, zásobník pelet a v případě pouze částečné automatizace procesu vytápění, také poměrnou část mzdy pracovníka obsluhujících zařízení.

Pro toto variantní řešení jsou navrženy dva automatické kotle na pelety značky VERNER A501 LS. Lambda sonda měří poměr CO₂ a umožňuje lepší řízení spalovacího procesu a zajišťuje tak optimální účinnost spalování v celé šíři výkonu kotle 17-48 kW. Jako externí zásobník pelet složí prefabrikovaný zemní zásobník o kapacitě 11t. Pro automatizaci procesu jsou ke kotlům přiřazeny jednotky zajišťující automatické odpopelnění a sběr popele do zásobníku.

Účinnost kotle VERNER A501 LS $\eta = 0,927$

Pořizovací náklady	2x VERNER A501 LS	480 109 Kč
	2x Automatické odpopelnění	65 078 Kč
	1x zemní zásobník pelet GEOPLAST GEOTank 11-T2	178 403 Kč
	Pořizovací náklady celkem	723 590 Kč

(objem zásobníku 11m³ – odpovídá 6,9 t)

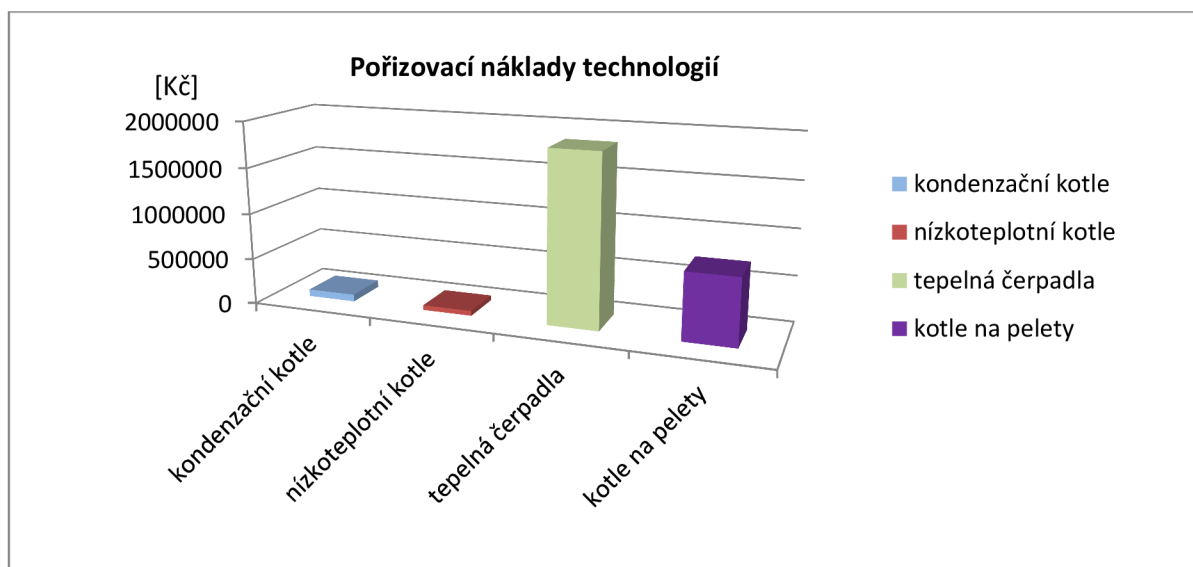
Roční potřeba pelet v t $P' = P / \eta = 31,54t / 0,927 = 34,02 t / rok$

Cena sypaných „bílých“ dřevních certifikovaných pelet	5700 Kč/t
Náklady na roční potřebu pelet	193 914 Kč/rok
Obsluha (0,1 úvazku = 18 hodin/měsíc, náklady 100Kč/hod)	21 600 Kč/rok
Roční náklady celkem	215 514 Kč/rok

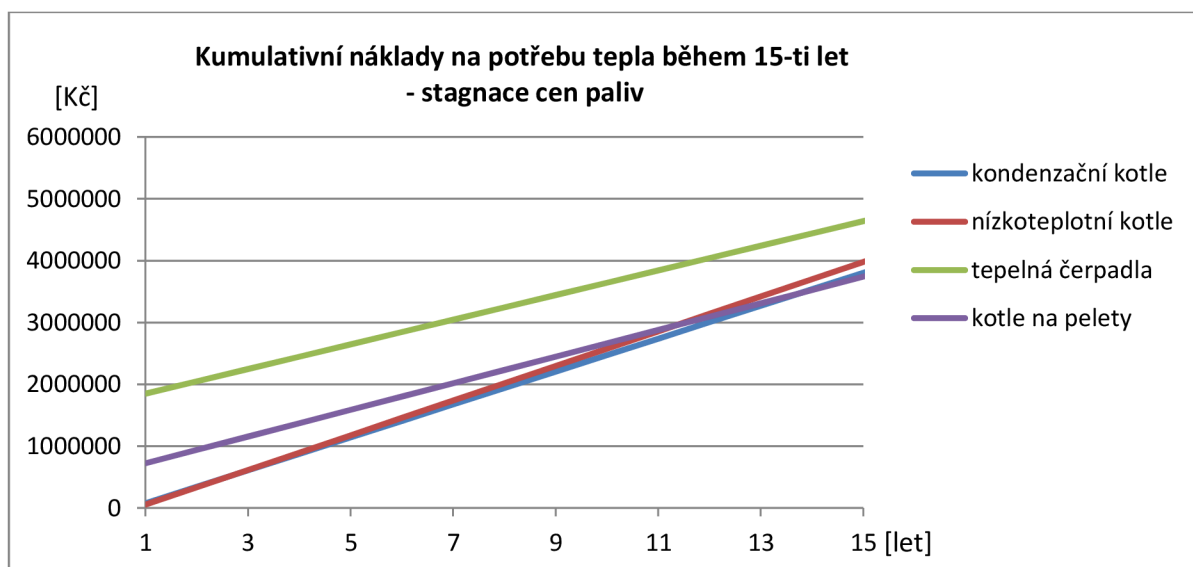
B2.6.6 Srovnání provozních a pořizovacích nákladů

Výše roční splátky při úvěrování použita z <http://www.finance.cz/uvery-a-pujcky/financi-kalkulacky/splatkovy-kalkulator/>.

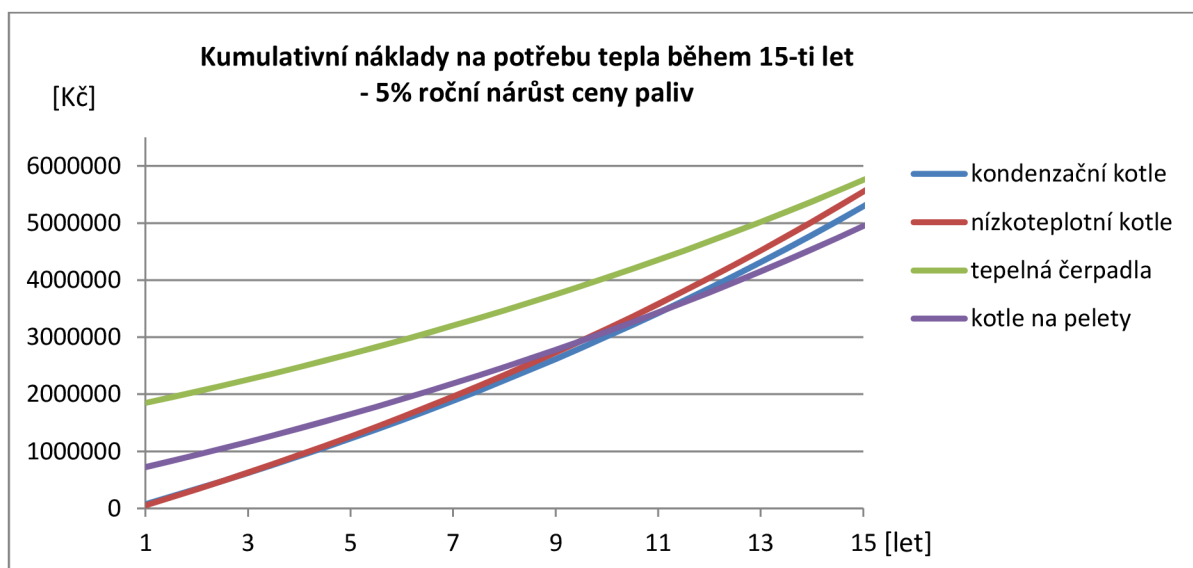
Graf : srovnání pořizovacích nákladů pro zdroje vytápění a ohřev TV



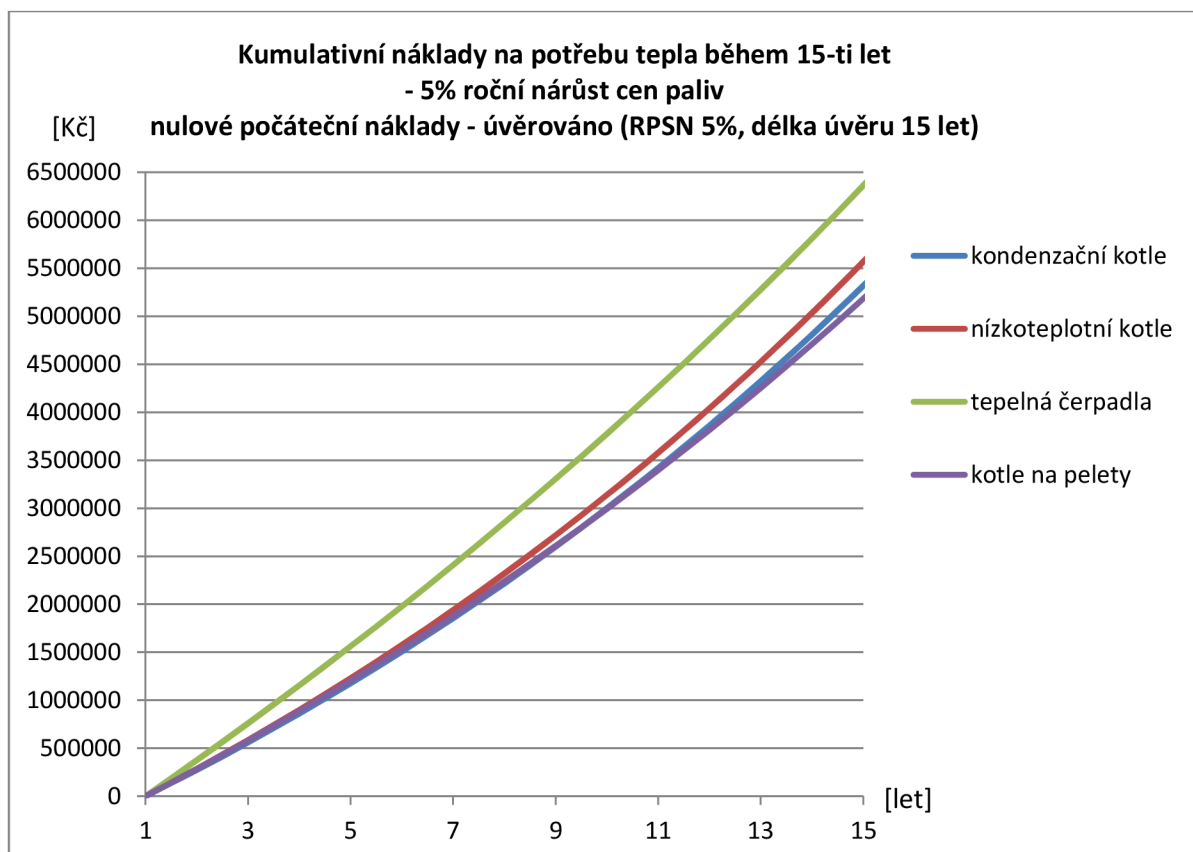
Graf : srovnání kumulativních nákladů na provoz při zachování stávajících cen energií (pořizovací náklady hrazeny v prvním roce v plné výši, bez úvěrování)



Graf : srovnání kumulativních nákladů na provoz při 5% nárůstu cen energií (pořizovací náklady hrazeny v prvním roce v plné výši, bez úvěrování)



Graf : srovnání kumulativních nákladů na provoz při 5% nárůstu cen energií nulové počáteční pořizovací náklady, součástí ročních provozních nákladů je splátka úvěru (RPSN 5%, 15 let)



B2.6.7 Závěry ekonomické analýzy

Kritéria pro výběr zdroje energie pro vytápění a ohřev TV :

- pořizovací náklady
- provozní náklady
- způsob financování (úvěrování)
- dotační politika státu

celkové vyhodnocení	nízkoteplotní kotle	kondenzační kotle	tepelné čerpadlo	automatický kotel - pelety
počáteční náklady [Kč]	52900	76660	1848000	723590
celkové náklady (15 let) [Kč]	4261180	4069090	4838370	3956300
celkové náklady (5% růst cen, 15 let) [Kč]	6106809	5820054	6149859	5374073
náklady na provoz s úvěrováním a 5% nárůstem cen (15 let) [Kč]	6129149	5852474	6932379	5680143

*úvěrováno s RPSN 5% na dobu 15 let (<http://www.finance.cz/uvery-a-pujcky/financni-kalkulacky/splatkovy-kalkulator/>)

Technická místnost určená pro umístění zdroje nevyhovuje prostorovým nárokům kaskádového systému automatických kotlů na pelety s dopravníkem. Součástí ekonomického zhodnocení není taktéž řešení příjezdové cesty k podzemnímu zásobníku. To dále navýší pořizovací cenu tohoto systému.

Systém tepelných čerpadel „vzduch-voda“ nepřinesl očekávanou úsporu. Při uvažované době životnosti 15 let je investice nerentabilní bez dotační pobídky.

Kondenzační kotle jsou cenovou dostupnou alternativou ke klasickým kotlům. Pořizovací cena je o cca 45% vyšší než cena nízkoteplotních kotlů, účinnost těchto kotlů při teplotním spádu 70/55°C pak je o 9 % vyšší. Tyto příznivé hodnoty pak zajišťují návratnost investice již během 2-3 let.

Celé ekonomické zhodnocení je velmi závislé na změně vstupních hodnot. Změna či zavedení daní (DPH, ekologická daň), jiné podmínky úvěrování, odlišný vývoj ceny paliv, to vše zásadně kvantitativně mění ukazatele pro správnou ekonomickou rozvahu. Návratnost vysokých pořizovacích investic (automatické kotle na pelety, tepelná čerpadla) se pak může změnit o několik let nebo dokonce úplně vyloučit rentabilitu takové investice.

Ná základě závěru ekonomického hodnocení byla zvolena varianta zdroje :

2 x závěsný plynový kondenzační kotel THERM 45 KD – max. výkon 45 kW
Rozměry výška/šířka/hloubka: 800mm/430mm/370mm

B2.7 Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí

Teplotní spád

$t_{m1} = 70^\circ\text{C} / t_{m2} = 55^\circ\text{C}$

VĚTEV 1												
č.ú	Výkon	M.PRŮTOK	DÉLKA	DN	R	RYCHL	R x l	$\Sigma\xi$	Z	Δp_v	R x l + Z + Δp_v	Δp_{dis}
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	3390	194	5,9	18x1	77	0,27	453	15,6	556	12315	13324	13324
2	6780	389	11,0	22x1	90	0,35	988	2,2	131,8	0	1120	14444
3	10691	613	4,3	28x1,5	69	0,35	298	2,2	131,8	0	430	14874
4	17909	1027	16,6	28x1,5	170	0,59	2829	3,6	612,7	0	3441	18315
5	21300	1221	2,5	35x1,5	71	0,43	179	2,2	198,9	0	378	18693
6	22820	1308	5,0	35x1,5	80	0,46	403	4,5	465,5	0	869	19562
7	23397	1341	45,2	35x1,5	88	0,48	3978	2,2	247,8	900	5125	24687
č.ú	Výkon	HM.PRŮTOK	DÉLKA	DN	R	RYCHL	R x l	$\Sigma\xi$	Z	R x l +	Přednastav.	Δp_{dis}
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	oventrop	[Pa]
12	2502	143	9,6	18x1	45	0,2	430,2	7,8	153	583	Multiblock T (5)	13097
11	5004	287	4,0	22x1	53	0,26	212	2,2	73	285		13680
10	7218	414	7,6	22x1	100	0,37	762	2,2	147	909		13964
14	2214	127	6,6	15x1	98	0,27	648,8	4,2	150	798	TV+RŠ (3+5)	12881
13	2502	143	0,4	18x1	45	0,2	18	4,2	82	100	Multiblock T (5)	12997
15	1616	93	12,4	15x1	56	0,2	694,4	5,6	110	804	Multiblock T (3)	16828
16	2592	149	3,8	18x1	48	0,21	182,4	2,2	47	230		17632
17	3400	195	3,8	18x1	77	0,27	292,6	4,5	160	453		17862
18	976	56	6,6	12x1	81	0,2	534,6	12,9	252	787	VT+RŠ (2+2)	16041
19	808	46	0,3	12x1	58	0,17	17,4	6,4	90	108	Multiblock T (2)	17524
21	1205	69	8,8	12x1	117	0,25	1030	9,8	299	1329	Multiblock T (3)	16720
20	1520	87	12	15x1	51	0,12	612	4,5	32	644		18049
22	315	18	4,4	12x1	11	0,07	48,4	4,2	10	58	Multiblock T (1)	16662
8	3390	194	0,35	15x1	77	0,27	26,95	4,2	150	177	Multiblock T (6)	13147
9	3911	224	0,35	18x1	99	0,32	34,65	4,2	210	245	Multiblock T (6)	14199
23	577	33	0,2	12x1	21	0,12	4,2	4,2	30	34	Multiblock T (1)	19528

VĚTEV 2

č.ú	Výkon [W]	M.PRŮT [kg/h]	DÉLKA [m]	DN [mm]	R [Pa/m]	RYCHL [m/s]	R x l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δpv [Pa]	R x l + Z + Δpv [Pa]	Δpdis [Pa]
1	3390	194	5,9	18x1	77	0,27	453	15,6	556	12315	13324	13324
2	6780	389	11,0	22x1	90	0,35	988	2,2	131,8	0	1120	14444
3	10691	613	4,3	28x1,5	69	0,35	298	2,2	131,8	0	430	14874
4	17909	1027	16,6	28x1,5	170	0,59	2829	3,6	612,7	0	3441	18315
5	21114	1210	2,5	35x1,5	70	0,43	176	2,2	198,9	0	375	18690
6	21429	1228	5,0	35x1,5	73	0,43	368	4,5	406,8	0	775	19465
7	22006	1261	25,6	35x1,5	75	0,44	1920	7,8	738,3	900	3558	23023

č.ú	Výkon [W]	HM.PR [kg/h]	DÉLKA [m]	DN [mm]	R [Pa/m]	RYCH [m/s]	R x l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	R x l + [Pa]	Přednastav. [Pa]	Δpdis [Pa]
12	2502	143	9,6	18x1	45	0,2	430,2	7,8	153	583	Multiblock T (5)	13097
11	5004	287	4,0	22x1	53	0,26	212	2,2	73	285		13680
10	7218	414	7,6	22x1	100	0,37	762	2,2	147	909		13964
14	2214	127	6,6	15x1	98	0,27	648,8	4,2	150	798	TV+RŠ (3+5)	12881
13	2502	143	0,4	18x1	45	0,2	18	4,2	82	100	Multiblock T (5)	12997
15	1430	82	12,4	15x1	46	0,17	570,4	5,6	79	650	Mutiblock T (3)	17026
16	2406	138	3,8	18x1	42	0,19	159,6	2,2	39	198		17675
17	3214	184	3,8	18x1	77	0,26	292,6	4,5	149	441		17874
18	976	56	6,6	12x1	81	0,2	534,6	12,9	252	787	VT+RŠ (2+2)	16239
19	808	46	0,3	12x1	58	0,17	17,4	6,4	90	108	Multiblock T (2)	17567
20	315	18	16,6	12x1	11	0,07	182,6	10,1	24	207	Multiblock T (1)	18484
21	577	33	0,2	12x1	21	0,12	4,2	4,2	30	34	Multiblock T (1)	19431
8	3390	194	0,35	15x1	77	0,27	26,95	4,2	150	177	Multiblock T (6)	13147
9	3911	224	0,35	18x1	99	0,32	34,65	4,2	210	245	Multiblock T (6)	14629

VĚTEV 3

č.ú	Výkon [W]	M.PRŮT [kg/h]	DÉLKA [m]	DN [mm]	R [Pa/m]	RYCHL [m/s]	R x l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δpv [Pa]	R x l + Z + Δpv [Pa]	Δpdis [Pa]
1	3390	194	0,4	18x1	77	0,27	31	15,6	556	12315	12902	12902
2	5894	338	5,5	22x1	70	0,3	385	2,2	96,8	0	482	13384
3	9284	532	10,2	22x1	155	0,48	1581	2,2	247,8	0	1829	15212
4	13195	756	4,5	28x1,5	100	0,44	450	2,2	208,2	0	658	15871
5	20413	1170	12,8	35x1,5	66	0,41	845	5,9	484,9	0	1330	17200
6	23804	1365	2,3	35x1,5	87	0,48	200	4,5	506,9	0	707	17907
7	24119	1383	5,2	35x1,5	89	0,49	463	4,5	528,2	0	991	18898
8	24696	1416	18,4	35x1,5	92	0,5	1693	3,6	440	0	2133	21031
9	25535	1464	54,5	35x1,5	98	0,52	5339	10,6	1401	950	7690	28722


č.ú	Výkon [W]	HM.PR [kg/h]	DÉLKA [m]	DN [mm]	R [Pa/m]	RYCHL [m/s]	R x l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	R x l + [Pa]	Přednastav. [Pa]	Δpdis [Pa]
12	1130	65	11,6	15x1	30	0,14	348	8,4	80	428	Multiblock T (3)	12112
11	1817	104	1,9	15x1	69	0,22	131,1	2,2	52	183		12541
10	2504	144	2,0	18x1	45	0,2	90	4,5	88	178		12724
13	687	39	4,0	12x1	44	0,14	176	6,4	61	237	Multiblock T (2)	11875
14	687	39	4,6	12x1	44	0,14	202,4	6,4	61	264	Multiblock T (2)	12277
29	3390	194	0,4	18x1	77	0,27	26,95	4,2	150	177	Multiblock T (6)	13207
30	3911	224	0,4	18x1	99	0,32	34,65	4,2	210	245	Multiblock T (6)	15626
17	2502	143	10,0	18x1	45	0,2	450	5,6	110	560	Multiblock T (5)	13793
16	5004	287	4	22x1	53	0,26	212	5,4	178	390		14353
15	7218	414	9,8	22x1	100	0,37	980	2,2	147	1127		14743
19	2214	127	6,8	15x1	98	0,27	666,4	4,2	150	816	TV+RŠ (3+5)	13537
18	2502	143	5	18x1	45	0,2	225	5,6	110	335	Multiblock T (5)	13459
22	1616	93	10,4	15x1	56	0,2	582,4	5,6	110	692	Multiblock T (3)	16038
21	2592	149	1,3	18x1	48	0,21	62,4	2,2	47	110		16730
20	3400	195	2,6	18x1	77	0,27	200,2	4,5	160	361		16840
23	976	56	6,6	12x1	81	0,2	534,6	12,9	252	787	TV+RŠ (2+2)	15251
24	808	46	3,8	12x1	81	0,17	307,8	5,6	79	387	Multiblock T (2)	16730
25	315	18	16,6	12x1	11	0,07	182,6	10,1	24	207	Multiblock T (1)	17701
31	577	33	4,1	12x1	21	0,12	86,1	7,8	55	141	Multiblock T (1)	18757
27	515	30	3,4	12x1	18	0,11	61,2	9,2	54	116	Multiblock T (1)	20748
26	839	48	2,2	12x1	62	0,17	136,4	2,2	31	167		20864
28	324	19	4,6	12x1	12	0,07	55,2	7,8	19	74	Multiblock T (1)	20674

VĚTEV 4												
č.ú	Výkon	M.PRŮ	DĚLKA	DN	R	RYCHL	R x l	Σξ	Z	Δpv	R x l + Z+Δpv	Δpdis
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	568	33	4,6	12x1	20	0,12	92	5,6	39,42	40		171
2	1136	65	4,1	15x1	30	0,14	123	2,2	21,08	0		144
3	1704	98	4,1	15x1	62	0,21	254	2,2	47,43	0		302
4	2272	130	8,7	15x1	102	0,28	887	7,8	299	0		1186
5	4013	230	2,8	18x1	103	0,32	288	2,2	110,1	0		399
6	4420	253	3,5	22x1	42	0,23	147	2,2	56,9	0		204
7	7926	454	15,9	22x1	118	0,41	1876	3,6	295,9	0		2172
8	8494	487	4,1	28x1,5	46	0,28	189	4,5	172,5	0		361
9	9062	519	4,1	28x1,5	52	0,3	213	0,2	8,8	0		222
10	9630	552	4,1	28x1,5	57	0,32	234	2,2	110,1	0		344
11	10198	585	11,3	28x1,5	63	0,34	713	5,9	333,4	0		1047
12	11602	665	3,0	28x1,5	80	0,38	240	2,2	155,3	0		395
13	16150	926	8,9	28x1,5	142	0,53	1264	10,1	1387	1200		3851
												10798
č.ú	Výkon	HM.PR	DĚLKA	DN	R	RYCHL	R x l	Σξ	Z	R x l +	Přednastav.	Δpdis
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]		[Pa]
14	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (6+otev.)	132
15	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (6+8)	316
16	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (5+7)	578
17	1741	100	8,4	18x1	24	0,14	201,6	5,6	54	255	HM+TH (4)	1548
18	407	23	5,3	12x1	15	0,08	78,9	7	22	101	HM+TH (0,5)	2101
22	950	54	3,4	12x1	77	0,2	263,3	4,2	82	345	HM+TH (3)	662
21	1900	109	2,7	15x1	75	0,23	202,5	2,2	57	259		1008
20	3167	182	7,2	18x1	68	0,26	489,6	2,2	73	562		1267
19	3506	201	6	18x1	82	0,28	492	2,2	84	576		1830
46	950	54	0,5	12x1	77	0,2	38,5	4,2	82	121	HM+TH (4)	542
23	1267	73	2,5	18x1	14	0,1	35	4,2	21	56	HM+TH (4)	952
24	339	19	3,8	12x1	12	0,07	45,6	7	17	62	HM+TH(0,5)	1767
25	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (2+2)	4538
26	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (2+2)	4900
27	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (2+2)	5122
28	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (6+1)	5465
30	702	40	3,7	12x1	46	0,15	170,2	6,3	69	240	HM+TH (0,5)	5043
29	1404	80	7,7	12x1	153	0,29	1178	2,2	90	1269		5283
47	702	40	0,4	12x1	46	0,15	18,4	4,2	46	65	HM+TH (0,5)	4979
31	568	33	4,6	12x1	20	0,12	92	5,6	39	131	TV+RŠ (2+2)	4351
32	1136	65	4,1	12x1	106	0,23	434,6	2,2	57	491		4483
33	1704	98	4,1	15x1	62	0,21	254,2	2,2	47	302		4974
34	2272	130	4,1	15x1	102	0,28	418,2	2,2	84	503		5276
35	2840	163	5,2	15x1	151	0,35	785,2	6,4	383	1168		5778
36	4548	261	8,4	18x1	129	0,37	1084	4,5	301	1385		6947
37	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (2+2)	4312
38	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (2+2)	4443
39	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (2+2)	4935
40	568	33	0,5	12x1	20	0,12	10	4,2	30	40	TV+RŠ (2+2)	5236
43	536	31	2,9	12x1	19	0,11	55,1	6,3	37	92	HM+TH (0,5)	4920
42	1159	66	0,7	12x1	110	0,24	77	4,5	127	204		5013
41	1708	98	8,3	15x1	62	0,21	514,6	2,2	47	562		5216
44	623	36	0,2	12x1	37	0,13	7,4	4,2	35	42	HM+TH (0,5)	4878
45	549	31	3,7	12x1	20	0,11	74	5,6	33	107	HM+TH (0,5)	4905

B2.8 Návrh čerpadel

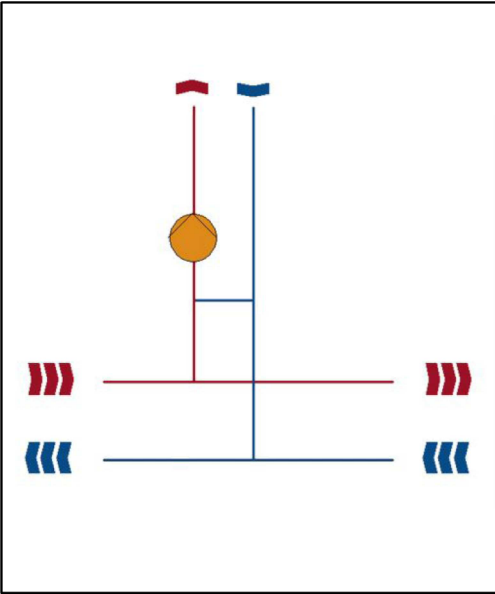
Oběhová čerpadla pro jednotlivé větve jsou navrženy od firmy Grundfos.

Větev 1



Název společnosti: -
 Vypracováno kým: -
 Telefon: -
 Fax: -
 Datum: -

Instalace a přívod



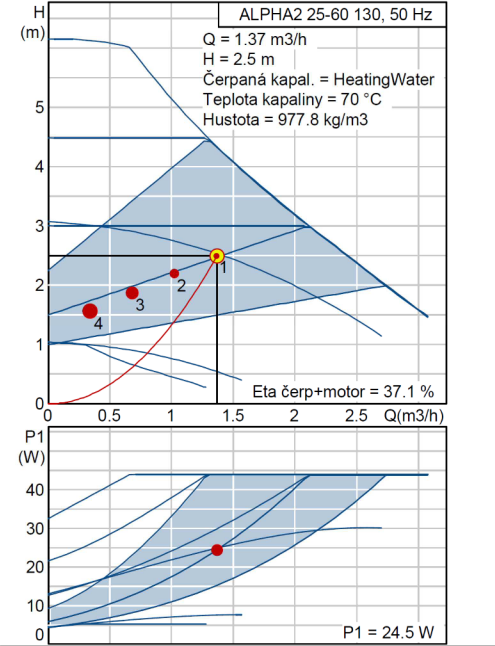
Výsledky dimenzování

Objednací číslo: 95047507
 Typ: ALPHA2 25-60 130
 Množství: 1
 Q: 1.37 m³/h
 H: 2.5 m
 Příkon P1: 0.024 kW
 Eta čerp+motor: 37.1 % = Účinn. čerp.* motoru
 Eta celk.: 37.1 % = Účinn. vztažená k prac.bodu
 Spotřeba energie: 87 kWh/Rok
 Emise CO₂: 49 kg/Rok
 Cena: Na vyžádání

Profil zátěže

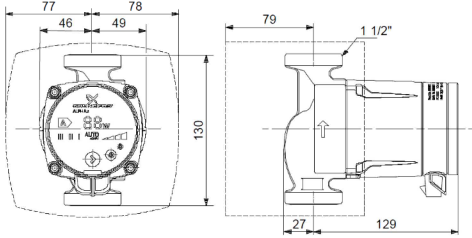
	1	2	3	4	
Q	100	75	50	25	%
H	100	89	78	67	%
P1	0.024	0.018	0.013	0.009	kW
Eta celk.	37.1	33.4	27.3	16.9	%
Doba	410	1026	2394	3010	h/Rok
Spotřeba energie	10	19	31	27	kWh/Rok
Množství	1	1	1	1	

Křivka čerpadla



ALPHA2 25-60 130, 50 Hz
 Q = 1.37 m³/h
 H = 2.5 m
 Čerpaná kapal. = HeatingWater
 Teplota kapaliny = 70 °C
 Hustota = 977.8 kg/m³
 Eta čerp+motor = 37.1 %
 P1 = 24.5 W

Rozměrový náčrtek

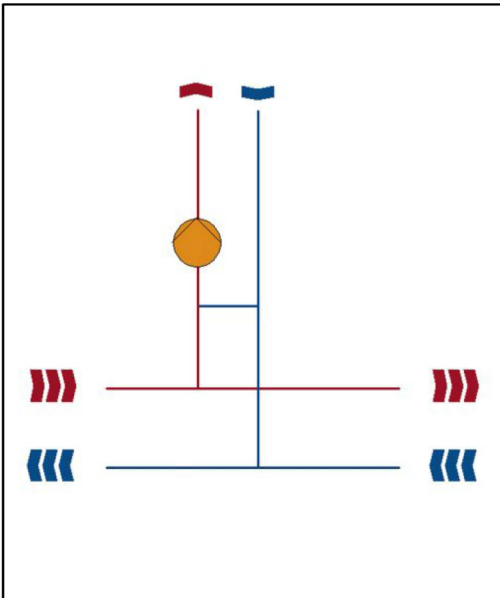


Vytisknuto z Grundfos CAPS [2011.05.069] GRUNDFOS 9/11



Název společnosti: -
 Vypracováno kým: -
 Telefon: -
 Fax: -
 Datum: -

Instalace a přívod



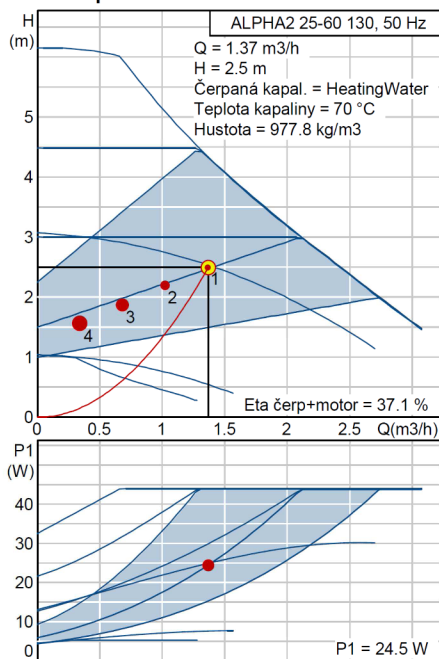
Výsledky dimenzování

Objednací číslo: 95047507
 Typ: ALPHA2 25-60 130
 Množství: 1
 Q: 1.37 m³/h
 H: 2.5 m
 Příkon P1: 0.024 kW
 Eta čerp+motor: 37.1 % = Účinn. čerp.* motoru
 Eta celk.: 37.1 % = Účinn. vztažená k prac. bodu
 Spotřeba energie: 87 kWh/Rok
 Emise CO₂: 49 kg/Rok
 Cena: Na vyžádání

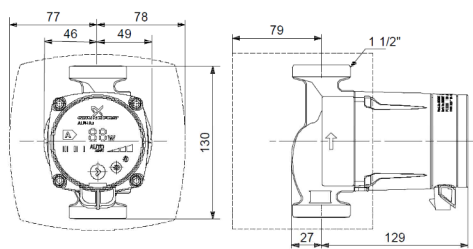
Profil zátěže

	1	2	3	4	
Q	100	75	50	25	%
H	100	89	78	67	%
P1	0.024	0.018	0.013	0.009	kW
Eta celk.	37.1	33.4	27.3	16.9	%
Doba	410	1026	2394	3010	h/Rok
Spotřeba energie	10	19	31	27	kWh/Rok
Množství	1	1	1	1	

Křivka čerpadla



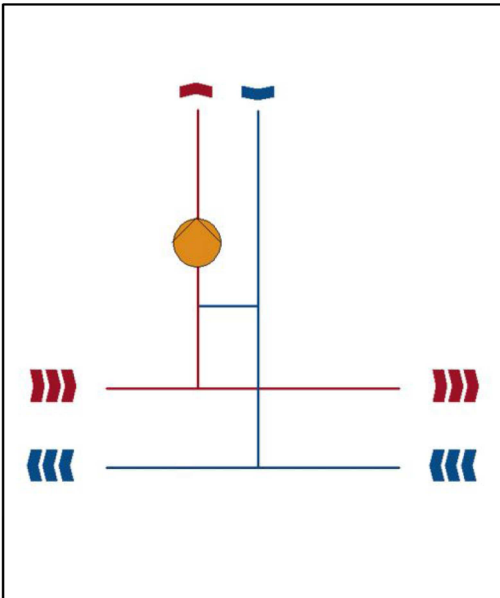
Rozměrový náčrtek





Název společnosti: -
 Vypracováno kým: -
 Telefon: -
 Fax: -
 Datum: -

Instalace a přívod



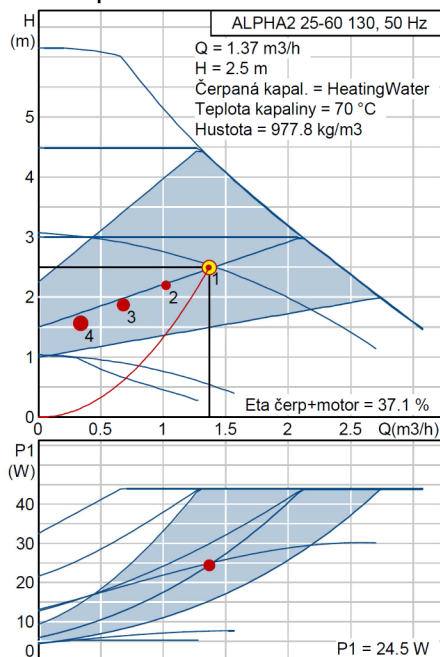
Výsledky dimenzování

Objednáací číslo: 95047507
 Typ: ALPHA2 25-60 130
 Množství: 1
 Q: 1.37 m³/h
 H: 2.5 m
 Příkon P1: 0.024 kW
 Eta čerp+motor: 37.1 % = Účinn. čerp.* motoru
 Eta celk.: 37.1 % = Účinn. vztažená k prac. bodu
 Spotřeba energie: 87 kWh/Rok
 Emise CO₂: 49 kg/Rok
 Cena: Na vyžádání

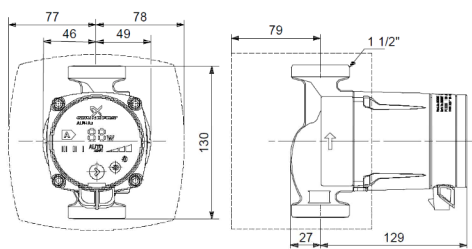
Profil zátěže

	1	2	3	4	
Q	100	75	50	25	%
H	100	89	78	67	%
P1	0.024	0.018	0.013	0.009	kW
Eta celk.	37.1	33.4	27.3	16.9	%
Doba	410	1026	2394	3010	h/Rok
Spotřeba energie	10	19	31	27	kWh/Rok
Množství	1	1	1	1	

Křivka čerpadla



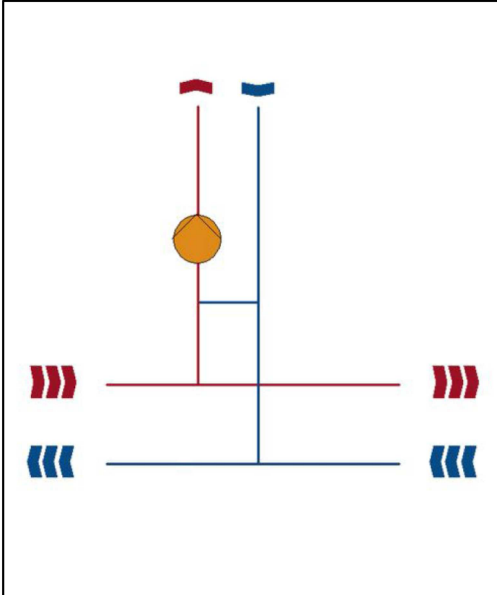
Rozměrový náčrtek





Název společnosti: -
 Vypracováno kým: -
 Telefon: -
 Fax: -
 Datum: -

Instalace a přívod



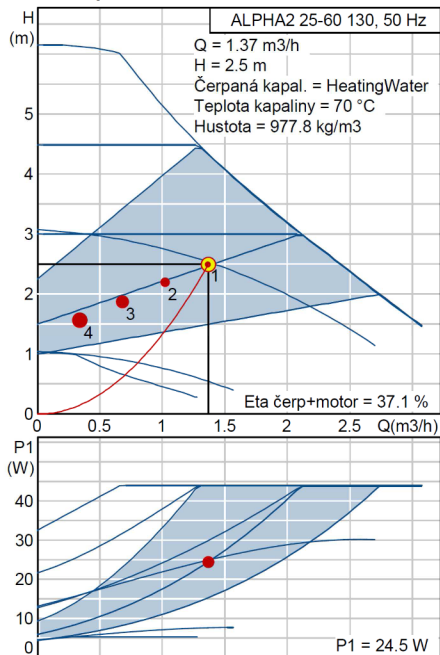
Výsledky dimenzování

Objednací číslo: 95047507
 Typ: ALPHA2 25-60 130
 Množství: 1
 Q: 1,37 m³/h
 H: 2,5 m
 Příkon P1: 0,024 kW
 Eta čerp+motor: 37,1 % = Účinn. čerp.* motoru
 Eta celk.: 37,1 % = Účinn. vztažená k prac.bodu
 Spotřeba energie: 87 kWh/Rok
 Emise CO₂: 49 kg/Rok
 Cena: Na vyžádání

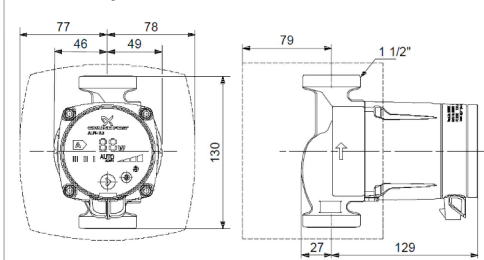
Profil zátěže

	1	2	3	4	
Q	100	75	50	25	%
H	100	89	78	67	%
P1	0,024	0,018	0,013	0,009	kW
Eta celk.	37,1	33,4	27,3	16,9	%
Doba	410	1026	2394	3010	h/Rok
Spotřeba energie	10	19	31	27	kWh/Rok
Množství	1	1	1	1	

Křivka čerpadla



Rozměrový náčrtek

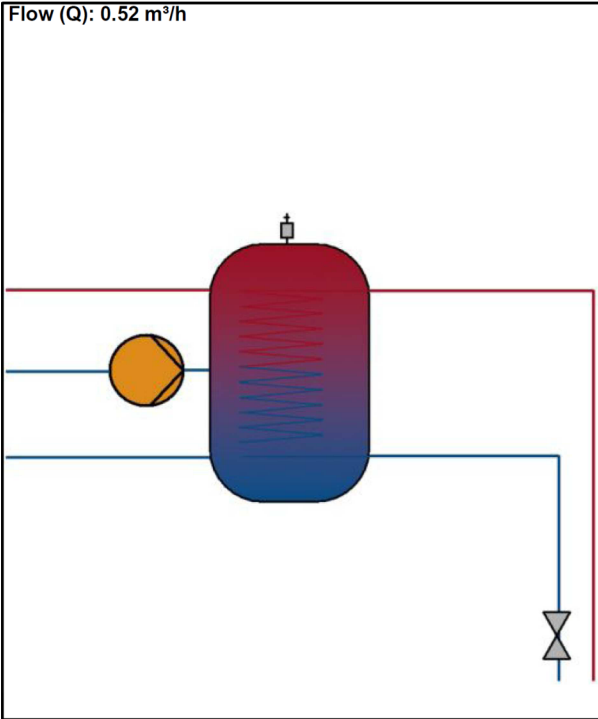




Company name: -
 Created by: -
 Phone: -
 Fax: -
 Date: -

Installation and Input

Flow (Q): 0.52 m³/h



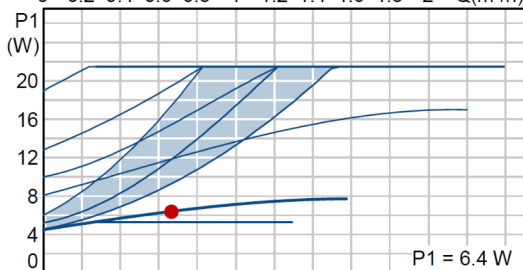
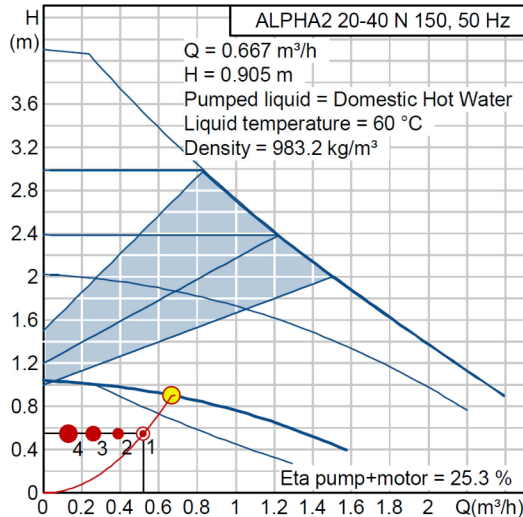
Sizing Results

Product number: 97660453
 Type: ALPHA2 20-40 N 150
 Quantity: 1
 Flow: 0.667 m³/h (+28%)
 Head: 0.905 m (+65%)
 Power P1: 0.006 kW
 Eta pump+motor: 25.3 % =Eta pump * Eta motor
 Eta total: 25.3 % =Eta relative to the duty point
 Energy consumption: 36 kWh/Year
 CO2 emission: 20 kg/Year
 Price: On request

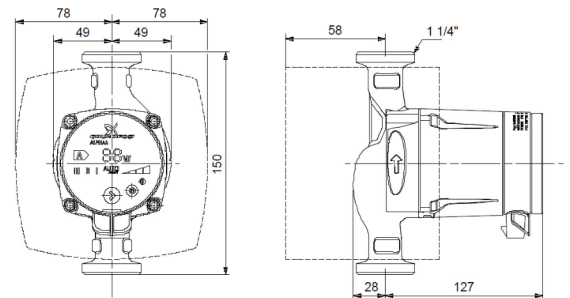
Load profile

	1	2	3	4	
Flow	100	75	50	25	%
Head	173	179	184	187	%
P1	0.006	0.006	0.005	0.005	kW
Eta total	22.0	18.2	13.3	7.3	%
Time	410	1026	2394	3010	h/Year
Energy consumption	2	6	13	15	kWh/Year
Quantity	1	1	1	1	

Pump Curve



Dimensional Drawing



B2.9 Návrh zabezpečovacích zařízení

Nejvyšší přípustný provozní přetlak vybraných zařízení

Otopné těleso	1 MPa = 1000 kPa
Podlahový konvektor	1,2 MPa = 1200 kPa
Lavicový konvektor	1,2 MPa = 1200 kPa
Plynový kotel	3 bar = 300 kPa
Expanzní nádoba	6 bar = 600 kPa
Doplňovací zařízení	250 kPa

Nejvyšší dovolený =otevřací přetlak = nejmenší z nejvyšších přípustných provozních přetlaků vybraných zařízení

$$p_{hdov} = p_{otev} = 250 \text{ kPa}$$

Nejnižší dovolený přetlak

$$p_{ddov} = 1,1 \times h \times \rho \times g$$

$$p_{ddov} = 1,1 \times 2,2 \times 978 \times 9,81$$

$$p_{ddov} = 23,22 \text{ kPa}$$

Nejnižší provozní dovolený přetlak

$$p_d = 1,05 \times p_{ddov}$$

$$p_d = 1,05 \times 23,22$$

$$p_d = 24,38 \text{ kPa}$$

Nejvyšší provozní přetlak

$$p_h = 0,95 \times p_{hdov}$$

$$p_h = 0,95 \times 250$$

$$p_h = 237,5 \text{ kPa}$$

B2.9.1 Pojistné ventily

Návrh pojistného ventilu pro kotel 45 kW

Průřez sedla pojistného ventilu

$$S_{op} = \frac{2Q_p}{\alpha_{vw}\sqrt{p_{hdov}}}$$

$$S_{op} = \frac{2 \times 45}{0,64\sqrt{250}}$$

$$S_{op} = 8,89 \text{ mm}^2$$

Průměr sedla

$$d_v = 10 + 0,6 \times \sqrt{Q_p}$$

$$d_v = 10 + 0,6 \times \sqrt{45}$$

$$d_v = 14,02 \text{ mm}$$

NAVRHUJI POJISTNÝ VENTIL GIACOMINI 1/2“

Skutečný průřez sedla $S_0 = 201 \text{ mm}^2$

B2.9.2 Expanzní nádoba

Expanzní objem pro zvětšení objemu vody

$$V_e = 1,3 \times V_S \times \Delta w$$

$$V_e = 1,3 \times 1291 \times 0,02243$$

$$V_e = 37,644 \text{ l}$$

Vodní objem soustavy V_S :	potrubí	3 l/kW => 3 x 90 = 270 l
	tělesa	10l/kW=> 10 x 87,1 = 871 l
	kotel	75 + 75 = 150 l
	celkem	$V_S = 1291 \text{ l}$

Předběžný objem

$$V_{eP} = \frac{V_e \times (p_h + 100)}{p_h - p_d}$$

$$V_{eP} = \frac{37,644 \times (237,5 + 100)}{237,5 - 24,38}$$

$$V_{eP} = 59,61 \text{ l}$$

Navrhují expanzní nádobu REFLEX NG80/6

Technické údaje

Průměr: 512 mm

Výška: 570 mm

Připojení: R1

Skutečný nejvyšší provozní přetlak

$$p_{hs} = \frac{p_d \times V_{eP} + 100 \times V_e}{V_{eP} - V_e}$$

$$p_{hs} = \frac{24,38 \times 80 + 100 \times 37,644}{80 - 37,644}$$

$$p_{hs} = 134,92 \text{ kPa}$$

Průměr expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \times Q_p^{0,5}$$

$$d_p = 10 + 0,6 \times 90^{0,5}$$

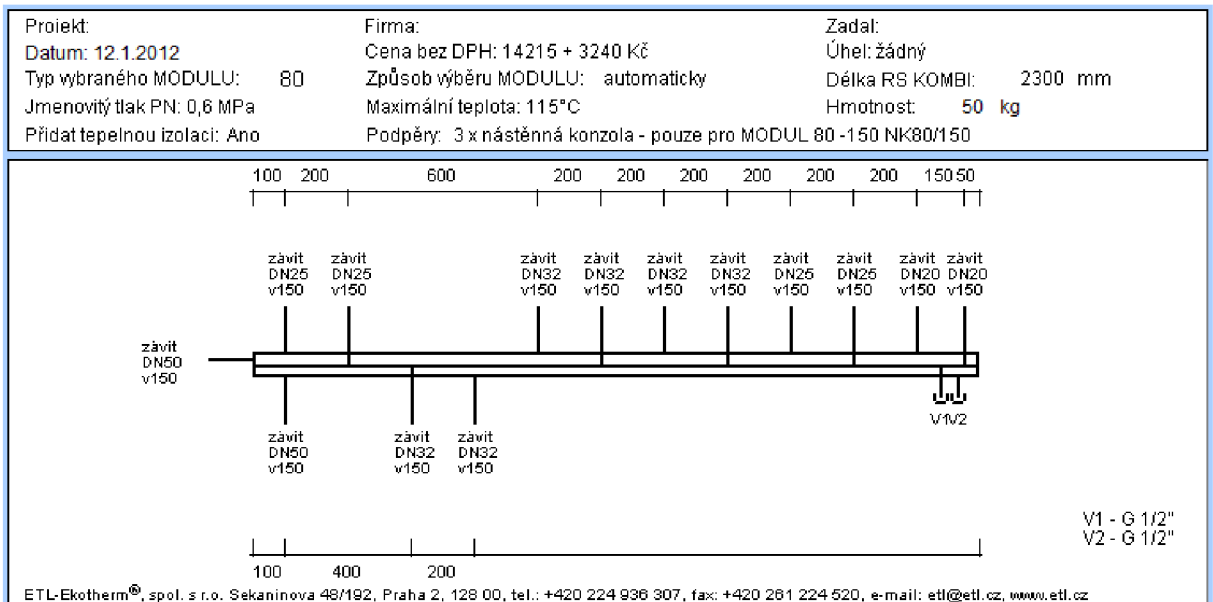
$$d_p = 15,69 \text{ mm} \Rightarrow \text{DN 18x1}$$

B2.10 Návrh kombinovaného sběrače

Objemový průtok

Větev 1:	1341 kg/h	35x1,5
Větev 2:	1261 kg/h	35x1,5
Větev 3:	1464 kg/h	35x1,5
Větev 4:	926 kg/h	28x1,5
Větev ZO:	507 kg/h	22x1
Rezerva		28x1,5
Celkový objemový průtok:	5499 kg/h	

Návrh byl proveden v softwaru ETL Návrh a výpočet modulů rozdělovačů – verze 5/2005



B2.11 Návrh HVDT

Max. průtok : 5045 m³/h

Navrhují:

HDTV II; ETL – Ekotherm a.s.

Technické údaje:

Průtok: 8 m³/h

A = 150 mm

B = 500 mm

C = 100 mm

D = 159 mm

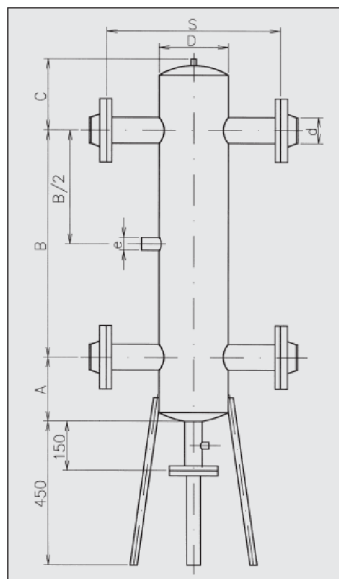
L = 1200 mm

S = 400 mm

d = 76 mm

e = 1"

Připojení: DN50



B2.12 Návrh větrání technické místnosti

V technické místnosti se nacházejí dva kotle THERM 45KD, zařazení plynový spotřebič typu C

B2.12.1 Předepsaná intenzita větrání

$$V_{sp} = \frac{n \times O}{3600}$$

$$V_{sp} = \frac{0,5 \times 33,71}{3600}$$

$$V_{sp} = 0,0047 \text{ m}^3/\text{s}$$

B2.12.2 Návrh větracích otvorů

Plocha protidešťové žaluzie pro přívod a odvod vzduchu:

$$S_p = \frac{V_{sp}}{v}$$

$$S_p = \frac{0,0047}{1,5}$$

$$S_p = 0,003 \text{ m}^2$$

Navrhují protidešťovou žaluzii IMOS – PZ AL 200x200 mm s průtočnou plochou 0,02 m²

B2.12.3 Tepelná bilance technické místnosti v zimě

Tepelná produkce kotlů a potrubních rozvodů do okolí činí cca 1 % z instalovaného výkonu kotlů.

$$Q_{z,z} = p \times Q_z$$

$$Q_{z,z} = 0,01 \times 90000$$

$$Q_{z,z} = 900 \text{ W}$$

Měrná tepelná ztráta technické místnosti s prostupem pro výpočtovou teplotu kotelny $t_i = 15^\circ\text{C}$

$$H_T = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$H_T = \frac{119}{30}$$

$$H_T = \frac{119}{30} = 3,97 \text{ W/K}$$

Měrná tepelná ztráta technické místnosti větráním

$$H_V = V_{sp} \times \rho \times c$$

$$H_V = 0,02 \times 1300$$

$$H_V = 26 \text{ W/K}$$

Teplota vzduchu v technické místnosti za návrhových podmínek

Teplota vzduchu v technické místnosti v zimním období nesmí klesnout pod 5°C.

$$t_{i,z} = t_e + \frac{Q_{z,z}}{H_T + H_V}$$

$$t_{i,z} = -15 + \frac{900}{3,97 + 26}$$

$$t_{i,z} = 15,03 \text{ °C}$$

B2.12.4 Tepelná bilance technické místnosti v létě

Tepelné zisky kotlem pro ohřev teplé vody. Sdílení tepla stěnami v letním období zanedbáváme.

$$Q_{z,L} = p \times Q_z$$

$$Q_{z,L} = 0,015 \times 13000$$

$$Q_{z,L} = 195 \text{ W}$$

Měrná tepelná zátěž větráním pro letní průtok spalovacího vzduchu

$$H_V = V_{sp} \times \rho \times c$$

$$H_V = 0,02 \times 1300$$

$$H_V = 26 \text{ W/K}$$

Teplota vzduchu v technické místnosti pro průměrnou letní teplotu

V letním období teplota vzduchu v kotelně nesmí přesáhnout 35°C.

$$t_{i,L} = t_e + \frac{Q_{z,L}}{H_V}$$

$$t_{i,z} = 25 + \frac{195}{26}$$

$$t_{i,z} = 32,5 \text{ °C}$$

B2.13 Technická zpráva

1. Úvod a základní údaje:

Projekt řeší vytápění mateřské školky v Kuřimi. Podkladem pro zpracování projektu je výkresová dokumentace stavební části objektu. Jedná se o přízemní, samostatně stojící objekt o půdorysných rozměrech 62,5 x 16,4 m a zastavěné ploše 765,2 m².

Obvodové a vnitřní stěny jsou navrženy z keramických tvarovek. Střecha pultová, okna a dveře plastová s izolačním trojsklem. Všechny konstrukce splňují požadavky normy ČSN 73 0540 – 2 (2011).

2. Charakteristika objektu

Výpočet tepelných ztrát byl proveden v souladu s ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu a souborem technických norem ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov.

Tepelná ztráta objektu:	75 581 W
Výpočtová venkovní teplota:	-15 °C
Průměrná teplota v otopném období:	3,7 °C
Teplotní spád:	70/55 °C

3. Otopný příkon, spotřeba tepelné energie, spotřeba paliva:

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.

Roční spotřeba tepla pro vytápění:	139,3 MWh/rok
Roční spotřeba tepla pro ohřev TV:	181,11 MWh/rok
Roční potřeba paliva:	20 123 m ³ /rok

4. Technická řešení

Vytápění bude zajištěno pomocí pěti otopných větví. Jedná se o tepelnou soustavu dvoutrubkovou s nuceným oběhem topné vody.

4.1 Otopná větev 1 – 3

Tyto větve řeší distribuci topné vody do jednotlivých oddělení sestávající z učebny, ložnice, hygienického zařízení, šatny a výdejny jídla. Soustava bude pracovat s teplotním spádem 70/55 °C. Použité potrubí KUPFER Cu. Použitá otopná tělesa: desková otopná tělesa RADIK VK, lavicové konvektory Licon OL/D 100. Topný výkon :

větev 1	23,4 kW
větev 2	22,0 kW
větev 3	25,0 kW

4.2 Otopná větev 4

Touto větví je vytápěno zázemí pro učitelé, chodba a společné hygienické zařízení. Soustava bude pracovat s teplotním spádem 70/55 °C. Použité potrubí KUPFER Cu. Použitá otopná

tělesa: desková otopná tělesa RADIK VK, podlahové konvektory Licon PK. Topný výkon větve 10,8 kW.

4.3 Otopná větve – ohřev TV

Větví je přiváděná topná voda do spirál dvou akumulčních zásobníků REFLEX SF750. Soustava pracuje s teplotním spádem 70/55 °C. Topný výkon této větve je 8,84 kW.

5. Zdroj tepla

Pro zajištění vytápění objektu byly navrženy dva plynové kondenzační kotle THERM 45KD o modulačním výkonu 13 - 45 kW. Kondenzační kotle budou zapojeny do kaskády s celkovým výkonem 90 kW.

6. Otopné plochy

Jsou navržena desková otopná tělesa RADIK VK výrobce KORADO Česká Třebová. Doplněná o podlahové konvektory Licon PK a lavicové konvektory Licon OL/D výrobce Licon Heat s.r.o. Připojení na otopnou soustavu musí být provedeno dle požadavků výrobce a to v případě deskových otopných těles pomocí připojovací armatury Multiblock T, Oventrop s roztečí 50mm, v případě konvektorů pomocí rohové připojovací armatury Vekolux. Před zahájením topné zkoušky musí být termostatické ventily nastaveny na požadovanou hodnotu, která je uvedena ve výkresové dokumentaci. Každý termostatický ventil bude osazen termostatickou hlavici firmy HEIMEIER typ K. Veškeré otopné plochy budou opatřeny odvzdušňovacím ventilem. Desková otopná tělesa nacházející se v prostorách, kde se pohybují děti budou opatřeny ochranným krytem.

7. Trubní rozvody

Otopná soustava je navržena dvoutrubková se spodním rozvodem a nuceným oběhem topné vody. Rozvod topné vody v podlahách a vertikální rozvody budou provedeny v mědi KUPFER Cu. Rozvody kotlového okruhu budou provedeny z ocelových trubek závitových běžných ČSN EN 10208-1, jakost materiálu L245GA spojovaných svařováním. Prostupy potrubí zdívkou musí být opatřeny chráničkami pro zabezpečení možnosti tepelné dilatace. Veškeré potrubí bude opatřeno izolací dle vyhlášky 193/2007 Sb. Ocelové potrubí bude opatřeno základním olejovým nátěrem. Uchycení rozvodů bude pomocí pevných a kluzkých bodů. Sustím bude odvodněn na nejnižším místě vypouštěcími ventily. Na trubních rozvodech budou umístěny příslušné armatury. Umístění armatur je zřejmé z výkresové dokumentace. Maximální výška umístění armatur nesmí přesáhnout 1,8 m od podlahy.

8. Zabezpečovací zařízení

Pojistný ventil je součástí kondenzačního kotle. Otopná soustava je zajištěna tlakovou expanzní nádobou s membránou REFLEX NG80/6, barva červená.

9. Ohřev teplé vody

Ohřev TV je zajištěn pomocí dvou akumulčních nádob s trubkovým výměníkem REFLEX SF750. Celkový objem zásobníků je 1500 l.

10. Zkoušky zařízení

Před veškerými zkouškami a uvedením do provozu musí být každé zařízení propláchnuto. Propláchnutí se provádí při 24 hodinovém provozu oběhových čerpadel. Před uvedením do provozu se musí provést nastavení seřizovacích armatur a armatur na otopných tělesech a naplněn vodou dle ČSN 07 7401 nebo ČSN 38 3350.

Propláchnutí a vyčištění soustavy je součástí montáže.

O provedení zkoušek bude proveden zápis.

10.1 ZKOUŠKA TĚSNOSTI

Zkouška těsnosti bude provedena před zazděním do drážek a provedením nátěrů a izolací. Otopná soustava se naplní vodou, odvzdušní se a provede se kontrola celého zařízení. Nesmí se projevovat viditelné netěsnosti. Soustava musí zůstat napuštěna nejméně 6 hodin, po kterých následuje další kontrola.

10.2 ZKOUŠKA PROVOZNÍ

Dilatační zkouška se provádí před zazděním do drážek a provedením tepelných izolací. Při této zkoušce se teplotně odolná látka ohřeje na nejvyšší pracovní teplotu a pak se nechá vychladnout na teplotu okolního vzduchu. Poté se tento postup ještě jednou zopakuje. Zjistí-li se při prohlídce nějaké netěsnosti zařízení, popř. jiné závady, je nutné je odstranit a zkoušku opakovat.

Kontroluje se správná funkce armatur, rovnoměrné ohřívání OT, dosažení projektovaných teplot a tlaků, dále správnou funkci regulačních, zabezpečovacích a měřících zařízení.

Topná zkouška by měla probíhat nejméně 24 hodin.

11. Měření a regulace

Pro automatický provoz zařízení je navržen volně programovatelný řídicí systém. Tento systém bude zajišťovat:

Automatický provoz s minimálními požadavky na údržbu

Hospodárnost provozu vytápění díky optimalizaci provozu

Spolehlivost provozu

Centrální ovládání a monitorování systému MaR

Kaskáda dvou kondenzačních kotlů bude vybavena řídicím modulem umožňujícím řízení kotlů z nadřazeného systému MaR.

Úsek 1,2,3,4: Spouštění cirkulačního čerpadla na základě venkovní teploty, teplota otopné vody na výstupu bude řízena trojcestným ventilem dle ekvitemní křivky 1,2,3,5.

Úsek 5: Na základě teploty akumulčního zásobníku teplé vody bude spouštěno cirkulační čerpadlo.

Kotelna bude vybavena snímači a akčními prvky dle technologického schématu. Profese MaR bude řídit plynové kotle, ovládat čerpadla, regulační armatury a hlídat veškeré provozní a poruchové stavy, jako je teplota v technické místnosti, únik zemního plynu, překročení

minimálního a maximálního pracovního tlaku, překročení maximální dovolené teploty otopné vody, porucha doplňování vody do otopné soustavy.

12. Idevé řešení navazujících profesí

12.1 Profese VZT

Výměna vzduchu bude zajištěna rovnotlakým nuceným větráním v zimním provozu s ohřevem přiváděného vzduchu na teplotu 18°C. Výkon ohřevu 15 kW a 8,8 kW.

12.2 Profese ZTI

12.2.1 Vnitřní vodovod

Rozvody pitné vody, TV, cirkulačního potrubí v objektu jsou navrženy z plastového potrubí vedeného v podlaze.

Připojovací potrubí k výtokovým armaturám bude vedeno v drážkách ve zdi. Vodoinstalační materiál použitý k rozvodům potrubí bude zhotoven pouze z materiálu certifikovaných pro styk s pitnou a teplou vodou.

Zařizovací předměty dle dispozičního řešení jednotlivých hygienických zařízení.

Na potrubí se provedou veškeré zkoušky, proplachy a desinfekce dle ČSN. Při montážích rozvodů je nutno postupovat dle návodů výrobců.

12.2.2 Příprava TV

Ohřev TV je centrální zajištěn pomocí dvou akumulčních nádob s trubkovým výměníkem REFLEX SF750. Celkový objem zásobníků je 1500 l.

Potrubí teplé vody a cirkulace bude souběžně vedeno s potrubím studené vody. Maximální teplota teplé vody bude přednastavena na 55°C.

13. Bezpečnost práce

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

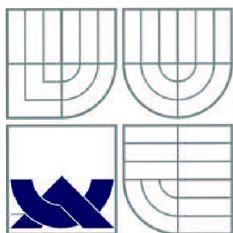
14. Související normy

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

ČSN 73 040-2 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Funkční požadavky

ČSN 38 3350 - Zásobování teplem, všeobecné zásady

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

C EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. HANA SCHÄFEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN TOPIČ

BRNO 2012

C Experimentální řešení

C1. Vstupní hodnoty

C1.1 Otopné těleso

Deskové otopné těleso KORADO Radik KLASIK typ 22

Počet desek	2
Počet přidavných přestupných ploch	2
Výška H	600 mm
Délka L	2000 mm
Hloubka d	100 mm
Odsazení od zdi x_1	50 mm
Vzdálenost spodní hrany OT od podlahy x_2	150 mm
Jmenovitý tepelný výkon Q_m	1679 Wm^{-1}
Teplotní exponent η	1,3353
Teplosměnná plocha	$15,4 \text{ m}^2$

C1.2 Kryt před radiátorem

Materiál	dvojitý lepenkový karton
Šířka krytu	2250 mm
Výška krytu	800 mm
Výška vpustí (otvorů) od podlahy	50 mm
Vzdálenost od otopného tělesa	50 mm
Výška/šířka/počet vpustí	100mm/350mm/5
Celková plocha nasávacího prostoru	$0,175 \text{ m}^2$

Obr.: Krypt instalovaný před otopným tělesem ve vzdálenosti 50 mm

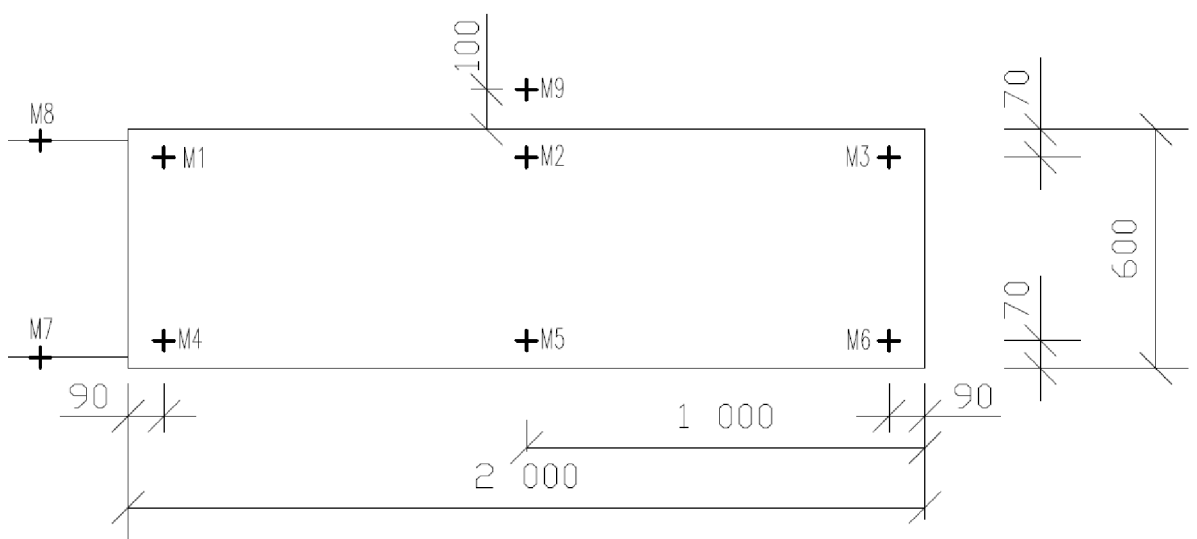


C1.3 Měřené hodnoty

V průběhu experimentu byly měřeny hodnoty při 4 konfiguracích otopného tělesa

1. Nezakryté otopné těleso, objemový průtok vody otopným tělesem 153 l.h^{-1}
2. Zakryté otopné těleso, objemový průtok vody otopným tělesem 153 l.h^{-1}
3. Nezakryté otopné těleso, objemový průtok vody otopným tělesem $64,9 \text{ l.h}^{-1}$
4. Zakryté otopné těleso, objemový průtok vody otopným tělesem $64,9 \text{ l.h}^{-1}$

Obr.: Schema měření na otopném tělese KORADO Radik KLASIK typ 22



Tab.1 : Naměřené hodnoty na otopném tělese KORADO Radik KLASIK TYP 22 2000x600

bod	M1	M2	M3	M4	M5	M6	t_{OT}
	teplota OT	teplota OT	teplota OT	teplota OT	teplota OT	teplota OT	průměrná teplota OT
Měření	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
1.	47,9	46,6	45	39,8	36	30,3	40,9
2.	47,4	47,2	45,1	39,9	35,8	30,1	40,9
3.	46,3	45,8	43,7	36,5	33,7	30	39,3
4.	46,8	45,8	43,7	36	33,4	30	39,3

Tab.2 : Naměřené hodnoty na otopném tělese KORADO Radik KLASIK TYP 22 2000x600

bod	M0	M7	M8	M9	M9	M7	t_{OT}
	teplota prostředí t_d	přívodní voda t_{w1}	vratná voda t_{w2}	teplota proudu	rychlost proudu	objemový průtok Q_V	průměrná teplota OT
měření	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[m.s ⁻¹]	[l.h ⁻¹]	[°C]
1.	21,5	47,2	40,4	27,5	0,21	153	40,9
2.	221	47,2	40,6	29,5	0,23	153	40,9
3.	20,9	46	34,9	24,7	0,17	64,9	39,3
4.	20,8	46,3	34,4	26	0,2	64,9	39,3

C2. Výpočet tepelného výkonu otopného tělesa

C2.1 Výpočet pomocí přepočtu výkonu dle DIN 4704 a dle ČSN EN 442

Tepelný výkon otopného tělesa při 75/65/20 dle údajů výrobce

$$Q_n = Q_m \times L \text{ [W]}$$

$$Q_n = 1679 \times 2000 \times 10^{-3}$$

$$Q_n = \mathbf{3358 \text{ W}}$$

Výpočet opravného koeficientu závisí na podílu rozdílu teplot c

$$c = \frac{t_{w2} - t_d}{t_{w1} - t_d} [-]$$

$${}_1c = \frac{40,4 - 21,5}{47,2 - 21,5}$$

$${}_1c = 0,74$$

$${}_2c = \frac{40,6 - 21}{47,2 - 21}$$

$${}_2c = 0,75$$

$${}_3c = \frac{34,9 - 20,9}{46 - 20,9}$$

$${}_3c = 0,56$$

$${}_4c = \frac{34,4 - 20,8}{46,3 - 20,8}$$

$${}_4c = 0,53$$

Dle DIN 4704 se opravný součinitel vypočítá rozdílně pro hodnoty $c \geq 0,7$ a pro $c < 0,7$.

V případě normy ČSN EN 442 se opravný součinitel určuje v celém rozsahu podle vzorce

$$\Delta t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_d.$$

Pro $c \geq 0,7$

$$\varphi_{\Delta t} = \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_n} \right)^\eta \quad \text{kde} \quad \Delta t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_d$$

Pro $c < 0,7$

$$\varphi_{\Delta t} = \left(\frac{\Delta t_{ln}}{\Delta t_{n,ln}} \right)^\eta \quad \text{kde} \quad \Delta t_{ln} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \frac{t_{w1} - t_d}{t_{w2} - t_d}}$$

$${}_1\varphi_{\Delta t} = \left(\frac{(47,2 + 40,4)/2 - 21,5}{(75 + 65)/2 - 20} \right)^{1,3353}$$

$${}_1\varphi_{\Delta t} = \mathbf{0,3402}$$

$${}_2\varphi_{\Delta t} = \left(\frac{(47,2 + 40,6)/2 - 21}{(75 + 65)/2 - 20} \right)^{1,3353}$$

$${}_2\varphi_{\Delta t} = \mathbf{0,3524}$$

$${}_3\varphi_{\Delta t} = \left(\frac{(46 + 34,9)/2 - 20,9}{(75 + 65)/2 - 20} \right)^{1,3353}$$

$${}_3\varphi_{\Delta t} = \mathbf{0,2854}$$

$${}_4\varphi_{\Delta t} = \left(\frac{(46,3 + 34,4)/2 - 20,8}{(75 + 65)/2 - 20} \right)^{1,3353}$$

$${}_4\varphi_{\Delta t} = \mathbf{0,2854}$$

Dle DIN 4704 pak

$${}^{\text{DIN}}{}_3\varphi_{\Delta t} = \mathbf{0,2761}$$

$${}^{\text{DIN}}{}_4\varphi_{\Delta t} = \mathbf{0,2746}$$

Přepočítaný tepelný výkon pro aktuální teplotní spády

$$Q = Q_n \times \varphi_{\Delta t} \text{ [W]}$$

$${}_1Q = Q_n \times {}_1\varphi_{\Delta t} = 3358 \times 0,3402$$

$${}_1Q = \mathbf{1142,4 \text{ W}}$$

$${}_2Q = Q_n \times {}_2\varphi_{\Delta t} = 3358 \times 0,3524$$

$${}_2Q = \mathbf{1183,4 \text{ W}}$$

$${}_3Q = Q_n \times {}^{DIN}_3\varphi_{\Delta t} = 3358 \times 0,2761$$

$${}_3Q = \mathbf{927,1 \text{ W}}$$

$${}_4Q = Q_n \times {}^{DIN}_4\varphi_{\Delta t} = 3358 \times 0,2746$$

$${}_4Q = \mathbf{922,1 \text{ W}}$$

C2.2 Výpočet tepelného výkonu pomocí teplot vstupní a vratné vody

$$Q_c = M_w \times c \times (t_{w1} - t_{w2}) \text{ [W]}$$

c je měrná tepelná kapacita vody 4176 J.Kg⁻¹.K⁻¹ (při 45°C) tj. 1,16 W.h.kg⁻¹.K⁻¹

M_w je hmotnostní průtok [kg.h⁻¹]

$$M_w = Q_V \times \rho / 1000 \quad \text{kde } \rho \text{ je hustota vody } 990 \text{ kg.m}^{-3} \text{ při } 45^\circ\text{C}$$

$${}_1Q_c = 153 / 1000 \times 990 \times 1,16 \times (47,2 - 40,4)$$

$${}_1Q_c = \mathbf{1194,8 \text{ W}}$$

$${}_2Q_c = 153 / 1000 \times 990 \times 1,16 \times (47,2 - 40,6)$$

$${}_2Q_c = \mathbf{1159,7 \text{ W}}$$

$${}_3Q_c = 64,9 / 1000 \times 990 \times 1,16 \times (46 - 34,9)$$

$${}_3Q_c = \mathbf{827,3 \text{ W}}$$

$${}_4Q_c = 64,9 / 1000 \times 990 \times 1,16 \times (46,3 - 34,4)$$

$${}_4Q_c = \mathbf{864,6 \text{ W}}$$

C2.3 Porovnání měření a přepočtu tepelného výkonu otopného tělesa

Tab.: Srovnání metod výpočtu tepelného výkonu otopného tělesa

	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření
tepelný výkon přímým výpočet z rozdílu teplot [W]	1194,8	1159,7	827,3	864,6
tepelný výkon pomocí opravného koeficientu [W]	1142,4	1183,4	927,1	922,1
rozdíl metod [%]	4,6	-2,0	-10,8	-6,2

V prvním a druhém měření je rozdíl při použití obou metod do 5%. Při menším průtoku ($64,9 \text{ l.h}^{-1}$) se však výsledku proti předpokladu rozcházejí. Tepelný výkon je nižší o 6,2% a 10,8%. Vzhledem k tomu, že otopné těleso je proti doporučení výrobce zapojeno bočně jednostranně a nikoliv bočně oboustranně úhlopříčně (doporučení výrobce pro poměr $L/H > 3$), dochází zřejmě ke ztrátám způsobeným nedokonalým vedením otopné vody v celé délce tělesa.

Pro další výpočty využívající tepelný výkon budou použity hodnoty vypočtené z druhé metody.

C2.4 Určení sálavé složky výkonu otopného tělesa

Celkový tepelný výkon lze vyjádřit jako součet sálavé a konvekční složky tepelného výkonu.

$$Q_c = Q_s + Q_k \quad [\text{W}]$$

$$Q_s = \alpha_s \times S_s \times (t_{OT} - t_u) \quad \text{kde} \quad \alpha_s \text{ je součinitel přestupu tepla sáláním } [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}],$$

S_s je velikost sálavého povrchu tělesa [m^2],
 $(t_{OT} - t_u)$ je rozdíl teplot povrchu stěny otopného tělesa a účinné teploty okolních ploch [$^{\circ}\text{C}$]

Pro určení velikosti sálavé složky výkonu tělesa je třeba zjistit reálnou hodnotu součinitele přestupu tepla sáláním.

Tepelný tok reálného tělesa lze vyjádřit jako součin tepelného toku absolutně černého tělesa při stejné teplotě a poměrné zářivosti (emisivity) ε . Ta nabývá hodnot od 0 do 1 (1 – abs. černé těleso).

$$q_1 = q_0 \times \varepsilon$$

Na základě Stefanova-Boltzmannova zákona pak

$$q_1 = \varepsilon \times C_0 \times \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad \text{kde } T \text{ je absolutní teplota tělesa } [\text{K}]$$

a součinitel sálání dokonale černého tělesa $C_0 = 5,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$.

Emisivita závisí na materiálu tělesa a jeho povrchové úpravě. Pro běžné barvy aplikované na otopná tělesa dosahuje emisivita hodnot 0,92 až 0,94 (9).

Sálání dvou povrchů je vždy vzájemné, celkový sálavý tepelný tok uvažuje vzájemný součinitel osálání C_{12} . Na velikost toku má pak vliv i geometrie povrchů vůči sobě navzájem. Celkový tok pak nabývá tvaru :

$$Q = S_1 \times \varepsilon \times C_{12} \times \varphi_{12} \times \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ kde } \varphi_{12} \text{ je úhlový součinitel osálání [-]}$$

a C_{12} je součinitel vzájemného osálání ploch
 S_1 a S_2 [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$].

V případě experimentu uvažujeme vzájemné osálání rovnoběžných ploch, jejichž vzdálenost je výrazněji menší než rozměry (čelní stěna OT – kryt OT, čelní stěna OT – stěna za OT apod.). Součinitel φ_{12} pak nabývá hodnoty 1 (přenáší se největší možná část energie). Součinitel vzájemného osálání nabývá zjednodušeného vztahu : $C_{12} = \frac{1}{\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} - \frac{1}{c_0}}$ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$].

V případě otopného tělesa nezakrytého krytem (měření 1 a 3) je čelní stranou teplo emitováno do celého poloprostoru a ohřívá stěny místnosti. V tomto případě nabývá tepelný výkon tvaru :

$$Q = S_{sal} \times \varepsilon_{OT} \times C_0 \times \varphi_{OT} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ST}}{100} \right)^4 \right] \text{ kde } \varphi_{OT} = 1, \text{ neboť sálající plocha je výrazně menší než plocha osálaná, který ji zcela obklopuje (9).}$$

Uvažované emisivity :

$$\varepsilon_{OT} = 0,93 \text{ emisivita otopného tělesa}$$

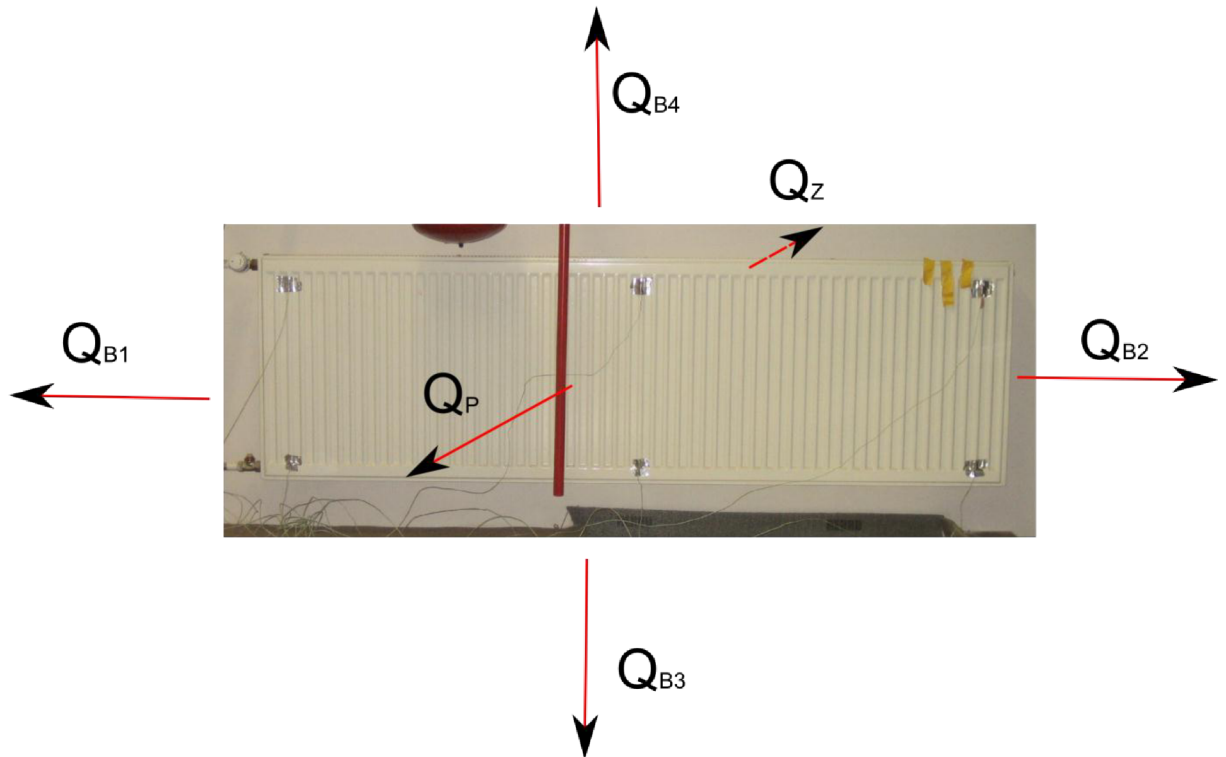
$\varepsilon_{ST} = 0,90$ stěna opatřená bílým vnitřním disperzním nátěrem – v experimentu předpokládáme stejnou hodnotu emisivity pro povrch podlahy

$$\varepsilon_{KAR} = 0,90 \text{ papírový karton}$$

$$\varepsilon_{DR} = 0,90 \text{ dřevěná zástěna}$$

Celkový sálavý výkon deskového tělesa se sestává ze sálavých výkonů jednotlivých desek. Sálavý výkon vnitřních povrchů je uvažován nulový, vzhledem k stejné teplotě sálajících a osálaných povrchů. Výpočet sálavého tepla pak spočívá v určení sálavého výkonu vnějších ploch (čelní a zadní desky, spodní a horní kryt, boky tělesa) otopného tělesa. Povrchové teploty boků otopného tělesa a jeho spodní a horní plochy nebyly měřeny a v praxi by byly nižší než teplota čelní stěny tělesa. Pro zjednodušení předpokládám tyto teploty o 10 K nižší oproti čelní stěně. Součet těchto sálajících ploch činí pouze necelých 18% sálající plochy a chyba způsobená odhadem nemá významný vliv na výsledky a závěry experimentu.

Obr.: Složky sálavého výkonu tělesa (sálavý výkon vnitřních ploch je roven nule)



Sálavý tepelný výkon tělesa je určen součtem dílčích sálavých tepelných výkonů jednotlivých ploch otopného tělesa.

Tepelný výkon bočních horizontálních a vertikálních ploch B1-B4 je zjednodušeně vypočítán jako sálavý výkon jedné plochy o velikosti $S_B = \sum S_{Bi}$ a je uvažováno vzájemné osálení s plochou obklopujícím tuto plochu o teplotě stěny místnosti.

Nejdříve řeším měření bez zakrytí radiátoru (1. a 3. měření)

$$Q_p = S_p \times \varepsilon_{OT} \times C_0 \times \varphi_{OT} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ST}}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_1Q_p = S_p \times 0,93 \times 5,7 \times 1 \times \left[\left(\frac{40,9+273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{21,5+273,15}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_1Q_p = 139,3 \text{ W}$$

$$Q_b = S_b \times \varepsilon_{OT} \times C_0 \times \varphi_{OT} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ST}}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_1Q_b = [2 \times (0,1 \times 0,6) + 2 \times (0,1 \times 2)] \times 0,93 \times 5,7 \times 1 \times \left[\left(\frac{30,9+273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{21,5+273,15}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_1Q_b = 27,8 \text{ W}$$

Zadní stěna otopného tělesa sálá na rovnoběžnou blízkou stěnu o teplotě 32,3°C

Teplota stěny za otopným tělesem byla změřena uprostřed stěny za otopným tělesem bezprostředně po měření teplot otopného tělesa.

$${}_1C_{OT,STZ} = \frac{1}{\frac{1}{c_{OT}} + \frac{1}{c_{ST}} + \frac{1}{c_0}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$$

$${}_1C_{OT,STZ} = \frac{1}{\frac{1}{5,7 \times 0,93} + \frac{1}{5,7 \times 0,9} + \frac{1}{5,7}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$$

$${}_1C_{OT,STZ} = 4,81 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$$

$${}_1Q_Z = S_Z \times \varepsilon \times {}_1C_{OT,STZ} \times \varphi_{12} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{STZ}}{100} \right)^4 \right]$$

$${}_1Q_Z = 1,2 \times 0,93 \times 4,81 \times 1 \times \left[\left(\frac{40,9 + 273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{32,4 + 273,15}{100} \right)^4 \right]$$

$${}_1Q_Z = 54,6 \text{ W}$$

$${}_1Q_s = {}_1Q_P + {}_1Q_Z + {}_1Q_B [\text{W}]$$

$${}_1Q_s = 139,3 + 54,6 + 27,8 [\text{W}]$$

$${}_1Q_s = 221,7 \text{ W}$$

pro 3. měření ,

$$Q_p = S_p \times \varepsilon_{OT} \times C_0 \times \varphi_{OT} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ST}}{100} \right)^4 \right] [\text{W}]$$

$${}_3Q_p = 1,2 \times 0,93 \times 5,7 \times 1 \times \left[\left(\frac{39,3 + 273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{20,9 + 273,15}{100} \right)^4 \right] [\text{W}]$$

$${}_3Q_p = 130,7 \text{ W}$$

$$Q_b = S_b \times \varepsilon_{OT} \times C_0 \times \varphi_{OT} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ST}}{100} \right)^4 \right] [\text{W}]$$

$${}_3Q_b = [2 \times (0,1 \times 0,6) + 2 \times (0,1 \times 2)] \times 0,93 \times 5,7 \times 1 \times \left[\left(\frac{29,3 + 273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{20,9 + 273,15}{100} \right)^4 \right] [\text{W}]$$

$${}_3Q_b = 24,6 \text{ W}$$

Zadní stěna otopného tělesa sálá na rovnoběžnou blízkou stěnu o teplotě 32,3°C

Teplota stěny za otopným tělesem byla změřena uprostřed stěny za otopným tělesem bezprostředně po měření teplot otopného tělesa.

$${}_3C_{OT,STZ} = \frac{1}{\frac{1}{c_{OT}} + \frac{1}{c_{ST}} - \frac{1}{c_0}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$$

$${}_3C_{OT,STZ} = \frac{1}{\frac{1}{5,7 \times 0,93} + \frac{1}{5,7 \times 0,9} - \frac{1}{5,7}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$$

$${}_3C_{OT,STZ} = 4,81 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$$

$${}_3Q_Z = S_Z \times \varepsilon \times {}_2C_{OT,STZ} \times \varphi_{12} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{STZ}}{100} \right)^4 \right]$$

$${}_3Q_Z = 1,2 \times 0,93 \times 4,81 \times 1 \times \left[\left(\frac{39,3 + 273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{32,3 + 273,15}{100} \right)^4 \right]$$

$${}_3Q_Z = 44,3 \text{ W}$$

$${}_3Q_S = {}_3Q_P + {}_3Q_Z + {}_3Q_B [\text{W}]$$

$${}_3Q_S = 130,7 + 44,3 + 24,6 [\text{W}]$$

$${}_3Q_S = 199,6 [\text{W}]$$

V případě druhého a čtvrtého měření byl před otopné těleso nainstalován kryt v podobě kartónu ve vzdálenosti 50mm od otopného tělesa. Na základě teoretických předpokladů je očekávána změna konvektivní proudu. Dochází také k odclonění sálavého výkonu do místnosti, mezi krytem a čelní plochou deskového tělesa vzniká konvektivní štěrbina, dochází k rozšíření konvektivního proudu.

Po zastínění tělesa dochází k velmi významnému snížení přenosu sálavého tepla do místnosti. Sálavý tepelný výkon mezi přední deskou tělesa a krytem se určí jako vzájemné osálení rovnoběžných ploch stejné velikosti.

$${}_2C_{OT,KRYT} = \frac{1}{\frac{1}{c_{OT}} + \frac{1}{c_{ST}} - \frac{1}{c_0}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$$

$${}_2C_{OT,KRYT} = \frac{1}{\frac{1}{5,7 \times 0,93} + \frac{1}{5,7 \times 0,9} - \frac{1}{5,7}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$$

$${}_2C_{OT,KRYT} = 4,81 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$$

$${}_2Q_P = S_P \times \varepsilon \times {}_2C_{OT,KRYT} \times \varphi_{12} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{STZ}}{100} \right)^4 \right]$$

$${}_2Q_P = 1,2 \times 0,93 \times 4,81 \times 1 \times \left[\left(\frac{40,9 + 273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{KRYT} + 273,15}{100} \right)^4 \right]$$

K určení sálavého výkonu přední plochy tělesa ${}_2Q_P$ sálající na kryt z kartonu je nutné znát vzájemnou sálavou teplotu. Ta však nebyla v experimentu měřena. Emitovaným teplem od otopného tělesa se karton zahřívá. Sdílením tepla pevnou látkou prostupuje teplo na odvrácenou stranu kartonu. Tato strana se zahřívá a přeneseně tak předává sálavým tokem teplo od otopného tělesa. Tento tok proto zahrnuji do bilance sálavého tepla. K určení tohoto toku jsou využity snímky z termokamery. Z bodů M1-M6 byla odečtena teplota a stejně jako v případě reálného měření na otopném tělesa vypočtena průměrná teplota plochy kartonu sálající do místnosti. Nasávací otvory v krytu jsou pro výpočet zanedbány – uvažují se se stejnou teplotou jako karton (jsou součástí emitující plochy).

$$T_{KRYT,SAL} = (24 + 25 + 24,7 + 24 + 24,4 + 22,8)/6 = 24,2$$

$$Q_{pKRYTSAL} = S_{pKRYTSAL} \times \varepsilon_{OT} \times C_0 \times \varphi_{OT} \times \left[\left(\frac{T_{KRYT,SAL}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ST}}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_2Q_{pKRYTSAL} = 1,2 \times 0,90 \times 5,7 \times 1 \times \left[\left(\frac{24,2+273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{21+273,15}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_2Q_{pKRYTSAL} = \mathbf{20,4 \text{ W}}$$

$$Q_b = S_b \times \varepsilon_{OT} \times C_0 \times \varphi_{OT} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ST}}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_2Q_b = [2 \times (0,1 \times 0,6) + 2 \times (0,1 \times 2)] \times 0,93 \times 5,7 \times 1 \times \left[\left(\frac{30,9+273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{21+273,15}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_2Q_b = \mathbf{29,2 \text{ W}}$$

Zadní stěna otopného tělesa sálá na rovnoběžnou blízkou stěnu o teplotě 32,4°C

Teplota stěny za otopným tělesem byla změřena uprostřed stěny za otopným tělesem bezprostředně po měření teplot otopného tělesa.

$${}_2C_{OT,STZ} = \frac{1}{\frac{1}{c_{OT}} + \frac{1}{c_{ST}} - \frac{1}{c_0}} \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-4}\text{]}$$

$${}_2C_{OT,STZ} = \frac{1}{\frac{1}{5,7 \times 0,93} + \frac{1}{5,7 \times 0,9} - \frac{1}{5,7}} \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-4}\text{]}$$

$${}_2C_{OT,STZ} = 4,81 \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-4}\text{]}$$

$${}_2Q_Z = S_Z \times \varepsilon \times {}_2C_{OT,STZ} \times \varphi_{12} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{STZ}}{100} \right)^4 \right]$$

$${}_2Q_Z = 1,2 \times 0,93 \times 4,81 \times 1 \times \left[\left(\frac{40,9 + 273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{30,1 + 273,15}{100} \right)^4 \right]$$

$${}_2Q_Z = 54,6 \text{ W}$$

$${}_2Q_s = {}_2Q_{pKRYTSAL} + {}_2Q_Z + {}_2Q_B \text{ [W]}$$

$${}_2Q_s = 20,4 + 29,2 + 54,6 \text{ [W]}$$

$${}_2Q_s = 104,2 \text{ W}$$

$$T_{KRYT,SAL} = (24 + 24 + 25,2 + 24 + 23,6 + 23)/6 = 24$$

$$Q_{pKRYTSAL} = S_{pKRYTSAL} \times \varepsilon_{OT} \times C_0 \times \varphi_{OT} \times \left[\left(\frac{T_{KRYT,SAL}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ST}}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_4Q_{pKRYTSAL} = 1,2 \times 0,90 \times 5,7 \times 1 \times \left[\left(\frac{24+273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{20,9+273,15}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_4Q_{pKRYTSAL} = 19,7 \text{ W}$$

$$Q_b = S_b \times \varepsilon_{OT} \times C_0 \times \varphi_{OT} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ST}}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_4Q_b = [2 \times (0,1 \times 0,6) + 2 \times (0,1 \times 2)] \times 0,93 \times 5,7 \times 1 \times \left[\left(\frac{29,3+273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{20,8+273,15}{100} \right)^4 \right] \text{ [W]}$$

$${}_4Q_b = 24,9 \text{ W}$$

Zadní stěna otopného tělesa sálá na rovnoběžnou blízkou stěnu o teplotě 32,3°C

Teplota stěny za otopným tělesem byla změřena uprostřed stěny za otopným tělesem bezprostředně po měření teplot otopného tělesa.

$${}_4C_{OT,STZ} = \frac{1}{\frac{1}{c_{OT}} + \frac{1}{c_{ST}} + \frac{1}{c_0}} \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-4}\text{]}$$

$${}_4C_{OT,STZ} = \frac{1}{\frac{1}{5,7 \times 0,93} + \frac{1}{5,7 \times 0,9} + \frac{1}{5,7}} \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-4}\text{]}$$

$${}_4C_{OT,STZ} = 4,81 \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-4}\text{]}$$

$${}_4Q_Z = S_Z \times \varepsilon \times {}_2C_{OT,STZ} \times \varphi_{12} \times \left[\left(\frac{T_{OT}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{STZ}}{100} \right)^4 \right]$$

$${}_4Q_Z = 1,2 \times 0,93 \times 4,81 \times 1 \times \left[\left(\frac{39,3 + 273,15}{100} \right)^4 - \left(\frac{32,3 + 273,15}{100} \right)^4 \right]$$

$${}_4Q_Z = 44,3 \text{ W}$$

$${}_4Q_s = {}_4Q_{pKRYTSAL} + {}_4Q_Z + {}_4Q_B \text{ [W]}$$

$${}_4Q_s = 20,4 + 24,9 + 44,3 \text{ [W]}$$

$${}_4Q_s = 89,6 \text{ W}$$

G2.5 Velikost tepelného toku sdíleného volnou konvekcí

Výpočet konvekční složky výkonu otopného tělesa je složitou úlohou závislou na velké řadě parametrů. Použitím teorie podobnosti lze však tyto faktory uspořádat do „podobnostních kritérií“. Tyto pak snižují počet variací a usnadňují experimentální zvládnutí děje (9).

Pro obecný případ sdílení tepla konvekcí lze součinitele přestupu tepla vyjádřit :

$$\alpha \approx w^{x_1} \times d^{x_2} \times t^{x_3} \times \nu^{x_4} \times \lambda^{x_5} \times \rho^{x_6} \times c_p^{x_7} \times \beta^{x_8}$$

kde je : w rychlost nuceného průtoku [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

d charakteristický rozměr [m]

t teplotní spád [K]

ν kinematická viskozita látky [$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$]

λ součinitel tepelné vodivosti [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$]

ρ hustota [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

c_p měrná tepelná kapacita [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]

β součinitel objemové roztažnosti [K^{-1}]

x_1 až x_8 exponenty [-]

Upravením a zavedením bezrozměrných čísel získáme

$$Nu \approx Re^{x_1} \times Pr_p^{x_7} \times Gr^{x_8}$$

Při přirozené konvekci přejde uvedený vztah do tvaru

$$Nu = f(Gr, Pr)$$

Při nucené konvekci přejde vztah do tvaru

$$Nu = f(Re, Pr)$$

U složky přirozené konvekce lze obecně použít platné vztahy vymezené součinem (Gr.Pr)

$$Nu = C(Gr, Pr)^n$$

C2.5.1 Přestup tepla na straně vzduchu

Volné proudění vzniká působením tíhových sil. Hnací silou jsou rozdílné teploty a následně závislé hustoty tekutiny v prostoru, kde nastává přestup tepla (9).

Teplotní rozdíl vyvolává v gravitačním poli vztlakovou sílu $g \times \rho \times \beta \times \Delta t$

kde je g	tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
β	součinitel objemové roztažnosti [K^{-1}]
ρ	hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
Δt	rozdíl teplot v mezní vrstvě [$^{\circ}\text{C}$]

Z rovnováhy vztlakové a třecí síly pak

$$Gr = \frac{\beta \times g \times l^3}{\nu^2} \times \Delta t$$

kde je l	charakteristický rozměr [m]
ν	kinematická viskozita [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

Při výpočtu tepelného výkonu sdíleného konvekcí využívám vyjádření součinitele přestupu za použití Pecletova kritéria (10): $Nu = C \times Pe^n \times \left(\frac{Pr}{Pr_s}\right)^m$

$$\text{kde } Pe = Gr \times Pr$$

a hodnoty součinitelů C a n pro obtékání svislé desky nabývají hodnot: pro Pe 10^4 až 10^9 $C=0,59$ a $n=0,25$.

Hodnota součinitele přestupu tepla konvekcí α se určí ze vztahu:

$$\alpha = Nu \times \lambda \times l^{-1}$$

α součinitel přestupu tepla konvekcí [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

Měrný tepelný tok je pak určen na základě výpočtu součinitele přestupu za pomocí charakteristických rovnic.

$$q = \alpha \times (t_1 - t_2) \text{ kde je } q \text{ měrný tepelný tok } [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$$

$(t_1 - t_2)$ rozdíl teplot [K]

Hodnoty charakteristického rozměru l (výška H otopného tělesa), tíhového zrychlení g a Prandtlova čísla Pr jsou pro všechna měření shodná.

$$l = 0,6\text{m} \quad g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \quad \text{Pr} = 0,722$$

Pro všechna měření je Pecletovo kritérium v rozmezí 10^4 až 10^9 a hodnoty součinitele C a n nabývají hodnot $C=0,59$ resp. $n=0,25$.

Výpočet konvekčního tepelného toku pro 1.měření :

$${}_1\Delta t = {}_1t_{OT} - {}_1t_d = 40,9 - 21,5 = 19,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$${}_1\Delta t_{stř} = ({}_1t_{OT} + {}_1t_d)/2 = \frac{(40,9 + 21,5)}{2} = 31,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$${}_1\beta = 1/(273,15 + {}_1\Delta t_{stř}) = 1/(273,15 + 31,2) [\text{K}^{-1}]$$

$${}_1\beta = 0,003287311 \text{ K}^{-1} = 3,287 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$${}_1\nu = 16,72 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$Gr = \frac{\beta \times g \times l^3}{\nu^2} \times \Delta t$$

$${}_1Pe = \text{Pr} \times {}_1Gr = \text{Pr} \times \frac{{}_1\beta \times g \times l^3}{{}_1\nu^2} \times {}_1\Delta t$$

$${}_1Pe = 0,722 \times \frac{3,287 \cdot 10^{-3} \times 9,81 \times 0,6^3}{16,72 \cdot 10^{-6}} \times 19,4$$

$${}_1Pe = 3,49 \cdot 10^8$$

$${}_1Nu = C \times {}_1Pe^n$$

$${}_1Nu = 0,59 \times (3,49 \cdot 10^8)^{0,25}$$

$${}_1Nu = 80,64$$

$${}_1\alpha = {}_1Nu \times {}_1\lambda \times l^{-1} [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$$

$${}_1\lambda = 0,025884 [\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}]$$

$${}_1\alpha = 80,64 \times 0,025884 \times 0,6^{-1} [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$$

$${}_1\alpha = 3,48 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

$${}_1q = {}_1\alpha \times {}_1\Delta t \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$$

$${}_1q = 3,48 \times 19,4 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$$

$${}_1q = \mathbf{67,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}}$$

$${}_1Q_k = {}_1q \times S_L \text{ [W.m}^{-2}\text{]}$$

$${}_1Q_k = 67,5 \times 15,4 \text{ [W.m}^{-2}\text{]}$$

$${}_1Q_k = \mathbf{1039,5 \text{ W.m}^{-2}}$$

Výpočet konvekčního tepelného toku pro 2.měření :

$${}_2\Delta t = {}_2t_{OT} - {}_2t_d = 40,9 - 21 = 19,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$${}_2\Delta t_{stř} = ({}_2t_{OT} + {}_2t_d)/2 = \frac{(40,9 + 21)}{2} = 30,95 \text{ }^\circ\text{C}$$

$${}_2\beta = 1/(273,15 + {}_2\Delta t_{stř}) = 1/(273,15 + 30,95) \text{ [K}^{-1}\text{]}$$

$${}_2\beta = 0,003287311 \text{ K}^{-1} = 3,29 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$${}_2\nu = 16,695 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$Gr = \frac{\beta \times g \times l^3}{\nu^2} \times \Delta t$$

$${}_2Pe = Pr \times {}_2Gr = Pr \times \frac{{}_2\beta \times g \times l^3}{{}_2\nu^2} \times {}_2\Delta t$$

$${}_2Pe = 0,722 \times \frac{3,29 \cdot 10^{-3} \times 9,81 \times 0,6^3}{16,695 \cdot 10^{-6}} \times 19,9$$

$${}_2Pe = 3,59 \cdot 10^8$$

$${}_2Nu = C \times {}_1Pe^n$$

$${}_2Nu = 0,59 \times (3,59 \cdot 10^8)^{0,25}$$

$${}_2Nu = 81,23$$

$${}_2\alpha = {}_2Nu \times {}_2\lambda \times l^{-1} \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]}$$

$${}_2\lambda = 0,025867 \text{ [W.m}^{-1}\text{.s}^{-1}\text{]}$$

$${}_2\alpha = 81,23 \times 0,025867 \times 0,6^{-1} \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]}$$

$${}_2\alpha = 3,5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

$${}_2q = {}_2\alpha \times {}_2\Delta t \text{ [W.m}^{-2}\text{]}$$

$${}_2q = 3,5 \times 19,9 \text{ [W.m}^{-2}\text{]}$$

$${}_2q = \mathbf{69,7 \text{ W.m}^{-2}}$$

$${}_2Q_k = {}_2q \times S_L \text{ [W.m}^{-2}\text{]}$$

$${}_2Q_k = 69,7 \times 15,4 \text{ [W.m}^{-2}\text{]}$$

$${}_2Q_k = \mathbf{1073,4 \text{ W.m}^{-2}}$$

Výpočet konvekčního tepelného toku pro 3.měření :

$${}_3\Delta t = {}_3t_{OT} - {}_3t_d = 39,3 - 20,9 = 18,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$${}_3\Delta t_{stř} = ({}_3t_{OT} + {}_3t_d)/2 = \frac{(39,3 + 20,9)}{2} = 30,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$${}_3\beta = 1/(273,15 + {}_3\Delta t_{stř}) = 1/(273,15 + 30,1) \text{ [K}^{-1}\text{]}$$

$${}_3\beta = 0,003287311 \text{ K}^{-1} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$${}_3\nu = 16,61 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$Gr = \frac{\beta \times g \times l^3}{\nu^2} \times \Delta t$$

$${}_3Pe = Pr \times {}_3Gr = Pr \times \frac{{}_3\beta \times g \times l^3}{{}_3\nu^2} \times {}_3\Delta t$$

$${}_3Pe = 0,722 \times \frac{3,3 \cdot 10^{-3} \times 9,81 \times 0,6^3}{16,61 \cdot 10^{-6}} \times 18,4$$

$${}_3Pe = 3,36 \cdot 10^8$$

$${}_3Nu = C \times {}_1Pe^n$$

$${}_3Nu = 0,59 \times (3,36 \cdot 10^8)^{0,25}$$

$${}_3Nu = 79,92$$

$${}_3\alpha = {}_3Nu \times {}_3\lambda \times l^{-1} \text{ [W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}\text{]}$$

$${}_3\lambda = 0,025807[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}]$$

$${}_3\alpha = 81,23 \times 0,025807 \times 0,6^{-1}[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$$

$${}_3\alpha = 3,44 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

$${}_3q = {}_3\alpha \times {}_3\Delta t [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$$

$${}_3q = 3,44 \times 18,4 [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$$

$${}_3q = \mathbf{63,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}}$$

$${}_3Q_k = {}_2q \times S_L [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$$

$${}_3Q_k = 63,2 \times 15,4 [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$$

$${}_3Q_k = \mathbf{973,28 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}}$$

Výpočet konvekčního tepelného toku pro 4.měření :

$${}_4\Delta t = {}_4t_{OT} - {}_4t_d = 39,3 - 20,8 = 18,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$${}_4\Delta t_{stř} = ({}_4t_{OT} + {}_4t_d)/2 = \frac{(39,3 + 20,8)}{2} = 30,35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$${}_4\beta = 1/(273,15 + {}_4\Delta t_{stř}) = 1/(273,15 + 30,35) [\text{K}^{-1}]$$

$${}_4\beta = 0,003297 \text{ K}^{-1} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$${}_4\nu = 16,635 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$Gr = \frac{\beta \times g \times l^3}{\nu^2} \times \Delta t$$

$${}_4Pe = Pr \times {}_4Gr = Pr \times \frac{{}_4\beta \times g \times l^3}{{}_4\nu^2} \times {}_4\Delta t$$

$${}_4Pe = 0,722 \times \frac{3,3 \cdot 10^{-3} \times 9,81 \times 0,6^3}{16,635 \cdot 10^{-6}} \times 18,5$$

$${}_4Pe = 3,48 \cdot 10^8$$

$${}_4Nu = C \times {}_1Pe^n$$

$${}_4Nu = 0,59 \times (3,48 \cdot 10^8)^{0,25}$$

$${}_4Nu = 80,59$$

$${}_4\alpha = {}_4Nu \times {}_4\lambda \times l^{-1} [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$$

$${}_4\lambda = 0,025825 [\text{W.m}^{-1}.\text{s}^{-1}]$$

$${}_4\alpha = 80,59 \times 0,025825 \times 0,6^{-1} [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$$

$${}_4\alpha = 3,47 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

$${}_4q = {}_3\alpha \times {}_3\Delta t [\text{W.m}^{-2}]$$

$${}_4q = 3,47 \times 18,5 [\text{W.m}^{-2}]$$

$${}_4q = \mathbf{66,3 \text{ W.m}^{-2}}$$

$${}_4Q_k = {}_2q \times S_L [\text{W.m}^{-2}]$$

$${}_4Q_k = 63,2 \times 15,4 [\text{W.m}^{-2}]$$

$${}_4Q_k = \mathbf{1021 \text{ W.m}^{-2}}$$

C2.6 Celkový užitný výkon tělesa

Při určení celkového užitého tepelného výkonu tělesa předávaného místnosti Q'_c neuvažují část sálavého tepla předávaného zadní plochou radiátoru do obvodového zdiva Q_z . Pro závěry experimentu bude dále uvažována pouze efektivní část sálavého tepla (předaná do vnitřního prostředí místnosti) Q'_s . Sálavý výkon od nahřáté zadní stěny a odraz emitujícího záření otopného tělesa odrážejícího se od zadní stěny není do výpočtu uvažováno.

$$Q'_c = Q'_s + Q_k \text{ [W]}$$

$$Q'_s = Q_s - Q_z \text{ [W]}$$

$${}_1Q'_s = {}_1Q_s - {}_1Q_z \text{ [W]} \quad {}_2Q'_s = {}_2Q_s - {}_2Q_z \text{ [W]}$$

$${}_1Q'_s = 221,7 - 54,6 \text{ [W]} \quad {}_2Q'_s = 104,2 - 54,6 \text{ [W]}$$

$${}_1Q'_s = \mathbf{167,1 \text{ W}} \quad {}_2Q'_s = \mathbf{49,6 \text{ W}}$$

$${}_3Q'_s = {}_3Q_s - {}_3Q_z \text{ [W]} \quad {}_4Q'_s = {}_4Q_s - {}_4Q_z \text{ [W]}$$

$${}_3Q'_s = 199,6 - 44,3 \text{ [W]} \quad {}_4Q'_s = 89,6 - 44,3 \text{ [W]}$$

$${}_3Q'_s = \mathbf{155,3 \text{ W}} \quad {}_4Q'_s = \mathbf{45,3 \text{ W}}$$

$$Q'_c = Q'_s + Q_k \text{ [W]}$$

$${}_1Q'_c = 167,1 + 1039,5 = \mathbf{1206,6 \text{ W}}$$

$${}_2Q'_c = 49,6 + 1073,4 = \mathbf{1123 \text{ W}}$$

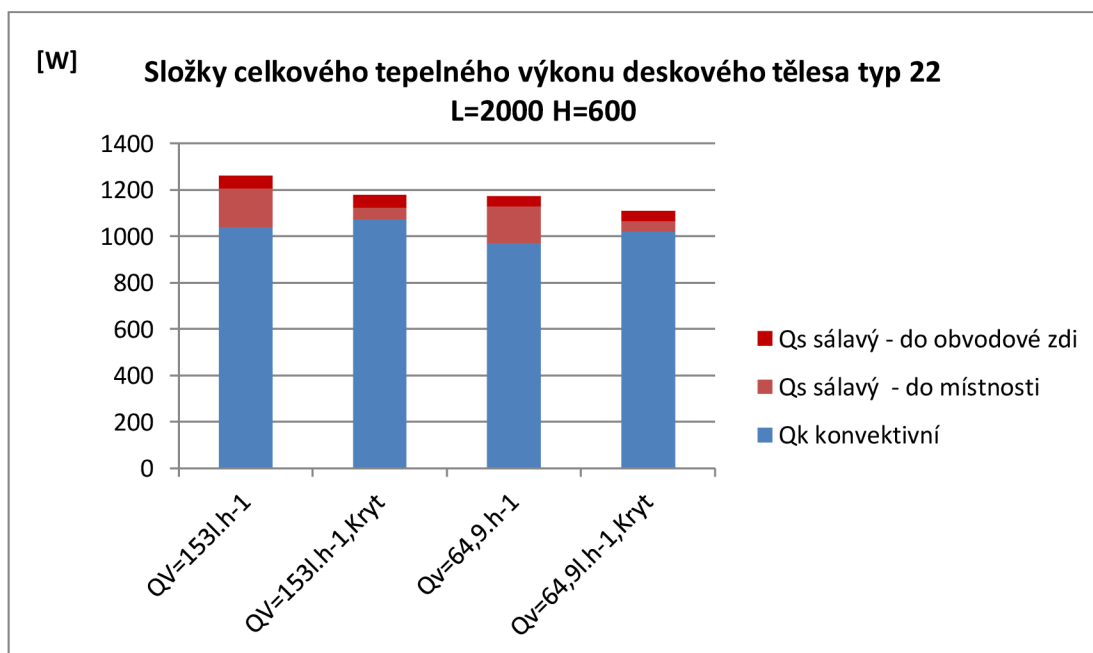
$${}_3Q'_c = 155,3 + 973,3 = \mathbf{1128 \text{ W}}$$

$${}_4Q'_c = 45,3 + 1021 = \mathbf{1066,3 \text{ W}}$$

C3. Vyhodnocení experimentu

Tab.: Vyhodnocení ztráty celkového tepelného výkonu při zakrytí čela deskového tělesa typ 22

Deskové otopné těleso		Tepelný výkon sáláním		Tepelný výkon konvekcí	Celkový tepelný výkon	Výkon bez osálení zadní stěny	ztráta zakrytím
KORADO Radik KLASIK typ 22		do místnosti	do obvodové zdi				
L=2000	H=600	Q'_s [W]	Q_z [W]	Q_k [W]	Q_c [W]	Q'_c [W]	[W]/[%]
objemový průtok 153 l.h^{-1}	bez zákrytu	167	55	1040	1261	1207	-84 W
	se zákrytem	50	55	1073	1178	1123	7%
objemový průtok $64,9 \text{ l.h}^{-1}$	bez zákrytu	155	44	973	1173	1129	-62 W
	se zákrytem	45	44	1021	1111	1066	6%

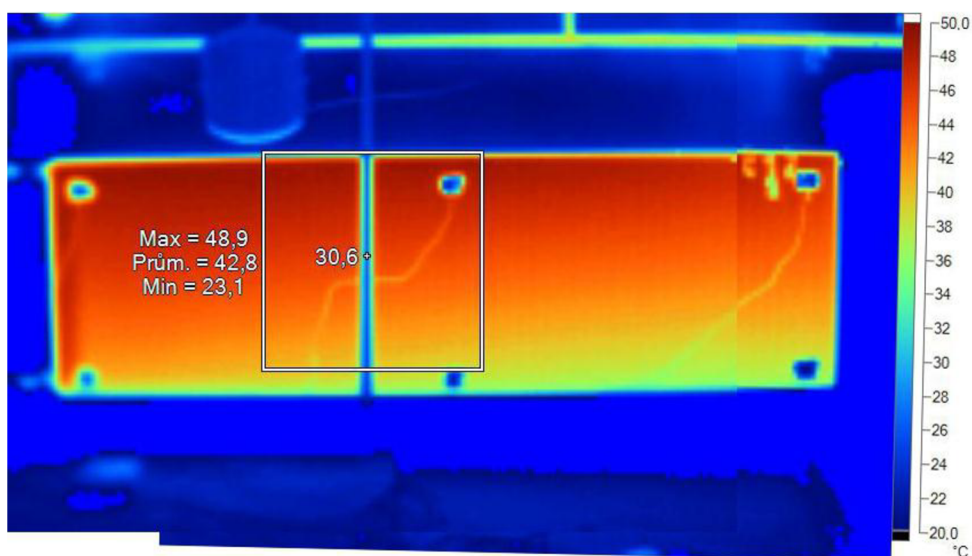


Dostupná literatura uvádí orientační ztráty výkonu otopného tělesa u článkových těles. V případě deskových otopných těles relevantní údaje pro určení ztráty výkonu zakrytím tělesa chybějí. Navržený experiment poskytuje vodítka pro určení této ztráty. Zatímco v případě článkových těles se při předsazení plného krytu uvažuje dokonce navýšení výkonu díky zvýšené konvekcii, tento efekt u deskových otopných těles není tak výrazný, aby pokryl ztrátu sálavého výkonu přední desky otopného tělesa. Ztráta sálavého výkonu 117 W (resp. 130 W) není pokryta navýšením tepelného výkonu pomocí konvekce (33 W resp. 49 W). Výkon po zakrytí deskového tělesa typu 22 tak klesl v prvním případě o 7 %, v druhém pak o 6 %.

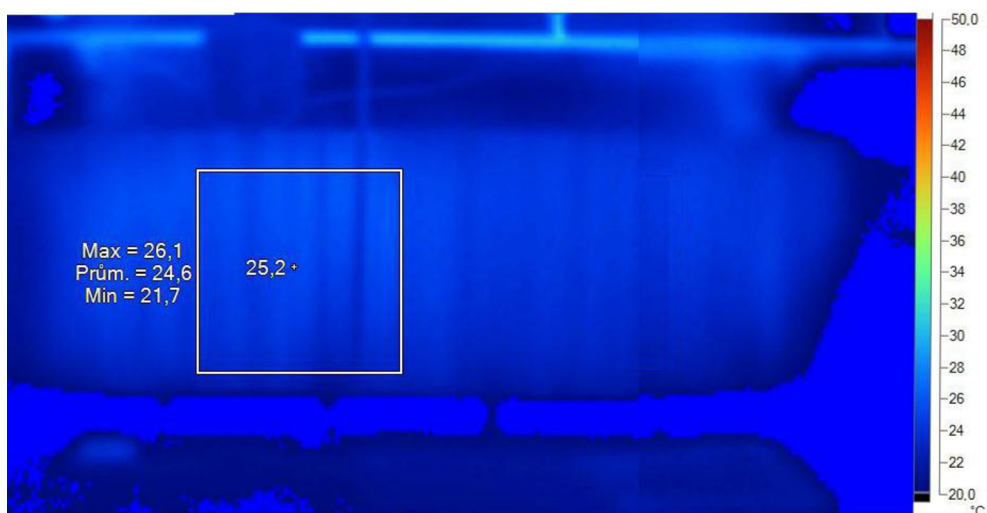
Skutečná ztráta výkonu v reálných podmínkách pak závisí na způsobu zakrytí tělesa (zakrytí z přední strany, zakrytí z přední i horní strany - parapet), na materiálu, z kterého je kryt vyroben (rozdílné koeficienty prostupu tepla a emisivity) a samozřejmě na typu deskového tělesa (tj. počtu konvekční plechů a desek).

V návrhové části B uvažuji na základě výsledků experimentu ztrátu otopných deskových těles při zakrytí krytem 10%.

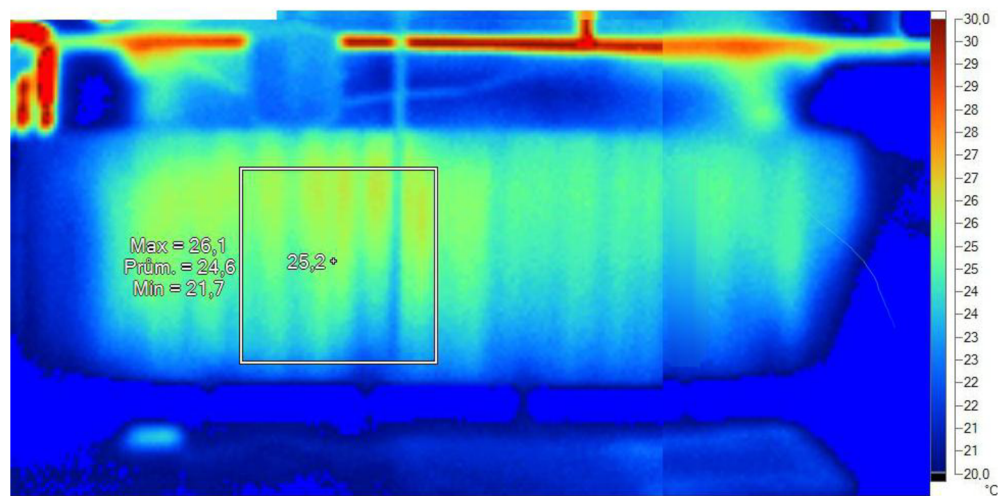
Obr. : Snímek pořízený termokamerou Fluke thermal imager TI 45 při 1. měření bez zakrytí krytem otopného tělesa (barevná škála 20°C-50°C).



Obr. : Snímek pořízený termokamerou Fluke thermal imager TI 45 při 2. měření se zákrytem otopného tělesa (stejná barevná škála).



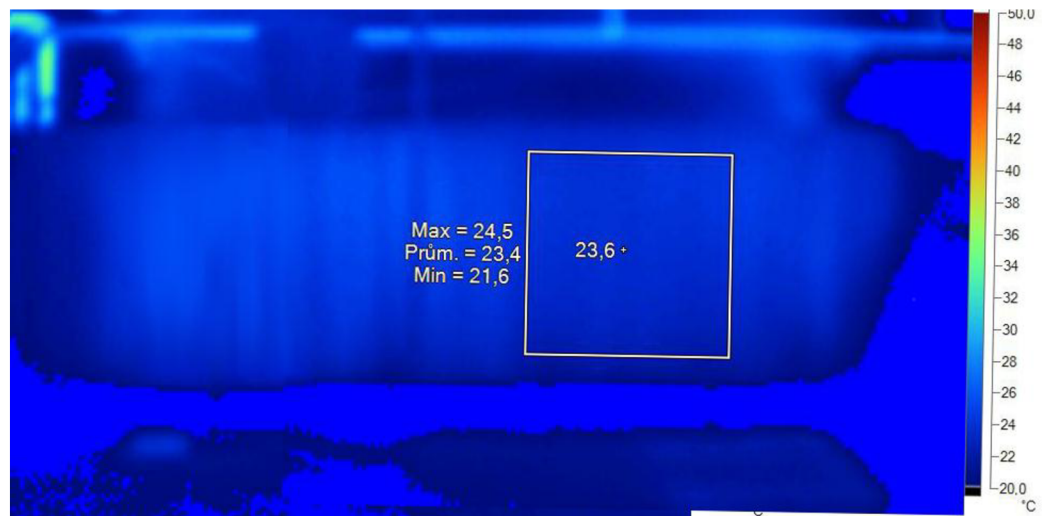
Obr. : Snímek pořízený termokamerou Fluke thermal imager TI 45 při 2. měření se zákrytem otopného tělesa (barevná škála 20°C-30°C).



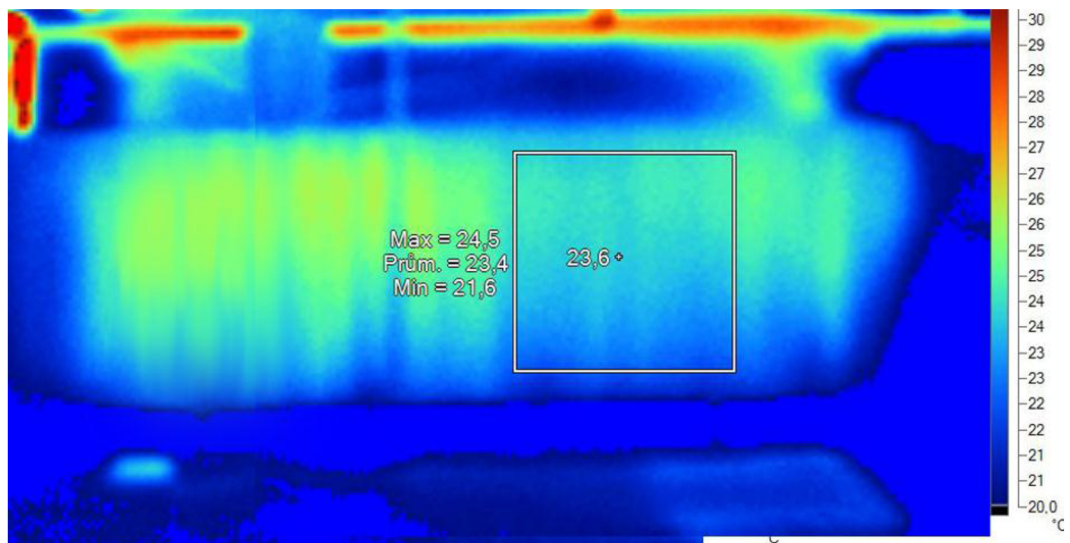
Obr. : Snímek pořízený termokamerou Fluke thermal imager TI 45 při 3. měření bez zakrytí krytem otopného tělesa (barevná škála 20°C-50°C).



Obr. : Snímek pořízený termokamerou Fluke thermal imager TI 45 při 4. měření se zákrytem otopného tělesa (stejná barevná škála).



Obr. : Snímek pořízený termokamerou Fluke thermal imager TI 45 při 4. měření se zákrytem otopného tělesa (barevná škála 20°C-30°C).



Závěr

Cílem diplomové práce bylo vyřešit vytápění předškolního zařízení v Kuřimi. Specifické požadavky na výměnu vzduchu, teplotu v místnostech a požadavky na bezpečnost v těchto prostorech byly vyřešeny v souladu s legislativními a normovými předpisy. V experimentální části byl věnován dostatečný prostor pro bližší porozumění reálných procesů probíhajících při vytápění pomocí deskových těles. Byla změřena hodnota útlumu výkonu při zakrytí deskového tělesa. Poznatky z experimentu byly aplikovány na praktické vyřešení soustavy. Součástí projektu je také ekonomické zhodnocení, které se na omezeném prostoru snaží popsat úskalí při výběru vhodného zdroje pro vytápění a ohřev teplé vody.

Seznam použitých zdrojů

- [1] SRDEČNÝ Karel. Tepelná čerpadla. 1. vyd. Brno: ERA. 2005. 68s.
- [2] za kolektiv autorů Vladimír Valenta, Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě, příručka 2001, 2417s.
- [3] vytapeni.tzb-info.cz/. [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/6674-tepelna-cerpadla-nejen-pro-bytove-domy>
- [4] tzb-info.cz/. [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5724-ventilace-s-rekuperaci-nektera-upozorneni-a-doporuceni>
- [5] tzb-info.cz/. [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4526-jak-doopravdy-funguji-tepelna-cerpadla>
- [6] Nazeleno.cz. [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/kotel-na-biomasu.dic>
- [7] Energie.tzb-info.cz/. [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://energie.tzb-info.cz/biomasa/8011-co-je-drevni-biomasa>
- [8] Finance.cz. [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://www.finance.cz/uvery-a-pujcky/financni-kalkulacky/splatkovy-kalkulator/>
- [9] Bašta, J.: Otopné plochy. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2001, 328s.
- [10] Gebauer, G., Termika pro TZB: základní úlohy v příkladech, 1996, 56s.
- [11] Kalkulator. eru.cz. [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://kalkulator. eru.cz>
- [12] Rotex.esel.cz. [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://rotex.esel.cz>
- [13] Idubina.cz. [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://www.idubina.cz/www/cz/shop/pro-topeni-3/therm-45-kd/>
- [14] POČINKOVÁ, M., *TZB II - Vytápění budov Modul 5*, 2006, 35s.
- [15] ČSN EN 12 831, *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu, norma*, 2005, 73s.
- [16] ČSN 73 0540-2, *Tepelná ochrana budov – Část 2: Funkční požadavky, norma*, 2011, 56s.
- [17] Licon. [online]. [cit. 2012-01-06]. Dostupné z: <http://www.licon.cz>
- [18] Oventrop. [online]. [cit. 2012-01-06]. Dostupné z: <http://www. oventrop.com/>
- [19] tzb-info.cz [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/868-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-i>

[20] Kotle Verner [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z: <http://www.kotle-verner.cz>

[21] Ekoportál [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z <http://www.ekoportal.cz/?soub=29§ion=2&article=5>

[22] tzb-info.cz [online]. [cit. 2012-01-13]. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>

Seznam použitých symbolů a zkratek

Součinitel přestupu tepla	α	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
Měrný tepelný tok	p	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
Tepelný výkon	Q	$[W]$
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy		
	U_{em}	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
Potřeba tepla	Q	$[W]$
Potřeba teplé vody	v_{2p}	$[m^3]$
Roční potřeba paliva	P	$[m^3 \cdot rok^{-1}] \text{ resp. } [t \cdot rok^{-1}]$
Výhřevnost	H	$[GJ \cdot t^{-1}]$
Účinnost	η	$[-] \text{ resp. } [\%]$
Objemové spalné teplo	H_s	$[kW \cdot h \cdot m^{-3}]$
COP topný faktor		$[-]$
Intenzita větrání	V_{sp}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Měrná tepelná ztráta větráním	H_v	$[W \cdot K^{-1}]$
Teplosměnná plocha S m ²	S_L	$[m^2]$
Teplotní exponent	n	$[-]$
Součinitel vzájemného osálení ploch		
	c_{12}	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}]$
Úhlový součinitel osálení	φ_{12}	$[-]$
Emisivita	ε	$[-]$
Kinematická viskozita	ν	$[m^2 \cdot s^{-1}]$
Součinitel tepelné vodivosti	λ	$[W \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}]$
Měrná tepelná kapacita	c	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
Součinitel objemové roztažnosti	β	$[K^{-1}]$
Tíhové zrychlení	g	$[m \cdot s^{-2}]$

Hmotnostní průtok Q_m [kg·h⁻¹]

Objemový průtok Q_v [l·h⁻¹]

MaR měření a regulace

OT otopné těleso

TV teplá voda

Seznam příloh

Výkres 1: Půdorys 1NP

Výkres 2: Schéma zapojení zdrojů tepla

Výkres 3: Řešení technické místnosti

Výkres 4: Schéma zapojení MaR kaskády kotlů