České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra řídící techniky

Bakalářská práce

SW pro konfiguraci vytápění objektů

Praha, 2006 Pavel Novák

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze dne ……. …….
podpis

Poděkování

Je mou milou povinností poděkovat panu Ing. Pavlu Němečkovi za spolupráci při vypracování bakalářské práce. Rovněž bych rád poděkoval pracovníkům společnosti Středisko pro úspory energie s.r.o. za ochotu a čas věnovaný konzultacím problémů, které provázely tvorbu této práce.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a implementovat software pro konfiguraci systémů pro inteligentní vytápění objektů. Práce je rozdělena do dvou tématických celků. První část je věnována obecně systémům pro vytápění objektů. V této části jsou popsané prvky, které jsou těmito systémy kontrolovány, dále je zde řešena provázanost těchto prvků v regulačních smyčkách a výsledné regulační zásahy. Druhá část je věnována návrhu a implementaci vhodného softwaru v prostředí .NET v jazyce C#. Výsledné konfigurační soubory jsou potom generovány v souborech formátu XML.

Annotation

The target of this Bachelor thesis is design and implement software for configuration of inteligent systems for heating in objects. The work is divided to two main parts. In the first part is attention paid to the heating systems generally. There are described the elements, that are controlled by these systems, then is here solved cohesion of these elements in control loops and the end of this part is about resulting regulation. The second part is about implementation of the configuration software on .NET platform using C# language. The final configuration files are generated in XML format.

OBSAH

ANOTACE 4

ANNOTATION 4

OBSAH 5

KAPITOLA 1 8

1. ÚVOD 8

1.1 Cíl bakalářské práce 8

1.2 Popis struktury dokumentu 9

1.3 Typografické konvence 9

KAPITOLA 2 10

2. SYSTÉMY PRO REGULACI VYTÁPĚNÍ 10

2.1 Základní principy a popis funkce systémů 10

2.2 Význam regulace 11

2.3 Druhy regulace 12

2.4 Ovládání 13

2.4.1 Ruční regulace 13

2.4.2 Automatická regulace 14

2.5 Používaná zapojení regulačních obvodů 14

2.6 Regulace tepelného výkonu 16

2.6.1 Kvalitativní regulace 16

2.6.2 Kvantitativní regulace 18

2.6.3 Zónová regulace 19

2.6.4 Decentralizovaná regulace jednotlivých místností 20

2.6.5 Centrální regulace jednotlivých místností 21

2.7 Regulace teploty přívodní vody 22

2.7.1 Regulace podle teploty kotlové vody 22

2.7.2 Regulace podle venkovní teploty – ekvitermní 22

2.7.3 Regulace podle vnitřní teploty vzduchu 23

2.7.4 Regulace teploty přívodní vody podle venkovní teploty vzduchu – otopná křivka 24

2.7.5 Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu 25

2.7.6 Regulace podle zátěže 27

KAPITOLA 3 29

3. NÁVRH SW PRO REGULACI VYTÁPĚNÍ 29

3.1 Návrh struktury programu pro konfiguraci 29

3.2 Struktura programu pro konfiguraci– popis jednotlivých bloků a propojení 31

3.2.1 Blok teplotní senzor 31

3.2.2 Blok směšovač 31

3.2.3 Blok čerpadlo 33

3.2.4 Blok zdroj tepla - kotel 34

3.2.5 Blok příprava TUV (Bojler) 36

3.2.6 Blok místnost 37

3.2.7 Blok časový program 39

3.2.8 Blok dovolená 40

3.3 Datové typy, popis algoritmů zpracování 41

3.4 Chybové hlášky v programu 42

3.5 Návrh struktury programu designér 42

3.5.1 Návrh objektů typu „1/0“ a „číslo“ 43

3.5.2 Objekt typu 1/0 44

3.5.3 Objekt typu číslo 44

3.5.4 Datová struktura designéru 45

3.6 Převod dat mezi programem „Vytápění“ a „Designér“ 46

3.7 XML soubory s konfigurací 48

3.7.1 Úvod do XML 48
3.7.2 Ukládání konfiguračních dat do XML 48

3.8 Architektura kompletního systému 49

KAPITOLA 4 50

4. ZHODNOCENÍ VÝSLEDŮ PRÁCE 50

5. POUŽITÁ LITERATURA A SOFTWARE 52

6. PŘÍLOHY 53

6.1 Zadávací formulář 53

6.2 Návod k použití aplikace Vytápění 55

6.3 Návod k použití aplikace Designér 57

KAPITOLA 1

1. Úvod

V posledních letech se stále více hovoří o regulaci otopných soustav, o její nutnosti a užitečnosti. Regulace otopných soustav je soubor zařízení, v dnešní době nejčastěji elektronických, který přizpůsobuje provoz a výkon otopné soustavy okamžitým podmínkám [1]. V druhé polovině 20. století se potom dostává hlouběji do podvědomí široké veřejnosti disciplína s názvem řídící technika. Vzhledem k vývoji výpočetní techniky a její čím dál větší dostupnosti se řídící technika dostává i do domácností, kde se stará nejen o regulaci vytápění, ale dokáže řídit elektroinstalaci, stará se o pravidelnou zálivku květin nebo nikdy nezapomene nakrmit rybičky. Automatické řízení čehokoliv je zkrátka postupem času velice žádanou věcí a to nejen kvůli komfortu, který lidé díky němu získávají, ale i díky úsporám, které přináší zejména v oblasti energií.

1.1 Cíl bakalářské práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je navrhnout vhodný software, pomocí něhož bude možné ovládat systém pro konfiguraci vytápění v objektech. Před započetím těchto prací bylo však nutné analyzovat a vyřešit určité dílčí problémy.

Před samotnou implementací softwaru je nutné prostudovat, co by daný software měl umět ovládat, co by měl umět nastavovat. Systémy pro vytápění objektů musí umět ovládat několik různých senzorů a akčních členů tak, aby výsledkem bylo co nejefektivnější využití tepelné energie v objektu.

Software bude mít za úkol plnit prostředníka mezi hardwarem, který bude ovládat regulující jednotky a člověkem, který bude na straně druhé zadávat údaje o těchto jednotkách. Cílem práce je také snaha o co nejnázornější ovládání pokud možno v co nejpřijatelnější a nejsrozumitelnější formě. Program navržený v této práci bude vycházet ze systémů, které už jsou na trhu k dispozici. Jako takový reflektuje běžně užívané regulační prvky, které se standardně užívají pro regulace vytápění objektů. Tyto prvky bude tedy možno nastavovat a konfigurovat.

Vedlejším cílem práce je studium regulačních prvků a smyček, které se používají v regulacích vytápění. Tento vedlejší cíl má za úkol objasnit, jak by konečný kompletní systém včetně hardwarové části, která ovšem není součástí této práce, potom měl fungovat.

1.2 Popis struktury dokumentu

Celý dokument bakalářské práce je rozdělen do několika kapitol.

Úvod

První kapitola obsahuje stručné seznámení s problémem a celkový nástin toho, co se celá práce snaží realizovat. Nechybí cíl, popis dokumentu a také typografické konvence.

Systémy pro regulaci vytápění

Tato část seznamuje s principem regulace vytápění objektů, popisuje akční členy, pomocné měřící senzory a ovládací jednotky. Dále popisuje regulační principy a způsoby výpočtů regulačních zásahů při regulaci vytápění objektů.

Návrh softwaru pro regulaci vytápění

V této části je popsán návrh prostředí softwaru, jsou zde popsány funkce programu, vysvětlena funkce navržených komponent a popsán důvod volby komponent. Dále je zde popsána struktura programu a vysvětleny vybrané funkce použité v programu. Rovněž je zde popsána struktura výsledných XML souborů.

Shrnutí

Zhodnocení práce a shrnutí dosažených výsledků.

1.3 Typografické konvence

Pro jednodušší orientaci v textu jsou v něm dodržovány určité typografické konvence

Tímto písmem je napsán běžný text

Toto písmo značí text, který má být zvýrazněn vůči ostatnímu

`Tímto písmem bude zobrazen zdrojový kód`

[v hranatých závorkách je odkaz na literaturu]

KAPITOLA 2

2. Systémy pro regulaci vytápění

Inteligentní řešení vytápění v objektech je založeno na principu nesoučasného vytápění (IRC) objektu. Základní předností nesoučasného vytápění je nastavení individuálních teplot v každé místnosti objektu, nezávisle na okolních prostorách, na základě individuálního kalendáře. Kalendář umožňuje pro každou místnost zvolit časový průběh nastavených teplot v průběhu dne tak, aby maximálně vyhovoval tepelné pohodě uživatelů a zároveň aby prostory nevytápěl v časech, kdy to není nutné.

2.1 Základní principy a popis funkce systémů

Základním požadavkem od systému vytápění je jak již bylo zmíněno v úvodu k této části je využít principu nesoučasného vytápění (IRC). Pro tento požadavek je nutností, aby v každé místnosti, kde budeme žádat rozdílnou teplotu bylo možné samostatně sledovat teplotu a samostatně řídit vytápění. Aby tento předpoklad byl splněn je tedy nutné mít k dispozici senzor teploty a akční jednotku, která bude schopna regulovat přívod tepla v každé místnosti, ve které bude požadavek na nesoučasné vytápění.

Kotelna je těmito systémy také ovládána inteligentním způsobem. Pro co možná nejefektivnější regulaci by nemělo jít jen o zapínání a vypínání kotlů, ale např. u plynových kotlů je cestou k efektivnějšímu využití energie vyhodnocení požadavků na počet současně spuštěných hořáků, jejich cyklické přepínání z důvodu rovnoměrného opotřebování, a zahrnutí závislosti teploty ohřívané vody na vlivu vnějších teplot.

Rozvaděč kotelny je vybaven řídicím technologickým počítačem, který zajišťuje prostřednictvím vstupně-výstupních modulů a dalších regulačních komponent následující funkce systému:

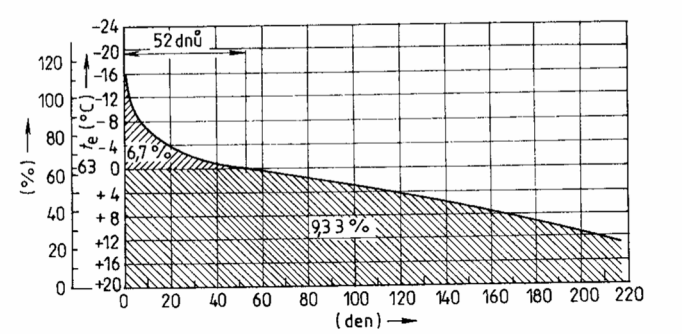
- Vyhodnocuje úroveň vytopení jednotlivých částí objektu
- Vyhodnocuje vnější teplotní vlivy (venkovní teploty, teploty otopné vody na výstupu i zpátečce)

Na základě těchto informací optimalizuje chod kotelny, např. náběh jednotlivých hořáků kotlů a regulace teploty otopné vody. Počítač dále zpracovává naměřené údaje o teplotách v jednotlivých místnostech, porovnává je s hodnotami v tabulce, kterou má umístěnou v paměti. Na základě těchto údajů ovládá automatické ventily na jednotlivých topných tělesech. Dále zajišťuje komunikaci s nadřazeným počítačem, komunikačním modulem a regulátory v jednotlivých místnostech. Tyto prvky umožňují editovat, blokovat nebo přepínat hodnoty v tabulce vytápění.

Tabulka v podstatě obsahuje týdenní kalendář pro každou místnost objektu s možností nastavení až osmi časových cyklů v průběhu každého dne s různými teplotami. Pro použití v objektech lze většinou nastavit několik vytápěcích režimů. (Příklad: Pondělí: Ráno 8,00 zatopit na 23° C, v 10,00 utlumit na 19°C, v 16,00 přitopit na 21°C, v 18° na 23°C, ve 23,30 utlumit na 18°C). Protože občas toto nastavení nepostačuje a situace si žádá okamžité změny teploty, přidávají se běžně do místností jednorázové regulátory, pomocí nichž může uživatel nastavené hodnoty jednorázově změnit (Např. až do druhého dne do 18,00 top na 23°C), nebo hodnoty v tabulce změnit trvale, tj. jednotlivé denní cykly přenastavit.

2.2 Význam regulace

Základní kámen návrhu každé otopné soustavy tvoří výpočet tepelných ztát vytápěného objektu podle ČSN 06 0210. Tato norma mimojiné definuje tzv. výpočtové oblastné teploty (-12, -15 a -18°C), které však zároveň představují téměř nejnižší venkovní teploty v dané oblasti. Otopná soustava bývá tedy navrhována prakticky na nejnepříznivější stav, jehož časové trvání je v celé topné sezóně zanedbatelné. Proto je zcela zákonitě každá otopná soustava pro naprostou většinu otopného období předimenzována. Na obrázku 2.1 je znázorněna doba trvání venkovních teplot pro Prahu podle dlouhodobých průměrů.



Obr. 2.1 Průměrné teploty v Praze v topném období

Uvažujeme-li počátek topné sezóny pro venkovní teplotu +12 °C, trvá celé období z těchto dlouhodobých průměrů v Praze asi 210 dnů, přičemž venkovní teploty 0°C a nižší trvají po zhruba 52 dnů a podmínky výpočtové teploty (pro Prahu -12 °C) a tedy nominálního výkonu otopné soustavy představují asi 3 dny.

Zajímavé je rovněž rozložení spotřeby tepla během topné sezóny, kde je z uvedeného obrázku vidět, že 93,3 % spotřeby tepla za sezónu leží v oblasti nadnulových teplot. Z těchto důvodů je regulování výkonu otopných soustav nanejvýš žádoucí, přičemž náklady na toto zařízení se vrátí nejen v podobě ušetřených nákladů na palivo, ale v dlouhodobém časovém horizontu také zákonitě v lepším životním prostředí.

2.3 Druhy regulace

Úkolem regulace je udržování některé charakteristické veličiny (bývá nazývána tzv. regulovanou veličinou), tj. např. teploty otopné vody, vnitřní teploty místnosti apod. v následujících režimech:

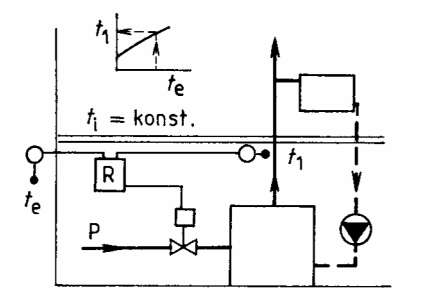
a) na konstantní nastavenou hodnotu (např. řízení zásobníku teplé užitkové vody)
b) na měnitelně nastavenou hodnotu, tzn., že tato veličina je regulována v závislosti na ještě jiných podmínkách (např. regulace vstupní teploty otopné vody do soustavy v závislosti na venkovní teplotě).

Podle vlastního provozu regulačního zařízení rozeznáváme:

- ovládání
- ruční regulace
- automatická regulace.

2.4 Ovládání

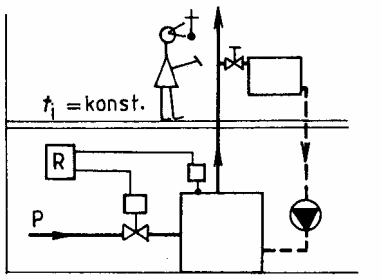
Tento způsob provozu je definován jako řízení bez zpětné kontroly měřením (viz obr. 2.2). V praxi tento způsob představuje nejčastěji řízení přívodní teploty topné vody do systému. V otopných soustavách je regulovanou veličinou zpravidla teplota vzduchu v místnosti, která není v tomto jednoduchém případě nijak regulována. Při dosažení teploty t_1, která je regulována a srovnávána s venkovní teplotou t_e, regulátor R vypíná přívod paliva do kotle.



Obr. 2.2 Udržování konstantní teploty vzduchu t_i ovládáním přívodu vzduchu

2.4.1 Ruční regulace

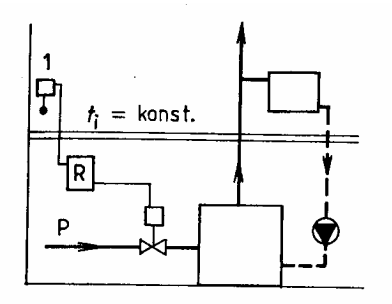
V tomto případě je teplota vzduchu v místnosti měřena a korigována uzavíráním a otevíráním ručního ventilu na otopném tělese (viz. obr. 2.3). Zde se však jedná již o regulaci v pravém slova smyslu, třebaže do celého procesu vstupuje člověk a v praxi nebude zřejmě schopen kontrolovat všechny místnosti v objektu.



Obr. 2.3 Udržování konstantní teploty vzduchu t_i konstantní regulací

2.4.2 Automatická regulace

Na obrázku 2.4 je regulace teploty vzduchu v místnosti pokojovým termostatem s vazbou na přívod paliva do kotle. Teplota vzduchu je regulována automaticky.



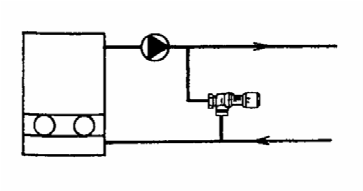
Obr. 2.4 Udržování konstantní teploty vzduchu t_i v místnosti automatickou regulací

2.5 Používaná zapojení regulačních obvodů

V regulačních obvodech se používají nejčastěji regulátory elektronické nebo tzv. přímočinné (bez přívodu vnější energie, elektrické, stlačeného vzduchu apod.). Přímočinné regulátory se často užívají pro ohřev teplé užitkové vody nebo i v okruzích výměníků. Tato zapojení bývají levnější variantou a jednodušší v porovnání s motorickými ventily kombinovanými s elektronickou regulací a navíc, jak bylo uvedeno dříve, nevyžadují cizí energii pro vlastní pohon.

Nejjednodušší zapojení používaná u rodinných domků bývají u nástěnných plynových kombinovaných kotlů (tj. s přípravou teplé užitkové vody). Tyto zdroje jsou dodávány s vlastním kotlovým termostatem, expanzní nádobou, čerpadlem, některé případně s přepouštěcím ventilem apod., takže toto zařízení lze okamžitě připojit na hotovou soustavu. Regulace u těchto zařízení spočívá vlastně (a jen u levnějších typů) v napojení přepouštěcího ventilu, který udržuje minimální průtok vody kotlem i při zavírání jednotlivých ventilů (podle obr. 2.5) a zabraňuje tzv. cyklování kotle (tj. neustálé zapínání a vypínání a tím jeho zvýšené opotřebení).

Zapojení na obr. 2.5 lze však samozřejmě užít u libovolného kotle v otopných soustavách s nuceným oběhem.



Obr. 2.5 Přepouštění u plynových kotlů

U plynových nebo elektrických kotlů (akumulačních nebo přímotopých) nebo u kotlů na kapalná paliva se používá velmi často tzv. pokojový termostat. Tento termostat je velmi jednoduché a levné zařízení, které vypíná kotel při dosažení stanovené teploty v místnosti, a tím zmenšuje počet zapínání a vypínání kotle, šetří palivo (elektrickou energii) i vlastní kotel. Velmi výhodné je nasazení tzv. programovatelných pokojových termostatů, které pracují v reálném čase a umožňují naprogramování snížení teploty v objektu v noční době. Tato zařízení (budou popsána dále) představují pro rodinné domky zřejmě nejlevnější kompromis, jak dosáhnout poměrně kvalitního způsobu provozu. Těchto termostatů lze použít všude tam, kde je možné elektrické ovládání přívodu energie do kotle.

U kotlů na tuhá paliva (všechny druhy uhlí, koks, brikety apod.) je rozhodování o volbě regulace velmi problematické, protože tyto kotle mají velkou setrvačnost díky množství hořícího paliva na roštu, a zde může být pokus o modernizaci laikem nebezpečný. U soustav s přirozeným oběhem a kotlem na tuhá paliva je výběr regulačních prvků velmi omezen, zpravidla (viz. dále) na regulátor tahu, případně na speciální termostatické ventily. U soustav se stejným kotlem a s nuceným oběhem lze přidat ještě přepouštění. Určitou cestou je však zařízení tzv. akumulační kotelny, tj. vložení akumulačních nádrží do okruhu. Z regulačního hlediska toto zapojení vykompenzuje provozní nevýhody kotlů na tuhá paliva, obsluha je podstatně pohodlnější a provoz otopné soustavy je poměrně hospodárný, je zde však nutno počítat s vyšší prostorovou náročností a se zvýšenými pořizovacími náklady. Další variantou je poměrně nová technologie kombinace nuceného sání a otočných roštů, kdy je na topný rošt přiváděno pouze malé množství paliva, které je po vyhoření doplněno pootočením roštu. V takovém případě není problém ztlumit hřejivý výkon zastavením nuceného sání a nedoplněním paliva na rošt. Tato technologie snižuje časovou konstantu kotle a soustava má poté menší setrvačnost a je možné ji regulovat podobně jako soustavu s plynovým kotlem.

U otopných soustav s nuceným oběhem (s čerpadlem), které používají jako zdroj tepla elektrické kotle, kotle na zemní plyn, svítiplyn, zkapalnělý propan butan, naftu, topný olej, případně výměníky tepla, se často (a u novějších, větších bytových objektů téměř vždy) používá tzv. ekvitermní regulace. Tento systém je tvořen obecně jedním nebo více elektronickými

regulátory, které přizpůsobují vstupní teplotu topné vody do soustavy podle okamžité venkovní teploty. Princip tohoto způsobu byl popsán v odstavci Ovládání, ale v praxi bývá toto zapojení doplněno ještě jinými prvky, jako např. termostatickými radiátorovými ventily apod. tak, aby otopná soustava citlivě reagovala nejen na změny venkovní teploty, ale i na požadavky obyvatel objektu. V praxi má tato regulace velký význam, protože se do otopné soustavy dostává voda jen o takové teplotě, jaká je nezbytně za daného stavu potřeba. Tím omezujeme ztráty tepla v potrubních rozvodech a v principu i přetápění jednotlivých místností.

U rodinných domků se dříve ekvitermní regulace objevovala hlavně u akumulačních kotelen s kotli na tuhá paliva nebo elektrokotli. V dnešních cenových hladinách však význam použití ekvitermní regulace i v menších objektech podstatně vzrostl. Rovněž tak rozmanitá součástková základna, umožňující konstruovat kombinované otopné soustavy, např. klasická otopná tělesa ve spojení s podlahovým vytápěním, může vyžadovat použití tohoto typu regulace.

2.6 Regulace tepelného výkonu

Základním opatřením k zajištění hospodárné dodávky tepla pro vytápění staveb je dokonalý technický stav kotelen a úpraven parametrů a jejich vybavení odpovídající regulací. U rozsáhlejších objektů je nanejvýš vhodné uplatnění zónové regulace, která přesněji postihne proměnnou potřebu tepla.

Vodní soustavy je možné regulovat dvěma způsoby:

- Kvalitativně
- Kvantitativně

2.6.1 Kvalitativní regulace

Při této regulaci se mění teplota otopné vody a průtok zůstává konstantní. Kvalitativní regulaci lze provádět změnou teploty vody ze zdroje tepla, popř. směšováním v trojcestných nebo čtyřcestných směšovacích armaturách či v pevném směšovacím bodě potrubní sítě.

Označme poměr skutečného přenášeného výkonu do místnosti ke jmenovitému výkonu pro tutéž místnost φ. Skutečný přenášený výkon Q je závislý na venkovní teplotě t'_e, jmenovitý

výkon Q_N je určen při venkovní oblastní výpočtové teplotě t_e. Poměr φ nazvěme zatížením soustavy.

$$\varphi = -\frac{Q}{Q_N} \approx \frac{t_i - t_e'}{t_i - t_e}$$ kde t_i je výpočtová vnitřní teplota místnosti.

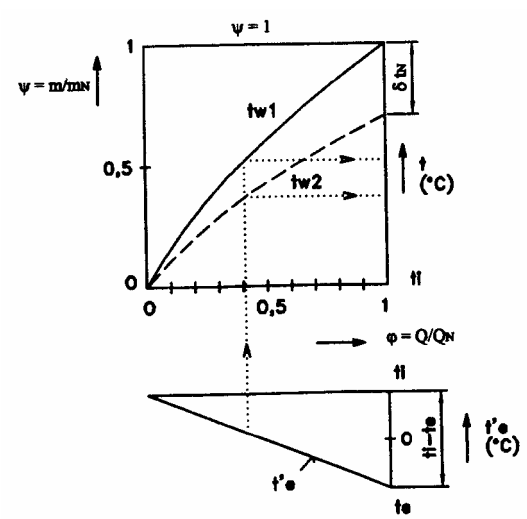
Z poměrů výkonů otopné plochy určených z kalorimetrické rovnice se stejnými průtoky vyplývá:

$$\varphi = \frac{\delta t}{\delta t_N} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{(t_{w1} - t_{w2})_N}$$ kde δt a δt_N jsou skutečné a jmenovité ochlazení na otopné ploše (v otopném tělese).

Z poměru výkonů otopné plochy určených prostupem tepla teplosměnnou plochou je určen další vztah

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N}\right)^n = \left(\frac{\frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i}{\left(\frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i\right)_N}\right)^n$$ kde Δt a Δt_N jsou skutečný a jmenovitý střední teplotní rozdíl mezi teplotou teplonosné látky a teplotou okolí.

Řešením dvou výše uvedených rovnic dostaneme pro otopnou soustavu a otopnou plochou (např. otopná tělesa) závislost regulované teploty t_{wl} na zatížení soustavy φ:



$$t_{w1} = t_i + \Delta t_N \cdot \varphi^{\frac{1}{N}} + \frac{\varphi t_N}{2} \cdot \varphi$$

Obr. 2.6 Kvalitativní regulace – závislost teploty přívodní vody a teploty vratné vody na zatížení pro článková otopná tělesa.

2.6.2 Kvantitativní regulace

Při této regulaci se mění hmotnostní průtok a teplota zůstává konstantní. Kvantitativní regulaci lze uskutečnit škrcením nebo rozdělením proudu v trojcestné rozdělovací armatuře či v pevném rozdělovacím bodě potrubní sítě. Pro zatížení soustavy získáme vztah:

$\varphi = \frac{m}{m_N} \cdot \frac{t_{w1} - t_{w2}}{(t_{w1} - t_{w2})_N} = \psi \cdot \frac{t_{w1} - t_{w2}}{(t_{w1} - t_{w2})_N}$ kde m a m_N jsou skutečný a jmenovitý hmotnostní průtok vody soustavou a ψ je poměrný průtok soustavou.

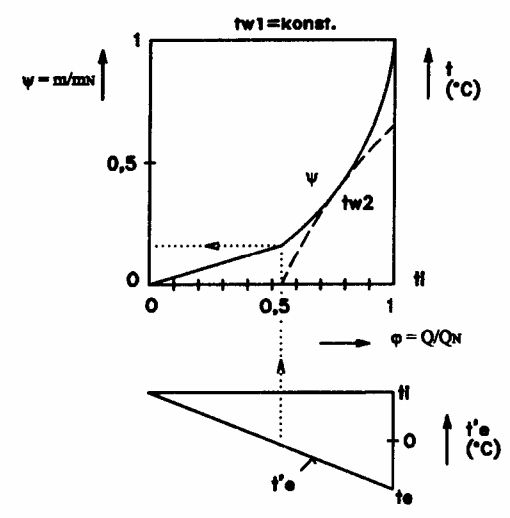
Řešením předchozí rovnice a rovnice pro poměr výkonů otopných těles určeních prostupem tepla teplosměnnou plochou dostaneme závislost regulovaného poměrného průtoku ψ na zatížení soustavy φ

$$\psi = \frac{0{,}5 \cdot \Delta t_N \cdot \varphi}{t_{w1} - t_i - \Delta t_N \cdot \varphi^{\frac{1}{n}}}$$

V objektech lze obecně uplatnit různou regulaci tepelného příkonu. Proto si v úvodu uveďme alespoň jednoduché rozdělení této regulace. Regulovat příkon tepla lze, jak ukazuje následující rozdělení podle:

1. *výstupní teploty vody* ze zdroje tepla
2. *vnitřní teploty vzduchu* a to
   a) *přímo*, kdy je regulován přímo zdroj tepla
   b) *nepřímo*, kdy je regulována vstupní teplota vody do otopné soustavy (např. směšováním) a zdroj tepla je regulován samostatně
   c) *místně***,** kdy je regulován výkon jednotlivých otopných těles a zdroj tepla je regulován opět samostatně
3. *venkovní teploty vzduchu – ekvitermně*, resp. podle venkovních klimatických podmínek a to opět
   a) *přímo*, kdy je regulován přímo zdroj tepla
   b) *nepřímo*, kdy je regulována vstupní teplota vody proudící do soustavy. Zdroj tepla je regulován samostatně.
4. *zátěže* či zátěží. Tato regulace je přímá a hovoříme zde již o využívání fuzzy logiky.

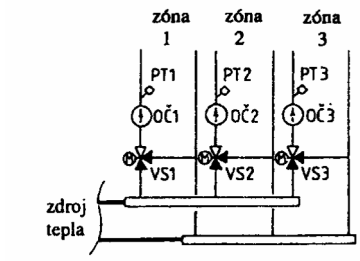
Pří použití regulátorů, které regulují teplotu otopné vody v závislosti na venkovní teplotě vzduchu, tedy při použití ekvitermní regulace dosahujeme úspor tepla vzhledem k původní spotřebě podle druhu objektu 10 až 25 %. Jestliže doplníme tento druh regulace o tzv. zónovou regulaci, úspory tepla se ještě zvýší a dosáhnou hodnot 15 až 30 %.



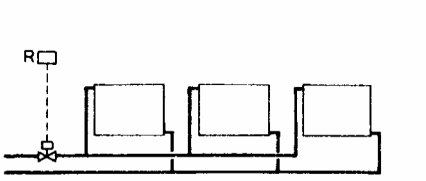
Obr. 2.7 Kvantitativní regulace – závislost poměrného průtoku na zatížení pro článková otopná tělesa

2.6.3 Zónová regulace

Zde se reguluje více otopných těles v jednom pokoji jedním společným regulačním prvkem a jedním regulátorem (obr. 8-3 8-4) či více vytápěných místností zásobovaných jedním hydraulickým okruhem (zónou) vykazujících stejné či velmi obdobné tepelnětechnické chování. Regulátor postihne přes čidla teploty změny a uzpůsobuje nastavení na zónovém ventilu. Zónovým ventilem se tak reguluje množství nebo třícestným ventilem se kvalitativně směšováním reguluje teplota.



Obr. 2.8 Napojení zón na rozdělovač



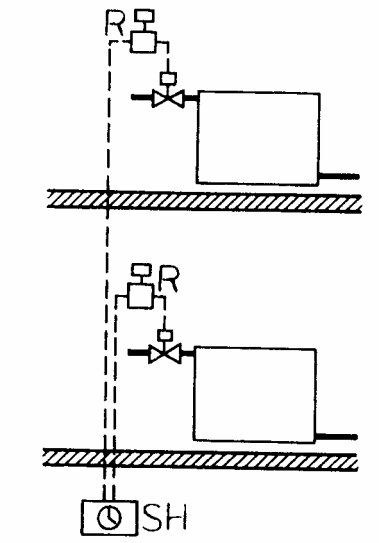
Obr. 2.9 Princip zónové regulace. R – čidlo vnitřní teploty; regulátor na ventilu

Jako regulátory se používají pokojové termostaty se zpětnou tepelnou vazbou pro případ, kdy místnost tvoří samostatnou zónu, jinak zde nacházejí uplatnění především ekvitermní regulátory.

Zónová regulace se používá, když je v jednom pokoji nainstalováno větší počet OT, nebo když je více pokojů se stejnými podmínkami regulováno na stejnou teplotu. Typickým nasazením jsou učebny ve školách orientované na stejnou světovou stranu, výrobní haly, společenské sály, obytné budovy rozdělené chodbou na jednotlivé světové strany atp.

2.6.4 Decentralizovaná regulace jednotlivých místností

U této formy regulace je každá místnost opatřena regulátorem a regulačním orgánem, kterým je elektropohonem ovládaný ventil na OT. Různé regulátory v jednotlivých místnostech mohou být jedněmi či vícero spínacími hodinami centrálně řízeny v závislosti na čase (obr. 2.10). Příznivým jevem je, že je instalace a kabeláž jednodušší a přizpůsobivější, než u centrální regulace podle charakteristické místnosti. Zde se dá využít například signalizačního vedení a částečně i rozvodné sítě 220 V, u níž se signály namodulují na vedení.



Obr. 2.10 Princip decentralizované regulace jednotlivých místností. R – čidlo vnitřní teploty s regulátorem pro místnost, SH – centrální spínací hodiny

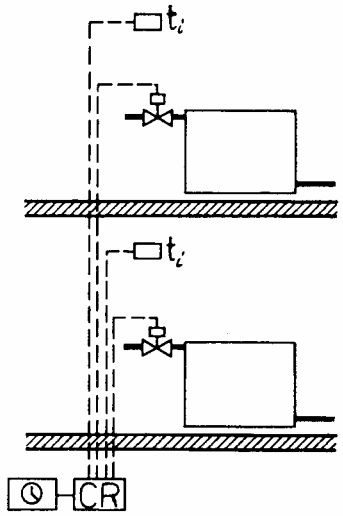
2.6.5 Centrální regulace jednotlivých místností

Zde se reguluje jedním centrálním regulátorem, převážně vícekanálovými spínacími hodinami (obr. 2.11). Každá místnost má čidlo (snímač) a regulační orgán – opět elektromotoricky ovládaný ventil na OT.

Výhodou je, že požadované hodnoty a spínací časy jsou řízeny z jednoho centrálního místa. Přesto se nechá každá místnost regulovat individuálně. Výhoda oproti decentrální regulaci spočívá v tom, že se redukují náklady na přístroje a mnoho regulátorů je nahrazeno jedním centrálním.

Zařízení tohoto druhu jsou provozována převážně se systémem DDC (direct digital control). Regulátory tohoto druhu pracují tedy digitálně a mohou přebírat podle podmínek systému velké množství úloh. Použití regulace teploty místností s pomocnou energií se používá pouze u velkých objektů. Hlavní oblastí použití v nebytové oblasti jsou školy, správní budovy, divadla, hotely apod.

Zde se jedná opět o kvantitativní regulaci množstvím a bezpodmínečně se doporučuje regulace teploty přívodní vody, aby se zabránilo většímu kolísání požadované hodnoty.



Obr. 2.10 Princip centrální regulace jednotlivých místností, t_i – čidlo vnitřní teploty, CR – centrální regulátor

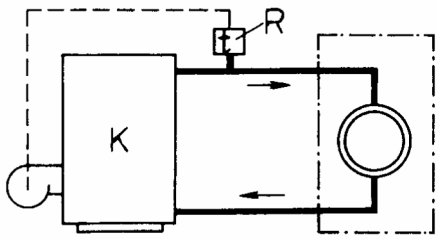
,

2.7 Regulace teploty přívodní vody

Zde se nabízejí tři možnosti.

2.7.1 Regulace podle teploty kotlové vody

To je nejjednodušší forma regulace teploty přívodní vody, neboť je čidlo většinou i s regulátorem instalováno v přívodní trubce a podle této teploty reguluje (obr. 2.11). Tento způsob regulace se používal dříve u zařízení s ručním nastavováním směšovače. Dnes se používá pouze výjimečně, když kotel či kotle dodávají vodu do jednoho rozdělovače. Tyto regulátory nejsou schopny regulovat současně teplotu TUV.

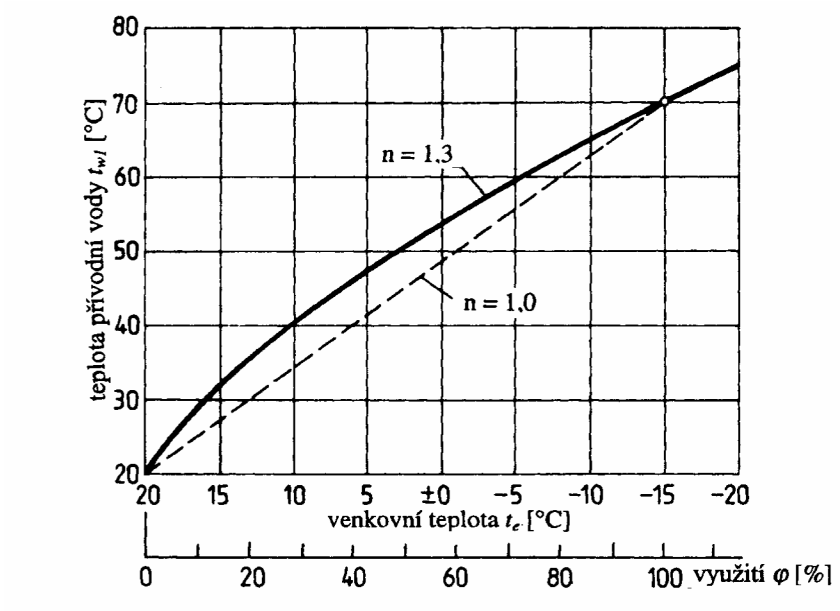


Obr. 2.11 Princip regulace kotle podle přívodní teploty. K – kotel, R – čidlo teploty s regulátorem

2.7.2 Regulace podle venkovní teploty – ekvitermní

Zde je potřeba tepla regulována proporcionálně k venkovní teplotě, je možné na tomto základě regulovat teplotu přívodní vody přímo v závislosti na teplotě venkovní. Závislost obou veličin je dána tzv. otopnou křivkou (obr. 2.12). Křivka a její prohnutí odpovídá použitým otopným tělesům resp. použité otopné ploše a tak odpovídá mocninné funkci s exponentem např. n=1,3. Křivku lze přesně upravit nakláněním či posunem pro danou soustavu a její vlastnosti.

Regulace přívodní teploty je rychlá s malým dopravním zpožděním tj. s velkým poměrem T_u / T_n. Tato regulace se dnes používá u většiny soustav s event. přídavnými funkcemi. Teplota přívodní vody se reguluje dvoupolohově (řízení hořáku), nebo třípolohově (spolu s řízením třícestné či čtyřcestné armatury).

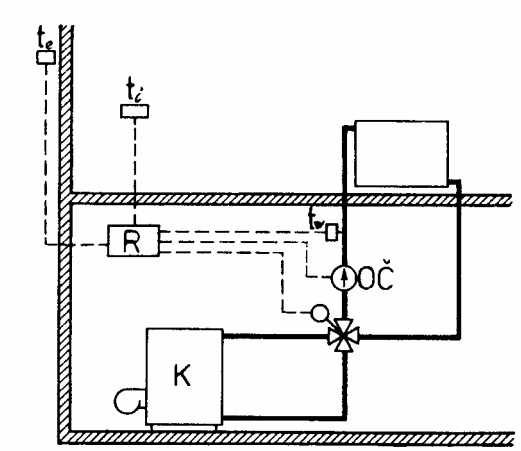


Obr. 2.12 Příklad otopné křivky pro t_{emin} = -15 °C a $t_{w1,\,max}$ = 70 °C s n = 1,3.

2.7.3 Regulace podle vnitřní teploty vzduchu

V tomto případě je snímána teplota vzduchu ve vytápěném prostoru a jako řídící veličina vysílána do regulátoru. Regulátor tak postihne i vnitřní poruchovou veličinu. Snímač je montován do referenční místnosti, podle které jsou řízeny i ostatní místnosti.Vzniklá regulační odchylka v referenční místnosti zapříčiní změnu teploty přívodní vody, čímž se začne ,,vyrovnávat" teplota i v ostatních místnostech i když to v některých není nutné. Toto chování působí negativně u relativně velkých a rozlehlých bytů. Z tohoto důvodu se tato regulace nepoužívá u vícegeneračních domů.

Tato regulace má stálé dopravní zpoždění, které se musí udržovat co nejmenší, aby se zabránilo rozkmitání obvodu. Používají se regulátory s P a PI chováním, či dvoupolohové se zpětnou vazbou eventuelně kaskádová regulace (obr. 2.13). Čidlo, většinou s ovladačem, musí být umístěno na místě, kde nebude ovlivněno místními zdroji tepla.

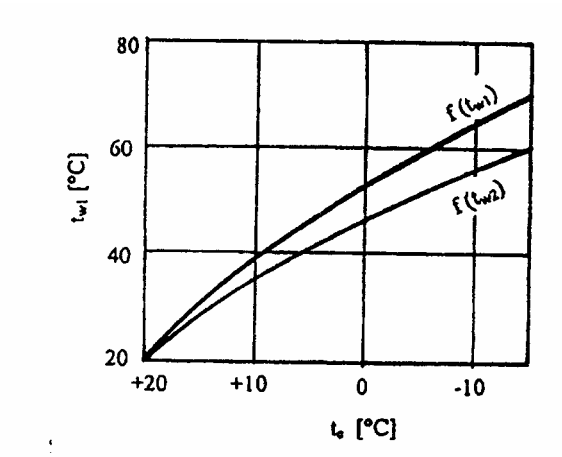


Obr. 2.13 Příklad regulace podle vnitřní teploty s kompenzací přes venkovní teplotu.

Regulační systém může být výhodný při osazení TRV. V referenční místnosti bez TRV jelikož by se oba systémy ovlivňovali a stávaly neúčinné. Výhodou regulace podle vnitřní teploty vzduchu je rovněž chování při omezeném provozu otopné soustavy jako je noční útlum. Teplota vzduchu je čidlem snímána a i přes den se může při volbě nočního provozu omezit dodávka tepla až na sníženou vnitřní teplotu, jako pro noční provoz. Při dosažení nejnižší hraniční teploty se začne opět vytápět. Tím se zohlední tepelná kapacita budovy a zajistí se hospodárný provoz zařízení.

2.7.4 Regulace teploty přívodní vody podle venkovní teploty vzduchu – otopná křivka

Tento způsob regulace se nazývá ekvitermní regulace. Potřeba tepla ve vytápěném injektuje závislá na venkovní teplotě. Na vnější fasádě umístěné čidlo předává elektronickou formou informaci regulátoru. Regulátor pracuje podle zadané charakteristiky (otopné křivky – viz obr. 2.14), která musí být nastavena v souladu se soustavou a objektem. Na čem tedy závisí průběh této charakteristiky? Ve skutečnosti na projektovaném teplotním spádu na otopných tělesech (např. 75/65, 70/55, 55/45 ^{0}C, atd.), ale také na druhu otopné soustavy (konvenční vytápění – otopná tělesa, sálavé vytápění – stropní, podlahové a stěnové) a tepelně-technických vlastnostech vytápěného objektu.



Obr. 2.14 Otopná křivka pro otopnou soustavu s teplotním spádem 70/60 °C

Regulátor reguluje pouze teplotu přívodní otopné vody závislosti na venkovní teplotě vzduchu (zde nerozebírejme, zda jde o aktuální, tlumenou či geometrickou venkovní teplotu). Teplota zpětné vody se mění v závislosti na podmínkách, za kterých pracuje celá soustava. Ve vytápěných prostorách je tedy potřebná ještě místní regulace prostřednictvím TRV.

2.7.5 Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu

Vzhledem k vnějším a vnitřním tepelných ziskům vstupuje do ekvitermní regulace zpětná vazba z prostoru. Nejedná se zde tedy o čisté ekvitermní řízení, ale o ekvitermní řízení se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu. Regulátor měří aktuální teplotu v referenční místnosti (prostoru) a koriguje výše popsaný systém ekvitermní regulace. V mnoha případech mechanismus vlivu teploty prostoru není příliš jasný, proto bude důkladněji popsán.

Vliv teploty prostoru je možno rozdělit do dvou kategorií, a to:

- Dlouhodobý – regulace na základě zpětné vazby z prostoru dokáže přizpůsobit (adaptovat) odhadem zadanou otopnou křivku vlastnostem vytápěného objektu (změna strmosti otopné křivky a paralelní posun). Tudíž se zde jedná o adaptivní regulaci.
- Krátkodobý – na základě zjištěné teplotní odchylky v prostoru, regulátor účelově koriguje žádanou prostorovou teplotu podle vzorce:

$$t_{i,wk} = t_{i,w} + \frac{KOR}{2} \cdot \left(t_{i,w} - t_{i,x}\right)$$

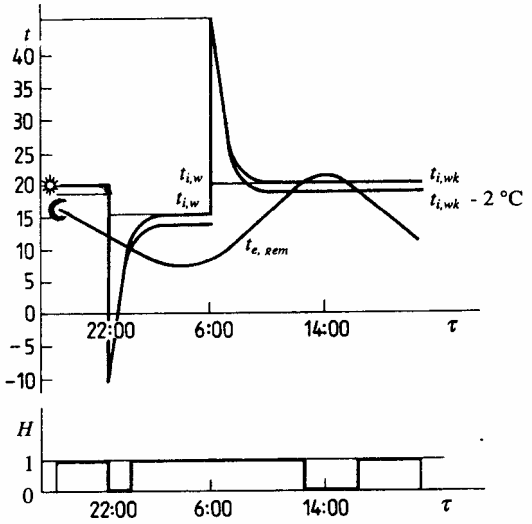
kde $t_{i,w}$ žádaná teplota v prostoru

$t_{i,x}$ aktuální teplota v prostoru

$t_{i,wk}$ korigovaná žádaná teplota v prostoru

KOR faktor vlivu prostorové teploty

Pokud skutečná teplota odpovídá nastavené, tak platí : $t_{i,wk} = t_{i,w.}$ V opačném případě změna žádané teploty prostoru způsobí paralelní posun otopné křivky, a tím změnu teploty otopné vody. Následkem tohoto zásahu se odchylka sníží. Ze vztahu je také patrné, že zásah je přímo úměrný odchylce. Velice důležitou součástí tohoto mechanismu je faktor vlivu KOR, kterým je možno přímo ovlivnit chování soustavy (zvýšit, resp.. utlumit vliv teploty prostoru). Jak vypadají průběhy žádané korigované teploty v závislosti na odchylce teploty v prostoru můžeme na obr. 2.15. Zde je odchylka teploty uměle vytvořena přepnutím z normálního provozu na úsporný a naopak.

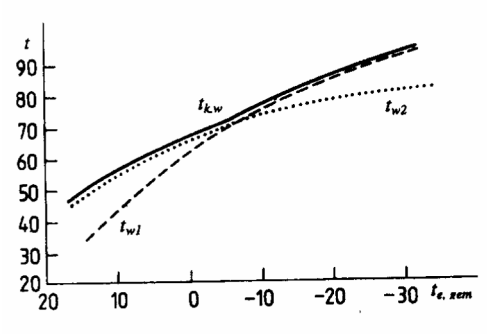


Obr. 2.15 Průběh teplot a blokování kotle. H – blokování kotle

Říká se, že ekvitermní regulace zabezpečuje rovnováhu mezi výrobou a spotřebou tepla. Je to skutečně pravda, avšak tato rovnováha je závislá na určitém předpokladu, který se nazývá vyladěná otopná křivka. To je jeden z důvodů vyšších úspor. Další důvod je ten, že se vyrobí teplo pouze o potřebné kvalitě (teplota otopné vody). Požadavky na teplotu otopné vody vždy směřují od spotřeby tepla (otopná křivka a vliv teploty v prostotu) ke zdroji tepla (kotel). Je to z toho důvodu, abychom mohli nezávisle řídit více otopných okruhů, které mají různý odběr tepla

v čase a tím jiné požadavky. Jakým způsobem je tedy tvořena žádaná teplota kotle $t_{k,w}$ na základě požadavků dvou směšovacích otopných okruhů (obr 2.16)?

Kotel připravuje vodu podle nejvyššího požadavku spotřebitele a ještě s určitým navýšením, které je nutné z hlediska dalšího směšování. U otopných okruhů s čerpadly je toto převýšení automaticky nulové. U požadavků na přípravu teplé užitkové vody je nutné také určité převýšení teploty kotlové vody.

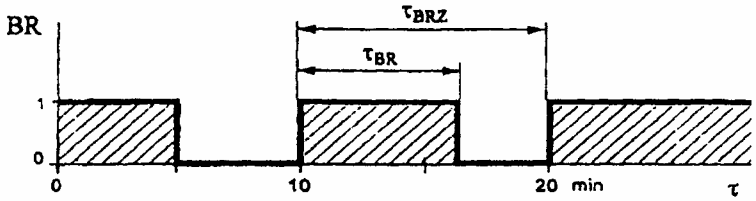


Obr. 2.16 Závislost žádané teploty vody na geometrické venkovní teplotě, $t_{k,\,w}$ – žádaná teplota kotle, t_{kw1} – žádaná teplota otopné vody okruhu č. 1, t_{w2} – žádaná teplota otopné vody okruhu č. 2.

2.7.6 Regulace podle zátěže

Regulace podle zátěže představuje řízení teplota vody v závislosti na potřebě tepla a to bez použití venkovního, nebo prostorového čidla teploty. S přibývající kvalitou budov (lepšími teplo-technickými vlastnostmi) má venkovní teplota na skutečnou potřebu tepla stále menší vliv. Řízení zátěží a řízení podle potřeby tepla jsou koncepčně zcela shodné. Řešení vycházejí z tvorby *křivky zátěže* či *křivky potřeby tepla*.

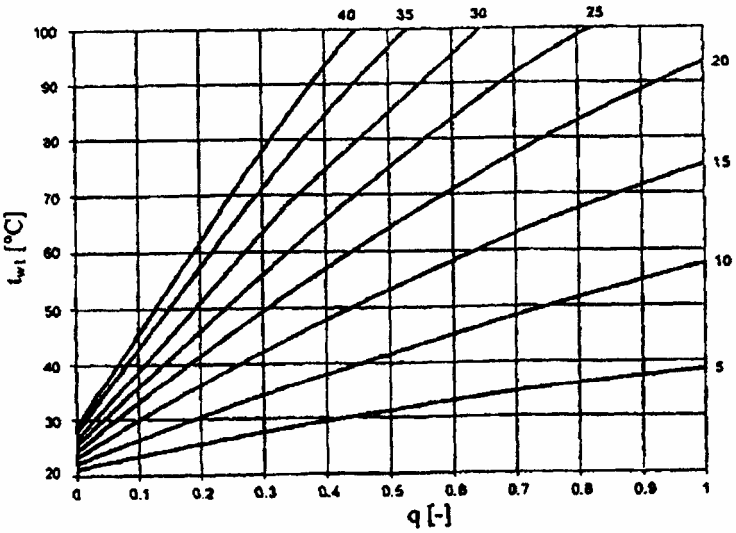
Potřebu tepla regulátor vypočítá přes poměr spínacích časů hořáku jako aktuální zátěž kotle q (obr. 2.17)



Obr. 2.17 Čisté řízení zátěží – určení zátěže kotle (BR – činnost hořáku)

$q = \frac{\tau_{BR}}{\tau_{BRZ}}$ kde τ_{BR} je doba chodu hořáku ve spínacím intervalu a τ_{BRZ} je doba spínacího intervalu.

Požadovaná teplota vody na výstupu z kotle či teplota vody přiváděné do soustavy je řízena podle křivek zátěže (viz. Obr. 2.18). Výhodou tohoto řízení je rychlá odezva na potřebu tepla i u dobře tepelně izolovaných budov, produkce pouze takového množství tepla, které je potřebné a zohlednění cizích zdrojů tepla (tepelných zisků). Za nevýhodu bychom pak mohli považovat nutnost použití místní regulace (TRV)



Obr. 2.18 Čisté řízení zátěží – křivky zátěže.

Řízení zátěží je tedy smysluplné využít za předpokladu, že se jedná o

- dobře tepelně izolované stavby
- jednostupňový hořák u zdroje tepla
- přímo připojený otopný okruh
- užití TRV
- instalaci bez venkovních a vnitřních čidel
- rozumné chování spotřebitele (žádné permanentní přenastavování TRV)
- snahu využít tepelných zisků (všech cizích zdrojů tepla)

KAPITOLA 3

3. Návrh SW pro regulaci vytápění

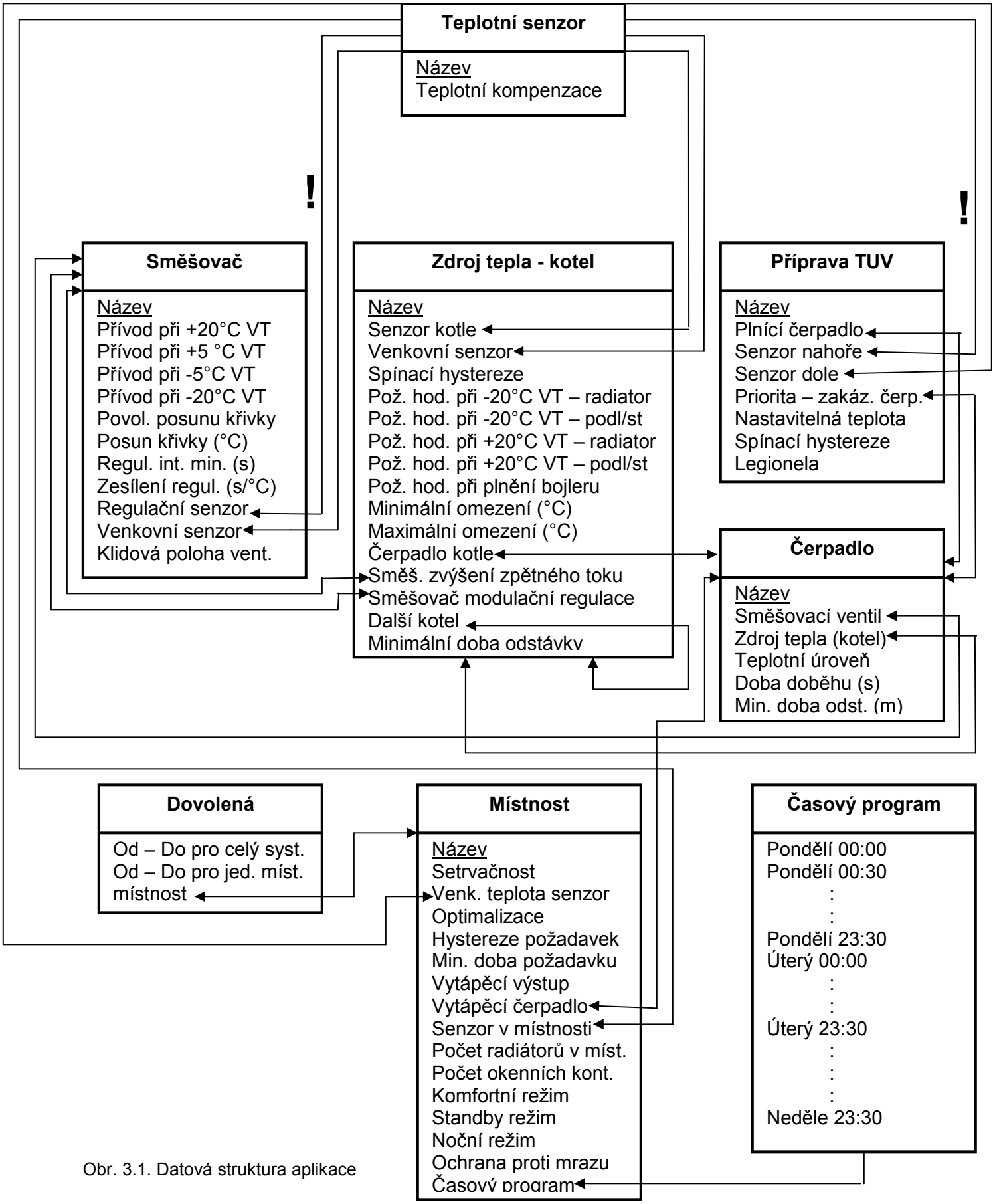
Pro návrh softwaru pro konfiguraci vytápění byl použit jazyk C#, software byl naprogramován pro prostředí .NET. Samotná implementace byla provedena pod vývojovým prostředím Microsoft Visual Studio .NET 2005.

3.1 Návrh struktury programu pro konfiguraci

Základem programu je objekt TreeView (kaskádovitý strom), do kterého uživatel přidává nebo odebírá komponenty. Tyto komponenty představují základní prvky konfigurace systému pro inteligentní vytápění budov. Byly navrženy na základě znalostí tepelných soustav tak, aby žádná byl software použitelný univerzálně pro každou standardní tepelnou soustavu, resp. aby celý systém mohl být nakonfigurován na standardní tepelnou soustavu. Jednotlivé prvky mají každý své GUI pro konfiguraci. Každé toto GUI je zpracováno v samostatné třídě (class). Každý prvek má svůj konfigurační seznam – objekt ArrayList, do kterého se po nakonfigurování prvku uloží všechny konfigurační údaje. Každá tato třída představuje samostatnou komponentu v systému. Po přidání některé z komponent se prvek automaticky přidá do objektu TreeView v hlavním okně programu. Dále se konfigurační údaje této komponenty uloží do příslušného ArrayListu. Po uložení celého projektu se potom seznamy všech komponent (ArrayListy) serializují do XML souboru, z tohoto souboru se poté po otevření opětovně načtou. Struktura programu – jednotlivé prvky, konfigurační údaje a propojení prvků je znázorněno na obr. 3.1.

Shrnující poznámky ke schématu:

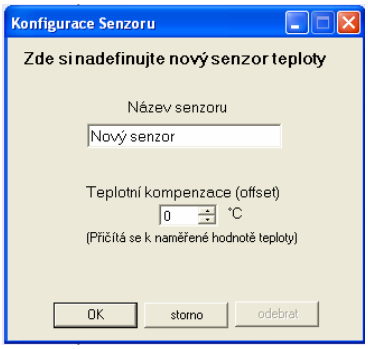
Jednotlivé bloky znázorňují datové struktury použité v aplikaci, k ukládání dat v aplikaci je použit objekt ArrayList. Data v blocích jsou seřazena ve stejném pořadí v jakém jsou ukládána do ArrayListu. Rovnou čarou je vždy potržen primární klíč daného bloku – vždy je použit název bloku. Propojovací šipky naznačují toky dat a propojení bloků v aplikaci. Vykřičník u propojení znázorňuje nutnost propojení pro existenci komponenty (Jedná se o regulační senzor u směšovače a horní čidlo u ohřívače TUV), toto propojení je povinné, bez něho není možné danou komponentu nadefinovat.



Obr. 3.1. Datová struktura aplikace

3.2 Struktura programu pro konfiguraci– popis jednotlivých bloků a propojení

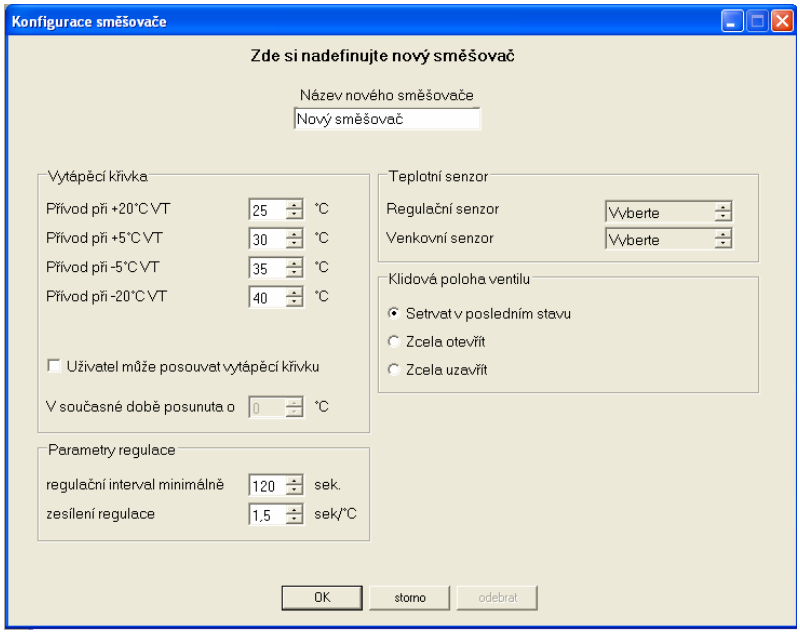
3.2.1 Blok teplotní senzor



Obr. 3.2 konfig. okno teplotního senzoru

Teplotní senzor je běžně nejpoužívanější komponentou v celém systému. Teplotní senzor pouze měří teplotu – má tedy pouze jednosměrný informační tok, není ničím ovládaný, pouze z něho proudí data. U teplotního senzoru nastavujeme pouze jeho název – ten je použit jako primární klíč, dále nastavujeme teplotní kompenzaci (teplotní offset). Tato charakteristika senzoru slouží ke kalibraci senzoru v případě, že je třeba.

3.2.2 Blok směšovač



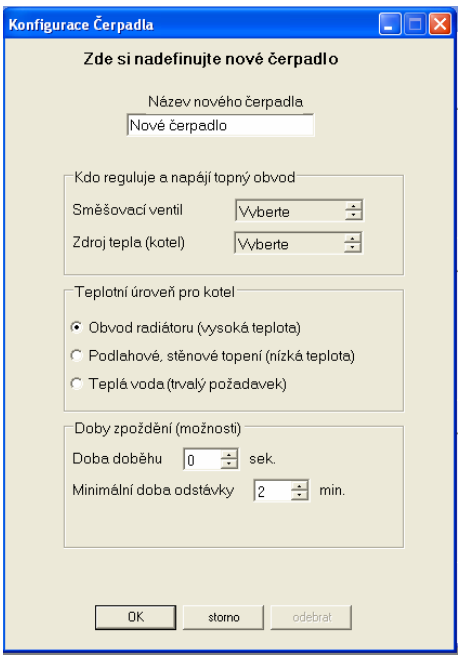
Směšovač slouží k přípravě kapaliny, která je vháněna do teplotního okruhu, je to poslední akční jednotka v systému. Kapalina, jejíž teplota je směšovačem nastavena má už definitivní teplotu a jako taková proudí do systému. U směšovače je nutné nastavit tyto parametry:

Obr. 3.3 konfig. okno směšovače

- Název – slouží jako primární klíč k identifikaci směšovače
- Přívod při +20°C VT (venkovní teploty) – implicitně nastaveno 25°C

- Přívod při +5°C VT (venkovní teploty) – implicitně nastaveno 30°C
- Přívod při -5°C VT (venkovní teploty) – implicitně nastaveno 35°C
- Přívod při -20°C VT (venkovní teploty) – implicitně nastaveno 40°C
  - Tato nastavení slouží k nastavení a vytvoření ekvitermní křivky, podle které je soustava vytápěna. Vytápění pomocí ekvitermní křivky je popsáno v předešlých kapitolách
- Povolení posunu křivky
- Hodnota rozdílu posunu křivky
  - Zde si uživatel může zvolit, zda je možné ručně dolazovat topnou křivku, pokud ano, aktivuje se číselné pole, kde je možné nastavit posun křivky v jednotkách °C.
- Regulační interval (nastavujeme minimální interval regulačních zásahů) implicitně nastaveno 120 s.
- Zesílení regulace - možnost nastavení konstantu zesílení regulace, implicitně nastaveno 1,5 s/°C
- Regulační senzor – povinný senzor, pokud není v systému žádný nastavený senzor, aplikace nedovolí vytvořit nový směšovač. Tento senzor je povinný proto, protože směšovací ventil, resp. Směšovač je v systému umístěn jako poslední akční člen regulace, proto je nutné měřit teplotu na tomto směšovači, bez tohoto údaje není možné soustavu spolehlivě uregulovat.
- Venkovní senzor – (nepovinný) venkovní senzor udává informaci o vnější teplotě – důležité opět pro nastavení teploty v závislosti na ekvitermní křivce.
- Klidová poloha ventilu – Máme na výběr ze tří možností nastavení ventilu, když je soustava v klidu: setrvat v posledním stavu, zcela otevřít, zcela uzavřít.

3.2.3 Blok čerpadlo

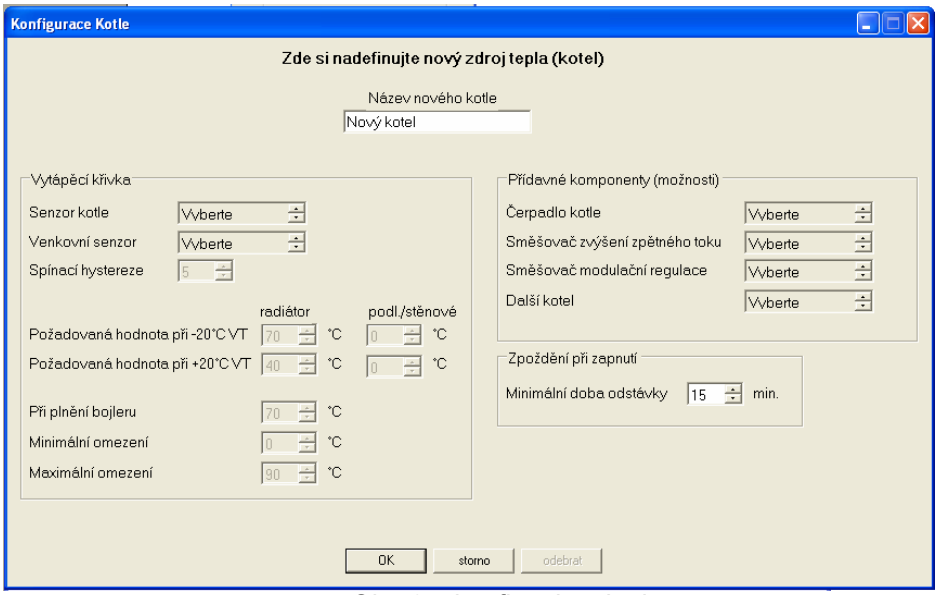


Obr. 3.4 konfig. okno čerpadla

Čerpadla v otopné soustavě slouží jako pohonné jednotky pro pohyb topné kapaliny. V malých soustavách by tento pohyb mohl být zajišťován přirozenou cestou, pro efektivní regulaci je ovšem čerpadlo jako prostředník nuceného oběhu vody nezbytné – přínos čerpadla je popsán v předchozích kapitolách. U čerpadla je nutné nastavit tyto parametry:

- Název – slouží jako primární klíč k identifikaci čerpadla
- Směšovací ventil – (nepovinný) pokud je čerpadlo na některém směšovacím ventilu, je nutné tento ventil nastavit
- Zdroj tepla (kotel) – (nepovinný) pokud je čerpadlo na některém z kotlů, je nutné tento kotel nastavit
- Teplotní úroveň – zde nastavujeme jakou teplotní úroveň čerpadlo splňuje, na výběr je pro snadnější orientaci ze tří možností: Obvod radiátoru (vysoká teplota), Podlahové, stěnové topení (nízká teplota), Teplá voda (trvalý požadavek).
- Doba doběhu – zde nastavujeme jednu z vlastnost´čerpadla, implicitně nastaveno 0 s.
- Minimální doba odstávky – Implicitně nastaveno 2 min.

3.2.4 Blok zdroj tepla - kotel



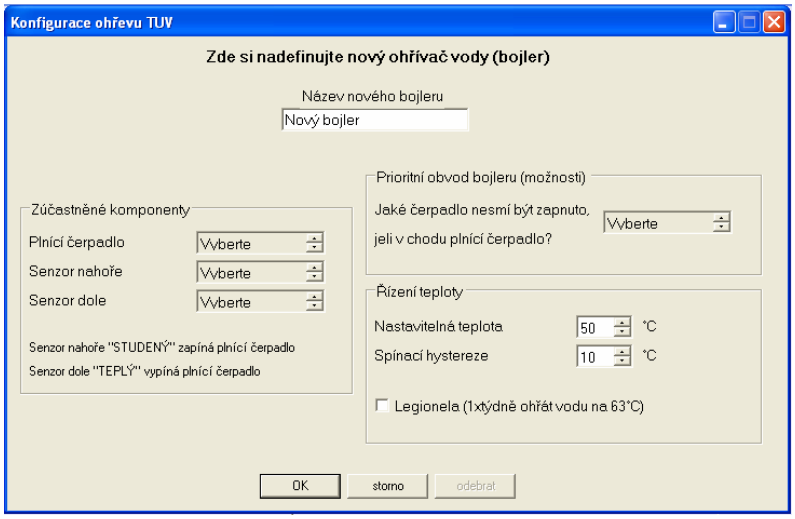
Obr. 3.5 konfig. okno kotle

Kotel v otopné soustavě slouží jako zdroj tepla pro otopnou soustavu. V regulační smyčce hraje důležitou roli tehdy, je-li možné kotel řídit. Některé starší kotle, zvláště na tuhá paliva není možné efektivně řídit, takový kotel nelze regulovat a návrh soustavy s tím musí počítat. U kotle je třeba nastavit tyto parametry:

- Název - slouží jako primární klíč k identifikaci kotle
- Senzor kotle – (nepovinný) senzor na kotli měří okamžitou teplotu kapaliny v topném okruhu kotle, slouží ke kontrole, hraje taky velice důležitou bezpečnostní roli
- Venkovní senzor – venkovní senzor udává informaci o vnější teplotě – důležité opět pro nastavení teploty v závislosti na ekvitermní křivce.
- Spínací hystereze – má smysl pouze jeli nadefinován senzor kotle, až tehdy je zpřístupněna. Implicitně je nastavena na hodnotu 5. Jedná se o stupeň setrvačnosti kotle, klasicky největší hysterezi mají kotle na tuhá paliva, nejmenší stupeň setrvačnosti a tedy i spínací hystereze mají potom elektrické kotle. U kondenzačních kotlů se hystereze nezavádí, jejich provoz je totiž spojitý, hystereze tedy nemá smysl.
- Požadovaná hodnota při -20°C VT pro radiátor - má smysl pouze jeli nadefinován senzor kotle, tato hodnota je důležitá pro nastavení ekvitermní křivky, implicitně nastavena hodnota 70°C.
- Požadovaná hodnota při -20°C VT pro podlahová a stěnová topidla - má smysl pouze jeli nadefinován senzor kotle, tato hodnota je důležitá pro nastavení ekvitermní křivky.
- Požadovaná hodnota při +20°C VT pro radiátor - má smysl pouze jeli nadefinován senzor kotle, tato hodnota je důležitá pro nastavení ekvitermní křivky, implicitně nastavena hodnota 40°C.

- Požadovaná hodnota při +20°C VT pro podlahová a stěnová topidla - má smysl pouze jeli nadefinován senzor kotle, tato hodnota je důležitá pro nastavení ekvitermní křivky.
- Požadovaná hodnota při plnění bojleru - má smysl pouze jeli nadefinován senzor kotle, tato hodnota určuje teplotu kotelního okruhu při plnění bojleru, implicitně nastaveno na 70 °C.
- Minimální omezení - má smysl pouze jeli nadefinován senzor kotle, minimální omezení stanovuje hranici pro minimální teplotu kapaliny v okruhu kotle. Toto minimum je stanoveno především z důvodů životnosti kotle v důsledku kondenzace vodních par, implicitně se nenastavuje na žádnou hodnotu, protože např. u kondenzačních kotlů je kondenzace vodních par přímo vyžadována.
- Maximální omezení - smysl pouze jeli nadefinován senzor kotle, jedná se o vrchní mez omezení teploty topné kapaliny v topném okruhu kotle, jde především o bezpečnostní omezení. Implicitně nastaveno na 90°C.
- Čerpadlo kotle – (nepovinné) toto čerpadlo slouží k nucenému proudění kapaliny v okruhu kotle. Typicky se nastavuje v soustavě kotlů, kdy ne všechny kotle musí být v provozu – některé jsou v záloze a ty jsou vyhřívány kotli, které jsou v tu chvíli v provozu.
- Směšovač zvýšení zpětného toku – (nepovinné) tento směšovač je určen pro regulaci a především zrychlení zpětného toku topné kapaliny.
- Směšovač modulační regulace – (nepovinné) tento směšovač zajišťuje konečnou regulaci kapaliny, která proudí do systému
- Další kotel – (nepovinné) případný další kotel zapojený v kaskádě s tímto kotlem
- Minimální doba odstávky – Doba, která limituje minimální dobu, po kterou může být kotel v případě odstavení vypnut. Implicitně nastavena na 15 min.

3.2.5 Blok příprava TUV (Bojler)

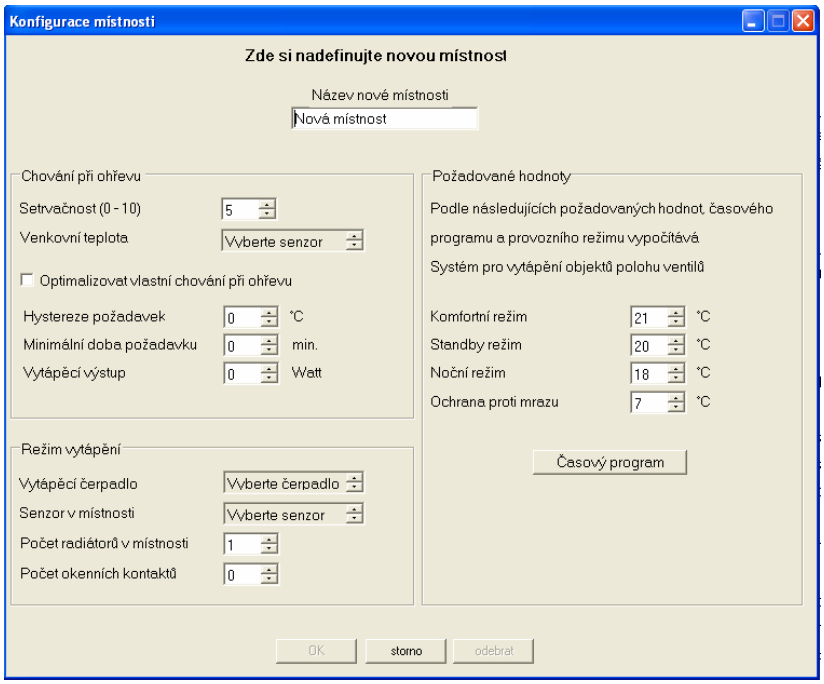


Obr. 3.6 config. okno bojleru

Bojler jako prostředek přípravy TUV slouží v systému jako ohřívač teplé užitkové vody. V systému může být několik druhů bojlerů. Některé jsou samočinné, jsou tedy nezávislé na otopném systému, teplo pro ohřev vody se tedy vyrábějí sami (např. elektrické, či plynové bojlery). Jiné využívají k ohřevu TUV teplo vyrobené centrálním kotlem soustavy. Oba typy je možné v systému nakonfigurovat a regulovat. U bojleru je třeba nastavit tyto parametry:

- Název - slouží jako primární klíč k identifikaci bojleru
- Plnící čerpadlo – (nepovinné) slouží k nabíjení bojleru topnou kapalinou
- Senzor nahoře – povinný senzor, bez tohoto senzoru není možné nakonfigurovat bojler. Tento senzor hlídá teplotu vodu v horní části bojleru – v horní části bojleru je teplejší voda.
- Senzor dole – (nepovinný) tento senzor měří studenější vodu v dolní části bojleru
- Prioritní obvod bojleru – (nepovinný) zde je možné nastavit čerpadlo, které nesmí být v chodu, jeli v chodu nabíjecí (plnící) čerpadlo bojleru. V praxi se jedná o to, že větší prioritu má ohřev teplé užitkové vody před vytápěním objektu.
- Nastavitelná teplota – zde je možné nastavit teplotu TUV, na kterou bude TUV ohřívána
- Spínací hystereze – Jedná se v podstatě o stupeň setrvačnosti bojleru, implicitně je spínací hystereze nastavena na 10°C.
- Legionela – ochrana proti Legionele spočívá v ohřátí vody jednou týdně alespoň na 63°C. Při této teplotě bakterie Legionely umírá. Legionela je v případě alergií velice nebezpečná bakterie, doporučuje se tedy tuto ochranu využívat.

3.2.6 Blok místnost



Obr. 3.7 konfig. okno místnosti

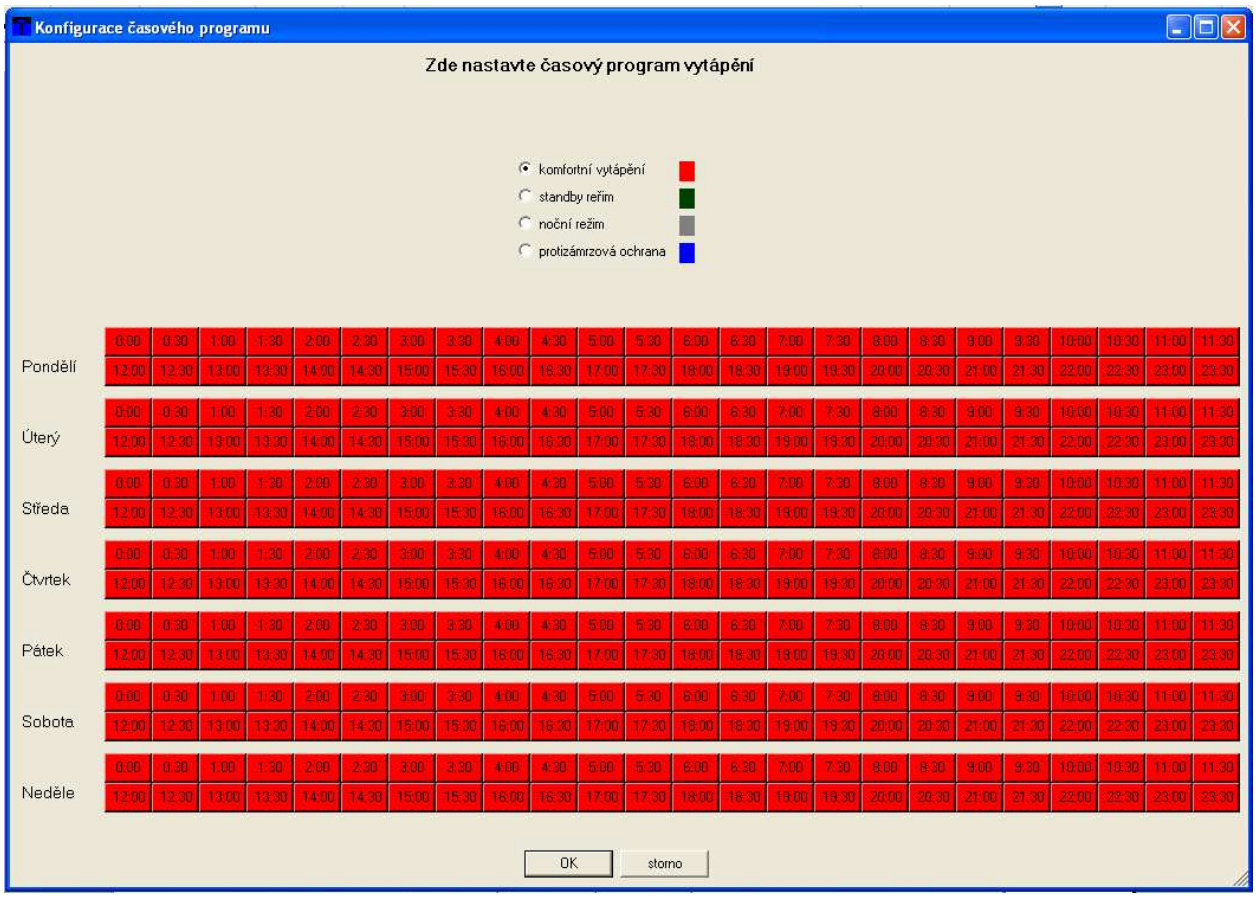
Místnost je uživatelsky nejdůležitější konfigurační prvek v systému. Blok místnost obsahuje samostatný podblok časový plán. V tomto bloku si uživatel nakonfiguruje přesný časový plán vytápění, pro každou místnost zvlášť, tak aby vytápění objektu bylo co možná nejefektivnější. V bloku místnost je třeba nastavit tyto parametry:

- Název - slouží jako primární klíč k identifikaci místnosti
- Setrvačnost – tato hodnota určuje stupeň setrvačnosti místnosti, tzn. jak dlouho je místnost schopna udržet teplotu nebo naopak. Klasickým příkladem je rozdělení domu podle světových stran. Severní část domu prochladne jistě rychleji než jižní část domu. Podle toho se potom určí setrvačnost místnosti, aby mohla být místnost regulována co možná nejefektivněji.
- Senzor vnější teploty – (nepovinný) venkovní senzor udává informaci o vnější teplotě – důležité opět pro nastavení teploty v závislosti na ekvitermní křivce.
- Optimalizace vlastností chování při ohřevu – Systém bude schopen optimalizovat všechny vlastnosti místnosti při jejím ohřevu. Systém bude dle zkušeností upravovat topné křivky tak, aby to místnosti co možná nejvíce vyhovovalo. Tomuto principu upravování topných křivek na základě zkušenosti se říká *adaptivní regulace*.
- Hystereze – opět nastavuje stupeň hystereze, resp. setrvačnosti místnosti, implicitně nastavena na 0°C.
- Minimální doba požadavku – limituje minimální dobu údaje z čidla na požadavek, aby byl požadavek zaregistrován. Např. když se velice krátkodobě ochladí čidlo teploty

v místnosti (např. v důsledku náhlého průvanu) systém na tento skok nebude reagovat a vlastně ho vyfiltruje. Implicitně je tato doba nastavena na 0°C.

- Vytápěcí výstup – hodnota výkonu vytápěcího výstupu v místnosti. Tato hodnota není implicitně nastavena, protože je závislá na velikosti místnosti.
- Vytápěcí čerpadlo – jedná se v podstatě o čerpadlo, které do okruhu dané místnosti vhání topnou kapalinu.
- Senzor v místnosti – tento senzor měří okamžitou teplotu v místnosti
- Počet radiátorů v místnosti – toto nesouvisí s topným výkonem pro místnost, ten je daný jako součet výkonů všech radiátorů, tato informace je zde pro online designér.
- Počet okenních kontaktů v místnosti – tato informace slouží také pro konfiguraci online designéru.
- Komfortní režim – zde nastavujeme jednu ze 4 hodnot pro teplotu v místnosti, komfortní režim by měl být nejvyšší, mělo by se jednat o stav, kdy jsou obyvatelé přítomní v místnosti a žádají nejvyšší teplenou pohodu, implicitně nastavena na 21°C.
- Standby režim – zde nastavujeme druhou ze 4 hodnot pro teplotu v místnosti, standby režim by měl být režim s druhou nejvyšší teplotou v místnosti, jedná se o stav, kdy jsme doma, ale například nesedíme v obývacím pokoji u televize, ale uklízíme, či děláme nějakou jinou práci. Implicitně je nastaven na 20°C.
- Noční režim – zde nastavujeme třetí ze 4 hodnot pro teplotu v místnosti. Noční režim je klasicky režim pro spánek, implicitně nastavený na 18°C.
- Ochrana proti mrazu – zde nastavujeme poslední ze 4 hodnot pro teplotu v místnosti. Ochrana proti mrazu ukládá objekt do absolutního útlumu, kdy systém pouze hlídá, aby v objektu nedošlo k překročení hranice zámrzové hodnoty. Implicitně je tato hodnota nastavena na 7°C.

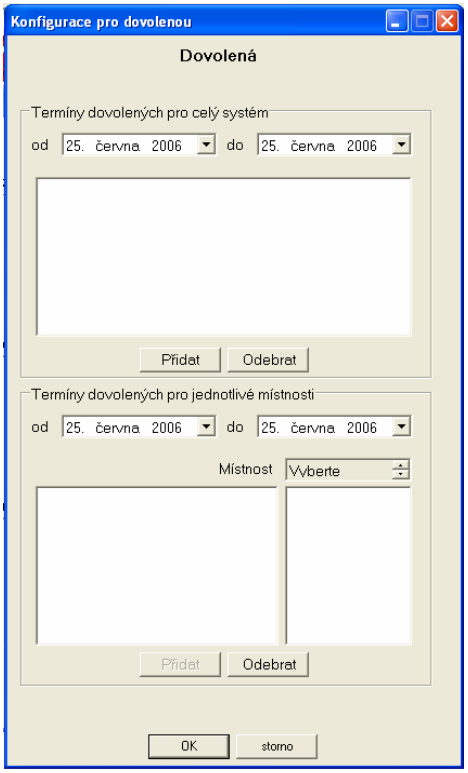
3.2.7 Blok časový program



Obr. 3.8 config. okno časového programu

Součástí bloku místnost je blok – Časový program. V Časovém programu si uživatel nakliká topnou křivku pro danou místnost. Každý den je rozdělen do 48 bloků po 30 minutách. Na každých těchto 30 minut je možné nastavit jinou hladinu teploty v místnosti. Hladiny teplot jsou zde rozvrstveny do 4 hladin dle barev. Červená značí komfortní režim, zelená standby režim, šedá noční režim a modrá protizámrzový režim. Teplotní hodnoty těchto režimů se nastavují v konfiguraci místnosti.

3.2.8 Blok dovolená



Obr. 3.9 konfig. okno dovolené

Blok dovolená umožňuje nastavit stálou teplotu v objektu mimo časový plán. Tato teplota je automaticky nastavena na protizámrzovou hodnotu – toto bude řešeno až v samotném hardware, konfigurační software pouze oznamuje dovolenou po jistou dobu. Dovoleno je možné nastavit jak pro celý systém (objekt), tak pro jednotlivé místnosti. Je ošetřeno, aby nebylo možné nastavit datum OD vyšší než datum DO.

Funkce pro ošetření jedinečnosti atributu název

Funkce pro ošetření jedinečnosti atributu název – ten je používán jako primární klíč k přístupu, k jednotlivým blokům.

```
//kontrola kolize názvů
public static void kontrKolize(ArrayList list, int pocet, TextBox t)
{
    for (int i = 0; i < list.Count / pocet; i++)
    {
        if ((String)list[i * pocet] == t.Text) t.Text = t.Text + "1";
        if (t.Text == "Žádný") t.Text = t.Text + "1";
    }
}
```

tato funkce kontroluje, jestli se v seznamu typu ArrayList nenachází řádek, jehož první atribut (název) je shodný s názvem, který se chystáme použít pro nový řádek. Pokud tomu tak je, funkce přidá k novému názvu číslo 1 a tím ho odliší od již použitého názvu. Vstupní

parametry této funkce jsou: vstupní ArrayList, který prohledáváme, počet elementů v jednom řádku a TextBox, který obsahuje název, který bude uložen.

3.3 Datové typy, popis algoritmů zpracování

V tabulce Tab. 3.1 jsou vypsány použité seznamy pro ukládání konfiguračních informací. Tabulka odpovídá uspořádání na obr. 3.1. Jsou v ní ale vypsány použité datové typy pro jednotlivé elementy, které jsou popsány v předchozí kapitole.

Název ArrayListu	prvků v řádku	Datové typy prvků v ArrayListu							
ConfSenzor.senzor	2	String	Decimal						
ConfCerpadlo.cerpadlo	6	String	String	String	String	Decimal	Decimal		
ConfSmesovac.smesovac	12	String	Decimal	Decimal	Decimal	Decimal	String	Decimal	Decimal
		Decimal	String	String	String				
ConfKotel.kotel	16	String	String	String	Decimal	Decimal	Decimal	Decimal	Decimal
		Decimal	Decimal	String	String	String	String	Decimal	String
ConfTUV.bojler	8	String	String	String	String	String	Decimal	Decimal	String
ConfMistnost.Mistnost	16	String	Decimal	String	String	Decimal	Decimal	Decimal	String
		String	Decimal	Decimal	Decimal	Decimal	Decimal	Decimal	ArrayList
ConfCasovyProgram.casovyP	336	...String...							
ConfDovolena.dovolena	2	String	String						

Tab. 3.1 Tabulka datových typů

Pozn. k tabulce: Pro upřesnění datovým typem String je myšlen řetězec znaků, Datovým typem Decimal je myšlen datový typ typu Decimal. Objektem ArrayList je myšlena instance třídy Systém.Components.ArrayList(). V levém sloupci (Název ArrayListu) jsou vypsány názvy ArrayListu použitých pro ukládáni dat jednotlivých komponent. V druhém sloupci (prvků v řádku) je vypsán počet prvků v každém řádků jednotlivého listu (přístup k jednotlivých prvkům pomocí primárního klíče popsán v algoritmu níže). Ve třetím sloupci jsou vypsány datové typy ukládané do listu.

Pro vyhledávání komponent (jednotlivých senzorů, čerpadel, apod.) je použita tato funkce:

```
public static int zjistiNazev (ArrayList list, int pocet, String s)
        {
            int hodnota = 0;
            for (int i = 0; i < list.Count / pocet; i++)
            {
                if ((String)list[pocet * i] == s)
                {
                    hodnota = pocet * i;
                }
            }
            return hodnota;
```

Vstupními parametry této funkce jsou: ArrayList list (ArrayList, ve kterém hledáme řádek dotyčného prvku), int pocet (počet elementů v jednom řádku) a String s (primární klíč, podle kterého poznáme řádek s dotyčným prvkem – vždy použit název prvku). Tato funkce vrací vždy pořadí primárního klíče v listu. Protože primárrním klíčem je vždy název, který je vždy umístěn na prvním místě řádku, je potom orientace v listu přehledná a snadná.

3.4 Chybové hlášky v programu

V aplikaci může nastat několik chybových momentů. Některé momenty (výjimky) jsou ošetřeny pouze klauzulí a koncový uživatel se ani nedozví, že k výjimce došlo (např. snaha o odebrání root node ze stromu treeView). Většina chyb je ale ošetřena chybovými hláškami.

Prvním typem chyby je, že uživatel nevybere uvnitř nějaké komponenty z nabízeného seznamu žádnou komponentu a snaží se tlačítkem OK uložit konfiguraci. Např. v komponentě čerpadlo nevybere v seznamu senzorů žádný senzor a snaží se čerpadlo uložit. Tento typ chyby je ošetřen pomocí objektu z třídy System.Windows.Forms.ErrorProvider(). V našem případě je objekt nastaven tak, že začne blikat bílý vykřičník v červeném kolečku vedle nevyplněné komponenty a bliká tam do té doby, než uživatel komponenty vyplní.

Druhým typem chyby je snaha o vytvoření komponenty, k níž ovšem není vytvořena komponenta podmíněná. Např. pro komponentu ohřívač TUV (bojler) je nezbytně nutný pro vytvoření senzor pro umístění „senzor nahoře“, jestliže není nadefinován žádný senzor a uživatel se snaží vytvořit nový ohřívač TUV (bojler), objeví se chybové hlášení jako instance třídz System.Windows.Forms.MessageBox(). Takovéto hlášení se dále objevuje v případě neúspěšného uložení nebo načtení XML souboru s konfiguraci.

3.5 Návrh struktury programu designér

Pro designér má za úkol představovat univerzální prostředí pro rozmisťování součástek a v budoucnu i online ovládání a vizualizaci součástek. Jeho základem je plátno, do kterého načteme obrázek – ten představuje například půdorys domu. Dále máme k dispozici 2 typy součástek. Prvním typem je součástka typu 1/0. Druhým typem je součástka typu číslo. Tyto objekty můžeme do designéru libovolně přidávat a odebírat, je s nimi možno volně pohybovat po

plátně. Veškeré informace jsou poté uloženy do XML souboru. Do designéru je možno naimportovat i konfigurační XML soubor ze softwaru vytápění objektů a provést vizualizaci podle nastavených údajů.

3.5.1 Návrh objektů typu „1/0“ a „číslo“

Objekt typu 1/0 a číslo se skládá z komponent Systém.Windows.Forms.Label(), a Systém.Windows.Forms.PictureBox(). Obě tyto komponenty jsou umístěny pro snadnější manipulaci v objektu Systém.Windows.Forms.GroupBox(). Objekt je vytvořen vždy po stisku tlačítka pro vytvoření daného objektů. Jako takový je také ihned uložen do objektu ArrayList. Přístup k objektu je zajišťován pomocí Tagu, který je objektu přidělen hned po jeho vytvoření. Tento Tag je pro daný objekt jedinečný, je možné ho použít jako primární klíč k identifikaci objektu. Jedinečnost Tagu je zajištěna touto funkcí, které Tag objektu přiděluje:

```
private int genTag(ArrayList listObject, int pocet)
  {
      int vyslTag= 0;
      for (int i = 0; i < listObject.Count / pocet; i++ )
      {
          GroupBox g = (GroupBox)listObject[pocet * i];
          if ((int)g.Tag == vyslTag)
          {
              vyslTag++;
              i = -1;
          }
      }
      return vyslTag;
      }
```

Funkce prohledává ArrayList lisObject (list, který obsahuje uložené objekty) a testuje, jestli v listu není přítomen GroupBox se stejným Tagem, jaký hodlá přidělit novému objektu. Int počet jako vstupní parametr určuje počet prvků v jednom řádku ArrayListu.

Pro pohyb komponent po plátně je vytvořen speciální objekt RectTracker, který je instancí třídy ConfDesignerRectTracker(). Tento objekt je nastaven tak, že po kliknutí na komponentu, které je přidělen, je tato komponenta do něho vložena a pomocí rectrackru je s ní možnost pohybovat.

3.5.2 Objekt typu 1/0

U objektu typu 1/0 je možné uživatelem nastavit tyto údaje:

- Název – zobrazuje se jako nadpis GroupBoxu v horní části
- Obrázek pro stav ON – tento obrázek je vidět uživatelem, je-li objekt ve stavu ON (1)
- Obrázek pro stav OFF - tento obrázek je vidět uživatelem, je-li objekt ve stavu OFF (0)
- Nápis pro stav ON – tento nápis se zobrazuje jako obsah Labelu, pokud je objekt ve stavu ON (1)
- Nápis pro stav OFF - tento nápis se zobrazuje jako obsah Labelu, pokud je objekt ve stavu OFF (0)
- Poznámka

U objektu je také možno ručně nastavit stav, ve kterém se nachází, v budoucnu bude software nastavován dálkově a hodnoty budou nastavovány interaktivně. Všechny tyto údaje je možné zadávat přímo do objektu po výběru z kontextového menu objektu. Všechny tyto údaje jsou společně s objektem ukládány do seznamu List, čili je možné je uložit a později znovu načíst.

3.5.3 Objekt typu číslo

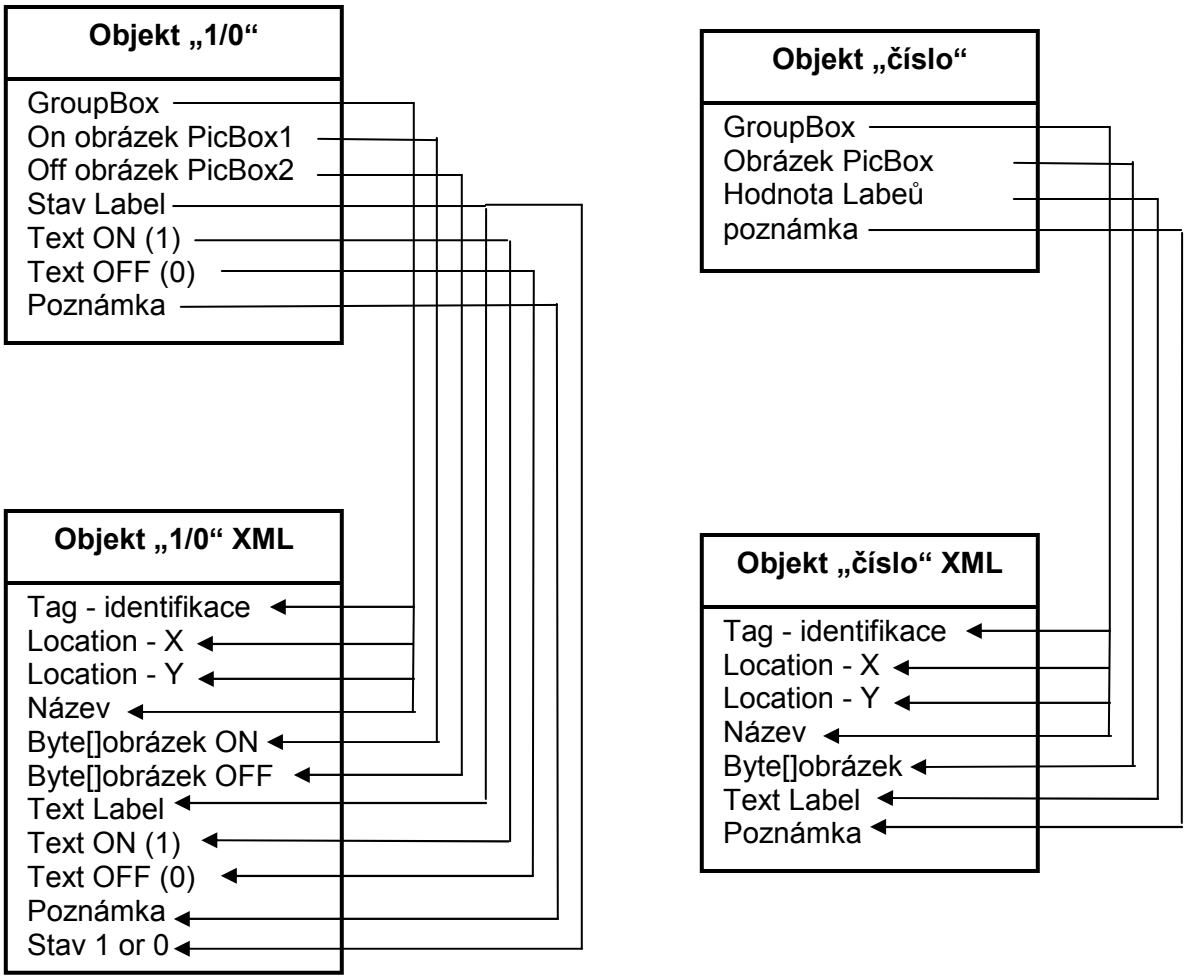
U objektu typu číslo je možné uživatelem nastavit tyto údaje:

- Název – zobrazuje se jako nadpis GroupBoxu v horní části
- Obrázek – Zobrazuje se jako ikonka
- Poznámka

Rovněž platí vše, co objektu typu 1/0. Je možné vše uložit a znovu načíst, hodnotu je také možné nastavit ručně.

3.5.4 Datová struktura designéru

Datová struktura designéru se skládá ze dvou listů typu ArrayList, do kterých se ukládají oba typy objektů a údaje, které s nimi souvisí. Na obr. 3.10 je vidět, že data se do ArrayListu ukládají jako celé objekty (GroupBox, PictureBox, Label). Jako taková je ale není možné serializovat do XML souboru. Proto jsou z obou ArrayListu generovány ArrayListy, které obsahují jen data v elementárních datových typech nebo v řetězcích. Na obr. 3.10 je znázorněno propojení obou listů z generovanými listy, které slouží k serializaci do XML souboru. Generované XML listy jsou navržené tak, aby po deserializaci bylo možné rekonstruovat design, resp. plán místnosti.



Obr. 3.10 Datová struktura designéru s propojením

V tabulce Tab. 3.2 jsou vypsány datové typy vkládané do listů. V tabulce Tab 3.3 jsou potom generované listy, které obsahují pouze datové typy, které je možné serializovat do XML souborů. Pozastavím se nad serializací obrázků, které jsou přímo vkládány do XML souboru.

Obrázek je nejprve převeden na bitmapu, poté je konvertován na pole byte[] (viz. zdrojový kód níže) a jako takový je ukládán do generovaného ArrayListu a poté serializován do XML souboru.

```
//obrazek je preveden na Bitmapu
picture = (Bitmap)pictureBox2.Image;

//Nyni je vytvoren Converter
TypeConverter BitmapConverter= TypeDescriptor.GetConverter(picture.GetType());

//Pote je obrazek ulozen do listu jako byte[]
listObject2.Add((byte[])BitmapConverter.ConvertTo(picture, typeof(byte[])));

//zpetna konverze obrazku
picture = new Bitmap(new MemoryStream((Byte[])pictureByte);
```

Název ArrayListu	prvků v řádku	Datové typy prvků v ArrayListu						
ConfDesigner.listObject1	4	GroupBox	PictureBox	Label	String			
ConfDesigner.listObject2	7	GroupBox	PictureBox	PictureBox	Label	String	String	String

Tab. 3.2 Tabulka datových typů

Název ArrayListu	prvků v řádku	Datové typy prvků v ArrayListu						
PripravaSave.listObject1	7	Integer	Integer	Integer	String	Byte[]	String	String
PripravaSave.listObject2	11	Integer	Integer	Integer	String	Byte[]	Byte[]	String
		String	String	String	Integer			

Tab. 3.3 Tabulka datových typů v generovaném listu

3.6 Převod dat mezi programem „Vytápění“ a „Designér“

Designér je koncipován tak, že funguje naprosto nezávisle na programu Vytápění. Tak je to stavěno z důvodu univerzálnosti. V programu Vytápění se ovšem dají nastavit některá data, která jsou určená pro design. Tato data se nachází v objektu „místnost“ a jde o prvky:

- Venkovní senzor
- Vnitřní senzor
- Počet okenních kontaktů
- Počet radiátorů

Do programu Designér je možno proto naimportovat výsledný konfigurační XML soubor z programu vytápění. Program Designér obsahuje funkci, která vybere z konfiguračního souboru vygenerovaném programem Vytápění tyto čtyři informační prvky a uloží je do konfiguračního souboru pro Designér. Potom je tedy možné načíst dané prvky z nově vygenerovaného XML

souboru, který již je čitelný pro Designér. Protože je možné v programu Vytápění nakonfigurovat více objektů typu místnost, je součástí převáděcího programu i pole, ve kterém si uživatel vybere pro kterou místnost chce sestavovat design, resp. pro kterou místnost chce vygenerovat XML soubor pro Designér.

Data z programu designér jsou pro jednotlivé prvky ukládána viz. Tab 3.4 – pro objekt typu číslo a Tab 3.5 – pro objekt typu 1/0. V tabulkách je znázorněna tvorba ArrayListů pro objekty typu číslo (upravený pro převod do XML) a pro objekty typu 1/0 (upravený pro převod do XML) struktura těchto listů je zřejmá (viz. obr. 3.10). Tyto ArrayListy jsou potom dále serializovány do XML jako by to byl ArrayList vygenerovaný samotným Designérem. Tučně jsou v tabulkách označeny informace převzaté z konfiguračního souboru, který byl vygenerován programem Vytápěním (název vnitřního senzoru, název vnějšího senzoru, počet radiátorů (i), počet okenních kontaktů).

	Počet	Tag (int)	Location X (int)	Location Y (int)	Název (String)	Obrázek (Byte [])	Text (String)	Pozn. (String)
Vnitřní senzor	1	1	(default) 94	(default) 89	**Název senzoru**	(default) obr. senzoru	"0"	"Vniřní senzor"
Vnější senzor	1	2	(default) 94	(default) 89	**Název senzoru**	(default) obr. senzoru	"0"	"Vniřní senzor"
Radiátory	**i**	i+2	(default) 94	(default) 89	rad_i	(default) obr. radiatoru	"0"	"Radiátor"

Tab. 3.4 Tabulka generování listů pro objektu typu číslo

Okenní kontakty	Počet	Tag (int)	Location X (int)	Location Y (int)	Název (String)	Obrázek ON (Byte [])
	j	j+i+2	(default) 12	(default) 89	okno_j	(default) obr. okna
	Obrázek OFF (Byte [])	Text (String)	Text ON (String)	Text OFF (String)	Pozn. (String)	Stav (int)
	(default) obr. okna	"0"	"Otevřeno"	"Zavřeno"	"okno"	1

Tab. 3.5 Tabulka generování listů pro objektu typu 1/0

3.7 XML soubory s konfigurací

3.7.1 Úvod do XML

XML (eXtensible Markup Language) vychází ze standardu jazyka SGML (Standard Generalized Markup Language). SGML umožňuje vytváření vlastních značkovacích jazyků pomocí DTD (Document Type Definition). Jeho nejznámější aplikací je zřejmě HTML (HyperText Markup Language), který má ale pevně definované značky (tagy) v příslušném DTD. V dokumentu XML můžeme, narozdíl od HTML, používat libovolné tagy, kterými právě definujeme strukturu a význam dat v tomto dokumentu uložených. To znamená, že XML dokument nenese pouze data jako taková, ale i informace právě o jejich struktuře a významu. Další výhoda dokumentu XML je nezávislost na použitém kódování, je možné jej zapsat v libovolném kódování, což se ale musí uvést do hlavičky dokumentu.

3.7.2 Ukládání konfiguračních dat do XML

Konfigurační data jsou do XML souboru ukládány postupně po datových celcích ArrayList tak, jak jsou do těchto listů ukládána přímo v programu. Zpětně jsou pak data načtena deserializací znovu do těchto ArrayListů, z těchto listů jsou potom načtena a zpracována. Příklad serializace ArrayListu, který obsahuje konfigurační údaje místnosti:

```
// Serializace ArrayListu do XML souboru
[XmlArray("Konfigurace_mistnosti"), XmlArrayItem("Mistnost")]
public System.Collections.ArrayList confMistnost = ConfMistnost.confMistnost;
```

Do ArrayListu confMistnost, který bude serializován (resp. deerializován) do XML souboru je načten ArrayList ConfMistnost.confMistnost, který obsahuje konfigurační data místnosti. Výsledná část XML dokumentu potom vypadá takto:

```
  <Mistnost xsi:type="xsd:string">Obývák</Mistnost>
  <Mistnost xsi:type="xsd:decimal">5</Mistnost>
  <Mistnost xsi:type="xsd:string">Tex1</Mistnost>
  <Mistnost xsi:type="xsd:string">false</Mistnost>
  <Mistnost xsi:type="xsd:decimal">0</Mistnost>
  <Mistnost xsi:type="xsd:decimal">0</Mistnost>
  <Mistnost xsi:type="xsd:decimal">0</Mistnost>
  <Mistnost xsi:type="xsd:string">Č1-ÚT</Mistnost>
  <Mistnost xsi:type="xsd:string">Tin 1</Mistnost>
```

```
<Mistnost xsi:type="xsd:decimal">21</Mistnost>
<Mistnost xsi:type="xsd:decimal">20</Mistnost>
<Mistnost xsi:type="xsd:decimal">18</Mistnost>
<Mistnost xsi:type="xsd:decimal">7</Mistnost>
<Mistnost xsi:type="xsd:decimal">2</Mistnost>
<Mistnost xsi:type="xsd:decimal">2</Mistnost>
```

Každý řádek v XML dokumentu obsahuje atribut ITEM, který vyjadřuje, že se jedná o místnost, dále datový typ, v kterém je uložena informace v daném řádku, dále přímo informaci, kterou daný řádek obsahuje a dále je označen konec řádku.

Analogicky jsou uloženy všechny ArrayListy do XML souboru a to jak v programu vytápění, tak v programu Designér.

3.8 Architektura kompletního systému

Cílem této práce sice není přímo navrhovat systém pro regulaci vytápění, nicméně mi přijde vhodné alespoň nastínit, jak by kompletní systém fungoval. Výsledným produktem konfiguračního softwaru by byl XML soubor s konfiguračními daty. Tento XML soubor by byl prostřednictvím protokolu TCP/IP odeslán do řídící jednotky. Řídící jednotka by tento konfigurační soubor dekódovala (stejnými algoritmy, kterými byl v programu zakódován) a provedla by nastavení konstant, potřebných pro řízení vytápění. Zpětná vazba na konfigurační program z programu vytápění není nutná – konfigurační program pouze nastavuje data a konstanty potřebné pro regulaci, nemusí disponovat žádnými údaji o řídící jednotce.

Zpětná vazba z jednotky ale musí být zavedena u programu Designér. Smysl programu Designér je v tom, že si uživatel navrhne rozložení různých komponent v místnosti a tyto komponenty potom budou z řídící jednotky ON-LINE přebírat informace o svém skutečném stavu. Tento stav bude potom v programu designér znázorněn. Uživatel tedy bude mít přehled o stavu konfigurovaných komponent v reálném čase. Jelikož i Designér ukládá veškeré údaje o nastavených komponentách do XML souboru a tento soubor je potom zpětně načítán, navrhuji založit online komunikaci mezi řídící jednotkou a programem Designér na aktualizaci nastavení pomocí načítaní XML souboru. Představa je taková, že řídící jednotka odešle upravený XML soubor upravenými hodnotami (např. žárovka se rozsvítila) programu Designér a ten dotyčný XML soubor znovu načte a tím změní stav např. vypínače na obrazovce Designéru. Tato

komunikace by mohla být vyřešena i jinak, např. pomocí binárních souborů, pomocí nichž by byly kontrolovány stavy. Řešení pomocí aktualizace XML souborů ale přináší některé výhody, které nelze opomenout. Mezi tyto výhody patří například to, že jednotka bude mít stálou kontrolu nad tím, které komponenty jsou nakonfigurovány a to proto, že bude mít stále k dispozici XML soubor s konfigurovanými daty. Nebude tedy docházet k případům, že např. jednotka odešle informaci o stavu třech vypínačů, i když v programu budou nakonfigurovány jen dva.

KAPITOLA 4

4. Zhodnocení výsledů práce

Cílem práce bylo navrhnout konfigurační software pro systém pro regulaci vytápění. Dále bylo zadáno navrhnout Designér, který má sloužit k rozmisťování komponent po půdorysu budovy.

Součástí práce je i poměrně rozsáhlá teorie k regulaci vytápění. Tato teorie by měla výrazně pomoci při návrhu hardwarové části zařízení. Jsou v ním podrobně popsány postupy regulace vytápění, postupy nastavování topných křivek a principy regulace. Teorie sice nemá nic společného s programovaným softwarem, ale je důležitá k celkovému pochopení principů regulace vytápění v objektech. V mnoha případech z ní lze vyvodit důvod volby údajů, které jsou použity pro konfiguraci většiny komponent.

Software pro konfiguraci vytápění byl navržen tak, aby pomocí něho mohlo být nakonfigurováno univerzálně jakékoliv zařízení pro regulaci vytápění. Důvodem toho je pro mnohá zařízení zbytečně obsáhlá nabídka konfiguračních údajů. Na druhé straně, pokud na daném zařízení nebude nutné nastavovat konfigurační údaje např. u čerpadla, tak je uživatel jednoduše nenastaví a sekce v konfiguračním XML souboru zůstane prázdná. Návrh struktury komponent, konfiguračních údajů, které by měly být k dispozici byl proveden s konzultací s odborníky z oboru regulace vytápění.

Další částí práce je program Designér. Tento program je navržen univerzálně pro obecné použití, nejen pro software pro regulaci vytápění. V programu designér má uživatel k dispozici dva typy komponent pro umístění. První typ komponenty je komponenta typu 1/0. Tato komponenta může představovat např. vypínač, žárovku, apod. Druhý typ komponenty je komponenta typu číslo. Tato komponenta může představovat např. display, úroveň svícení žárovky, apod. Designér není tedy určen striktně jen pro vytápění objektů. Spolupráce mezi

programem pro konfiguraci vytápění a designérem je vyřešena speciálními funkcemi, které program Designér obsahuje. Tyto funkce převedou konfigurační XML soubor z programu vytápění na XML konfigurační soubor programu designér, který je potom možné v designéru otevřít.

Výsledkem práce je tedy popsání problému regulace vytápění, návrh a implementace konfiguračního souboru pro regulaci vytápění a návrh a implementace grafického prostředí pro rozmísťování komponent po objektu, toto prostředí je v práci nazýváno jako Designér.

5. Použitá literatura a software

[1] BAŠTA, J. *Hydraulika a řízení otopných soustav*, 1. vyd. Praha: ČVUT, 2003, 252s.

[2] LÁZŇOVSKÝ, M. a kol. *Vytápění rodinných domků*, 1. vyd. Praha: nakl. T. Malina, 1996, 488s.

[3] BAŠTA, K. a kol. *Výkresová dokumentace ve vytápění,* 1. vyd. ČESKÉ BUDĚJOVICE: Společnost pro techniku prostředí, 1999, 40s.

[4] DVOŘÁČEK, K. *Inteligentní budovy*, 1. vyd. Praha: České energetická agentura, 1996, 36s.

[5] BAŠTA, J. a kol. *3xTeplo k vytápění, k ohřevu vody*, 2. vyd. Jindřichův Hradec: EKIS Cooptherm, 1998, 102s.

[6] VANDAS, M. *Technická zařízení budov*, 1. vyd. Praha: Verlag Deshofer, 2003, 451s.

K naprogramování aplikace bylo použito vývojové prostředí:
Microsoft Visual Studio 2005 .NET

6. Přílohy

6.1 Zadávací formulář

České vysoké učení technické v Praze, fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky Školní rok:2005/2006

Zadání bakalářské práce

Student: Pavel Novák

Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: SW pro konfiguraci vytápění objektů

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s požadavky na řídící systém regulaci vytápění s možnostmi individuálního nastavení jednotlivých místností.
2. Navrhněte vhodnou koncepci SW pro nastavování parametrů řídící jednotky, s důrazem na univerzálnost a snadné rozšíření (např. definiční soubor jednotky ve formátu XML).
3. Implementujte vhodné grafické rozhraní v prostředí Microsoft .NET.
4. Komunikace se samotnou jednotkou by měla probíhat přes aplikaci napsanou jako službu operačního systému. S touto službou se pak bude komunikovat pomocí TCP/IP protokolu (bude tedy umožněn i dálkový přístup z jiného počítače).

Seznam odborné literatury: Dodá vedoucí práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Němeček

Datum zadání bakalářské práce: zimní semestr 2005/06

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 6. 2006

Prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

Prof. Ing. Zbyněk Škvor, CSc.
děkan

V Praze, dne 1. 2. 2006

6.2 Návod k použití aplikace Vytápění

Pravým kliknutím na komponentu ve stromě se otevře kontextové menu s volbou „Přidat komponentu“. Po vyplnění dialogového okna komponenty a stisku OK se komponenta automaticky přidá do stromu. Poté (po rozevření stromu) pravým klikem na již konkrétní komponentu rozevřete kontextové menu komponenty, kde si můžete zvolit z dvou možností – „editovat“ nebo „prohlédnout“. Při editaci můžete komponentu libovolně upravovat nebo i odebrat, při prohlížení je možné komponentu pouze prohlížet. Poté, co máte přidané všechny komponenty, které jste chtěli přidat kliknutím na soubor – uložit můžete konfiguraci uložit do XML souboru. Také je samozřejmě možno z již existujícího XML souboru konfiguraci načíst volbou otevřít. Výsledný XML dokument (musí být uložený) si můžete prohlédnout kliknutím na menu XML výstup.

Přidávání (editace, prohlížení) jednotlivých komponent:

Teplotní senzor

- Vyplňte název senzoru, příp. teplotní kompenzaci

Čerpadlo

- Vyplňte název.
- Dále vyberte ze seznamu Směšovací ventil (pokud žádný nechcete, vyberte žádný, v nabídce je také!) a Zdroj tepla – kotel (pokud žádný nechcete, vyberte žádný, v nabídce je také!).

Směšovač

- Pro přidání směšovače je nutné mít nadefinován alespoň jeden senzor! Bude použit pro regulační senzor, bez tohoto senzoru není možné směšovač nadefinovat!
- Vyplňte název
- Vyberte v nabídce regulační senzor a senzor venkovní teploty (pokud žádný nechcete, vyberte žádný, v nabídce je také!).

Zdroj tepla (kotel)

- Vyplňte název
- Dále vyberte z nabídky Senzor kotle, venkovní senzor, čerpadlo kotle, směšovač zvýšení zpětného toku, směšovač modulační regulace, další kotel – u všeho platí, že pokud nechcete žádný, vyberte z nabídky „žádný“

- Pokud chcete nastavovat spínací hysterezi atd. (týká se všech možností, které jsou defaultně nastaveny na needitovatelné) musíte nastavit senzor kotle – nesmí být vybrána možnost žádný.

Příprava TUV (bojler)

- Pro přidání bojleru je nutné mít nadefinován alespoň jeden senzor! Bude použit pro „senzor nahoře“, bez tohoto senzoru není možné bojler nadefinovat!
- Vyplňte název
- Vyplňte plnící čerpadlo, senzor nahoře, senzor dole, prioritní obvod – zakázané čerpadlo (opět platí, že pokud žádné nechcete, vyberte z nabídky možnost „žádný“)

Místnost

- Vyplňte název
- Vyplňte senzor venkovní teploty, vytápěcí čerpadlo, senzor v místnosti (opět platí, že pokud žádné nechcete, vyberte z nabídky možnost „žádný“)
- Dále nastavte teploty pro jednotlivé úrovně topení (režimy) – komfortní, standby, noční, protizámrzový
- Nyní otevřete Časový program. Zde si zakliknutím checkboxu zvolíte teplotní úroveň pro každých 30 minut v jednom dni.
- Stiskněte OK v konfiguraci časového programu a nyní OK v konfiguraci místnosti
- Pro případný import do programu Designér budou použity z místnosti tyto údaje: Vnitřní senzor, venkovní senzor, počet radiátorů, počet okenních kontaktů

Dovolená

- Zde si nastavte dovolenou od-do buď pro celý objekt nebo pro jednotlivé místnosti, potvrďte OK

6.3 Návod k použití aplikace Designér

Program Designér je univerzální vizualizační program. Základem jsou dva objekty. Kliknutím na tlačítko „přidat prvek typu 1/0“ přidáte prvek typu 1/0, kliknutím na tlačítko „přidat prvek typu číslo“ přidáte prvek typu číslo. Po kliknutí do tohoto prvku (na obrázek) se kolem celého objektu objeví světlý obdélník. Chycením objektu za tento obdélník je možné prvkem libovolně pohybovat. Pravým tlačítkem vyvoláte u každého prvku kontextové menu. V tomto menu můžete nastavovat různé parametry prvku:

Prvek typu „1/0“

- Název – Nastavíte název prvku, objeví se v levém horním rohu prvku
- Odebrat – odeberete prvek
- Obrázek ON – nastavíte obrázek pro stav ON (1)
- Obrázek OFF – nastavíte obrázek pro stav OFF (0)
- Nastavit ON – přepnete prvek do stavu ON (1)
- Nastavit OFF – přepnete prvek do stavu OFF (0)
- Výraz pro ON/OFF – Nastavíte max. 10 písmenné výrazy co chcete, aby bylo u prvku napsané při jednotlivých stavech
- Poznámka – Vložíte nebo si prohlédnete poznámku

Prvek typu „číslo“

- Název – Nastavíte název prvku, objeví se v levém horním rohu prvku
- Odebrat – odeberete prvek
- Obrázek – nastavíte obrázek pro prvek
- Nastavit hodnotu – nastavíte hodnotu
- Poznámka – Vložíte nebo si prohlédnete poznámku

Dále je zde paleta, po které s prvky pohybujete, tu se doporučuje nastavit hned na začátku. Můžete do ní nahrát libovolný obrázek volbou Soubor – Načíst půdorys vyberte obrázek (Většinou půdorys nějakého domu). Nyní můžete začít umisťovat Vaše prvky na správná místa. Celý plán můžete uložit volbou Soubor – uložit plán, samozřejmě také načíst již existující volbou Soubor – otevřít plán. Můžete také naimportovat design z konfiguračního souboru vygenerovaném programem vytápění. Pokud jste si v programu nadefinovali místnost a

potřebné senzory, můžete volbou Soubor – Import XML z vytápění načíst tyto informace do designéru, uložit do správného formátu designéru a poté otevřít v Designéru.