

Porovnání systémů vytápění

Radek Buchta

Bakalářská práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek BUCHTA**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Porovnání systémů vytápění**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii k zadanému tématu
2. Provedte experimentální měření na dvou systémech
3. Provedte srovnání obou systémů v hlavních ukazatelích

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František Volek, CSc.

Ústav výrobního inženýrství


Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2008

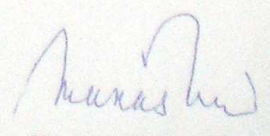
Termín odevzdání bakalářské práce:

6. června 2008

Ve Zlíně dne 31. ledna 2008


doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Vytápění je oblast lidské činnosti, které se na konci 20. a počátku 21. století věnuje stále více pozornosti. Správná aplikace při vytápění budov často znamená obrovské úspory nedostatečné energie a nemalé finanční úspory, což je v dnešní době jeden z hlavních kritérií při výběru vytápění. Proto jsem se zaměřil na problematiku využití podlahového topení ve srovnání s topením otopnými tělesy se zaměřením jak na tepelnou pohodu člověka, spotřebu paliva a pořizovací náklady obou topných systémů.

Klíčová slova: vytápění, otopné těleso, podlahové topení

ABSTRACT

Heating is a way of people's life, which at the end of 20th century and at start of 21st century, is getting more and more focused. Wright application way, when you do a heating of buildings, means a lot of energy savings, which we missed a lot and also money savings. Money savings is main element, which make all people to think about the way of how to heat buildings. For those reasons I focused to find out differences between floor heating and heating with standard heating elements. Main objectives were heat comfort for people, consumption, total costs of buying and install those products.

Keywords: heating, radiator, flooring heating

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Františku Volkovi CSc. za rady a poznámky při tvorbě bakalářské práce. Dále děkuji odborným poradcům z firem KORADO a REHAU.

Jmenovitě bych rád poděkoval Ing. Petru Pobořilovi za odborné vedení, cenné rady a drahocenný čas, který mi věnoval při měření v laboratořích na Střední průmyslové škole stavební ve Valašském Meziříčí.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce nebo ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 27.5.2008

.....

podpis

OBSAH

ABSTRAKT	4
ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 HISTORICKÝ VÝVOJ VYTÁPĚNÍ	11
1.1 ČÍNSKÉ VYTÁPĚNÍ KANG	12
1.2 VYTÁPĚNÍ TEPLÝM VZDUCHEM.....	13
1.3 TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ ZA POUŽITÍ KALORIFERŮ	13
2 ZÁKLADY VYTÁPĚCÍ TECHNIKY	15
2.1 POČASÍ A KLIMA	15
2.2 TEPLOTA VZDUCHU	15
2.3 VLHKOST VZDUCHU	15
2.4 VÍTR.....	16
2.5 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	16
3 SDÍLENÍ TEPLA	17
3.1 SDÍLENÍ TEPLA VEDENÍM (KONDUKCE)	17
3.2 SDÍLENÍ TEPLA PRODĚNÍM (KONVEKCE).....	18
3.3 SDÍLENÍ TEPLA SÁLÁNÍM.....	18
3.4 PROSTUP TEPLA STĚNOU	19
4 ZÁKLADY PROUDĚNÍ.....	21
4.1 REYNOLDSOVO KRITÉRIUM.....	21
4.2 ROVNICE KONTINUITY	22
4.3 ENERGETICKÁ ROVNICE.....	23
4.4 TLAKOVÉ ZTRÁTY PŘI PROUDĚNÍ TEKUTIN POTRUBÍM.....	23
5 VYTÁPĚCÍ ZAŘÍZENÍ	25
5.1 LOKÁLNÍ VYTÁPĚNÍ	25
5.1.1 Elektrická topidla	25
5.2 OTOPNÉ SOUSTAVY	25
5.2.1 Otopná tělesa	26
5.2.1.1 Článeková otopná tělesa	26
5.2.1.2 Desková tělesa	27
5.2.1.3 Trubková tělesa.....	28
5.2.1.4 Trubková tělesa se zákrytem – konvektory.....	28
5.2.2 Potrubí a armatury	29
5.2.2.1 Potrubí.....	29
5.2.2.2 Armatury a součásti zdrojů	29
5.2.3 Zavěšení a uložení potrubí, kompenzátory.....	30

5.2.4	Izolace potrubí.....	31
5.2.5	Zabezpečovací zařízení teplovodních otopných soustav.....	31
5.2.5.1	Zabezpečovací zařízení s otevřenou expanzní nádobou	31
5.2.5.2	Zabezpečovací zařízení s uzavřenou expanzní nádobou	32
5.2.6	Zdroje tepla pro ústřední vytápění.....	33
5.3	TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ.....	34
5.3.1	S přirozeným oběhem otopné vody.....	35
5.3.2	S nuceným oběhem otopné vody.....	35
5.4	TEPLOVODNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY SÁLAVÉ	36
5.4.1	Stěnové otopné plochy	36
5.4.2	Stropní otopné plochy	36
5.4.3	Podlahové otopné plochy	37
5.4.3.1	Podlahová konstrukce	37
5.4.3.2	Tloušťka betonové mazaniny.....	38
5.4.3.3	Spáry	38
5.4.3.4	Podlahové krytiny	38
5.4.3.5	Systémové součásti	38
5.4.3.6	Způsob pokládání otopných hadů	39
5.4.3.7	Výpočet a návrh	39
6	TEORETICKÁ A SKUTEČNÁ SPOTŘEBA TEPLA, SPOTŘEBA PALIVA.....	41
6.1	TEORETICKÁ SPOTŘEBA TEPLA	41
6.2	SKUTEČNÁ SPOTŘEBA TEPLA	41
6.3	SPOTŘEBA PALIVA	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	43
7	ÚVOD K PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	44
7.1	MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE	44
7.1.1	Pyrometr AMIR7811.....	44
7.1.2	THERM 2287-8	45
8	ROZLOŽENÍ A DOBA USTÁLENÍ TEPLOT V MÍSTNOSTI.....	46
8.1	ROZLOŽENÍ A DOBA USTÁLENÍ TEPLOT NA OTOPNÉM TĚLESE.....	46
8.1.1	Naměřené hodnoty na povrchu otopného tělesa.....	47
8.1.2	Vyhodnocení	47
8.2	ROZLOŽENÍ A DOBA USTÁLENÍ TEPLOT U PODLAHOVÉHO TOPENÍ.....	48
8.2.1	Naměřené hodnoty teplot na čidlech v podlaze.....	50
8.2.2	Naměřené hodnoty teplot na podlaze	51
8.2.3	Vyhodnocení	51
8.3	POROVNÁNÍ RŮZNÝCH POVRCHŮ PODLAHY	52
9	TEPLOTNÍ PROFIL V MÍSTNOSTI.....	53
9.1	TEPLOTNÍ PROFIL V MÍSTNOSTI S OTOPNÝM TĚLESEM	54
9.2	TEPLOTNÍ PROFIL V MÍSTNOSTI S PODLAHOVÝM TOPENÍM	55
10	POŘIZOVACÍ NÁKLADY	57

10.1	SYSTÉM S OTOPNÝMI TĚLESY	57
10.2	SYSTÉM S PODLAHOVÝM TOPENÍM	59
11	VÝPOČET SPOTŘEBY PALIVA, DOBA PROVOZU KOTLE.....	61
11.1	VÝPOČET SPOTŘEBY PALIVA.....	61
11.2	DOBA PROVOZU KOTLE.....	61
11.2.1	Doba provozu „D _{ot} “ pro systém s otopnými tělesy	61
11.2.2	Doba provozu „D _{pt} “ pro systém podlahového topení.....	61
11.2.3	Úspora doby provozu	61
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM TABULEK.....	67
	SEZNAM PŘÍLOH.....	68

ÚVOD

Od počátku své existence se člověk snažil zlepšit tepelné podmínky svého bydlení, aby potlačil vliv nepříznivých klimatických podmínek v chladnějších obdobích roku, kdy teplota venkovního vzduchu klesá a nestačí již k zajištění tepelné pohody.

Vytápěcí technika je částí tzv. techniky prostředí, kterou kromě vytápění tvoří i větrací a klimatizační technika. Technika prostředí spolu se zdravotními instalacemi, elektroinstalacemi apod. vytváří technické zařízení budovy, které v dané stavební konstrukci dotváří užitnou hodnotu stavby. Úkolem techniky prostředí je optimálně zajišťovat vhodné životní prostředí v budovách. Technika prostředí, a tedy i vytápěcí technika, je však na druhé straně podrobená celospolečenskými zájmy, které v poslední době nabývají na důležitosti. Mezi nejdůležitější hlediska patří péče o životní prostředí. Spalování tuhých a kapalných paliv vede ke znečištění ovzduší oxidem siřičitým nebo popílkem oxidu uhelnatého a uhlíkatého. Problémem může být i hlučnost zdrojů tepla a ukládání odpadů z velkých tepelných zdrojů. Dalším hlediskem je energetická situace ve světě. Spotřeba uhlí, ropy a zemního plynu prudce stoupá, neboť tato paliva dosud kryjí převážnou část neustále narůstající spotřeby energie. Proto se spotřeba začíná regulovat, především roste cena, hledají se nové ložiska i nové zdroje energie (jaderná, sluneční, energie vodních toků, větru). Světová energetická situace se samozřejmě promítá i do hospodaření energií v naší republice, kde se v současné době klade důraz na rozvoj centralizovaného zásobování teplem (CZT) – teplárenství, především v hustě obydlených částech měst.

K přesnému návrhu vytápěcích zařízení je nutno znát místní klimatické podmínky. Je to obtížná záležitost. Protože každým rokem jsou klimatické podmínky odlišné, meteorologové jednotlivé klimatické prvky pravidelně sledují a vytvářejí podklady pro výpočty v oblasti techniky. Pro vytápění jsou z klimatických prvků důležitá především teplota vzduchu, vítr a slunečné záření. V omezené míře je to i vlhkost vzduchu a atmosférický tlak.

Dalším důležitým kritériem při návrhu vytápění je tepelná pohoda člověka. O tepelné pohodě hovoříme tehdy, jestliže v daném prostředí nemáme pocit ani chladu, ani pocit nepříjemného tepla. Tepelnou pohodu ovlivňuje řada činitelů. Jsou to např. stáří a pohlaví člověka, jeho hmotnost, teplota vzduchu, pracovní činnost, rychlost a proudění vzduchu v místnosti.

I. TEORETICKÁ ČÁST

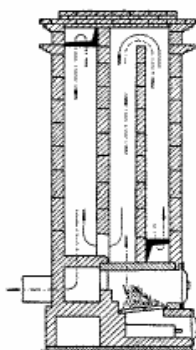
1 HISTORICKÝ VÝVOJ VYTÁPĚNÍ

Po celá tisíciletí se využíval ke zlepšení teplené pohody otevřený oheň, později oheň uzavřený do krytých ohnišť. Z doby říše římské se zachovalo dokonce jednoduché ústřední vytápění. Stávalo se z topeniště obsluhovaného z podzemního prostoru vedle budovy a ze soustavy kanálů, kterými byly spaliny rozváděny pod podlahou místnosti do svislých průduchů v obvodovém zdivu a do ovzduší.

Ve středověku vstoupil vývoj krbů. V západní Evropě je vývoj krbů datován do 10. až 12. století a některé zprávy jsou ještě starší. Ve 13. století už byly rozměry krbů tak velké, že bylo možno přikládat polena až 2 metry dlouhá. K většímu rozšíření krbů došlo v době gotiky v 15. století. Ve střední Evropě se krby tolik nerozšiřovaly, protože v zimě stejně nestačily vytopit velké místnosti. Všeobecná účinnost krbů byla velmi nízká, asi jen 10 %. Naši předkové neměli znalosti o účinnosti a využití paliva. Důkazem jsou komíny velkých průřezů, které nasávaly více vzduchu než bylo potřeba k hospodárnému spálení paliva. Vývoj krbů postupoval velmi pozvolna, zůstávalo se dlouho u tradičního provedení, takže mnohé krby stavěné v 19. století se ještě moc nelišily od krbů středověkých. Topení v krbech bylo velmi oblíbené v Anglii, Francii, Itálii a u nás v rodinách bohatších lidí. V našich oblastech nelze v zimním období vytápet jen v krbech a tím dosáhnou požadované tepelné pohody. Proto je u nás potřeba spojovat provoz klasického krbu ještě s druhým, hospodárným způsobem vytápění. Nemělo by se zapomínat do krbů instalovat kouřovou klapku, aby při netopení v krbu neodcházelo teplo krbem pryč. Krby s živým ohněm jsou ale stále oblíbené i na začátku 21. století, zejména v rekreačních objektech nebo komfortních domech. Výkony dnes vyráběných krbů se pohybují od 5 do 10 kW.

Už ve středověku byly snahy oddělit vytápění místností od ohniště, na kterém se vařilo. Postupně se ohniště pro vaření umísťovalo do stěny s odvodem kouře a pro vytápění se postavila velká zděná pec. Ta svým povrchem sálala teplo do místnosti. Pro lepší vzhled se natíraly vápnem a později se začaly různě zdobit. Vývoj lze datovat do období 10. století. Kachlová kamna vznikla počátkem 14. století. Kamna byly stavěna z pálené hlíny a obkládané zdobenými kachli s glazurou. Vlastnosti kamen se hodnotily podle toho, jak rychle začaly vytápet prostor, aby bylo dosaženo příjemné teploty pro pobyt v místnosti (dnes 20 °C), a jak náročné bylo udržování kamen na požadovaném výkonu.

Kachlová kamna měla také různé provedení spalinových (kouřových) tahů, jednak s vodorovnými tahy, další se svislými tahy a třetí provedené kombinací se svislými i vodorovnými tahy, které bylo nejobvyklejší. Specifická kachlová kamna ruského typu se vyznačovala několika kamnovými tahy pro vedení spalin (Obr. 1). Také se jim říkalo „cik cak kamna“, protože měly svislé, klikatě vedené kamnové tahy. Na novodobějších obyčejných kachlových kamnech jsou poznat jednoduché tvary, nízké a širší stavební provedení, postavení na čtyřech nízkých nohách. Vnější plášť je z hladkých kachlů s glazurou. Další kamna, pro spalování dřeva, pocházela z Německa, kde se s oblibou topilo vysušenou rašelinou. Při spalování těchto paliv s vysokou hořlavostí až 85 %, je potřeba dostatečně velký přívod vzduchu, aby se zajistilo dokonalé spalování. V 18. a 19. století dosáhla velké obliby kachlová pokojová kamna. V měšťanských rodinách měli obvykle bílá vysoká kachlová kamna s velkou akumulací tepla, ve kterých se topilo dřevem nebo uhlím.



Obr. 1. Ruská kachlová kamna se šesti tahy

1.1 Čínské vytápění Kang

Tohoto způsobu vytápění se v Číně a Tibetu, nebo i v jiných sousedních zemích severovýchodní Asie pravděpodobně používalo už ve středověku. Přitom Evropa se o něm dozvěděla až v roce 1770. Z topeniště se spaliny o vysoké teplotě přiváděly vyzděným kanálem do příčně vedeného kanálu středem pod celou délkou vytápěné místnosti. Z tohoto kanálu byly ve zvolených roztečích udělány otvory do dutin pod podlahovými deskami po obou stranách kanálu. Horké spaliny tak ohřívaly podlahové desky, byly ochlazené a odváděné komínovými průduchy ve stěnách místnosti. Pro drsné podmínky severní Číny a Tibetu mělo tohle vytápění mnoho výhod, protože provoz topeniště byl čistý a hygienický, rovněž se dosahovalo velké tepelné setrvačnosti.

1.2 Vytápění teplým vzduchem

Tento způsob vytápění rovněž prošel složitějším procesem, než by se mohlo zdát. Prvním takovým řešením, které bylo přechodem od vytápění kouřovými plyny na vytápění teplým vzduchem, bylo topení tzv. rekuperační. To vyžadovalo, že se nejprve musela v peci nad ohništěm ohřát na vysoké teploty silná vrstva akumulací hmoty tvořena velkými naskládanými kameny. Po delší době soustavného topení se palivo zcela nechalo vyhořet, uzavřel se odtah spalin do komína a otevřel se přívod vzduchu do topeniště. Přívod vzduchu byl zajištěn z venku. Ve vytápěné místnosti se v podlaze otevřely otvory pro výstup ohřátého vzduchu z rekuperačního akumulátoru.

Brzy se však objevila myšlenka podpořit oběh vzduchu v kanálech pomocí dmyhadla – ventilátoru. Tato myšlenka vnikla kolem roku 1840. Poprvé bylo použito nucené cirkulace vzduchu v roce 1843, kdy pístové dmyhadlo bylo poháněno parním strojem.

Teplovzdušné vytápění bylo nejrozšířenějším způsobem vytápění až do roku 1870. Toho roku bylo teplovzdušné vytápění vytlačeno moderním vytápěním parním. Proto došlo k tomu, že řada autorů té doby začalo odsuzovat teplovzdušné vytápění a označovali jej za přežitek. Rozhodně se ale mýlili, protože později se znovu s úspěchem začalo používat topení teplovzdušné, především pro vytápění velkých místností a prostorů.

1.3 Teplovzdušné vytápění za použití kaloriferů

Hlavní částí teplovzdušného vytápění byly zdroje tepla - kalorifery. Ty měly různé konstrukční řešení. Byla to v podstatě kamna opatřená co největším povrchem s dobrým přístupem ohřívání vzduchu. Velikost povrchu kaloriferu byla důležitá proto, aby se nemusela stavět vytápěcí komora velkých rozměrů. Kalorifery byly rozlišovány podle způsobu ohřívání vzduchu na:

- Ohňové, kde sálání z ohniště a spaliny přímo ohřívaly vnější povrch
- Parní, kde otopným médiem byla pára
- Vodní, kde otopným médiem byla horká voda.

Kalorifer zděný měl proti jiným jednu velkou nevýhodu a to, že jeho povrch byl mnohem chladnější než povrch litinových nebo ocelových kaloriferů. I jeho zátopová doba byla delší. Proto se zděné kalorifery vyráběly mnohem větší, aby tepelnou ztrátu dohnaly plochou.

Z toho důvodu se tak moc nepoužívaly, protože zabíraly poměrně velkou plochu ve vytápěné místnosti.

Kalorifer litinový byl sestaven z vodorovných litinových hladkých nebo žebrových kouřových rour. Kalorifer měl uspořádání, které umožňovalo spolehlivé vyčištění vodorovných kouřových rour. Spor nastal o vhodnost používání žebrových rour, které byly prý obtížněji čistitelné než hladké roury, kde docházelo k menšímu usazování prachu. Vzhledem k tomu, že používání hladkých rour bylo prostorově náročné pro docílení požadované výhřevné plochy povrchu, dávala se i nadále přednost žebrovanému povrchu. Tím se získalo značných úspor přibližně o 1/3 délky.

Pro snadné čištění povrchu kaloriferu a prostoru vytápěcí komory vůbec, byly potřeba vstupní otvory, u kterých byl přípustný minimální rozměr 600 x 900 mm. Uzavření bylo dvojími dvířky. Přičemž vnitřní musely být ocelové ze silného plechu a spolehlivě zajistitelné v poloze zavřeno. Vnější dveře mohly být i dřevěné.

Pro usnadnění regulace teploty ve vytápěných místnostech byly ve vzduchových kanálech zabudovány škrtkové klapky nebo jen obyčejné žaluzie, kterými se podle potřeby nastavovalo množství vzduchu.

Přívody čerstvého studeného vzduchu z vnějšího prostředí umožňovaly otvory na fasádě. Ty se opatřovaly mřížkami s drátěným pletivem nebo děrovaným plechem.

Zavedlo se i používání prachových filtrů formou textilie u mřížek, zvlhčování vzduchu a jiné zařízení pro pohodu člověka.

2 ZÁKLADY VYTÁPĚCÍ TECHNIKY

Pro navrhování vytápěcích zařízení je velmi důležitá znalost místních povětrnostních a klimatických poměrů. Podle extrémních hodnot se určuje maximální instalovaný výkon zařízení, kdežto průměrné hodnoty těchto prvků v určitém časovém období jsou směrodatné pro spotřebu energie při vytápění místností a budov.

2.1 Počasí a klima

Povětrnostními poměry (počasím) se rozumí okamžitý stav ovzduší daný souhrnným působením povětrnostních prvků, kterými jsou tlak, teplota, vlhkost vzduchu, vítr, oblačnost a vodní srážky.

Klimatickými poměry (klimatem) se rozumí průměrný stav ovzduší charakteristický pro určité místo. Klima závisí na geografické poloze místa, tj. na jeho zeměpisné šířce, vnitrozemské poloze a nadmořské výšce.

Klimatické poměry našeho státu vyplývají z jeho vnitrozemské polohy ve střední Evropě. Je to typické mírné podnebí s výrazným střídáním čtyř ročních období. Výšková pestrost, tj. rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším místem, je asi 2560 metrů. Teplota se u nás snižuje s rostoucí nadmořskou výškou o 0,6 °C na 100 metrů. Vydátost vodních srážek kolísá na našem území v rozmezí od 450 mm do 1 500 mm ročně.

2.2 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu záleží především na slunečním záření, a proto průběh teploty vzduchu přibližně odpovídá intenzitě slunečního záření. Ve vytápěcí technice jsou důležité tyto teploty vzduchu: průměrné denní teploty, denostupně, nejvyšší a nejnižší denní teploty, průměrná měsíční a roční teplota. Jedním z hlavních parametrů k výpočtu spotřeby paliva je počet denostupňů. Je to délka otopného období vyjádřena počtem dnů.

2.3 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je ve vytápěcí technice rozhodně méně důležitým parametrem než teplota vzduchu.

2.4 Vítr

Vítr je horizontální proudění vzduchu v přízemních vrstvách atmosféry, přímo souvisí s rozdělením tlaku vzduchu nad povrchem Země. Rychlost vzduchu je přímo úměrná rozdílů tlaků a také směr větru obvykle souvisí se směrem největšího tlakového spádu. Průměrná rychlost větru se na území našeho státu pohybuje v nižších polohách kolem 3 m/s. Jen zcela výjimečně přestoupí rychlost větru v nižších polohách hodnotu 8 m/s. Ve vyšších polohách je ovšem četnost větrů s rychlostí nad 8 m/s větší. Pro většinu míst v ČR jsou všechny hodnoty pro usnadnění výpočtu tabelovány.

Vlivem větru se především zvětšuje přirozená výměna vzduchu infiltrací a tím se také zvětšuje tepelná ztráta větráním. Chladný venkovní vzduch vniká při náporu větru netěsnými spárami oken do místností, klesá u oken k podlaze a proudí pak nízko nad podlahou směrem k vnitřní stěně. Tím vzniká pocit nepohody (chladno od podlahy) a má-li být tento nedostatek odstraněn, je nutno vnitřní vzduch v horní části místnosti přehřívat.

Další nevýhodou větru je jeho jednostranné působení na budovu. Tepelná ztráta infiltrací se zvětšuje pouze u místností na návětrné straně a to způsobuje (při delším působení větru) poruchu regulace vytápění. Odborníci doporučují, aby ztráta infiltrací nepřesáhla 15 % z celkové tepelné ztráty místnosti. Vlivem větru je okamžitá spotřeba tepla u místností na návětrné straně až o 25 % větší než u stejných místností na závětrné straně.

2.5 Sluneční záření

V zimním období je vliv slunečního záření na tepelné poměry v uzavřených místnostech nepatrný, takže s ním není nutno počítat při určování výkonu vytápěcích zařízení. V teplejších dnech v přechodném období, na podzim a na jaře, je vliv slunečního záření již poněkud patrnější – zejména v místnostech s velkými okny obrácenými na jih, jihovýchod a jihozápad. Také plné stěny obrácené na J, JV a JZ jsou vlivem trvalého působení slunečního záření poněkud sušší než stěny obrácené na ostatní světové strany, a proto je jejich tepelný odpor větší. Vzhledem k oslunění stěn obrácených na J, JV, JZ se doporučuje rozdělit rozvod otopného média na samostatné sekce, které by bylo možno odděleně regulovat. Toto opatření se uplatní zejména v přechodovém období.

3 SDÍLENÍ TEPLA

Sdílení tepla je pro vytápění budov velmi důležitým fyzikálním jevem. V některých případech je snahou zvětšit co nejvíce intenzitu sdílení tepla a tím účinněji využít zařízení - např. u otopných těles, otopných ploch, ohříváků, u výhřevné plochy kotlů. Jindy se naopak snažíme sdílení tepla zabránit vhodnou tepelnou izolací – např. u obvodových stěn budov, u rozváděcího potrubí teplé i studené vody.

Teplo přechází z místa o vyšší teplotě k místu o nižší teplotě. Přitom je třeba rozlišovat tři způsoby sdílení tepla: vedení, proudění a sálání.

3.1 Sdílení tepla vedením (kondukcí)

Při výpočtu tepelných ztrát místností a budov se používá výpočtu pro vedení tepla rovinou stěnou:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot A \cdot \Delta t = \frac{\lambda}{\delta} \cdot A \cdot (t_{s1} - t_{s2}), \quad [\text{W}] \quad (1)$$

kde Q je tepelný tok [W]

λ - tepelná vodivost [W/m.K]

$(t_{s1} - t_{s2})$ - rozdíl teplot na povrchu stěny v interiéru a exteriéru [°C]

δ - tloušťka stěny [m]

A - plocha stěny [m²].

Poměr λ/δ se nazývá tepelná propustnost K a převrácená hodnota, tedy $1/K$, je hodnota tepelného odporu stěny.

Pro stěnu složenou z více vrstev, např. složenou z omítky, cihly, izolace a fasády, je výsledný tepelný tok procházející stěnou:

$$Q = \frac{A \cdot (t_{s1} - t_{s2})}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}}, \quad [\text{W}] \quad (2)$$

kde n je počet vrstev.

3.2 Sdílení tepla prouděním (konvekce)

Prouděním je teplo sdíleno mezi proudící tekutinou (plynem nebo kapalinou) a povrchem obtékaného tělesa. Proudění je přitom vyvoláváno buď mechanický (nucená konvekce), nebo samočinně – vlivem rozdílů hustot způsobeném rozdílem teplot (přirozená konvekce). Tepelný tok je dán rovnicí:

$$Q = \alpha \cdot A \cdot (t_p - t_m), \quad [\text{W}] \quad (3)$$

kde α je součinitel přestupu tepla konvekcí $[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$

t_p - povrchová teplota $[\text{°C}]$

t_m - teplota tekutiny $[\text{°C}]$.

3.3 Sdílení tepla sáláním

Tepelným sáláním se rozumí záření energie v rozsahu vlnových délek od 0,8 do 400 μm , tj. v rozsahu infračervené části spektra. Teplo sálají a absorbují především tuhá tělesa a kapaliny. Zákony tepelného sálání byly odvozeny pro tzv. absolutně černé těleso, které dokonale pohlcuje všechnu zářivou energii na ně dopadající. Podle Stefan – Boltzmannova zákona je hustota sálavého toku absolutně černého tělesa:

$$q_o = c_o \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad [\text{W}/\text{m}^2] \quad (4)$$

kde q_o je hustota sálavého toku $[\text{W}/\text{m}^2]$

c_o - součinitel sálání absolutně černého tělesa $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$

T - teplota $[\text{K}]$.

Nečerná tělesa vyzařují při stejné teplotě vždy menší množství energie než těleso absolutně černé. Poměr mezi intenzitou záření nečerného tělesa a absolutně černého tělesa je tzv. poměrné sálavost e daná vztahem:

$$e = \frac{c}{c_o}, \quad [-] \quad (5)$$

kde c je součinitel sálání šedého tělesa $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$.

U nečerných těles je vždy $e < 1$, u absolutně černého tělesa je $e = 1$.

3.4 Prostup tepla stěnou

Odděluje-li stěna o jistém tepelném odporu prostředí s vyšší teplotou od prostředí s nižší teplotou, dochází nejprve k přestupu tepla z teplejšího prostředí na zahříváný povrch stěny, potom k vedení tepla stěnou a nakonec k přestupu tepla z ochlazovaného povrchu stěny do chladnějšího prostředí. Celkově se tento jev nazývá prostup tepla stěnou (Obr. 2). Z hlediska rozložení teploty prostředí podél stěny se rozlišuje prostup tepla při stálých teplotách prostředí (např. prostup tepla z vytápěné místnosti do venkovního prostředí) a prostup tepla při proměnlivých teplotách prostředí (např. prostup tepla u výměníku).

Při stálých teplotách prostředí, při prostupu tepla stěnou, lze pro prostup tepla z prostředí o teplotě t_1 do prostředí o teplotě t_2 psát rovnici:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot A \cdot (t_1 - t_2) = k \cdot A \cdot (t_1 - t_2), \quad [\text{W}] \quad (6)$$

ve které

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (7)$$

kde k je součinitel prostupu tepla stěnou $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

t_1 - je teplota prostředí o vyšší teplotě $[^\circ\text{C}]$

t_2 - je teplota prostředí o nižší teplotě $[^\circ\text{C}]$

α_1 - součinitel přestupu tepla na jedné straně stěny $[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$

α_2 - součinitel přestupu tepla na druhé straně stěny $[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$.

Pro vícevrstvou rovinou stěnu je pak tepelný tok:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot A \cdot (t_1 - t_2) \quad [\text{W}]. \quad (8)$$

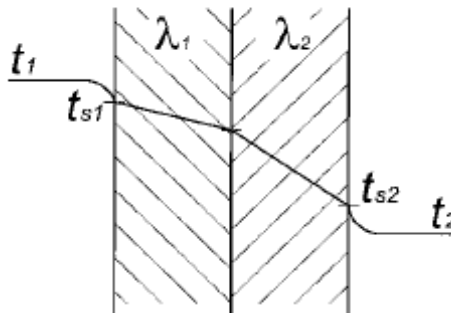
Při proměnlivých teplotách prostředí, třeba u výměníku, se však teploty obou tekutin mění během průtoku kolem teplosměnné plochy, a proto se počítá s tzv. účinným středním rozdílem teplot v rovnici pro tepelný tok:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta t_{ls}, \quad [\text{W}] \quad (9)$$

kde Δt_{ls} - je účinný střední rozdíl teplot $[\text{°C}]$.

Účinný střední rozdíl teplot Δt_{ls} závisí jednak na počáteční (vstupní) teplotě a konečné (výstupní) teplotě tekutin a na způsobu průtoku tekutin výměňníkem. Rozeznávají se tři způsoby průtoku:

- souproud - obě tekutiny protékají výměňníkem ve stejném směru,
- protiproud - ohřívací tekutina protéká opačným směrem než tekutina ohřívaná,
- křížový proud - ohřívací tekutina protéká kolmo na směr proudění tekutiny ohřívané.



Obr. 2. Prostup tepla stěnou

4 ZÁKLADY PROUDĚNÍ

Důležitou částí vytápěcích zařízení je potrubní systém pro dopravu tekutin. Má-li být dosaženo požadovaných výkonových parametrů zařízení, musí v jednotlivých částech členitého potrubního systému proudit dané množství tekutiny. V technické praxi se často počítá s kinematickou viskozitou ν , pro kterou platí vztah:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \quad [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (10)$$

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

η - dynamická viskozita $[\text{Pa} \cdot \text{s}]$

ρ - hustota $[\text{kg}/\text{m}^3]$.

Při proudění se tekutina chová tak, jakoby se její jednotlivé vrstvy po sobě posouvaly. Na rozdíl od skutečných, tj. viskózních tekutin se v teorii proudění zavádí také pojem tzv. dokonalé tekutiny bez vnitřního tření, u níž k posouvání jednotlivých vrstev nedochází.

4.1 Reynoldsovo kritérium

Vlivem vnitřního tření je rychlost proudění skutečné tekutiny rozdělena v průřezu potrubí nerovnoměrně. U stěny je rychlost nulová a se vzrůstající vzdáleností od stěny směrem k ose se rychlost zvětšuje, až v ose dosáhne maximální hodnoty rychlosti. Při malých rychlostech proudění se vrstvy po sobě posouvají, ale nemísí se. To je tzv. laminární proudění, při kterém je rychlostní profil parabolický. Při větších rychlostech proudění přecházejí částice tekutiny z jedné vrstvy do druhé. Rychlostní profil má pak plošší průběh než při laminárním proudění. Proudění s intenzivním směřováním částic tekutiny se nazývá turbulentní proudění. O jaký druh proudění (Obr. 3) jde, nám určí Reynoldsovo číslo ze vztahu:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad [-] \quad (11)$$

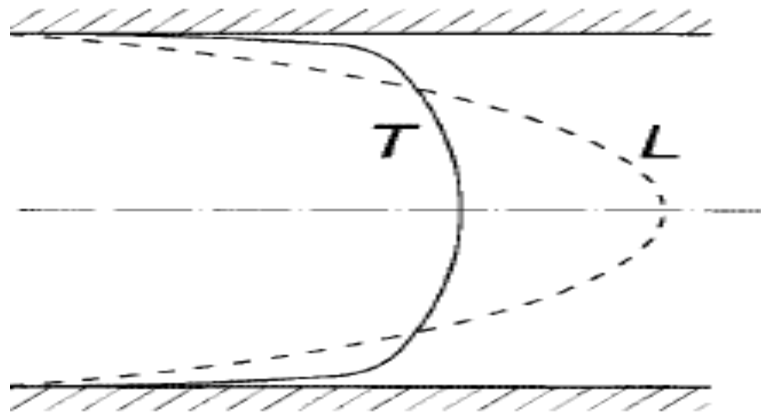
kde Re je Reynoldsovo číslo $[-]$

v - střední rychlost proudění $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$

d - průměr kruhového průřezu potrubí $[\text{m}]$

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

Je-li Re menší, než tzv. kritická hodnota Reynoldsova čísla $Re=2\ 300$, jedná se vždy o laminární proudění. V rozmezí od $Re=2\ 300$ do $Re=cca\ 10\ 000$ je tzv. přechodová oblast, kde se postupně mění charakter proudění a rychlostní profil je nestabilní. Přibližně kolem hodnoty $Re=9\ 000$ se rychlostní profil opět ustaluje a proudění přejde v turbulentní proudění.



Obr. 3. Rychlostní profil při laminárním (L) a turbulentním (T) proudění v potrubí

4.2 Rovnice kontinuity

Při stacionárním (tj. časově ustáleném) proudění tekutiny v potrubí je podmínka kontinuity proudu daná vztahem:

$$M = \rho \cdot v \cdot S = konst, \quad [kg/m^3] \quad (12)$$

kde M je hmotnostní průtok $[kg/m^3]$

v - střední rychlost proudění $[m.s^{-1}]$

S - průřez potrubí $[m^2]$.

Rovnice kontinuity platí ovšem jen za předpokladu, že průřezy potrubí jsou tekutinou zcela vyplněny. Tato podmínka není často splněna těsně za ostrými oblouky, koleny, šoupátky, vstupními otvory s ostrými hranami apod.

4.3 Energetická rovnice

Pro ustálený průtok dokonalé tekutiny potrubím mezi jednotlivými průřezy lze podmínku zachování energie vyjádřit rovnicí:

$$m \cdot h_1 \cdot g + m \frac{p_1}{\rho_1} + m \frac{v_1^2}{2} = m \cdot h_2 \cdot g + m \frac{p_2}{\rho_2} + m \frac{v_2^2}{2} \pm e_{12}, \quad (13)$$

kde	m je hmotnost	[kg]
	h - výška	[m]
	g - gravitační zrychlení	[m.s ⁻²]
	p - statický tlak	[Pa]
	e_{12} - energie přivedená nebo odvedená proudící tekutině	[Pa],

podle které se celková energie tekutiny na jednom konci potrubí rovná energii na druhém konci potrubí. Energie se nemění, mění se jen forma energie polohové, tlakové nebo kinetické. Při $e_{12}=0$ a při $\rho_1 = \rho_2 = \rho = \text{konst.}$ se nemění vnitřní energie proudící tekutiny a rovnice se pak zjednoduší na tvar:

$$m \cdot h_1 \cdot g + m \frac{p_1}{\rho} + m \frac{v_1^2}{2} = m \cdot h_2 \cdot g + m \frac{p_2}{\rho} + m \frac{v_2^2}{2} = \text{konst}, \quad (14)$$

to je známá Bernoulliho rovnice psaná ve tvaru pro proudění tekutiny. Tato rovnice se může převést do tlakové formy (vynásobením ρ/m):

$$h_1 \cdot \rho \cdot g + p_1 + \frac{v_1^2}{2} \cdot \rho = h_2 \cdot \rho \cdot g + p_2 + \frac{v_2^2}{2} \cdot \rho = \text{konst}, \quad (15)$$

nebo do formy výškové (podělit $m \cdot g$):

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho_1 \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho_2 \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g}. \quad (16)$$

4.4 Tlakové ztráty při proudění tekutin potrubím

Tlakové ztráty, které vznikají při proudění skutečných tekutin potrubím, lze rozdělit na ztráty třením a vřazenými odpory. Ztráty třením vznikají v celém objemu proudící tekutiny, kdežto ztráty vřazenými odpory se omezují pouze na části potrubí kde dochází k narušení

proudu, např. redukce, zúžení, oblouk, koleno, T-kus, ventil, kohout a další. Tlaková ztráta třením pro kruhový průřez, která vzniká v potrubí po celé délce l , je dána vztahem:

$$\Delta p_{tr} = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho, \quad [\text{Pa}] \quad (17)$$

kde λ je součinitel tření [-]

l - délka potrubí [m]

d - průměr průtočného průřezu potrubí [m].

V technické praxi se rovnice nahrazuje vztahem:

$$\Delta p_{tr} = R \cdot l, \quad [\text{Pa}] \quad (18)$$

kde R je tlakový spád [Pa].

Tlakové ztráty vřazenými odpory vznikají při proudění tekutiny zvláštními částmi potrubí (kolena, oblouky, odbočky, ventily a další), kde dochází k místnímu narušení proudu. Pro jednotlivé případy se tlaková ztráta počítá ze vztahu:

$$\Delta p_{vo} = \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho, \quad [\text{Pa}] \quad (19)$$

kde ξ je bezrozměrný součinitel vřazeného odporu [-]

Δp_{vo} - tlaková ztráta vřazenými odpory [Pa].

V technické praxi se rovnice nahrazuje vztahem:

$$\Delta p_{vo} = Z \quad [\text{Pa}]. \quad (20)$$

Celková tlaková ztráta úseku potrubí je rovna součtu ztráty třením a ztráty vřazenými odpory, tj.:

$$\Delta p_z = \Delta p_{tr} + \Delta p_{vo} = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho + \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = \frac{v^2}{2} \cdot \rho \cdot \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \xi \right) \quad [\text{Pa}] \quad (21)$$

$$\Delta p_z = \Delta p_{tr} + \Delta p_{vo} = l \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho + \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = R \cdot l + Z \quad [\text{Pa}]. \quad (22)$$

Součinitele ξ jednotlivých vřazených odporů se tedy algebraicky sčítají.

5 VYTÁPĚCÍ ZAŘÍZENÍ

5.1 Lokální vytápění

Nejjednodušším a donedávna stále nejrozšířenějším způsobem vytápění je tzv. lokální vytápění, při kterém je zdroj tepla umístěn přímo ve vytápěné místnosti. Je ale zřejmé, že vývoj směřuje směrem dopředu a lokální topidla budou obsahovat menší a menší procento zdrojů tepla. V minulosti nejvíce používaná lokální topidla byla kamna a krby. V dnešní době se přesto setkáváme s jinými druhy lokálních topidel, převážně elektrickými.

5.1.1 Elektrická topidla

Elektrické vytápění místností by bylo velice vhodným způsobem vytápění z hlediska hygieny a komfortu, ale v současné době brání většímu používání a rozšiřování elektrického vytápění nepříznivé finanční náklady na provoz. Proto se elektrické vytápění používá především v místech, kde by vytápění jinými způsoby tvořilo potíže, např. v horských hotelech, chatách nebo tam, kde není plynová přípojka. Elektrické topení, nebo spíše elektrické zářiče byly v 90. letech minulého století oblíbeny v panelových domech, kde se dodávaly jako standardní výbava koupelen k přitopení. Pro trvalé vytápění místností se používalo především akumulčního způsobu s nočním odběrem elektrické energie. Elektrická akumulční kamna se nabíjela v noci a přes den se jimi topilo.

5.2 Otopné soustavy

Při ústředním vytápění se teplo potřebné k vytápění většího počtu místností vyrábí ve společné kotelně a teplonosnou látkou je rozváděno do jednotlivých místností. Teplonosnou látkou je ohřátá voda, pára nebo vzduch. Momentálně je u nás velice rozšířené teplovodní vytápění s teplotou vody maximálně do 100 °C, kterého se používá jak pro obytné tak i pro administrativní budovy. Zvláštním druhem teplovodního vytápění je velkoplošné vytápění (stropní nebo podlahové), které se používá především tam, kde se požaduje maximální čistota v místnosti (nemocnice) nebo kde by otopná tělesa překážela (laboratoře).

Proti lokálnímu vytápění má ústřední vytápění řadu předností. Především je centrální výroba tepla ekonomičtější, neboť účinnost velkých kotlů je větší než účinnost malých lokálních topidel a kromě toho lze pro centralizovanou kotelnu zajistit odbornou obsluhu. Ne-

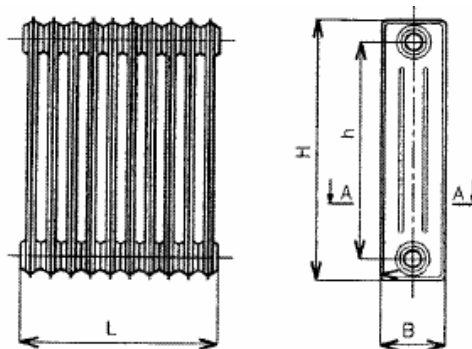
poslední výhodou je jednodušší regulace a možnost vytápění například schodišť, chodeb a jiných pomocných místností.

5.2.1 Otopná tělesa

Úkolem otopných těles je předávat ve vytápěných místnostech teplo dopravované teplosnosnou látkou od zdroje. Při návrhu otopného tělesa je potřeba klást důraz na několik parametrů. Těleso by mělo vyhovovat parametrům otopného systému. Nejvyšší pracovní přetlak v místě připojení tělesa nesmí přesáhnout hodnotu danou výrobcem. Právě tak musí těleso vyhovovat nejvyšší pracovní teplotě soustavy a druhu teplotonosné látky. V prostorách se zvýšenou prašností by se neměla používat otopná tělesa s jakýmkoliv žebry. V prostorách se zvýšenou nebezpečností úrazu, např. ve školních třídách, tělocvičnách apod., musí být tělesa opatřena ochranným krytem. Povrchová teplota tělesa by také neměla přesahovat maximální hodnoty dané normou.

5.2.1.1 Čláčková otopná tělesa

Dnes už méně používané, ale na trhu se opět objevují nové varianty estetických vzhledů těchto těles. Čláčková tělesa (Obr. 4) měla jednu ohromnou výhodu, a to ve hromadné výrobě. Z jednotlivých článků lze sestavovat otopná tělesa libovolné otopné plochy a tím i libovolného tepelného výkonu. Jednotlivé články jsou spojeny pravým a levým závitem, v krajních článcích jsou na jedné straně zátky, na druhé straně připojení armatury nebo šroubení. Otopná tělesa jsou buď uložena na konzolách a svislou polohu zabezpečují držáky. Při umístění otopných těles u svislé stěny nemá být bráněno volnému přístupu vzduchu k jejich zadní straně. Mezi tělesem a stěnou má proto zůstat mezera široká nejméně 50 mm a mezi tělesem a podlahou nejméně 100 mm.

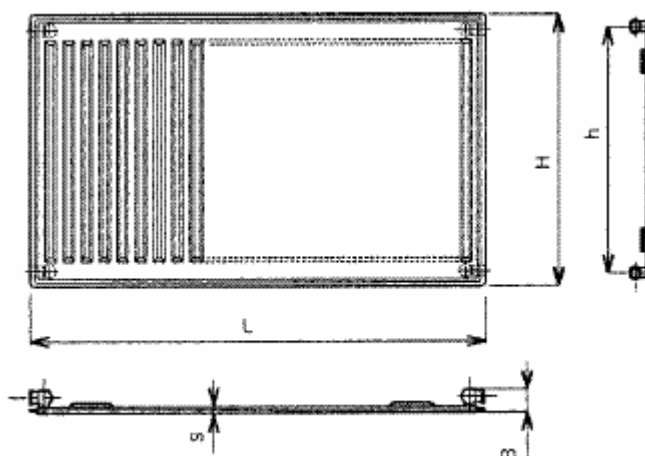


Obr. 4. Čláčková otopná tělesa

Značení např.: 500/150/20, kde 500 je výška [mm], 150 je šířka [mm] a 20 je počet článků.

5.2.1.2 Desková tělesa

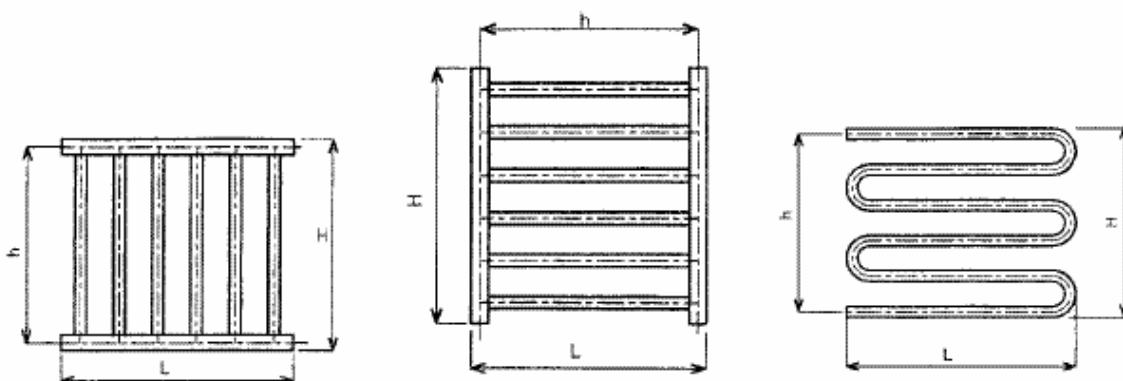
Desková otopná tělesa mají hladký nebo mírně zvlněný povrch. Jejich výhodou je malá stavební hloubka (zaujímá v místnosti malý prostor), snadné čištění a velký podíl sálání z přední strany (směrem do místnosti). Nevýhodou deskových otopných těles je obvykle použití dlouhých těles podél celé venkovní stěny. Doporučuje se, aby délka otopného tělesa byla minimálně stejně velká jako délka okna v místnosti a snažit se umístit otopné těleso přímo pod okno. Společnými přednostmi deskových těles jsou velká regulační pružnost, pěkný vzhled, snadná čistitelnost a zvýšený podíl sálání. Desková otopná tělesa (Obr. 5) mají malou hloubku a nebrání tím přístupu k oknu, sdílejí teplo sáláním převážně jen na volné přední straně. Zadní strana, obrácená ke stěně, sdílí teplo pouze konvekcí. Aby se tepelný výkon zadní strany nezmenšoval, je nutno ponechat mezi tělesem a stěnou mezeru širokou nejméně 50 mm při výšce tělesa do 500 mm a nejméně 70 mm při výšce tělesa nad 500 mm. Značení deskových otopných těles bylo velice složité, protože druhů a kombinací těles je velice mnoho. Proto se v technické praxi snaží co nejvíce výrobce držet daného pravidla. Základní značení deskových otopných těles vypadá např. takhle: KLASIK 22/1000/500. Jedná se o klasické deskové otopné těleso se zapojením z boku. Kde přívod je nahoře a vrat dole. První číslice (2) značí počet desek, druhá (2) počet šachet, hodnota 1000 je délka [mm] a 500 je výška [mm].



Obr. 5. Deskové otopné těleso

5.2.1.3 Trubková tělesa

Nejjednoduššími trubkovými otopnými tělesy jsou hady nebo registry z hladkých trubek (Obr. 6). Těchto trubkových těles se hodně používalo pro průmyslové provozy a výjimečně i v obytných budovách na chodbách a na schodištích. Otopným médiem může být teplá voda nebo pára. Starší typy na těchto těles se navrhovala jako atypická pro nebytové místnosti (WC, sklady, chodby, skleníky) nebo tam, kde chceme otopnou plochu rozložit na velkou délku. Hady a registry se snadno vyrábějí, dobře se čistí od prachu, ale vzhledově nebyly moc pěkné. Novější typy otopných registrů jsou velice oblíbeny a v hodně případech jsou již samozřejmostí při návrhu topení v koupelnách. Takzvané „žebříky“ jsou v koupelně velice efektivní a vzhledově vypadají pěkně. Nezabírají v koupelnách velké místo, a to je v malých místnostech optimální.



Obr. 6. Trubková otopná tělesa

5.2.1.4 Trubková tělesa se zákrytem – konvektory

Konvektor je skříň z ocelového plechu dole a nahoře prostupná, v jejíž spodní části je osazen výměník – otopná trubka s lamelami nebo žebry. Komínový účinek skříně má za následek zrychlené proudění vzduchu skříňí, a tedy i zvýšenou konvekci výměníku. U některých typů je i možná regulace tepelného výkonu klapkou, která redukuje průtok vzduchu konvektorem, nebo regulace otopného média, kdy se mění průtok nebo teplota. Konvektory se vyrábějí v nejrůznějších délkách a výškách. Dodávají se i nízké konvektory a tzv. konvektorové lavice. Jsou lehčí a levnější než článková otopná tělesa a jsou vhodné pro krátkodobé a občasný vytápění. Nevýhodou je, že u konvektoru chybí složka sálání a že intenzivní cirkulací vzduchu roznáší prach po místnosti.

5.2.2 Potrubí a armatury

Základní části otopných soustav tvoří elementy umožňující dopravu topných látek z tepelných zdrojů do otopných těles. Základními částmi soustav jsou:

- Potrubí s potřebnými tvarovkami
- Armatury a součásti zdrojů
- Prvky pro uložení potrubí a kompenzátory

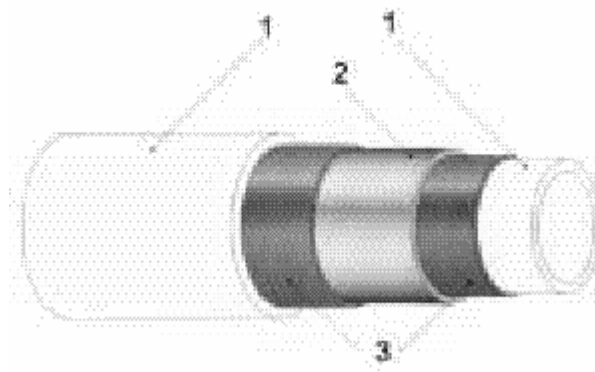
5.2.2.1 Potrubí

Ocelová potrubí ze závitových bezešvých trubek o DN 10 až DN 50 jsou určena pro trubní systémy se závitovými spoji. Ocelové svařované trubky o DN 10 až DN 50 se používají pro svařované trubní systémy malých světlostí. Ocelové bezešvé trubky hladké o průměru 22 až 220 mm jsou univerzálním materiálem pro svařované trubní systémy.

Měděné trubky a tvarovky se používají pro rozvody vnitřního vodovodu a vytápění.

Výchozím materiálem pro výrobu potrubí z plastů je síťovaný polyetylén. Pro vytápění je rovněž určen kvalitnější materiál, kterým je polybutén.

Novým trendem na trhu v potrubí jsou vícevrstvé trubky (Obr. 7) skládající se z vnější a vnitřní vrstvy potrubí (1), hliníkové vrstvy (2) a stykového lepidla (3).



Obr. 7. Struktura vícevrstvé trubky

5.2.2.2 Armatury a součásti zdrojů

Vedle armatur pro otopná tělesa se používají armatury osazované do rozvodného potrubí. Armatury do rozvodu potrubí lze rozdělit dle jejich nastavování i ovládání na ruční a auto-

matically ovládané. Konstrukce armatur závisí na účelu a technickém řešení spoje s potrubím.

Uzavírací armatury slouží pouze k manuálnímu uzavírání průtoku. Dle konstrukce se dělí na uzavírací klapky, přímé a šikmé ventily, šoupátka, kohouty.

Pojišťovací armatury slouží k jištění tlaků u zdrojů tepla i tlakových nádob.

Zpětné armatury umožňují pouze jedním směrem průtok teplotné látky. Z hlediska konstrukčního řešení se dělí na zpětné ventily nebo zpětné klapky, které se používají častěji.

Filtry jsou určeny k zachycování hrubých nečistot v topné vodě nebo páře a jsou obvykle osazovány před čerpadlem a regulačními armaturami.

Ručně ovládané regulační armatury, které se osazují na patách svislých větví. Dělí se na šikmé vyvažovací ventily (vsazované obvykle do přívodního potrubí umožňující hydraulické vyrovnání svislých větví nastavením předepsané tlakové ztráty; ventily umožňují měřit tlak, uzavírat, plnit a vypouštět potrubí) a proporcionální regulátory vsazované do vratného potrubí.

Regulační klapky automaticky ovládané se konstrukčně řeší jako třicestné nebo čtyřcestné. Třicestné umožňují přimíšení části objemového průtoku vratné topné látky do přívodního potrubí a tím kvalitnější regulaci. Čtyřcestné armatury zajišťují rozdělení objemového průtoku přiváděné vody do topného nebo vratného potrubí.

Teploměry umožňují buď přímé měření teplot látek nebo povrchových teplot zařízení.

Tlakoměry zajišťují aktuální měření tlaku v zařízeních a soustavách.

Vodoměry měří objemový průtok užitkové vody nebo kondenzátu.

5.2.3 Zavěšení a uložení potrubí, kompenzátory

Prvky pro uložení zajišťují polohy potrubí v prostoru. Kompenzátory slouží k eliminaci délkové roztažnosti vyvolané teplotní změně média. Potrubí vedena volně pod stropem místnosti se připevňují pomocí dvojdielných objímek nebo třmeny navařenými na závěsné tyče, které se fixují k nosné konstrukci místnosti.

Potrubí vedená v kanálech se obvykle ukládají na ocelové nosníky tvaru L přímo nebo pomocí posuvných uložení.

Kompenzátory jsou prvky umožňující kompenzaci tepelných roztažností, které vznikají při ohřátí potrubí provozní teplotou nebo při jeho ochlazení. Základní jsou kompenzátory tvaru L a Z vytvářené změnou směru vedení potrubí. Speciální kompenzátory tvaru U se umísťují do středu kompenzačního pole ohraničeného pevnými body.

5.2.4 Izolace potrubí

Ve vytápěcí technice by se tepelně mělo izolovat všechno potrubí a všechny části zařízení u nichž je nutno zmenšit tepelnou ztrátu. Velmi pečlivě je nutno izolovat potrubí procházející místnostmi, které je nutno udržovat v chladu, a potrubí, které by mohlo zamrznout. Izolační materiál má mít malou tepelnou vodivost, má odolávat teplotě a nemá přijímat vlhkost, má mít dostatečnou mechanickou pevnost a trvanlivost a aplikace na potrubí aby byla co nejjednodušší. U teplovodních otopných soustav se obvykle uzavírací orgány a jiné armatury neizolují, neboť při teplotě vody do 100 °C je ztráta malá. Nejčastěji se snažíme volit izolaci potrubí tak, aby vnitřní průměr izolační trubice byl shodný s vnějším průměrem izolovaného potrubí.

5.2.5 Zabezpečovací zařízení teplovodních otopných soustav

Základním prvkem zabezpečovacího zařízení teplovodních soustav je expanzní nádoba, která zachycuje změny objemu vody v soustavě způsobené změnami teploty, a tím zabraňuje nepřijatelnému zvýšení tlaku v soustavě. Expanzní nádoba musí být s kotlem spojena neuzavíratelným pojistným přívodním potrubím i pojistným vratným potrubím. Při napojování více kotlů na jednu expanzní nádobu se musí zajistit neuzavíratelné připojení a zajistit i možnost odstavit kterýkoli kotel. Potřebný objem expanzní nádoby je možno rozdělit i do více nádob navzájem propojených.

5.2.5.1 Zabezpečovací zařízení s otevřenou expanzní nádobou

Soustavy s otevřenou expanzní nádobou jsou spojeny s atmosférou a lze je provozovat s pracovní teplotou do 95 °C. Aby nedocházelo k velkému okysličování vody, má mít hladina co nejmenší plochu (stojaté nádoby). Expanzní nádoba o objemu 50 l a více musí mít nahoře revizní otvor, aby bylo možno zkontrolovat stav hladiny i stav nádoby. Mezi horní hranou nádoby a stropem má být prostor o výšce nejméně 400 mm. Velikost expanzní nádoby se stanoví ze vztahu:

$$V = 1,6 \cdot G \cdot \Delta v, \quad [\text{dm}^3] \quad (23)$$

kde V je velikost expanzní nádoby $[\text{dm}^3]$

G - hmotnost vody v otopné soustavě $[\text{kg}]$

1,6 - šedesátiprocentní přírážka

Δv - zvětšení objemu 1 kg vody při teplotním rozdílu Δt_{max} $[\text{dm}^3/\text{kg}]$.

Hodnota Δv je i tabelována.

Teplotní rozdíl Δt_{max} je dán vztahem:

$$\Delta t_{\text{max}} = t_{\text{max}} - t_o, \quad [\text{K}] \quad (24)$$

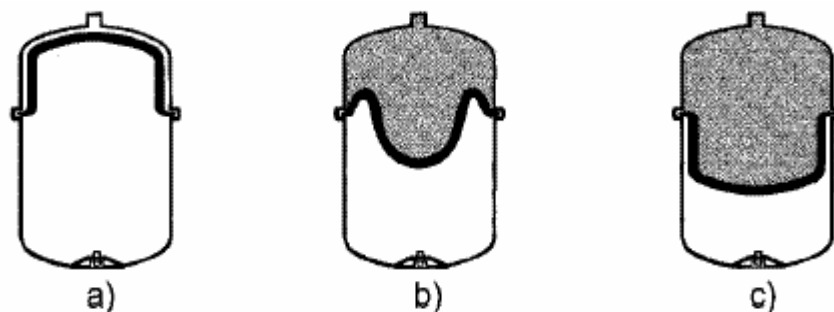
kde t_{max} je nejvyšší pracovní teplota vody v soustavě $[\text{K}]$

t_o - výchozí teplota vody (10°C) $[\text{K}]$.

5.2.5.2 Zabezpečovací zařízení s uzavřenou expanzní nádobou

V provedení bez membrány musí být expanzní nádoba umístěna v prostoru kotelny. Protože jde o uzavřenou soustavu, a tím i provoz tlakových nádob, je přesně určena výstroj a příslušenství kotlů. Vybavení expanzní nádoby je: pojistný ventil na straně vzduchu i na straně vody, vodoznak, vypouštěcí ventil a tlakoměry.

V provedení s membránou je u těchto nádob vzduchový polštář oddělen od vody pružnou membránou (Obr. 8). Za studeného stavu otopné vody vyplňuje vzduch buď celý objem nádoby nebo převážnou většinu nádoby. Za provozu voda expanduje a vyplňuje nádobu. Tlak vzduchového polštáře a tím i tlak v soustavě roste. Při výpočtu velikosti expanzní nádoby se vychází z rovnice (23), jen bezpečnostní přírážka klesá z 1,6 na 1,3.



Obr. 8. Expanzní nádoba s membránou

5.2.6 Zdroje tepla pro ústřední vytápění

Zdrojem tepla nazýváme ve vytápěcí technice zařízení, ve kterém se vyrábí teplo. Zdroje tepla lze rozdělit na

- tradiční zdroje tepla využívající tradiční zdroje energie, tj. především tuhá, kapalná nebo plynná paliva, popř. elektrickou energii
- netradiční zdroje tepla využívající netradiční zdroje energie (tepelná čerpadla, sluneční kolektory)

Kotle lze rozdělit podle několika hledisek:

- podle teplonosné látky dodávané do otopné soustavy na kotle vodní a parní
- podle provozních parametrů rozlišujeme kotle nízkotlaké, horkovodní a středotlaké parní
- podle použitého paliva rozlišujeme kotle na tuhé, kapalná a plynná paliva a na elektrokotle
- podle použitého materiálu na litinové, ocelové

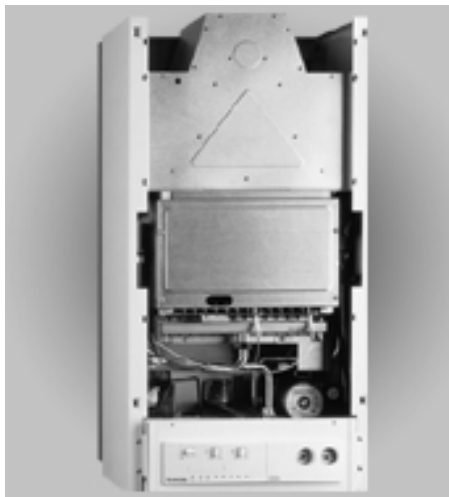
Litinové článkové kotle se skládají z článků, které vytvářejí šachtové topeniště uzavřené předními i zadními články. V dutinách článků proudí teplonosná látka, voda nebo pára. Litinové kotle byly původně určeny jen pro spalování koksu. Menší kotle jsou řešeny s horním odtahem spalin, cesta je jednoduchá, kotle potřebují jen malý tah. Větší kotle jsou řešeny se spodním odtahem spalin. Trvalý nedostatek koksu a černého uhlí vedl výrobce k výrobě kotlů pro spalování i hnědého uhlí. Staré typové řady postupně nahrazuje nová řada kotlů VIADRUS. Výhodou litinových kotlů je především dlouhá životnost. Volbou různého počtu článků se dosahuje jemně odstupňované řady výhřevných ploch. Malé kotle se dodávají sestavené, velké se montují přímo v kotelně, což usnadňuje jejich dopravu. Po sestavení kotlů na místě se vyžaduje tlaková zkouška. Důležité je, aby kotel stál na rovinném podkladě a byl dobře utěsněn proti vnikání falešného vzduchu.

Teplovodní kotle jsou výjimečné velkou škálou výkonových řad. Kotle mají výkon 6 kW ale i přes 250 kW při zapojení v kaskádě. Kotle nízkých výkonů jsou určeny pro etážové vytápění a vytápění malých budov. Výrobou těchto kotlů se zabývá velké množství výrobců, kteří se rok od roku snaží zvyšovat jejich výkonové řady. Účinnost lze zvýšit i ochlazením spalin přidavnými výměníky až na rosný bod spalin (nejčastěji u plynových kotlů

kondenzačních). Kondenzát uvolněný ze spalin se zachycuje a odvádí. Ochlazené spaliny se pak nuceným způsobem dopravují do venkovního prostoru.

Kotle na tuhá paliva – kotle této skupiny jsou většinou určeny ke spalování hnědého uhlí velikosti ořechu. Vyrábějí se však i kotle na dřevo či jiný spalitelný odpad. Účinnost se pohybuje kolem 75 %. Kotle jsou většinou určeny pro ruční obsluhu, neboť doprava paliva i odstraňování popela je velice jednoduché. Moderní kotle jsou však navrhovány i s automatickým provozem.

Kotle na plynná paliva (Obr. 9) jsou řešeny jako stojaté nebo závěsné. Některé kotle kromě výměníku a nezbytného regulačního zařízení obsahují i oběhové čerpadlo, ohřev teplé vody, popřípadě i expanzní nádobu. Vyznačují se velkým rozsahem regulovatelnosti. Základní částí kotle je spalovací komora, která se skládá z hořáku, výměníku a usměrňovače tahu.



Obr. 9. Ukázka plynového kotle

5.3 Teplovodní vytápění

Druh otopných soustav, ve kterých je teplonosnou látkou teplá voda. Sdílení tepla mezi otopnou plochou a vytápěnou místností se u těchto soustav děje převážně konvekcí. Výhody teplovodních soustav s ohledem na konvekční provedení jsou:

- Snadná centrální regulace výkonu otopných těles
- Vysoká životnost zařízení
- Akumulační schopnost vodní náplně soustavy.

Největší nevýhodou ale je, že jestliže se v místnosti nebo budově delší dobu v zimě netopí, je možnost zamrznutí soustavy.

5.3.1 S přirozeným oběhem otopné vody

Princip přirozeného oběhu lze popsat takhle: probíhá přenos tepla od kotle k otopnému tělesu. Voda ve vratném potrubí je chladnější než voda v přívodním potrubí. Má tedy vyšší hustotu, takže ze strany vratné vody je v kotli vyšší hydrostatický tlak než ze strany přívodní vody. Přetlak (tzv. účinný tlak) způsobí pohyb v okruhu kotel - těleso - kotel. Dochází k přirozenému oběhu vody. Podmínkou přirozeného oběhu je tedy průběžné dohřívání vody ve zdroji tepla a zároveň s průběžným ochlazováním v otopném tělese. Přirozený oběh je výhodný pro soustavy půdorysně málo rozlehlé a většími výškovými rozdíly mezi otopným tělesem a zdrojem. Větší výškový rozdíl zajišťuje dostatečný tlakový rozdíl hydrostatických tlaků. Hlavní výhodou přirozeného oběhu je, že není závislý na dodávce elektrické energie, potřebné jinak pro pohon čerpadla. Zapojení těles se používá dvoutrubkové. Volí se armatury s malou tlakovou ztrátou - kohouty a šoupátka. Předpokládané ochlazení vody se počítá kolem 20 °C.

5.3.2 S nuceným oběhem otopné vody

U budov s větším tepelným příkonem, u budov půdorysně rozsáhlých a u budov s komplikovanějšími potrubními sítěmi a spotřebiči, nevystačíme již s přirozeným oběhem a je nutno navrhnout oběh nucený, zajišťovaný čerpadlem, které je schopno překonat mnohonásobně větší tlakové ztráty. Čerpadla se často umísťují na vratné potrubí před kotlem, aby nebyly teplotně namáhané. U soustav s výkony nad 60 kW musí být zajištěna záloha čerpadla tak, aby při poruše nejvýkonnějšího kryla záloha 100% výkonu. Znamená to použití minimálně dvou čerpadel o stejném výkonu. Nucený oběh má ve srovnání s přirozeným tyto výhody:

- Jmenovité světlosti potrubí jsou menší, neboť lze volit vyšší rychlost proudění a vyšší tlakové ztráty lze překonat tlakem čerpadla
- Otopná tělesa je možno umístit do stejné úrovně jako zdroj tepla nebo i níže
- Regulace soustavy i zátop je rychlejší.

Nevýhodou nuceného oběhu je, že je neustále závislý na dodávce elektrické energie a že soustava je provozně náročnější. Při projektování je nutno pamatovat i na to, že čerpadlo vnáší do potrubí i stavebních konstrukcí hluk, takže je nutno používat potrubní tlumicí vložky. Jako vhodný teplotní rozdíl pro nucený rozdíl se doporučuje 25 °C.

5.4 Teplovodní otopné soustavy sálavé

U těchto soustav tvoří topnou plochu stěna, strop nebo podlaha místnosti, ve kterých jsou zabetonovány nebo jinak uloženy otopné hady vytvořené většinou z plastových trubek. Podle normy musí být zdroj tepla vybaveny automatickou regulací otopné přírodní vody do soustavy, přičemž nejvyšší povolená pracovní teplota je 50 °C. Překročení této teploty musí být signalizováno opticky i akusticky. Jmenovitý teplotní rozdíl se často volí (45 – 35) °C nebo (40 - 30) °C. Tyto požadavky vyplývají ze skutečnosti, že otopné plochy jsou součástí stavební konstrukce. Vysoké výpočtové teploty nebo velké teplotní rozdíly by vyvolaly nebezpečné tepelné dilatace.

5.4.1 Stěnové otopné plochy

Stěnového vytápění se používá buď samostatně nebo v kombinaci se stropním nebo podlahovým vytápěním. Při kombinaci se stropním vytápěním se celkový tepelný příkon obvykle rozdělí tak, že na stropní plochu připadají 2/3 a na stěnovou plochu 1/3. Výhodné je, mají-li obě plochy samostatný přívod otopné vody, neboť pak lze každou z nich nezávisle zapínat a vypínat. Při kombinaci s podlahovou otopnou plochou je úkolem stěnové plochy jednak doplnit otopný výkon podlahy a zlepšit rovnoměrnost vytápění. Stěnové otopné plochy se umísťují nejčastěji na venkovní stěnu pod okno a jen výjimečně na vnitřní stěnu.

5.4.2 Stropní otopné plochy

Nejrozšířenějším druhem stropních otopných ploch jsou plochy s trubkovými hady zabetonovanými buď přímo v desce nosného stropu nebo ve zvláštní desce pod nosným stropem. Při zahřátí otopné plochy se trubky i beton roztahují přibližně stejně, takže v konstrukci nevznikají přídavná napětí, která by mohla způsobit trhliny v betonu a porušit tak spojení mezi betonem a trubkami. Podmínkou ovšem je, aby otopná plocha byla zahřívána rovnoměrně. To zajistíme malou roztečí trubek a malým teplotním spádem. Otopných trubek lze

také přímo využít jako výztuže stropní desky. V tomto případě je nutno konce jednotlivých trubek v betonové desce zakotvit.

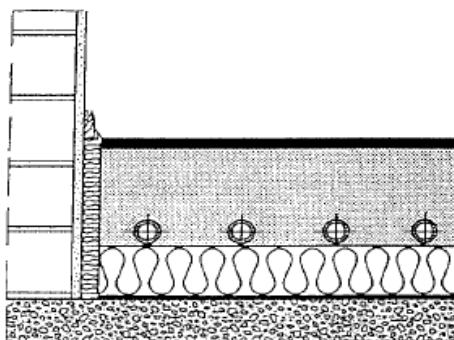
5.4.3 Podlahové otopné plochy

Podlahové otopné plochy se obvykle vytvoří stejně jako stropní, tj. nejčastěji tak, že se trubkové hady vloží do vrstvy cementové mazaniny. Pokládací rozteč podlahových hadů je 5, 10, 15, 20, 30 mm. Při návrhu podlahového topení nesmí být překročeny maximální přípustné teploty podlah:

- místnost a pracovny, v nichž se převážně stojí 27 °C
- obytné a kancelářské místnosti 29 °C
- chodby, haly 30 °C
- koupelné a plavecké haly 33 °C
- místnosti, resp. oblasti s malým provozem (okrajové zóny) 35 °C

5.4.3.1 Podlahová konstrukce

Celková struktura podlahové konstrukce má velký význam pro správnou funkci každého podlahového topení. Podlahová konstrukce (Obr. 10) se nejčastěji skládá z: nosné části, izolace proti vlhkosti, tepelné a zvukové izolace, krycí fólie, cementové mazaniny s trubicí, maltového lože, povrchové úpravy (nejčastěji dlažba).



Obr. 10. Řez podlahové konstrukce

5.4.3.2 *Tloušťka betonové mazaniny*

V případě konstrukce, kdy leží topná trubka přímo na izolaci, musí být celková tloušťka mazaniny $45 + D$ mm (D je vnější průměr trubky).

V případě, kdy topný had leží v mazanině, musí mít mazanina tloušťku minimálně $50 + D$ mm, přitom musí být splněna podmínka, že trubky musí být vzdáleny od izolace 5 až 15 mm (D je vnější průměr trubky).

5.4.3.3 *Spáry*

Z důvodů délkové roztažnosti musíme navrhnout vhodné uspořádání spár mezi jednotlivými betonovými mazaninami, je-li to nutné. Zásadně se spáry objevují na okraji mazaninové desky. V některých případech je nutné betonové mazaniny rozdělit na minimálně 2 plochy. Je to v případech, kdy je plocha betonové mazaniny větší jak 40 m^2 , nebo je jedna strana delší jak 8 m, nebo je-li poměr stran větší jak 1:2.

5.4.3.4 *Podlahové krytiny*

Doporučují se krytiny s maximálním odporem $R=0,15 \text{ K.W}^{-1}.\text{m}^2$. Na trhu je řada takových krytin.

- keramické dlaždice $R=0,011 \text{ K.W}^{-1}.\text{m}^2$
- PVC - linoleum $R=0,022 \text{ K.W}^{-1}.\text{m}^2$
- parkety $R=0,05 \text{ K.W}^{-1}.\text{m}^2$
- textilní podlahová krytina $R=0,15 \text{ K.W}^{-1}.\text{m}^2$

5.4.3.5 *Systémové součásti*

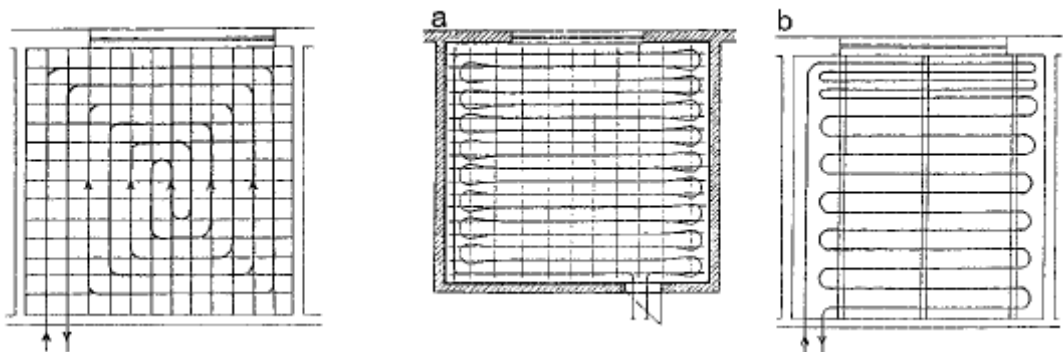
- topná trubka RAUTHERM o různých rozměrech
- systém podložky REAHU s výstupky
- nosná rohož
- regulace
- systém podložky s příchýtkami na síť



Obr. 11. Kari síť s příchýtkami

- rozvaděč topného obvodu
- skříň rozdělovačů

5.4.3.6 Způsob pokládání otopných hadů



Obr. 12. Způsoby pokládání otopných hadů

Na prvním obrázku je znázorněno tzv. pokládání hadů ve tvaru plošné spirály. Na obrázku a) jde o meandrový způsob bez okrajové zóny a na obrázku b) je také meandrový, ale s okrajovou zónou.

5.4.3.7 Výpočet a návrh

Na začátku výpočtu se stanoví plochy v místnosti, které jsou zastavěné například nábytkem a plochy, které jsou čisté. Je známá krytina a volím si předběžně teplotu vstupní a výstupní vody. Pak se v grafu kombinují možnosti s různou roztečí a teplotou povrchu tak, aby specifická potřeba tepla q nepřesáhla hodnotu 100 W.m^{-2} a zároveň aby nepřesáhla hodnota povrchové teploty svou maximální hodnotu. Specifická potřeba tepla se určí ze vztahu:

$$q = \frac{Q_{o\check{c}}}{S}, \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}] \quad (25)$$

kde $Q_{o\check{c}}$ je tepelná ztráta místnosti minus 10% [W]

S - plocha místnosti [m²].

Následuje výpočet potřeby tepla pro jednotlivé plochy. Dle tabulek se určí přibližná délka topného okruhu a její tlaková ztráta. Dle grafu se dále stanoví tlaková ztráta regulačního ventilu. Od možného tlaku čerpadla se odečte tlaková ztráta ventilu a potrubí a zbytkový tlak se škrtí nastavením regulačního ventilu na rozdělovači, opět dle grafů.

6 TEORETICKÁ A SKUTEČNÁ SPOTŘEBA TEPLA, SPOTŘEBA PALIVA

6.1 Teoretická spotřeba tepla

Při vytápění se většinou zjišťuje roční spotřeba tepla, tj. spotřeba za otopné období. Teoretická spotřeba při nepřerušovaném vytápění se pak vypočítá za vztahu:

$$Q_{teo} = \frac{24 \cdot \varepsilon_i \cdot e \cdot Q_z \cdot D}{t_i - t_e}, \quad [\text{Wh/rok}] \quad (26)$$

kde ε_i je součinitel vyjadřující nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací během roku, pro běžné případy se volí 0,8 až 0,9 [-]

e - opravný součinitel přerušovaného provozu vytápění (víkendy, noční topení) a pro rodinné domky s trvalým topením, volí se 0,85 [-]

t_i, t_e - výpočtové teploty vnitřního a venkovního vzduchu [°C]

D - počet denostupňů určený ze vztahu

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}), \quad [-] \quad (27)$$

kde d je počet dnů vytápění v topné sezóně [-]

t_{is}, t_{es} - střední vnitřní a venkovní teplota [°C].

Všechny tyto hodnoty jsou tabelovány a pro okres Vsetín jsou: $d=225$, $t_{is}=19$ °C, $t_{es}=3,2$ °C, $t_i=19$ °C a $t_e=-15$ °C.

6.2 Skutečná spotřeba tepla

Skutečnou spotřebu Q_{skut} vyjadřuje vztah:

$$Q_{skut} = \frac{Q_{teo}}{\eta_k \cdot \eta_r \cdot \eta_o}, \quad [\text{Wh/rok}] \quad (28)$$

kde η_k je účinnost kotle [-]

η_r - účinnost rozvodného média [-]

η_o - účinnost obsluhy (regulace) [-].

6.3 Spotřeba paliva

Výpočet spotřeby paliva z období je možno jednoduše provést na základě znalosti skutečné spotřeby tepelné energie vypočítané dle rovnice (28).

Spotřeba paliva za provozní období bude:

$$U = \frac{Q_{skut}}{q_n}, \quad [\text{kg}] \quad (29)$$

kde q_n je výhřevnost paliva $[\text{MJ/kg}]$.

Je-li Q_{skut} udána v MW/rok, pak $1 \text{ MWh} = 3\,600 \text{ MJ}$. Dostaneme rovnice ve tvaru:

$$U = 3600 \cdot \frac{Q_{skut}}{q_n} \quad [\text{kg}]. \quad (30)$$

V některých případech (při topení např. uhlím) je nutno znát i objem paliva pro uskladnění.

Vychází se ze vztahu:

$$V = \frac{U}{\rho_{syp}}, \quad [\text{m}^3] \quad (31)$$

kde ρ_{syp} je hustota sypaného paliva $[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 ÚVOD K PRAKTICKÉ ČÁSTI

V praktické části budu posuzovat, který ze dvou dnes nejvíce používaných otopných systému je výhodnější co se týče rozložení teplot, času potřebného k ustálení otopného systému, teploty v místnosti, pohody prostředí a pořizovacích nákladů. Většina měření probíhala v laboratořích Střední průmyslové školy stavební ve Valašském Meziříčí, kde jsou zdejší laboratoře připraveny mimo jiné pro měření rozložení teplot na podlahových hadech, na povrchu podlahy nad otopnými hady při různém povrchu podlahy a na rozložení teplot na povrchu otopného tělesa. Měření rozložení teplot v místnosti, tzv. teplotní křivka nebo-li teplotní profil, probíhalo v rodinném domku a firemních prostorách Ing. Buchty.

7.1 Měřicí přístroje

7.1.1 Pyrometr AMIR7811

Všechny teploty měřené povrchově, jako teploty povrchů a otopného tělesa jsem měřil přístrojem Pyrometr (Obr. 13). Tento pyrometr snímá infračervené záření, jehož energie je úměrná teplotě měřeného objektu a závisí na jeho emisivitě.

- měřicí rozsah -18 °C až 400 °C
- přesnost $\pm 2\%$
- dovolená teplota okolí 50 °C
- hmotnost 270 g



Obr. 13. Měřicí přístroj Pyrometr AMIR 7811

7.1.2 THERM 2287-8

K tomuto přístroji je možno připojit čidla k měření teploty, vlhkosti nebo prostupu tepla stěnou. Já jsem využil chrom - niklového čidla pro měření teplot v místnosti.



Obr. 14. THERM 2287-8

8 ROZLOŽENÍ A DOBA USTÁLENÍ TEPLOT V MÍSTNOSTI

Při tomto měření budu sledovat povrchové teploty otopného tělesa, teplotu na trubce REHAU v podlahové konstrukci a teplotu povrchu podlahy u podlahového topení. Hlavním cílem tohoto měření je i zjištění doby od zapnutí kotle po dosažení optimálních teplot povrchu otopného tělesa, podlahy a teploty v místnosti.

8.1 Rozložení a doba ustálení teplot na otopném tělese

Měření rozložení teploty na povrchu deskového tělesa (Tab. 1) probíhalo v laboratořích Střední průmyslové školy stavební na otopném tělese firmy KORADO, typ VK 22/1200/500. Tento typ jsme volili s projektanty z firmy KORADO. Otopné těleso firmy KORADO jsem volili proto, že tato firma je největším výrobcem a prodejcem otopných těles v České republice. Typ otopného tělesa jsme také volili s ohledem na tepelnou ztrátu místnosti, ve které budu měřit i podlahové topení a tím získal podobné podmínky pro obě měření. Voda byla ohřívána v kondenzačním kotli firmy NEFIT, typ ECONOMY HR 22. Průtok teplé vody otopným tělesem byl 1 litr/min. Teplota teplé vody byla nastavena na 50 °C a teploty v místnosti na 20 °C. Na povrchu přední desky otopného tělesa jsme zvolili 9 měřících míst (Obr. 15), na kterých jsem po 5 minutách měřil povrchovou teplotu. Měření končilo v době, kdy se na povrchu otopného tělesa ustálily teploty a teplota v místnosti dosáhla požadované teploty a neklesala pod tuto hranici.



Obr. 15. Rozložení měřících míst na otopném tělese KORADO

8.1.1 Naměřené hodnoty na povrchu otopného tělesa

Tab. 1. Povrchové teploty na otopném tělese

Teplota na otopném tělese měřená na 9 místech											
	Číslo měřicího místa										Teplota vody v kotli
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Teplota [°C]										
Čas měření teploty	8:40	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18
	8:45	34	33	33	28	26	25	21	20	21	32
	8:50	36	35	35	31	30	30	25	24	25	37
	8:55	39	38	39	35	33	33	29	28	29	41
	9:00	42	41	41	38	36	36	33	31	33	45
	9:05	44	43	43	39	38	38	34	33	34	46
	9:10	44	43	44	40	39	39	35	35	35	46
	9:15	46	45	45	41	40	40	36	36	36	46
	9:20	46	45	45	42	41	41	37	37	36	47
	9:25	46	45	46	43	41	41	38	37	37	48
	9:30	47	46	46	43	42	42	38	37	38	49
	9:35	48	47	47	44	43	43	38	38	38	50
	9:40	48	47	47	44	43	43	39	38	39	50
	9:45	49	48	48	45	44	44	39	39	39	51
	9:50	49	48	48	45	44	44	39	39	39	51
	9:55	49	48	49	45	44	44	40	39	39	52
	10:00	50	49	49	46	45	44	40	39	40	52
	10:05	50	49	49	46	45	45	41	40	40	52
	10:10	50	49	49	46	45	46	41	41	41	53
	10:15	50	50	50	46	46	46	41	41	41	53
10:20	50	50	50	47	46	46	41	41	41	53	
10:25	50	50	50	47	46	46	41	41	41	53	
10:30	50	50	50	47	46	46	41	41	41	53	
10:35	50	50	50	47	46	46	41	41	41	53	
10:40	50	50	50	47	46	46	41	41	41	53	

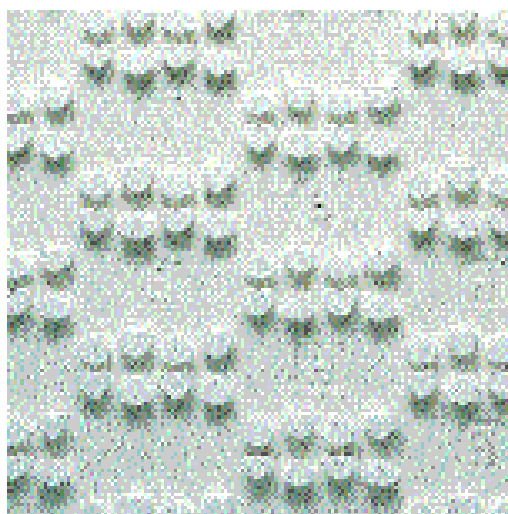
8.1.2 Vyhodnocení

Z tabulky naměřených hodnot je vidět, že teploty na měřicích místech se ustalovaly postupně od místa 1 do místa 9. Dá se říct, že místa 1, 2 a 3 jsou na straně přívodu a 7, 8 a 9 na straně vratu. Také jde poznat, že teploty na jednotlivých místech otopného tělesa se ustálily přibližně po hodině a půl a další půlhodinu se temperovala místnost na 20 °C. Měření probíhalo 2 hodiny s pěti minutovým intervalem měření. Při měření vznikla malinká

odchylka, protože teplota vody v kotli se ustálila na 53 °C oproti původně nastavených 50 °C. Tento rozdíl je ale zanedbatelný a výsledek měření nemohl nijak ovlivnit.

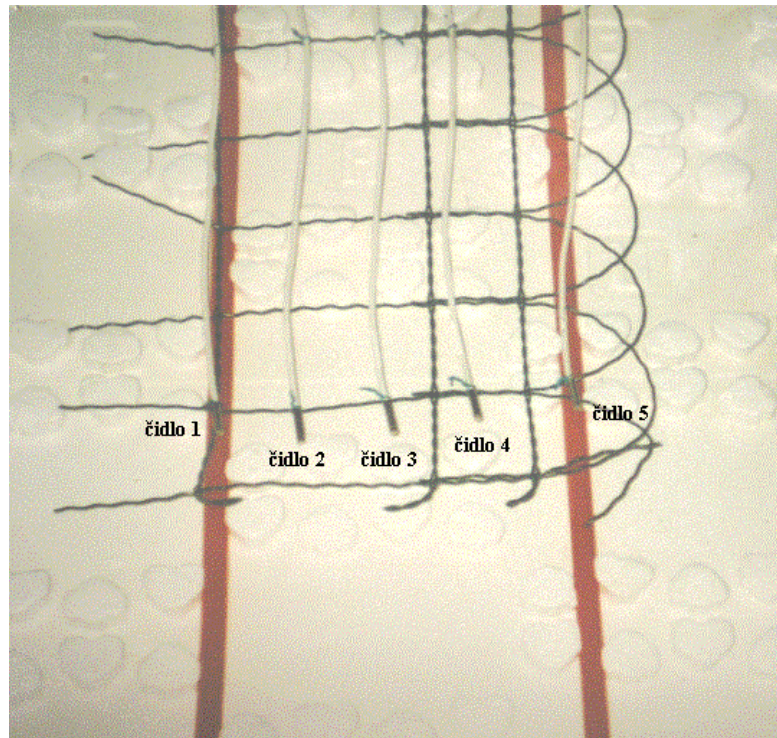
8.2 Rozložení a doba ustálení teplot u podlahového topení

Měření rozložení a doba ustálení teplot probíhalo také v laboratořích průmyslové školy, kde jsou podmínky pro měření teplot na povrchu trubky v betonové mazanině i pro měření povrchové teploty podlahy. Měření je možno provádět na systémových deskách REHAU vario, systému RALFIX nebo na nosné rohoži s různou roztečí pokládky podlahových hadů a různým povrchem podlahy (dlažby, linoleum, koberec). Pro naše měření jsme s odborníky z firmy REHAU vybrali systémovou desku vario (Obr. 16), rozteč trubek 250 mm, jako povrch dlažbu, protože má nejmenší odpor vůči přestupu tepla v porovnání třeba s kobercem nebo linoleem. Tuto optimální kombinaci jsme volili i proto, abychom touto kombinací dosáhli podobného nebo alespoň velice blízkého výkonu systému, jako byl výkon otopného tělesa. Při totožnosti výkonů systémů je přesnější porovnávání při stejných podmínkách.



Obr. 16. Systémová deska vario

Při stavbě laboratoří bylo na vario desku a na trubky položeno 5 čidel pro měření povrchu teploty trubek a pro teploty mezi trubkami (Obr. 17). Další 2 čidla byla instalována zhruba do 100 mm nad podlahu a přibližně do výšky 2500 mm od podlahy. Tyto čidla jsem ale nepoužíval, protože byla v přímém styku s obvodovou stěnou a měření by neodpovídalo skutečným teplotám v místnosti vlivem ochlazování stěnou. Teplotu na jednotlivých čidlech jsem odečítal na zařízení umístěném na stěně (Obr. 18).



Obr. 17. Rozložení čidel v podlaze



Obr. 18. Zařízení k odečítání teplot na jednotlivých čidlech

8.2.1 Naměřené hodnoty teplot na čidlech v podlaze

Tab. 2. Teploty na čidlech u podlahového topení

Teplota na čidlech v podlaze					
Čas odečítání teplot	Čidlo				
	1	2	3	4	5
	Teplota [°C]				
8:40	20,5	20,5	20,2	20,5	20,4
8:45	20,5	20,5	20,2	20,5	20,3
8:50	20,5	20,5	20,2	20,5	20,3
8:55	21,7	20,6	20,4	20,5	21,7
9:00	22,3	20,9	20,4	20,5	22,6
9:05	23,0	21,1	20,4	20,8	23,2
9:10	23,6	21,3	20,4	21,0	23,8
9:15	23,6	21,3	20,4	21,0	23,8
9:20	24,2	21,5	20,4	21,8	24,8
9:25	25,0	22,1	20,8	21,5	25,6
9:30	25,0	22,1	20,8	21,5	25,6
9:35	25,8	22,7	21,0	22,0	26,4
9:40	26,2	23,0	21,3	22,2	26,9
9:45	26,5	23,2	21,4	22,5	27,2
9:50	26,5	23,2	21,4	22,5	27,2
9:55	27,1	23,9	21,8	22,9	27,8
10:00	27,5	24,1	22,0	23,2	28,1
10:05	27,7	24,3	22,2	23,4	28,3
10:10	28,0	24,5	22,3	23,7	28,6
10:15	28,3	24,8	22,6	24,0	28,8
10:20	28,5	25,1	22,9	24,1	29,2
10:25	28,8	25,3	23,1	24,3	29,4
10:30	29,1	25,6	23,2	24,7	29,7
10:35	29,3	25,8	23,4	24,7	29,7
10:40	29,3	25,8	23,4	24,7	29,7
10:45	29,5	26,1	23,9	25,3	30,1
10:50	29,5	26,1	23,9	25,3	30,1
10:55	29,5	26,1	23,9	25,3	30,1

8.2.2 Naměřené hodnoty teplot na podlaze

Tab. 3. Teploty na podlaze u podlahového topení

Teplota na podlaze					
Čas odečítání teplot	Čidlo				
	1	2	3	4	5
	Teplota [°C]				
8:40	20	20	20	20	20
8:45	20	20	20	20	20
8:50	20	20	20	20	20
8:55	20	20	20	20	20
9:00	21	20	20	20	21
9:05	21	20	20	20	21
9:10	21	20	20	20	21
9:15	23	21	20	21	23
9:20	23	21	20	21	23
9:25	23	22	20	22	23
9:30	23	22	20	22	23
9:35	24	22	21	22	24
9:40	24	22	21	22	24
9:45	24	23	21	23	24
9:50	24	23	21	23	24
9:55	24	23	22	23	24
10:00	25	23	22	23	25
10:05	25	24	23	24	25
10:10	25	24	23	24	25
10:15	25	24	23	24	25
10:20	26	24	23	24	26
10:25	26	24	23	24	26
10:30	26	25	24	25	26
10:35	26	25	24	25	26
10:40	26	25	24	25	26
10:45	26	25	24	25	26
10:50	26	25	24	25	26
10:55	26	25	24	25	26

8.2.3 Vyhodnocení

Při sledování teplot na čidle jde poznat, která trubka je přívod a která vrat. Teploty se ustálily přibližně za 2 hodiny a 15 minut. Jeden rozdíl oproti otopnému tělesu ale byl, že místnost už byla asi 30 minut vytemperovaná na 20 °C, takže oproti otopnému tělesu to bylo asi 15 minut dříve. Vzhledem k regulaci už tedy kotel vypnul a neohříval dále vodu jako u otopného tělesa. Místnost byla vytemperovaná a ustalovala se jen teplota na podlaze. Tep-

lota podlahy dosáhla nejvyšší hodnoty nad trubkami 26 °C, mezi trubkami 24 °C, což jsou hodnoty pod maximální možnou teplotou podlahy danou normou.

8.3 Porovnání různých povrchů podlahy

Již v textové části jsem zmiňoval, že s podlahovým topením souvisí druh a tloušťka povrchu podlahy. V laboratořích bylo možno měřit teploty u dlažby, linolea tloušťky 5 mm a koberce (Tab. 4). Z normy je zřejmé, že nejideálnějším povrchem je dlažba a nejnevýhodnějším právě koberec.

Před měřením jsme nastavili teplotu vody na 50 °C a po 2 hodinách jsem provedl kontrolní měření u jednotlivých povrchů podlahy. Rozdíl mezi tímto měřením a předchozím měřením byl ten, že při měření teplot na čidlech a na podlaze byl topný had uspořádán do plošné spirály, kde se střídá přívod a vrat vedle sebe. U měření porovnání povrchů je had uspořádán do meandru, tzn. přívod je vedle sebe. Proto jsem naměřil i vyšší teploty.

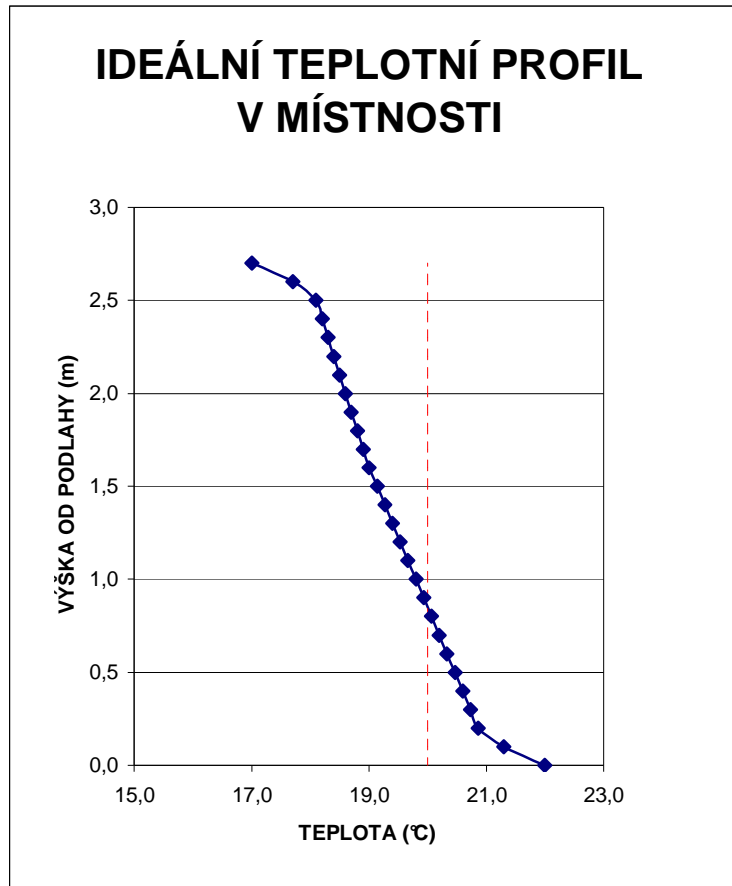
Tab. 4. Tabulka naměřených teplot na dlažbě, koberci a linoleu

	Měřicí místo		
	1	2	3
	Teplota [°C]		
Linoleum	28	28	28,5
Dlažba	29	29	29
Koberec	26	26,5	26

Z kontrolního měření jde poznat přibližné hodnoty teplot dlažby 29 °C, linolea 28 °C a koberce 26 °C. Předpoklad se tedy potvrdil.

9 TEPLOTNÍ PROFIL V MÍSTNOSTI

Teplotní profil v místnosti je dost složitá a často i těžko určitelná vlastnost. Firma REHAU, největší výrobce podlahového topení nejen v České republice, podporuje tento ideální teplotní profil v místnosti:



Obr. 19. Ideální teplotní profil v místnosti

Tento teplotní profil se shodoval i s profily vedených v čerpané literatuře. Jak jsem psal, je to složitá charakteristika, protože ne každému může tato charakteristika vyhovovat. Každý má své identické a specifické podmínky pro svou ideální tepelnou pohodu v místnosti. Jsou lidé, kteří nemají rádi tzv. teplo od podlahy nebo nemají rádi vyšší teploty v okolí hlavy, ale to bychom potom museli mít těchto ideálních křivek stovky. Vycházím tedy z této křivky a mé další měření je zaměřeno na zjišťování teplotního profilu v místnosti, kde se topí otopným tělesem nebo podlahovým topením. Tyto dvě křivky poté porovnám a srovnám s ideálním profilem. Teplotu jsem měřil v místnosti každých 100 mm od podlahy do výšky 2 700 mm. Měřil jsem přístrojem THERM 2287-8 (Obr. 14) zapůjčeným od Ing. Sedláčka CSc. ze stavební laboratoře. Čidlo jsem postupně zavěšoval do již zmiňovaných vzdálenos-

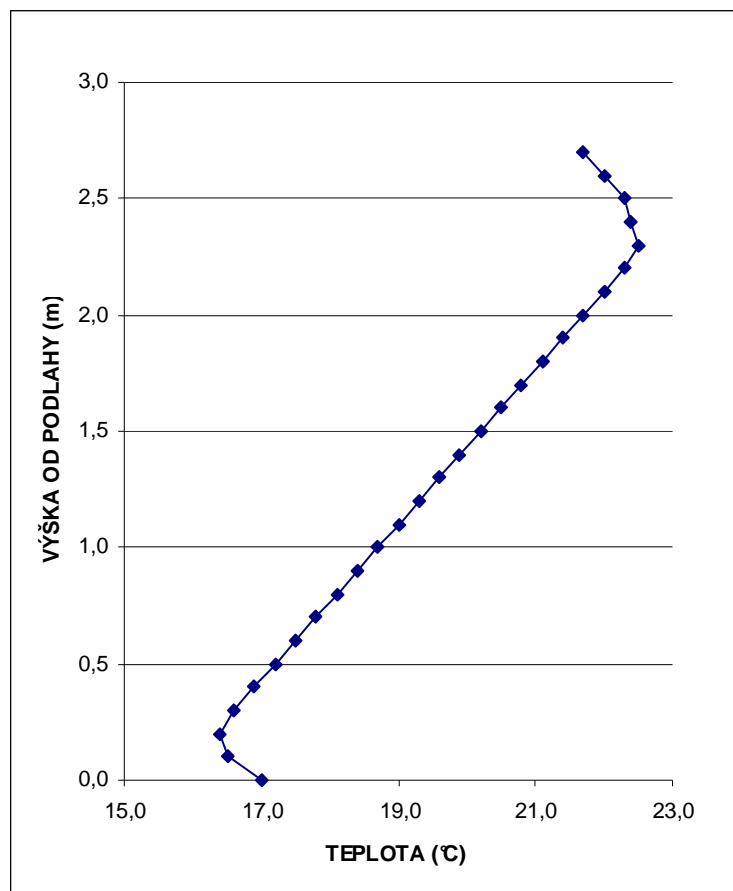
tí od podlahy. Teploty jsem odečítal každou minutu, celkem 50 minut. Pro každou vzdálenost jsem měl 50 naměřených hodnot teplot, z těch jsem udělal průměr a sestavil křivku.

9.1 Teplotní profil v místnosti s otopným tělesem

Měření probíhalo ve firemních prostorách Ing. Buchty. Princip měření a jeho postup jsem uvedl na předchozí straně. Z měření jsem dostal 1400 hodnot teplot. Tabulky všech teplot jsou v PŘÍLOZE P I. Zde (Tab. 5) uvádím alespoň průměrné hodnoty teplot v jednotlivých vzdálenostech od podlahy v metrech, ze kterých jsem sestrojil křivku.

Tab. 5. Průměrné hodnoty teplot v místnosti vytápěné otopným tělesem

m	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
°C	17,0	16,5	16,4	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6
m	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
°C	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,5	22,4	22,3	22,0	21,7



Obr. 20. Teplotní profil v místnosti vytápěné OT

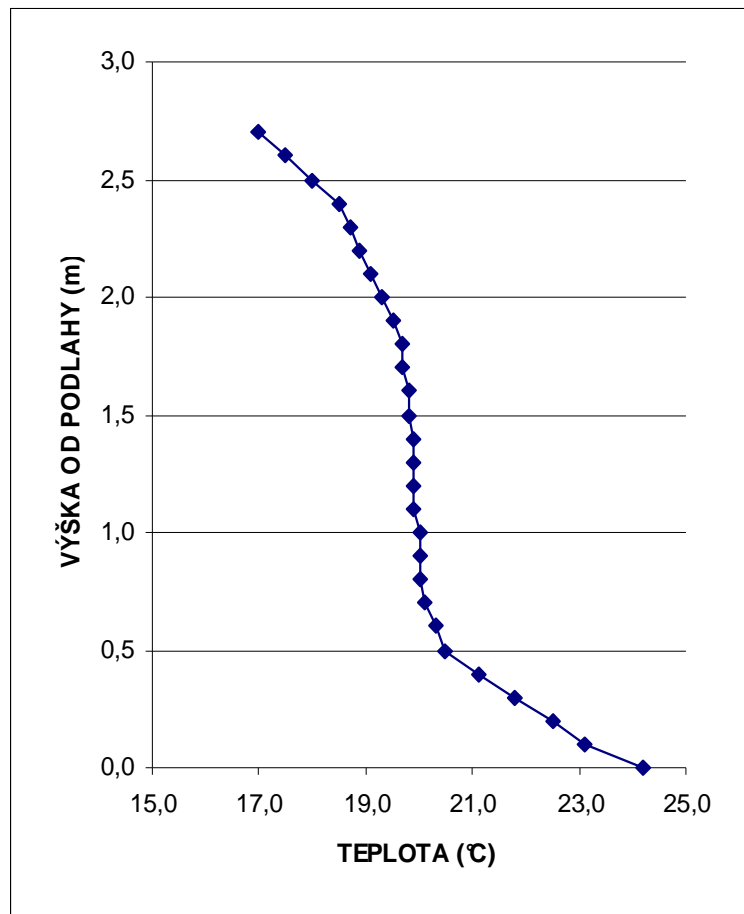
Z teplotního profilu (Obr. 20) jde poznat, že teplota v místnosti na podlaze a v těsné výšce nad podlahou klesá skoro až k 16 °C. Ve výšce kolem 0,2 m nad podlahou začíná teplota stoupat, protože v této výšce je už většinou na stěně otopné těleso. Teplota přibližně lineárně stoupá až ke stropu, kde opět klesá. Veškeré teplo se akumuluje ve výšce asi 2000 mm nad podlahou. V této výšce si myslím, že to teplo už nikdo moc nevyužije. Jednak, že průměrná výška mužů v ČR je 1840 mm a žen 1760 mm. Teplo vynaložené z horní části otopného tělesa není stoprocentně využito. Ve spodní části otopného tělesa jsou nižší teploty proto, že je zde většinou vratné potrubí z topení a tím i nižší teplota. Klesání teploty u stropu je dáno ochlazováním vzduchu stropní konstrukcí, která není vytápěná.

9.2 Teplotní profil v místnosti s podlahovým topením

Měření probíhalo v rodinném domě Ing. Buchty. Princip měření a jeho postup byl úplně totožný jako u otopného tělesa. Z měření jsem dostal opět 1400 hodnot teplot. Tabulky všech teplot jsou v PŘÍLOZE P II. Zde (Tab. 6) uvádím alespoň průměrné hodnoty teplot v jednotlivých vzdálenostech od podlahy v metrech, ze kterých jsem sestrojil křivku.

Tab. 6. Průměrné hodnoty teplot v místnosti vytápěné podlahovým topením

m	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
°C	24,2	23,1	22,5	21,8	21,1	20,5	20,3	20,1	20,0	20,0	20,0	19,9	19,9	19,9
m	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
°C	19,9	19,8	19,8	19,7	19,7	19,5	19,3	19,1	18,9	18,7	18,5	18,0	17,5	17,0



Obr. 21. Teplotní profil v místnosti vytápěné podl. topením

Z tohoto teplotní profilu je zřejmé, že se mnohem více přiblížil ideálnímu profilu uvedeného v kapitole 9. Teplota u podlahy je vyšší než u otopného tělesa s ohledem na podlahové topení, které nám dopravává teplo už i na podlaze. Ve výšce kolem 500 mm nad podlahou se teplota ustaluje na požadovaných 20 °C a dále mírně klesá až ke stropní konstrukci. U otopného tělesa dosáhneme teploty 20 °C až kolem výšky 1300 mm nad podlahou. Oproti otopnému tělesu se teplý vzduch neakumuluje pod stropem a dá se říci, že veškeré teplo vyprodukované podlahovým topením je využito. U stropu se teplota opět snižuje rychleji, i zde je to dáno ochlazováním od stropní konstrukce. Celkově vzato, teplotní profil u podlahového topení má blíž k ideálnímu a průběh teploty v místnosti je mnohem přijatelnější než u otopného tělesa.

10 POŘIZOVACÍ NÁKLADY

Vedle teplotního profilu v místnosti a času vytopení místnosti, se v dnešní době hodně obyvatel zajímá i o pořizovací cenu systému. Pro názornost jsem navrhl projekt vytápění rodinného domu Ing. Solaře. Navrhl jsem dva typy vytápění, jeden na podlahové topení a druhý na otopné tělesa. Úkolem je posoudit, který systém bude levnější při pořízení. V obou případech bude v suterénu zařízení kotelny (kotel, ohřívač TV, expanzní zařízení, regulace a čerpadlo), které nebudu započítávat, protože je stejné pro oba systémy. Počítat budu materiál až od kotle. Nebudu započítávat ani práci.

10.1 Systém s otopnými tělesy

Do výpočtu ceny je zahrnuto veškeré potrubí a jeho izolace, armatury, otopná tělesa i s příslušenstvím a upevňovací prvky potrubí. Rozvod potrubí je v suterénu zavěšen pod stropem a veden až pod otopné těleso (OT), kde prostupem podlahou je ukončen do OT. V PŘÍLOZE P III je výkres suterénu, v PŘÍLOZE P IV je výkres půdorysu s OT.

Výpis materiálu:

1. OTOPNÁ TĚLESA KORADO KLASIK Česká Třebová – typ - výška / délka

- 21 – 500 / 1800 1 ks
- 21 – 600 / 1000 1 ks
- 22 – 400 / 1200 1 ks
- 22 – 500 / 1200 1 ks
- 22 – 500 / 2300 2 ks
- 22 – 600 / 1200 1 ks
- 33 – 400 / 2600 1 ks
- 33 – 900 / 1100 1 ks

2. ARMATURY

- Kulový kohout GIACOMINI R250 DN 35 2 ks
- Filtr GIACOMINI R74A DN 35 1 ks

- Zpětná klapka GIACOMINI R60 DN 35 1 ks
- Koleno R561
 - DN 12 50 ks
 - DN 15 10 ks
 - DN 18 18 ks
 - DN 22 4 ks
- T – kus GIACOMINI R 564
 - DN 12 44 ks
 - DN 15 18 ks
 - DN 18 22 ks
 - DN 22 12 ks
 - DN 35 2 ks
- Termostatický ventil HEIMEIER V – exakt 9 ks
- Regulační šroubení HEIMEIER Regulux N 8 ks

3. POTRUBÍ – měděné SUPERSAN

DN 12	71 m
DN 15	28 m
DN 18	49 m
DN 22	25 m
DN 35	2 m

4. IZOLACE – MIRELON tl. 60 mm

DN 12	70 m
DN 15	27 m
DN 18	46 m
DN 22	23 m
DN 35	1 m

5. UPEVNŮVACÍ PRVKY POTRUBÍ MŮPRO

• Prodlužování hmoždinky s táhly		120 ks
• Objímka	DN 12	22 ks
	DN 15	10 ks
	DN 18	6 ks
	DN 22	14 ks
	DN 35	2 ks

Jednotlivé ceny výše uvedených položek jsou v PŘÍLOZE P V. Celková cena materiálu je tedy 72 268 Kč bez DPH.

10.2 Systém s podlahovým topením

Do výpočtu ceny je zahrnuto veškeré potrubí a jeho izolace, armatury a jednotlivé součásti podlahové konstrukce. Rozvod potrubí je v suterénu od kotle do přízemí do rozdělovače REHAU. Odtud už následují jednotlivé topné hady do místností. V PŘÍLOZE P VI je výkres suterénu, v PŘÍLOZE P VII je výkres půdorysu s jednotlivými okruhy podlahového topení.

Výpis materiálu:1. PRVKY REHAU

• Systémová deska REHAU vario 0,8 x 1,2 m	90 ks
• Topná trubka RAUTHERM S 17 x 2 mm	640 m
• Fitinka + násuvná objímka	16 ks
• Rozdělovač / sběrač REHAU HKV 8	1 ks
• Skříň na rozdělovač REHAU UP – 4	1 ks
• Regulace RAUMATIC C1	8 ks
• Okrajová izolační páska	120 m
• Plastifikátor mini s umělými vlákny 25 kg	2 bal
• Tepelná a kročejová izolace PSTK 94 mm 1 x 0,5	170 ks

- Betonová mazanina
- Maltové lože
- Chránička potrubí
- Krycí fólie
- Připojovací šroubení
- Dlažba

2. ARMATURY

- | | | |
|--------------------------------------|-------|------|
| • Kulový kohout GIACOMINI R250 DN 35 | | 4 ks |
| • Kulový kohout vypouštěcí | DN 35 | 1 ks |
| • Filtr GIACOMINI R74A | DN 35 | 2 ks |
| • Trojcestný ventil GIACOMINI | DN 35 | 1 ks |
| • Koleno R561 | DN 35 | 4 ks |

3. POTRUBÍ – měděné SUPERSAN

DN 35 5 m

4. IZOLACE – MIRELON tl. 20 mm

DN 35 3 m

5. UPEVNĚVACÍ PRVKY POTRUBÍ MÜPRO

- | | | |
|----------------------------------|-------|------|
| • Prodlužování hmoždinky s táhly | | 2 ks |
| • Objímka | DN 35 | 4 ks |

Jednotlivé ceny výše uvedených položek jsou v PŘÍLOZE P VIII. Celková cena materiálu je tedy 116 987 Kč bez DPH.

11 VÝPOČET SPOTŘEBY PALIVA, DOBA PROVOZU KOTLE

11.1 Výpočet spotřeby paliva

Pro názornost úspory paliva u podlahového topení oproti topení otopnými tělesy, jsem pro firemní prostory Ing. Buchty kde používá otopná tělesa, vypočítal spotřebu paliva (PŘÍLOHA P IX). Dodám jen, že topí zemním plynem, všechny hodnoty a vzorce jsou v kapitole 6.

Vypočítal jsem, že spotřeba paliva při otopných tělesech činí 5 345 kg/rok. Vezmeme-li v potaz, že jsem zjistil, že teplota v místnosti se u podlahového topení ustálí o 15 minut dříve, tím pádem je kotel zapnut o 15 minut méně, ušetří se přibližně 11 % doby provozu kotle. Tím pádem kotel spotřebuje o 11 % méně paliva. Kdyby se tedy ve firemních prostorech Ing. Buchty topilo podlahovým topením, klesla by spotřeba paliva na přibližně 4 757 kg/rok.

11.2 Doba provozu kotle

Vycházím z projekčních pokladů plynových kotlů, které uvádí, že průměrná doba provozu kotle pro objekt o tepelné ztrátě 15 kW je 9,5 hod. za den.

11.2.1 Doba provozu „ D_{ot} “ pro systém s otopnými tělesy

$$D_{ot} = 365 \cdot 9,5 = \underline{3\,467 \text{ hod / rok}}$$

11.2.2 Doba provozu „ D_{pt} “ pro systém podlahového topení

Ve výše uvedených kapitolách jsem dospěl k výsledku, že kotel ušetří při podlahovém topení přibližně 11 % doby provozu. Přičteme-li další 4 % získané možností snížit požadovanou teplotu v místnosti, dostaneme se na 15 %.

$$D_{pt} = 365 \cdot 9,5 \cdot 0,85 = \underline{2\,947 \text{ hod / rok}}$$

11.2.3 Úspora doby provozu

$$D_{ot} - D_{pt} = 3\,467 - 2\,947 = \underline{\underline{520 \text{ hod / rok}}}$$

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo posoudit, který ze dvou systémů vytápění je vhodnější, jestli systém s otopnými tělesy nebo s podlahovým topením. S vedoucím bakalářské práce jsme se shodli na základních kritériích, kterými jsem se zabýval.

Prvním kritériem byla doba zátoku systému, jeho ustálení teploty a dosažení požadované teploty v místnosti. Z měření jsem došel k výsledku, že systém s otopnými tělesy je dříve ustálený teplotně (přibližně o 15 minut), ale teplota v místnosti byla dříve dosažena u podlahového topení. Znamená to, že v době, kdy teplota na otopném tělese byla maximální, kotel stále topil, protože nebyla dosažena teplota 20 °C v místnosti. Oproti tomu podlahové topení už bylo v té době zastaveno od přívodu teplé vody, kotel byl vypnut, protože teplota v místnosti byla splněna, dokonce dosahovala hodnoty 22 °C. Kotel tedy pracoval o 11 % času méně a výhodnější se v tomto ohledu zdá podlahové topení. A mohl by pracovat ještě úsporněji, protože teplota teplé vody byla nastavena u obou systémů na 50 °C a u podlahového topení jsme dosáhli vyšší teploty. Tím pádem nám stačí u podlahového topení nastavit i nižší teplotu a kotel opět šetří další až 4 % paliva.

Druhým kritériem byl tzv. teplotní profil v místnosti. V kapitolách 9.1 a 9.2 jsou naměřené a sestrojené teplotní profily. Svým průběhem a rozložením teplot v místnosti se k optimálnímu profilu (Obr. 19) mnohem více přiblížil profil podlahového topení, ale jak jsem již zmiňoval, každá osoba si svůj teplotní komfort v místnosti představuje jinak a ne každému ideální profil musí vyhovovat.

Dalším pozorovaným parametrem byly pořizovací ceny materiálů. V technické praxi je obecně známo, že materiál pro podlahové systémy je dražší. Dokázala to i moje cenová nabídka. Systém s otopnými tělesy by vyšel na cca 72 000 Kč bez DPH, oproti tomu systém o stejném výkonu ale s podlahovým topením by vyšel na cca 117 000 Kč bez DPH. Rozdíl je to poměrně veliký, pokud by hlavním kritériem při výběru měla být právě cena.

Posledním kritériem je spotřeba paliva. Při dnešní ceně plynu jsou u systému s otopnými tělesy náklady kolem 30 000 Kč bez DPH ročně, kdežto u podlahového, sečteme-li všechny výhody, je tato suma cca 25 000 Kč bez DPH. Roční úspora je asi 5 000 Kč bez DPH. Z tohoto hlediska vyplývá, že pořizovací náklady na podlahové topení se vrátí maximálně do devíti let a provoz kotle za 1 rok u podlahového topení je o 520 hodin menší než u otopných těles.

System s podlahovým topením má i další výhody. Vysoký teplotní komfort, energetickou úsporu a výhodu pro životní prostředí jsem zdůvodnil, ale např. je systém výhodný pro alergiky. Na běžných otopných tělesech se mezi žebry usazuje prach a pro alergika je to určitě nepříjemná záležitost. Výhodou je, že při návrhu projektu stavební části, nemusím brát takový ohled na uspořádání místností. Další velkou výhodou je možnost použití v místech, kde by otopná nebyla vhodná do interiéru, nebo kde by mohla být zdraví škodlivá. Jsou to např. školky, tělocvičny, kde hrozí úraz, nebo kostely, kde umístění otopného tělesa je nevhodné.

Vhodnější systém je tedy podlahové topení. Přesto projektanti často volí variantu, dnes často používanou, a to kombinaci těchto dvou systémů. Hlavně z důvodu, že v dnešních novostavbách se volí velké místnosti, většinou kuchyně společná s jídelnou nebo i s obývací místností. V těchto velkých místnostech se nedoporučuje volit podlahové topení. Délka hadu je značná a tomu odpovídá i cena. Podlahové topení se doporučuje např. v koupelně, WC, vstupní předsíni, samostatné kuchyni nebo popřípadě ve velkých místnostech, ale jen v místech pohybu.

V PŘÍLOZE P X je přiložena menší fotogalerie laboratoří Střední průmyslové školy stavební ve Valašském Meziříčí, kde jsem prováděl měření.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠTĚCHOVSKÝ J.: *Vytápění pro 3. a 4. ročník SPŠ stavebních*, SNTL PRAHA, 1990, ISBN 80-03-00319-9
- [2] BROŽ K.: *Vytápění*, ČVUT PRAHA, 2006, ISBN 80-01-02536-5
- [3] CIHLÁŘ J., GEBAUER G., POČINKOVÁ M.: *Technická zařízení budov*, VUT BRNO, 1998, ISBN 80-214-1142-2

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

OT	otopné těleso
obr.	Obrázek
tab.	Tabulka
tj.	to je
tzv.	tak zvané
konst.	Konstanta
např.	Například
DN	jmenovitý průměr
tl.	Tloušťka
DPH	daň z přidané hodnoty
Kč	korun českých
podl.	Podlahové
bal	Balení

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Ruská kachlová kamna se šesti tahy	12
Obr. 2. Prostup tepla stěnou	20
Obr. 3. Rychlostní profil při laminárním (L) a turbulentním (T) proudění v potrubí	22
Obr. 4. Člákové otopné těleso	26
Obr. 5. Deskové otopné těleso	27
Obr. 6. Trubková otopná tělesa	28
Obr. 7. Struktura vícevrstvé trubky	29
Obr. 8. Expanzní nádoba s membránou	32
Obr. 9. Ukázka plynového kotle	34
Obr. 10. Řez podlahové konstrukce	37
Obr. 11. Kari síť s přichytkami	39
Obr. 12. Způsoby pokládání otopných hadů	39
Obr. 13. Měřicí přístroj Pyrometr AMIR 7811	44
Obr. 14. THERM 2287-8	45
Obr. 15. Rozložení měřících míst na otopném tělese KORADO	46
Obr. 16. Systémová deska vario	48
Obr. 17. Rozložení čidel v podlaze	49
Obr. 18. Zařízení k odečítání teplot na jednotlivých čidlech	49
Obr. 19. Ideální teplotní profil v místnosti	53
Obr. 20. Teplotní profil v místnosti vytápěné OT	54
Obr. 21. Teplotní profil v místnosti vytápěné podl. topením	56
Obr. 22. Otopné těleso s rozdělovačem	80
Obr. 23. Rozdělovač a sběrač REHAU	80
Obr. 24. Stěnové vytápění REHAU	80
Obr. 25. Ukázka položeného otop. hadu	81
Obr. 26. Pokládka betonové mazaniny	81
Obr. 27. Ukázka systému s OT	81
Obr. 28. Měření teploty povrchu OT	82
Obr. 29. Měření teploty na dlažbě	82
Obr. 30. Odečítání teploty čidel v podlahové konstrukci	82

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Povrchové teploty na otopném tělese	47
Tab. 2. Teploty na čidlech u podlahového topení	50
Tab. 3. Teploty na podlaze u podlahového topení	51
Tab. 4. Tabulka naměřených teplot na dlažbě, koberci a linoleu.....	52
Tab. 5. Průměrné hodnoty teplot v místnosti vytápěné otopným tělesem	54
Tab. 6. Průměrné hodnoty teplot v místnosti vytápěné podlahovým topením.....	55

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: NAMĚŘENÉ TEPLoty U OTOPNÉHO TĚLESA.....	69
PŘÍLOHA P II: NAMĚŘENÉ TEPLoty U PODLAHOVÉHO TOPENÍ	71
PŘÍLOHA P III: VÝKRES SUTERÉNU S DETAILEM KOTELNY	73
PŘÍLOHA P IV: VÝKRES PŮDORYSU	74
PŘÍLOHA P V: CENÍK PRO SYSTÉM S OTOPNÝM TĚLESEM	75
PŘÍLOHA P VI: VÝKRES SUTERÉNU S DETAILEM KOTELNY.....	76
PŘÍLOHA P VII: VÝKRES PŮDORYSU	77
PŘÍLOHA P VIII: CENÍK PRO SYSTÉM S PODL. TOPENÍM	78
PŘÍLOHA P IX: SPOTŘEBA PALIVA	79
PŘÍLOHA P X: FOTOGALERIE.....	80

PŘÍLOHA P I: NAMĚŘENÉ TEPLoty U OTOPNÉHO TĚLESA

0 m					0,1 m					0,2 m					0,3 m				
17,0	16,9	16,9	17,0	16,9	16,5	16,6	16,5	16,4	16,5	16,5	16,3	16,4	16,5	16,3	16,6	16,5	16,5	16,6	16,5
16,9	17,0	17,0	17,1	17,0	16,5	16,4	16,6	16,5	16,4	16,5	16,4	16,5	16,4	16,5	16,6	16,5	16,5	16,6	16,5
17,0	17,1	17,0	17,0	17,0	16,4	16,5	16,5	16,6	16,5	16,4	16,4	16,5	16,3	16,5	16,7	16,7	16,5	16,7	16,7
17,0	16,9	17,1	16,9	17,1	16,5	16,4	16,4	16,5	16,4	16,4	16,3	16,3	16,3	16,4	16,5	16,7	16,6	16,7	16,7
16,9	17,0	17,0	17,0	17,1	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,4	16,5	16,5	16,4	16,3	16,5	16,6	16,6	16,7	16,5
16,9	17,1	17,1	17,1	16,9	16,6	16,5	16,5	16,4	16,5	16,5	16,4	16,5	16,3	16,5	16,6	16,5	16,6	16,5	16,5
17,1	17,0	17,0	16,9	16,9	16,5	16,6	16,4	16,5	16,6	16,3	16,5	16,5	16,5	16,4	16,6	16,5	16,6	16,5	16,6
17,0	17,1	16,9	16,9	17,0	16,4	16,4	16,3	16,4	16,5	16,5	16,3	16,3	15,5	16,5	16,6	16,6	16,7	16,5	16,6
17,1	16,9	16,9	17,0	17,1	16,6	16,5	16,5	16,5	16,4	16,3	16,4	16,4	15,4	16,5	16,5	16,5	16,7	16,5	16,6
17,0	16,9	17,0	17,1	17,0	16,5	16,6	16,6	16,6	16,5	16,4	16,3	16,4	15,3	16,3	16,5	16,7	16,5	16,6	16,6
17,0					16,5					16,4					16,6				
17,0 °C					16,5 °C					16,4 °C					16,6 °C				
0,4 m					0,5 m					0,6 m					0,7 m				
16,9	17,0	16,9	17,0	16,8	17,2	17,3	17,2	17,3	17,1	17,5	17,6	17,5	17,4	17,4	17,8	17,7	17,7	17,7	17,8
16,8	16,9	16,9	16,9	16,8	17,2	17,2	17,2	17,2	17,1	17,6	17,5	17,6	17,6	17,4	17,9	17,8	17,8	17,8	17,8
16,9	16,9	16,8	16,9	16,8	17,3	17,3	17,3	17,1	17,2	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,7	17,7	17,8	17,8	17,9
17,0	17,0	16,8	16,8	16,9	17,1	17,2	17,1	17,1	17,2	17,5	17,4	17,5	17,6	17,5	17,8	17,9	17,8	17,7	17,7
17,0	16,8	16,9	16,9	16,9	17,2	17,3	17,2	17,1	17,2	17,5	17,5	17,6	17,5	17,6	17,8	17,9	17,8	17,9	17,9
17,0	16,9	16,9	16,9	17,0	17,3	17,2	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,4	17,5	17,5	17,8	17,8	17,9	17,9	17,8
17,0	17,0	17,0	17,0	16,9	17,2	17,1	17,1	17,2	17,1	17,6	17,4	17,5	17,4	17,6	17,9	17,9	17,8	17,9	17,7
16,9	16,9	17,0	16,8	16,9	17,2	17,2	17,2	17,3	17,3	17,4	17,6	17,6	17,4	17,5	17,7	17,8	17,9	17,8	17,8
16,8	16,9	16,9	16,9	17,0	17,1	17,3	17,3	17,1	17,3	17,6	17,5	17,5	17,6	17,4	17,8	17,9	17,9	17,7	17,9
16,8	16,8	17,0	17,0	16,8	17,1	17,2	17,3	17,2	17,2	17,5	17,4	17,5	17,4	17,6	17,9	17,9	17,7	17,8	17,8
16,9					17,2					17,5					17,8				
16,9 °C					17,2 °C					17,5 °C					17,8 °C				
0,8 m					0,9 m					1,0 m					1,1 m				
18,1	18,0	18,1	18,0	18,1	18,4	18,4	18,3	18,3	18,4	18,6	18,8	18,6	18,6	18,6	19,0	18,9	19,0	19,1	18,9
18,1	18,0	18,1	18,1	18,2	18,5	18,5	18,4	18,5	18,4	18,6	18,7	18,6	18,6	18,7	19,0	18,9	19,1	19,1	18,9
18,0	18,1	18,2	18,2	18,2	18,3	18,3	18,5	18,5	18,3	18,7	18,7	18,6	18,7	18,8	19,1	19,0	19,0	19,0	19,0
18,0	18,2	18,1	18,0	18,1	18,3	18,3	18,5	18,4	18,3	18,7	18,7	18,8	18,8	18,8	19,0	19,1	18,9	19,0	19,1
18,1	18,1	18,2	18,1	18,0	18,5	18,5	18,3	18,3	18,5	18,8	18,8	18,6	18,7	18,7	18,9	19,0	19,1	18,9	19,1
18,2	18,0	18,2	18,2	18,0	18,4	18,4	18,3	18,4	18,5	18,8	18,6	18,7	18,8	18,7	18,9	18,9	19,0	18,9	19,0
18,2	18,2	18,0	18,1	18,2	18,3	18,4	18,4	18,4	18,4	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	19,0	18,9	19,1	19,0	19,0
18,0	18,1	18,1	18,0	18,1	18,5	18,3	18,4	18,3	18,5	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	19,1	18,9	18,9	18,9	18,9
18,1	18,2	18,1	18,0	18,2	18,3	18,5	18,5	18,4	18,4	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	19,1	19,0	18,9	19,0	18,9
18,2	18,1	18,2	18,2	18,0	18,4	18,4	18,3	18,4	18,3	18,6	18,7	18,7	18,6	18,7	18,9	19,1	19,0	19,1	19,0
18,1					18,4					18,7					19,0				
18,1 °C					18,4 °C					18,7 °C					19,0 °C				
1,2 m					1,3 m					1,4 m					1,5 m				
19,3	19,4	19,4	19,3	19,1	19,5	19,7	19,6	19,7	19,5	19,9	19,8	19,9	19,9	19,9	20,1	20,1	20,2	20,2	20,2
19,4	19,3	19,2	19,3	19,2	19,7	19,5	19,6	19,5	19,6	19,9	19,8	19,8	19,8	19,8	20,2	20,2	20,2	20,1	20,2
19,2	19,3	19,4	19,3	19,1	19,5	19,7	19,5	19,6	19,5	19,8	19,9	19,9	19,9	19,8	20,3	20,2	20,2	20,2	20,2
19,4	19,4	19,3	19,4	19,3	19,6	19,6	19,6	19,6	19,7	19,9	20,0	19,9	20,0	19,9	20,3	20,2	20,3	20,3	20,1
19,3	19,2	19,4	19,2	19,2	19,5	19,6	19,7	19,7	19,6	20,0	19,9	19,8	19,8	20,0	20,2	20,1	20,1	20,3	20,1
19,4	19,4	19,3	19,4	19,3	19,6	19,6	19,7	19,5	19,5	19,8	19,9	20,0	20,0	20,0	20,2	20,3	20,3	20,2	20,3
19,2	19,2	19,2	19,5	19,1	19,7	19,5	19,5	19,5	19,7	20,0	20,0	19,9	19,9	19,9	20,2	20,3	20,3	20,2	20,3
19,4	19,4	19,3	19,3	19,3	19,7	19,7	19,6	19,6	19,6	19,8	20,0	20,0	19,8	19,9	20,1	20,3	20,1	20,2	20,2
19,2	19,3	19,4	19,4	19,2	19,6	19,5	19,5	19,7	19,5	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	20,3	20,1	20,1	20,1	20,2
19,3	19,2	19,3	19,3	19,1	19,5	19,6	19,6	19,6	19,7	20,0	19,8	19,8	20,0	19,8	20,3	20,2	20,3	20,1	20,1
19,3					19,6					19,9					20,2				
19,3 °C					19,6 °C					19,9 °C					20,2 °C				

1,6 m					1,7 m					1,8 m					1,9 m				
20,4	20,4	20,5	20,4	20,4	20,7	20,7	20,8	20,8	20,8	21,0	21,0	21,1	21,2	21,0	21,5	21,3	21,4	21,3	21,4
20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,8	20,8	20,7	20,7	20,7	21,1	21,2	21,1	21,2	21,0	21,3	21,4	21,5	21,4	21,4
20,6	20,6	20,6	20,4	20,4	20,9	20,8	20,9	20,9	20,9	21,0	21,2	21,2	21,1	21,0	21,5	21,5	21,5	21,5	21,4
20,6	20,4	20,4	20,4	20,5	20,8	20,9	20,9	20,8	20,8	21,2	21,2	21,0	21,1	21,1	21,4	21,5	21,4	21,4	21,4
20,5	20,4	20,4	20,6	20,6	20,8	20,7	20,8	20,8	20,7	21,0	21,1	21,0	21,1	21,1	21,5	21,4	21,4	21,4	21,3
20,5	20,5	20,6	20,5	20,5	20,8	20,8	20,8	20,7	20,8	21,0	21,1	21,0	21,0	21,1	21,3	21,3	21,4	21,3	21,5
20,4	20,5	20,6	20,5	20,6	20,9	20,9	20,8	20,8	20,9	21,2	21,0	21,2	21,1	21,1	21,5	21,3	21,3	21,5	21,5
20,4	20,6	20,5	20,5	20,4	20,7	20,7	20,8	20,9	20,7	21,1	21,1	21,1	21,1	21,2	21,4	21,5	21,3	21,5	21,5
20,6	20,5	20,5	20,5	20,5	20,7	20,8	20,7	20,8	20,8	21,1	21,1	21,1	21,2	21,0	21,4	21,5	21,5	21,4	21,3
20,5	20,5	20,5	20,6	20,6	20,9	20,9	20,7	20,7	20,8	21,0	21,0	21,2	21,0	21,2	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4
20,5					20,8					21,1					21,4				
20,5 °C					20,8 °C					21,1 °C					21,4 °C				

2,0 m					2,1 m					2,2 m					2,3 m				
21,6	21,6	21,8	21,6	21,7	21,9	21,9	22,0	22,1	22,1	22,3	22,2	22,4	22,4	22,3	22,5	22,6	22,4	22,4	22,6
21,7	21,7	21,8	21,8	21,6	22,0	21,9	22,1	22,1	22,1	22,4	22,3	22,3	22,4	22,3	22,5	22,6	22,5	22,5	22,5
21,6	21,8	21,7	21,7	21,7	22,1	22,0	22,1	21,9	22,0	22,2	22,3	22,3	22,2	22,2	22,4	22,5	22,6	22,4	22,4
21,8	21,6	21,7	21,7	21,7	22,1	22,0	21,9	21,9	22,0	22,3	22,3	22,3	22,2	22,4	22,6	22,5	22,5	22,4	22,4
21,7	21,8	21,6	21,7	21,8	22,1	22,1	21,9	22,0	21,9	22,3	22,4	22,2	22,2	22,2	22,6	22,4	22,4	22,6	22,5
21,7	21,7	21,6	21,6	21,6	21,9	22,1	22,0	22,1	21,9	22,4	22,2	22,2	22,3	22,3	22,5	22,5	22,4	22,5	22,5
21,6	21,7	21,7	21,8	21,8	21,9	22,1	22,1	22,0	22,0	22,2	22,3	22,4	22,3	22,3	22,5	22,5	22,5	22,4	22,6
21,8	21,7	21,8	21,6	21,7	22,0	22,0	21,9	22,1	22,0	22,3	22,4	22,2	22,4	22,4	22,6	22,6	22,5	22,4	22,5
21,7	21,6	21,6	21,7	21,7	22,1	22,0	21,9	21,9	22,1	22,4	22,3	22,4	22,3	22,4	22,4	22,4	22,5	22,5	22,6
21,6	21,7	21,8	21,8	21,6	22,1	21,9	22,0	21,9	22,1	22,2	22,4	22,3	22,2	22,3	22,6	22,5	22,6	22,6	22,5
21,7					22,0					22,3					22,5				
21,7 °C					22,0 °C					22,3 °C					22,5 °C				

2,4 m					2,5 m					2,6 m					2,7 m				
22,4	22,3	22,4	22,5	22,5	22,3	22,4	22,2	23,4	22,3	22,0	22,1	21,9	22,1	22,0	21,6	21,7	21,6	21,8	21,6
22,4	22,5	22,5	22,3	22,4	22,2	22,4	22,3	22,2	22,3	22,1	22,0	22,1	22,1	22,1	21,8	21,7	21,8	21,8	21,8
22,3	22,4	22,5	22,5	22,3	22,2	22,3	22,2	22,3	22,4	22,0	21,9	22,0	21,9	22,1	21,7	21,8	21,6	21,6	21,7
22,5	22,5	22,3	22,4	22,3	22,3	22,3	22,4	22,2	22,3	21,9	22,0	22,1	22,0	21,9	21,6	21,6	21,7	21,7	21,7
22,3	22,5	22,3	22,4	22,4	22,4	22,3	22,4	22,4	22,2	22,0	22,1	21,9	22,0	21,9	21,7	21,8	21,6	21,8	21,7
22,5	22,3	22,4	22,3	22,4	22,3	22,2	22,3	22,3	22,4	22,1	21,9	21,9	22,1	22,0	21,6	21,7	21,7	21,6	21,6
22,3	22,3	22,4	22,4	22,5	22,4	22,3	22,2	22,4	22,2	21,9	22,1	22,0	22,1	22,0	21,7	21,6	21,8	21,6	21,8
22,5	22,4	22,5	22,4	22,4	22,2	22,2	22,2	22,3	22,4	21,9	22,1	22,1	21,9	22,1	21,6	21,8	21,6	21,8	21,6
22,4	22,4	22,3	22,5	22,3	22,3	22,3	22,4	22,3	22,3	22,0	21,9	22,0	21,9	21,9	21,8	21,7	21,8	21,7	21,6
22,3	22,4	22,4	22,3	22,5	22,4	22,4	22,2	22,3	22,3	22,1	22,0	21,9	22,0	21,9	21,7	21,6	21,7	21,6	21,7
22,4					22,3					22,0					21,7				
22,4 °C					22,3 °C					22,0 °C					21,7 °C				

PŘÍLOHA P II: NAMĚŘENÉ TEPLoty U PODLAHOVÉHO TOPENÍ

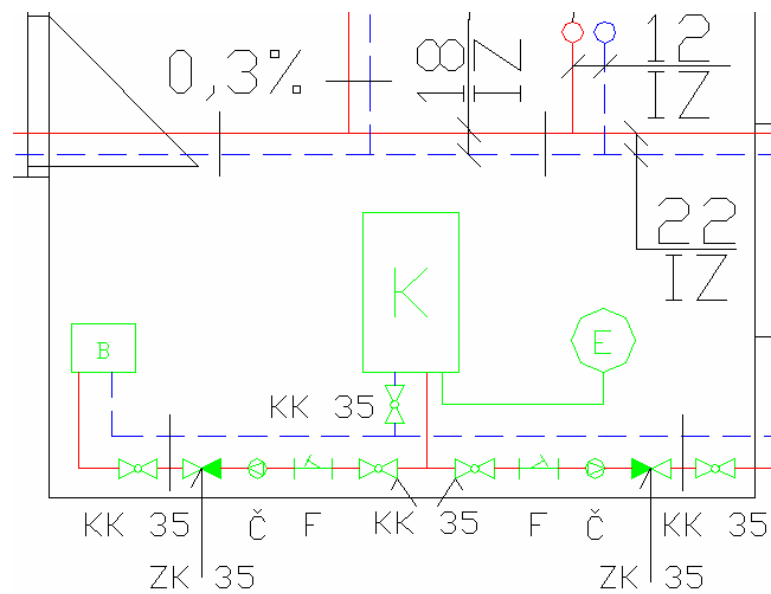
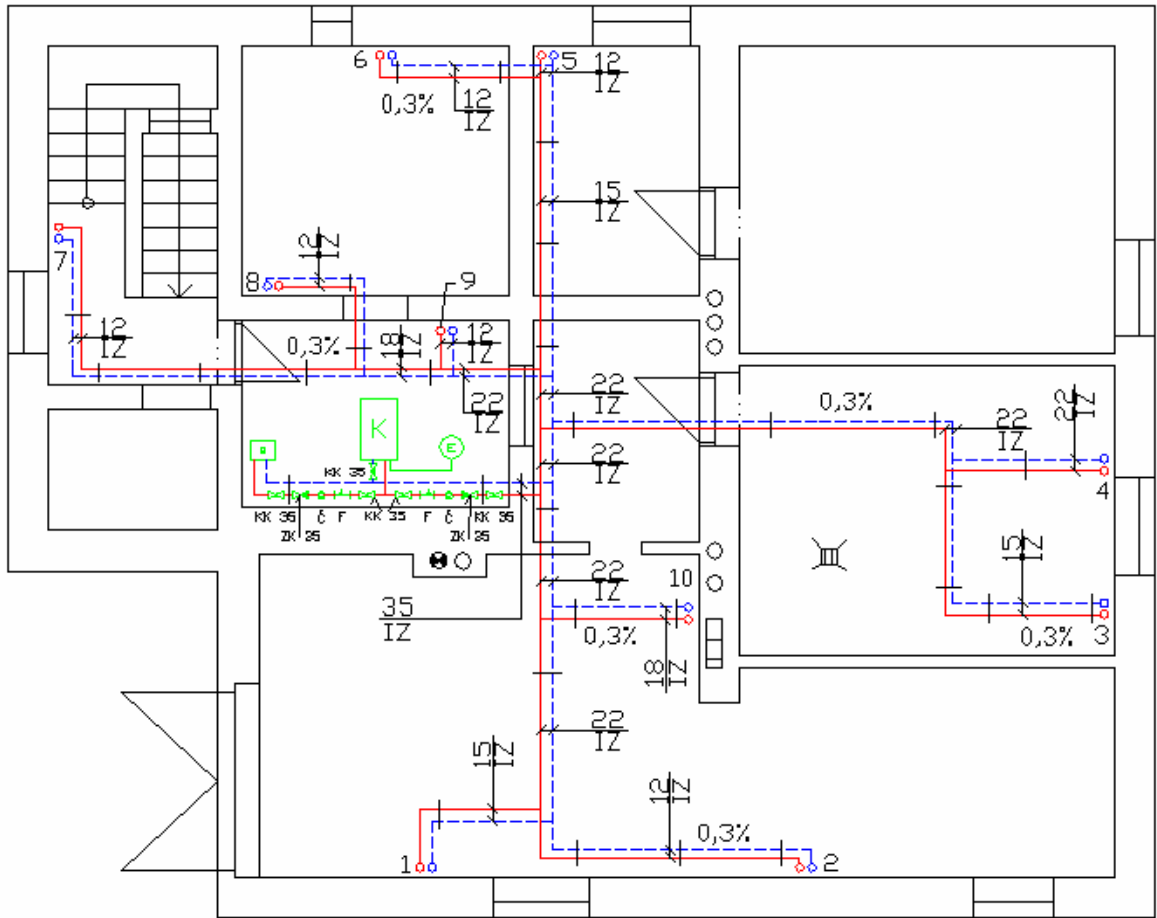
0 m					0,1 m					0,2 m					0,3 m				
24,3	24,1	24,1	24,2	24,2	23,0	22,8	23,0	23,0	23,1	22,5	22,7	22,5	22,5	22,6	21,7	21,8	21,9	21,8	21,9
24,1	24,1	24,1	24,2	24,1	22,8	22,9	23,0	23,2	22,9	22,4	22,6	22,5	22,4	22,5	21,8	21,9	21,9	21,8	21,8
24,2	24,2	24,2	24,1	24,2	22,9	23,2	23,1	23,2	23,0	22,6	22,6	22,6	22,4	22,6	21,9	21,8	21,8	21,9	21,7
24,1	24,1	24,3	24,2	24,2	23,2	23,0	23,1	23,1	23,2	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	21,9	21,8	21,8	21,7	21,8
24,1	24,2	24,0	24,1	24,1	23,3	23,0	23,2	23,0	23,1	22,5	22,6	22,4	22,5	22,4	21,8	21,7	21,8	21,7	21,9
24,2	24,2	24,3	24,3	24,1	23,0	23,1	22,9	22,9	23,2	22,6	22,5	22,4	22,5	22,5	21,8	21,9	21,7	21,8	21,8
24,2	24,3	24,1	24,0	24,3	23,1	23,0	23,2	22,8	23,1	22,4	22,5	22,5	22,5	22,5	21,8	21,7	21,7	21,8	21,7
24,2	24,2	24,1	24,2	24,2	23,2	23,2	22,8	23,0	23,0	22,4	22,6	22,5	22,6	22,5	21,7	21,8	21,7	21,8	21,9
24,1	24,2	24,1	24,1	24,1	23,1	23,1	23,0	23,1	23,0	22,6	22,6	22,5	22,5	22,4	21,9	21,8	21,8	21,8	21,8
24,2	24,1	24,2	24,2	24,0	23,1	23,2	23,1	23,2	23,0	22,5	22,6	22,5	22,5	22,4	21,8	21,7	21,8	21,9	21,9
24,2					23,1					22,5					21,8				
24,2 °C					23,1 °C					22,5 °C					21,8 °C				
0,4 m					0,5 m					0,6 m					0,7 m				
21,0	21,0	21,2	21,0	21,0	20,5	20,5	20,5	20,5	20,4	20,4	20,3	20,2	20,3	20,3	20,1	20,0	20,1	20,0	20,0
21,1	20,9	21,0	21,1	21,1	20,5	20,4	20,5	20,6	20,5	20,2	20,4	20,2	20,3	20,4	20,0	20,1	20,1	20,0	20,0
21,0	21,0	21,1	21,2	21,0	20,4	20,5	20,4	20,6	20,6	20,3	20,4	20,3	20,4	20,3	20,1	20,2	20,2	19,9	20,1
21,1	21,2	21,2	21,0	21,1	20,6	20,6	20,7	20,5	20,7	20,4	20,5	20,3	20,4	20,4	20,1	20,1	20,0	20,0	20,2
21,1	21,1	21,1	20,9	21,0	20,5	20,5	20,8	20,7	20,6	20,3	20,4	20,4	20,3	20,2	20,0	20,1	20,2	20,0	20,1
21,2	21,0	20,9	20,9	21,1	20,5	20,5	20,3	20,6	20,5	20,4	20,4	20,3	20,3	20,3	20,1	20,1	20,2	20,1	20,1
21,0	20,9	21,1	21,0	21,0	20,4	20,4	20,5	20,5	20,5	20,3	20,3	20,3	20,4	20,3	20,0	20,0	20,1	20,1	20,0
21,1	21,1	21,0	21,0	21,1	20,6	20,6	20,6	20,6	20,5	20,4	20,3	20,2	20,3	20,4	20,1	20,0	20,1	20,2	19,9
21,2	21,2	20,9	21,1	20,9	20,5	20,5	20,4	20,6	20,6	20,3	20,3	20,3	20,2	20,2	20,0	20,0	20,1	19,9	20,0
21,1	21,0	21,0	21,2	21,0	20,5	20,4	20,5	20,5	20,6	20,5	20,3	20,2	20,3	20,4	19,9	20,1	20,0	20,1	20,1
21,1					20,5					20,3					20,1				
21,1 °C					20,5 °C					20,3 °C					20,1 °C				
0,8 m					0,9 m					1,0 m					1,1 m				
20,1	19,9	20,0	20,0	20,1	20,0	20,0	20,1	19,9	19,9	20,0	19,9	19,9	19,9	20,1	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9
20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,0	20,0	20,2	20,0	19,9	20,0	20,0	20,0	19,9	19,9	19,9	19,9	20,0	19,9
20,0	20,0	19,9	20,0	20,1	20,0	20,1	20,0	20,0	20,1	20,0	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	20,0	19,9	19,9
20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,1	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,1	20,0	20,0	20,0	19,9	19,8	19,9	19,0	19,9
20,0	20,1	20,0	20,0	20,0	20,0	19,9	20,1	20,1	20,0	19,9	20,0	19,9	20,0	19,9	19,8	20,0	20,0	19,9	19,9
20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,0	20,0	20,1	20,1	20,1	20,0	19,9	20,0	19,9	20,1	19,9	19,9	19,9	19,8	19,9
20,0	20,0	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,0	20,0	19,9	20,0	20,0	19,9	20,0	19,9	19,8	19,9	19,9	19,9	20,0
20,1	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,9	20,0	20,0	19,9	19,9	20,0	20,0	20,0	19,9	20,0	19,9	19,9	19,9
20,0	20,0	20,1	20,0	20,1	20,1	19,9	20,0	20,1	20,1	20,0	19,9	20,0	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	19,9	19,9
20,1	20,1	19,9	19,9	20,0	20,0	20,2	20,1	19,9	20,0	19,9	20,0	19,9	19,9	19,9	19,8	19,8	19,9	19,9	19,8
20,0					20,0					20,0					19,9				
20,0 °C					20,0 °C					20,0 °C					19,9 °C				
1,2 m					1,3 m					1,4 m					1,5 m				
19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	19,8	19,8	19,7	19,7	19,7	19,8	19,7
19,9	19,9	19,8	19,9	19,8	19,9	19,9	19,8	19,9	19,8	19,8	19,8	19,9	19,9	19,9	19,7	19,9	19,7	19,7	19,8
20,0	19,9	19,9	19,9	20,0	19,8	19,9	19,9	20,0	19,8	19,8	19,9	19,9	19,9	20,0	19,8	19,7	19,8	19,8	19,8
19,8	19,8	20,0	19,8	19,9	19,8	19,8	20,0	19,8	19,9	19,9	20,0	19,8	19,8	19,9	19,8	19,8	19,9	19,8	19,7
19,9	20,0	19,9	20,0	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	19,9	19,9	19,9	19,8	19,9	19,9	19,9	19,7	19,8	19,8	19,8
19,8	19,9	20,0	19,9	20,0	19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	19,8	19,9	19,9	19,8	19,8	19,7	19,9	19,7	19,7	19,7
19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	19,8	19,9	19,9	19,9	19,8	19,8	19,8	19,9	19,9	19,8	19,8	19,9	19,8	19,7	19,8
20,0	20,0	19,8	19,8	19,8	19,9	19,8	19,8	19,8	19,9	20,0	19,8	19,8	19,8	19,9	19,7	19,8	19,7	19,8	19,7
19,9	19,9	20,0	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	19,7	19,7	19,8	19,8
19,8	19,8	19,9	20,0	19,8	19,8	19,8	19,9	19,7	19,8	19,8	19,8	19,9	19,7	19,8	19,8	19,8	19,7	19,7	19,7
19,9					19,9					19,9					19,8				
19,9 °C					19,9 °C					19,9 °C					19,8 °C				

1,6 m					1,7 m					1,8 m					1,9 m				
19,7	19,6	19,8	19,9	19,8	19,6	19,7	19,6	19,6	19,7	19,8	19,8	19,6	19,7	19,7	19,5	19,4	19,4	19,4	19,4
19,8	19,9	19,8	19,7	19,7	19,6	19,6	19,6	19,7	19,6	19,8	19,7	19,7	19,6	19,8	19,5	19,5	19,4	19,5	19,5
19,7	19,7	19,7	19,6	19,9	19,6	19,6	19,8	19,6	19,6	19,6	19,7	19,7	19,8	19,7	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5
19,8	19,7	19,7	19,6	19,9	19,5	19,8	19,7	19,7	19,8	19,7	19,6	19,8	19,7	19,8	19,5	19,4	19,6	19,5	19,6
19,7	19,7	19,7	19,7	19,8	19,7	19,7	19,8	19,6	19,6	19,8	19,7	19,7	19,8	19,7	19,6	19,6	19,6	19,6	19,4
19,6	19,8	19,8	19,9	19,7	19,6	19,5	19,6	19,6	19,8	19,7	19,8	19,7	19,7	19,6	19,5	19,6	19,5	19,6	19,5
19,7	19,7	19,6	19,7	19,7	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,7	19,7	19,7	19,8	19,4	19,5	19,6	19,5	19,5
19,6	19,7	19,7	19,9	19,8	19,6	19,5	19,6	19,8	19,6	19,8	19,7	19,6	19,6	19,6	19,5	19,6	19,5	19,5	19,6
19,8	19,8	19,9	19,8	19,7	19,7	19,6	19,8	19,6	19,8	19,8	19,6	19,8	19,8	19,7	19,5	19,5	19,4	19,5	19,4
19,7	19,8	19,9	19,7	19,9	19,7	19,6	19,6	19,8	19,8	19,6	19,7	19,8	19,7	19,7	19,4	19,5	19,4	19,4	19,5
19,8					19,7					19,7					19,5				
19,8 °C					19,7 °C					19,7 °C					19,5 °C				

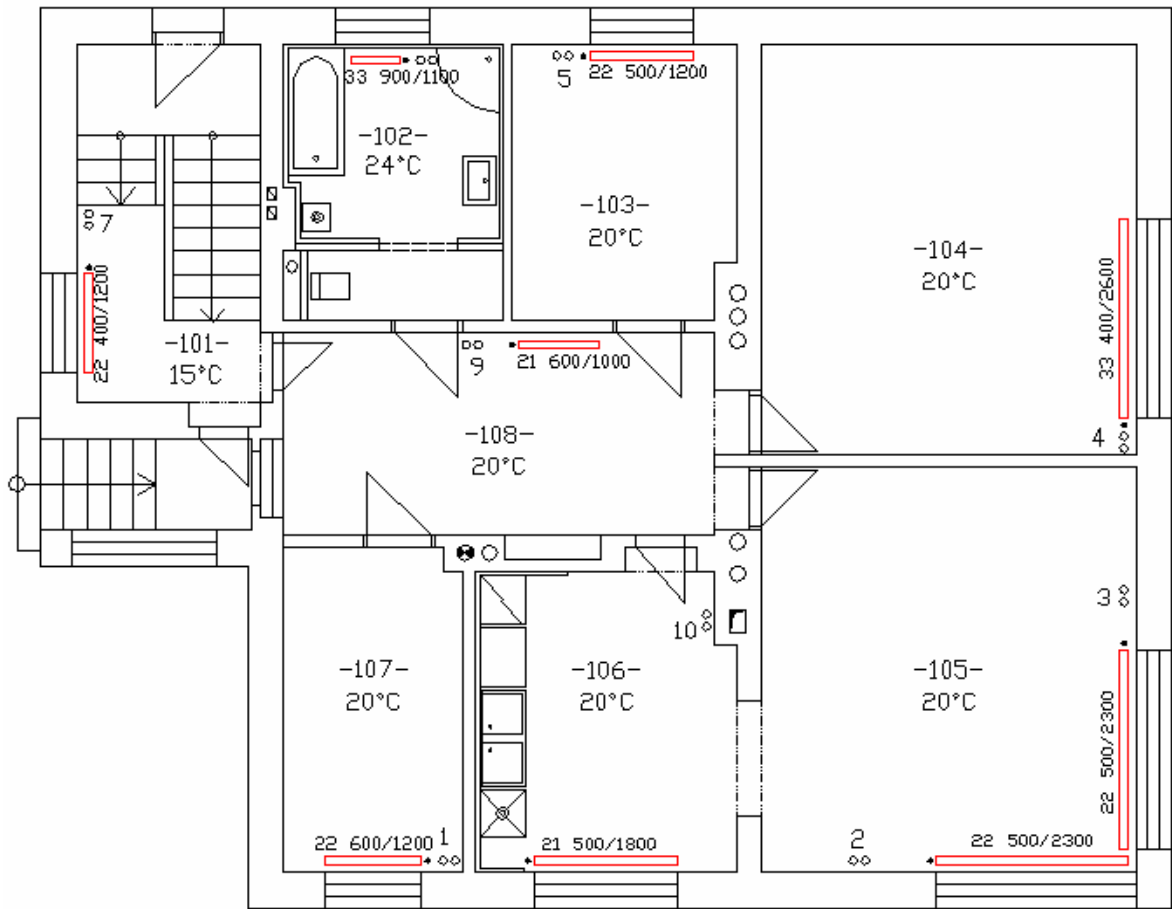
2,0 m					2,1 m					2,2 m					2,3 m				
19,3	19,3	19,2	19,4	19,2	19,0	19,0	19,0	19,0	19,1	18,9	19,0	19,0	19,0	18,9	18,7	18,8	18,8	18,8	18,8
19,4	19,3	19,2	19,2	19,3	19,1	19,1	19,1	19,0	19,1	18,9	19,0	19,0	18,8	18,9	18,6	18,7	18,7	18,7	18,6
19,3	19,2	19,3	19,3	19,3	19,0	19,2	19,1	19,1	19,2	18,8	18,9	18,9	18,9	19,0	18,6	18,7	18,6	18,6	18,7
19,2	19,4	19,2	19,4	19,2	19,2	19,2	19,1	19,2	19,1	18,9	18,9	18,0	19,0	19,0	18,6	18,6	18,8	18,8	18,7
19,3	19,4	19,2	19,3	19,2	19,0	19,0	19,2	19,2	19,1	19,0	18,8	18,8	19,0	18,9	18,8	18,6	18,7	18,7	18,7
19,2	19,3	19,4	19,3	19,4	19,1	19,0	19,2	19,2	19,2	19,0	18,8	18,9	18,9	18,8	18,8	18,6	18,7	18,8	18,6
19,3	19,3	19,4	19,3	19,2	19,1	19,0	19,1	19,1	19,1	18,9	19,0	18,9	18,9	18,9	18,7	18,8	18,8	18,8	18,8
19,4	19,3	19,3	19,4	19,3	19,2	19,1	19,1	19,1	19,0	18,9	18,9	18,9	18,9	18,8	18,8	18,8	18,6	18,6	18,7
19,3	19,2	19,2	19,2	19,2	19,1	19,1	19,1	19,1	19,0	18,8	18,9	18,8	19,8	19,0	18,6	18,7	18,6	18,6	18,8
19,4	19,4	19,2	19,3	19,3	19,2	19,2	19,1	19,0	19,1	18,9	19,0	19,0	19,0	19,0	18,7	18,8	18,8	18,7	18,7
19,3					19,1					18,9					18,7				
19,3 °C					19,1 °C					18,9 °C					18,7 °C				

2,4 m					2,5 m					2,6 m					2,7 m				
18,5	18,5	18,6	18,5	18,5	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	17,5	17,4	17,4	17,5	17,5	17,0	17,0	17,0	17,1	17,1
18,4	18,5	18,5	18,6	18,6	18,0	18,1	18,1	18,1	18,1	17,4	17,4	17,6	17,4	17,4	17,1	17,1	17,1	17,0	17,1
18,5	18,6	18,5	18,5	18,4	18,1	18,0	18,0	18,1	17,9	17,4	17,5	17,5	17,5	17,6	16,9	17,0	17,1	17,1	17,0
18,6	18,5	18,4	18,6	18,5	18,1	18,0	18,0	17,9	17,9	17,6	17,4	17,4	17,5	17,4	16,9	17,1	16,9	17,1	16,9
18,5	18,4	18,6	18,4	18,4	18,1	17,9	18,0	17,9	18,0	17,6	17,6	17,6	17,6	17,5	17,0	16,9	17,0	16,9	16,9
18,5	18,5	18,4	18,4	18,5	17,9	18,0	17,9	18,0	18,1	17,5	17,6	17,4	17,4	17,5	17,1	16,9	17,1	17,0	17,0
18,5	18,4	18,5	18,5	18,6	18,0	18,1	17,9	18,0	18,0	17,4	17,6	17,5	17,5	17,6	17,1	17,0	17,0	17,1	16,9
18,4	18,6	18,5	18,5	18,5	18,1	18,1	18,0	18,0	18,1	17,5	17,4	17,6	17,4	17,4	17,0	17,1	17,1	17,0	16,9
18,6	18,5	18,6	18,4	18,6	17,9	17,9	18,1	18,1	17,9	17,6	17,6	17,4	17,4	17,4	16,9	17,1	16,9	16,9	17,1
18,5	18,6	18,5	18,5	18,5	17,9	17,9	18,1	18,1	18,1	17,6	17,4	17,6	17,6	17,5	17,1	16,9	16,9	16,9	17,1
18,5					18,0					17,5					17,0				
18,5 °C					18,0 °C					17,5 °C					17,0 °C				

PŘÍLOHA P III: VÝKRES SUTERÉNU S DETAILEM KOTELNY



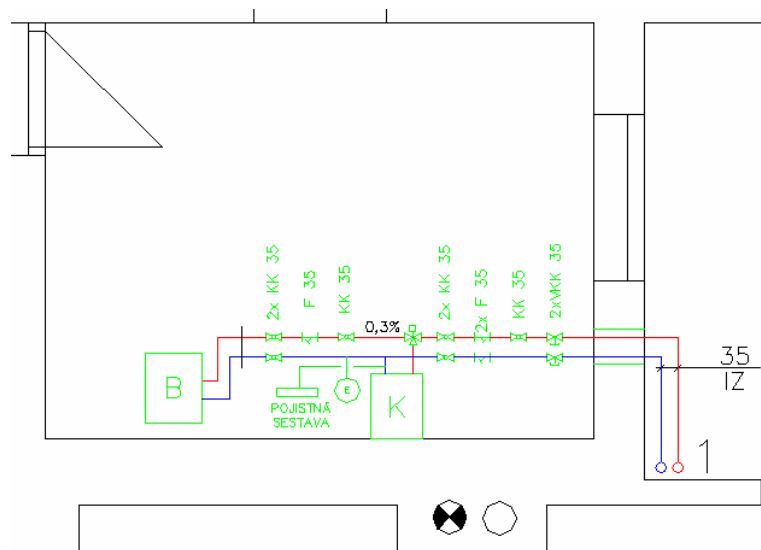
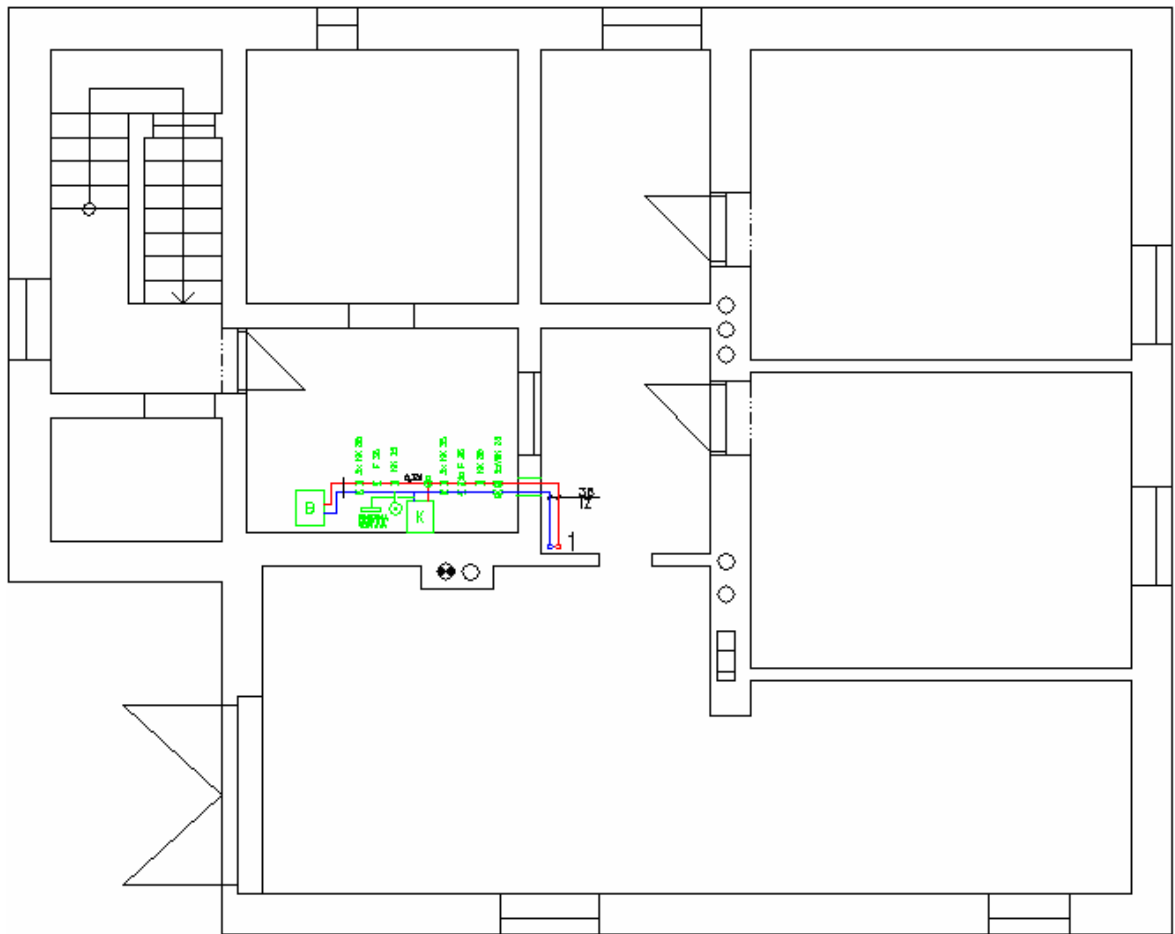
PŘÍLOHA P IV: VÝKRES PŮDORYSU



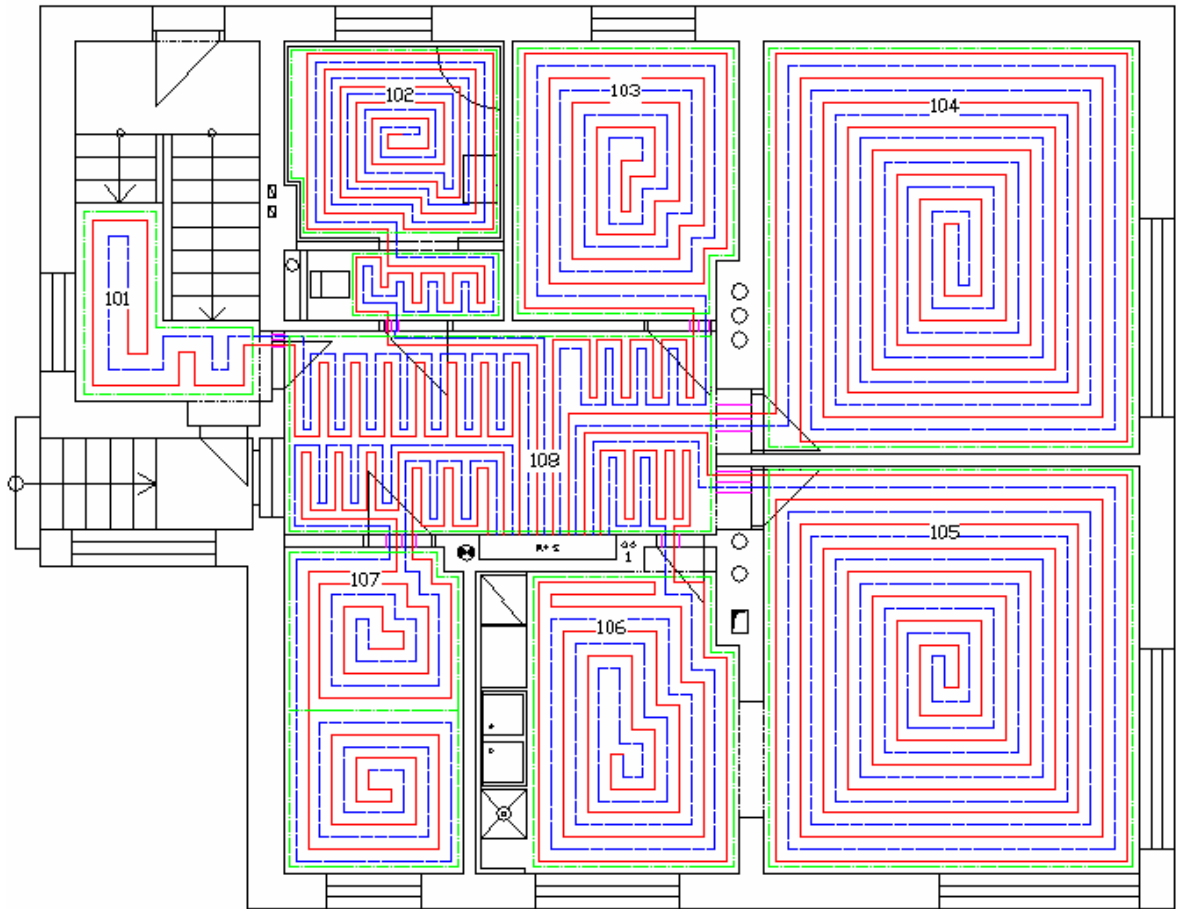
PŘÍLOHA P V: CENÍK PRO SYSTÉM S OTOPNÝM TĚLESEM

	DN	ks/m	cena za ks/m	celkem bez DPH
1. OTOPNÁ TĚLESA KORADO KLASIK				
21 – 500 / 1800		1	2 848 Kč	2 848 Kč
21 – 600 / 1000		1	2 200 Kč	2 200 Kč
22 – 400 / 1200		1	2 360 Kč	2 360 Kč
22 – 500 / 1200		1	2 568 Kč	2 568 Kč
22 – 500 / 2300		2	4 229 Kč	8 458 Kč
22 – 600 / 1200		1	2 776 Kč	2 776 Kč
33 – 400 / 2600		1	5 645 Kč	5 645 Kč
33 – 900 / 1100		1	5 531 Kč	5 531 Kč
2. ARMATURY				
Kulový kohout GIACOMINI R250	35	2	582 Kč	1 164 Kč
Filtr GIACOMINI R74A	35	1	661 Kč	661 Kč
Zpětná klapka GIACOMINI R60	35	1	360 Kč	360 Kč
Koleno R561	12	50	63 Kč	3 150 Kč
	15	10	76 Kč	760 Kč
	18	18	89 Kč	1 602 Kč
	22	4	132 Kč	528 Kč
T – kus GIACOMINI R 564	12	44	43 Kč	1 892 Kč
	15	18	48 Kč	864 Kč
	18	22	55 Kč	1 210 Kč
	22	12	90 Kč	1 080 Kč
	35	2	175 Kč	350 Kč
Termostatický ventil HEIMEIER V – exakt		9	331 Kč	2 979 Kč
Regulační šroubení HEIMEIER Regulux N		8	218 Kč	1 744 Kč
3. POTRUBÍ – měděné SUPERSAN				
	12	71	75 Kč	5 325 Kč
	15	28	93 Kč	2 604 Kč
	18	49	104 Kč	5 096 Kč
	22	25	135 Kč	3 375 Kč
	35	2	369 Kč	738 Kč
4. IZOLACE – MIRELON tl. 60 mm				
	12	70	11 Kč	770 Kč
	15	27	12 Kč	324 Kč
	18	46	13 Kč	598 Kč
	22	23	15 Kč	345 Kč
	35	1	21 Kč	21 Kč
5. UPEV. PRVKY POTRUBÍ MÜPRO				
Prodlužování hmoždinky s táhly		120	15 Kč	1 800 Kč
Objímka	12	22	10 Kč	220 Kč
	15	10	10 Kč	100 Kč
	18	6	10 Kč	60 Kč
	22	14	10 Kč	140 Kč
	35	2	11 Kč	22 Kč
				72 268 Kč

PŘÍLOHA P VI: VÝKRES SUTERÉNU S DETAILEM KOTELNY



PŘÍLOHA P VII: VÝKRES PŮDORYSU



PŘÍLOHA P VIII: CENÍK PRO SYSTÉM S PODL. TOPENÍM

	DN	ks/m	cena za ks/m	celkem bez DPH
1. PRVKY REHAU				
Systémová deska REHAU vario 0,8 x 1,2 m		90	230 Kč	20 700 Kč
Topná trubka RAUTHERM S 17 x 2 mm		640	49 Kč	31 360 Kč
Fitinka + násuvná objímka		16	34 Kč	544 Kč
Rozdělovač / sběrač REHAU HKV 8		1	6 650 Kč	6 650 Kč
Skříň na rozdělovač REHAU UP – 4		1	2 867 Kč	2 867 Kč
Regulace RAUMATIC C1		8	710 Kč	5 690 Kč
Okrajová izolační páska		120	23 Kč	2 760 Kč
Plastifikátor mini s umělými vlákny 25 kg		2 bal	180 Kč	360 Kč
Tepelná a kročejová izolace PSTK 94 mm		170	112 Kč	19 040 Kč
Cementová mazanina		3,6 m ³	291 Kč	1 048 Kč
Maltové lože		16	60 Kč	960 Kč
Chránička potrubí		10	14 Kč	140 Kč
Krycí fólie		1	2 280 Kč	2 280 Kč
Připojovací šroubení		16	86 Kč	1 376 Kč
Dlažba		85 m ²	120 Kč	10 200 Kč
2. ARMATURY				
Kulový kohout GIACOMINI R250,	35	4	360 Kč	1 440 Kč
Kulový kohout vypouštěcí	35	1	420 Kč	420 Kč
Filtr GIACOMINI R74A,	35	2	661 Kč	1 322 Kč
Trojcestný ventil GIACOMINI	35	1	5 260 Kč	5 260 Kč
Koleno R561	35	4	147 Kč	588 Kč
3. POTRUBÍ – měděné SUPERSAN				
	35	5	369 Kč	1 845 Kč
4. IZOLACE – MIRELON tl. 60 mm				
	35	3	21 Kč	63 Kč
5. UPEV. PRVKY POTRUBÍ MÜPRO				
Prodlužování hmoždinky s táhly		2	15 Kč	30 Kč
Objímka	35	4	11 Kč	44 Kč
				116 987 Kč

PŘÍLOHA P IX: SPOTŘEBA PALIVA

$$Q_{\text{teo}} = \frac{24 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,02 \cdot 3555}{19 + 15} = \underline{36,261 \text{ MWh / rok}}$$

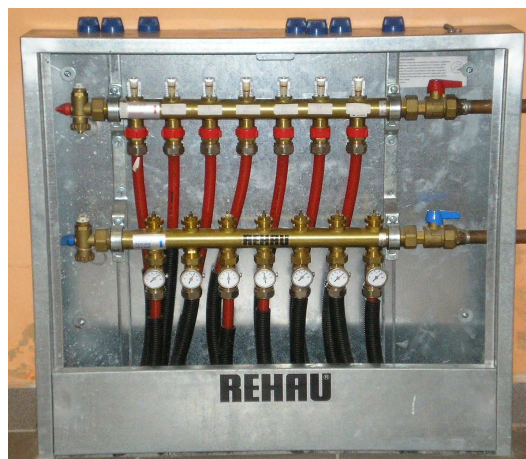
$$Q_{\text{sk}} = \frac{36,261}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = \underline{49,74 \text{ MWh / rok}}$$

$$U = 3600 \cdot \frac{49,74}{33,5} = \underline{5345 \text{ kg}}$$

PŘÍLOHA P X: FOTOGALERIE



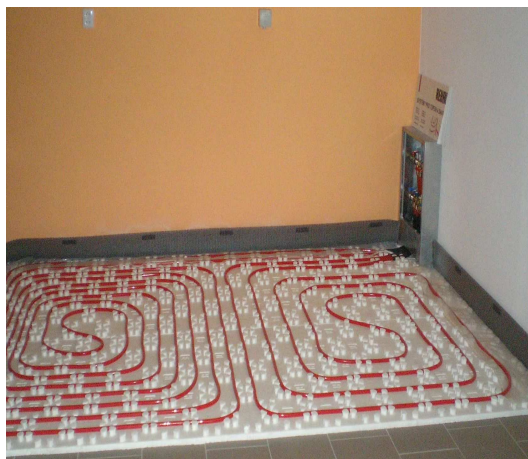
Obr. 22. Otopné těleso s rozdělovačem



Obr. 23. Rozdělovač a sběrač REHAU



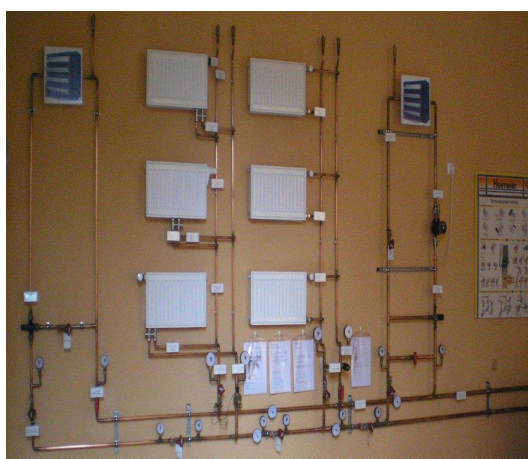
Obr. 24. Stěnové vytápění REHAU



Obr. 25. Ukázka položeného otop. hadu



Obr. 26. Pokládka betonové mazaniny



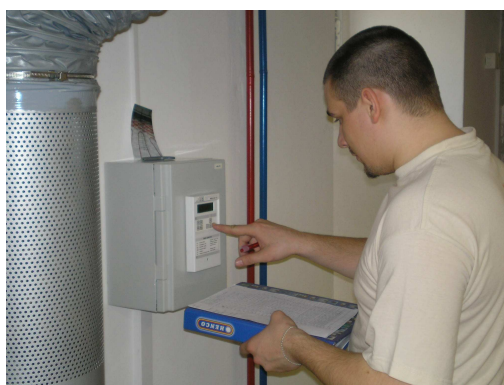
Obr. 27. Ukázka systému s OT



Obr. 28. Měření teploty povrchu OT



Obr. 29. Měření teploty na dlažbě



Obr. 30. Odečítání teploty čidel v podlahové konstrukci