

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA MĚŘENÍ



Diplomová práce

Koncept integrovaného řízení domu

Petr Kirsch

Vedoucí práce: prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

Studijní program: Inteligentní budovy, prezenční, Magisterský

11. května 2015

Poděkování

Děkuji své rodině za podporu při studiu na vysoké škole, panu Karlu Kabele-
mu za vedení školních prací a odbornému konzultantovi Ladislavu Šmejkalovi.

Abstract

The diploma thesis deals with the conceptual design of the integrated management of the house, which was designed for a specific building, linking the subsystems of the technical devices of the building and the coordinated management with the main control unit. For proposed Control system were used devices operating on the Foxtrot control system from Teco a.s., also hardware configuration was consulted with its employees. The estimate of the total cost of the proposed system, serving for thermal comfort in the house, is also part of thesis.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá konceptuálním návrhem integrovaného řízení domu, které bylo navrženo pro konkrétní budovu, propojením podsystémů technického zařízení budovy a jejich koordinovanému řízení hlavní řídicí jednotkou. K návrhu řídicího systému byla použita sada produktů operujících na řídicím systému Foxtrot od společnosti Teco a.s., také hardwarová sestava systému byla konzultována s jejími zaměstnanci. Součástí práce je též odhad celkové ceny navrženého systému, starajícího se o tepelnou pohodu v domě.

Čestné prohlášení autora práce

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 11. května 2015

Autor práce.....

Obsah

1 Seznámení s budovou	2
1.1 Popis objektu	2
2 Konceptní řešení technických zařízení budov	5
2.1 Směrodatná kritéria pro návrh technického zařízení budovy .	5
2.2 Větrací systém	5
2.2.1 Vzduchotechnická (VZT) jednotka	6
2.2.2 Specifické údaje VZT jednotky	7
2.2.3 Distribuce vzduchu	12
2.2.4 Sání čerstvého vzduchu	13
2.2.5 Koncové prvky vzduchotechnického systému	14
2.2.6 Podzemní vzduchový kolektor	15
2.3 Zdroj tepla	18
2.3.1 Tepelné čerpadlo	19
2.3.2 Podlahové vytápění	19
2.4 Pasivní chlazení	22
3 Řízení technického zařízení	25
3.1 Úvod	25
3.2 Spojitost mezi systémy	26
3.3 Propojenost podsystémů	26
3.4 Popis chování	26
3.5 Řízení a kooperace podsystémů	27
3.5.1 Řízení VZT systému	27
3.5.2 Řízení okruhů otopné vody	29
3.5.3 Řízení venkovních žaluzií	30
3.5.4 Propojení podsystémů	31
3.5.5 Vývojové diagramy	32

4	Konfigurace řídicího systému	35
4.1	Řídicí systému Tecomat Foxtrot	35
4.2	Hardwarová sestava	37
5	Odhad ceny systému	42
5.1	Cena VZT systému	43
5.2	Systém venkovních žaluzií	46
5.3	Systém vytápění domu	47
5.4	Řídicí systém	48
5.5	Celková cena systému	48
6	Závěr	50
7	Přílohy	1
7.1	Příloha A	1

Seznam obrázků

1.1	Rodinný dům se zázemím pro malou firmu	4
2.1	Ukázka z návrhového programu	8
2.2	VZT jednotka DUPLEX 1100 Flexi	8
2.3	Technická data	10
2.4	Rozměry jednotky	10
2.5	Výkony a účinnost rekuperace	11
2.6	Hladina akustického výkonu	11
2.7	Doplňující tabulka akustického výkonu	12
2.8	Hlavní páteřní větev a patrové větve	13
2.9	Patrová větev a finální odbočky	14
2.10	Regulační klapka se servem LM230A	15
2.11	Přívodní cesty, míšení vzduchu	16
2.12	Podhledy v místnosti	16
2.13	Potrubí zemního výměníku	17
2.14	Tepelné čerpadlo HP3BW15E	19
2.15	Vertikální průběh teploty[1]	20
2.16	Horizontální průběh teploty[1]	20
2.17	Schema zapojení soustavy otopné vody	21
2.18	Proniklá a odražená sluneční radiace [16]	23
2.19	Žaluzie kryté v roletovém boxu [17]	24
2.20	Provedení roletového boxu zkosený 20° [17]	24
3.1	Rozdělení výkon VZT jednotky	29
3.2	Propojení technické zařízení budovy s centrální jednotkou	31
3.3	Vývojový diagram konceptuálního programu ovládání místnosti	32
3.4	Vývojový diagram konceptuálního chování VZT jednotky	33
4.1	Základního modul Foxtrot CP-1000 k a jeho připojení na CIB linku [14]	37
4.2	Připojení externího modulu mastera k řídicímu CP-1000 [14]	39
4.3	Propojení systému	41

Seznam tabulek

1.1	Požadavky a údaje místností	3
2.1	Doporučené hodnoty n50,N [10]	6
5.1	Kalkulace 1.NP pro VZT systém	43
5.2	Kalkulace podzemní vzduchový kolektor	43
5.3	Kalkulace 2.NP pro VZT systém	44
5.4	Kalkulace 3.NP pro VZT systém	45
5.5	Kalkulace VZT systému	46
5.6	Kalkulace venkovní žaluzie 2.NP	46
5.7	Kalkulace venkovní žaluzie 3.NP	47
5.8	Kalkulace otopné soustavy	47
5.9	Kalkulace řídicího systému	48
5.10	Kalkulace zařízení a materiálu celého systému	48
5.11	Odhad cen prací nutných k uvedení systému do provozu.	49

ÚVOD

S rostoucí životní úrovní a čím dál tím vyšším komfortem je spotřebováváno více energie. Současná politika je zaměřena na co možná nejefektivnější úspory a recyklaci energií. Dále podporuje obnovitelné zdroje energie. Přínosy tohoto směru jsou správnými kroky k udržitelnému rozvoji a šetření přírody.

Z těchto důvodů hledáme stále lepší a efektivnější technologie. S tím jde ruku v ruce také hledání sofistikovanějšího řízení. Dva různé algoritmy při řízení stejné technologie mají odlišné výsledky, ať už jde o množství ušetřené energie nebo rychlosti provedení.

Nasazení moderního zařízení je tím efektivnější, čím chytřeji je naprogramována jeho činnost s provázaností na ostatní systémy budovy, se kterými daný systém využívající zařízení interaguje.

Proto není divu, že nárůst nízkoenergetických staveb stále roste. Napomáhají tomu dotační programy, například Zelená úsporám. Tento směr je také podchyten legislativou a nejedná se pouze o rodinné domy, ale o všechny nové stavby.

Počáteční náklady na výstavbu jsou logicky vyšší, přísnější kritéria znamenají kvalitnější materiály a dnes i řídicí systémy. Výbavu technického zařízení budovy je třeba udržovat v dobré kondici. Jedná se například o pravidelnou výměnu filtrů ve vzduchotechnickém systému. Mějme však na paměti, že kvalita vnitřního prostředí budovy je mnohem vyšší. Ze zdí na nás nesálá zima díky kvalitní izolaci, budova je dobře provětrávána, čerstvého vzduchu je dostatek a jsou tím tak odbourány negativní projevy při vyšší koncentraci oxidu uhličitého, která má za následek únavu nebo bolesti hlavy. Rovněž vzduch v místnosti není zbytečně vlhký a nedochází tak ke kondenzaci a růstům plísní.

Kapitola 1

Seznámení s budovou

1.1 Popis objektu

Předmětem řešení je návrh řídicího systému pro rodinný dům s kancelářskými prostory, který slouží též jako zázemí pro menší firmu. Kalkulováno je zde se šesti zaměstnanci a čtyřčlennou rodinou, tedy dohromady deset osob. V prvním podlaží jsou garáže, sklad, dílna, koupelna, schodiště do vyšších pater a technické zázemí domu. V druhém podlaží se nachází prostory pro kancelářskou práci, též toaleta a kuchyňka pro pracovníky. Ve třetím podlaží je obytná část, tedy dětské pokoje, ložnice, obývací pokoj, koupelna, pokoje pro hosty a kuchyně.

Z energetického hlediska se jedná o nulový dům (téměř nulový). Aby budova mohla být označena jako nulová, musí splňovat přísná kritéria - velmi malé tepelné ztráty, těsnost, nucené větrání a s tím spojené zpětné získávání tepla. V podstatě jde o budovu s malou spotřebou energie, která je zcela nebo z velké části dotována z obnovitelných zdrojů energie. V domě jsou použity materiály, jež zajišťují roční spotřebu tepla na vytápění do 5 kWh/m^2 za rok (viz příloha - Tepelné ztráty, kde je ověřeno výpočtem dle normy ČSN EN 12831 tepelné ztráta domu, příloha je v elektronické podobě). Ve výpočtech bylo kalkulováno s hodnotou tepelné ztráty 5 kWh/m^2 za rok, výsledek dle výše uvedené normy je $4,98 \text{ kWh/m}^2$ za rok.

V tabulce 1.1 jsou uvedeny požadované parametry v jednotlivých místnostech.

Místnost	$t_{\text{požadovana}}$ [°C]	Vlhkost [%]	Průtok vzduchu* [m^3/h]
Skład	20	50	
Dílňa 1.NP	20	50	
Garáž	20	50	50
Technická místnost	20	50	
Koupelna přízemí	24	50	
Schodiště doma 1	20	50	
Schodiště práce 1	20	50	
Zasedací místnost	20	50	150
Kancelář 1	20	50	50
Kancelář 2	20	50	50
Kancelář 3	20	50	50
Chodba	20	50	
Kuchyňka	20	50	
Úklidová komora	20	50	
Toaleta	20	50	
Umývárna	20	50	
Obývací pokoj	20	50	150
Koupelna	20	50	
Pokoj SZ	20	50	50
Koupelna	24	50	
Pokoj JZ	20	50	50
Pokoj J	20	50	50
Pokoj JV	20	50	50
Chodba	20	50	

Tabulka 1.1: Požadavky a údaje místností

*Čerstvého vzduchu

Teplota v místnostech je volena s ohledem na obvyklé hodnoty, které se při projektování nulových domů používají. Vlhkost vzduchu v místnostech je určena jako dlouhodobý průměr, malé změny aktuálních hodnot jsou tedy přípustné. Objemový průtok čerstvého vzduchu byl stanoven na základě předpokládaného počtu lidí, pobývajících v jednotlivých místnostech.

Objekt, pro který bylo navrženo integrované řízení navrženo je na obr. ??.



Obrázek 1.1: Rodinný dům se zázemím pro malou firmu

Kapitola 2

Koncepční řešení technických zařízení budov

Výkresy s rozvody jednotlivých sítí jsou v příloze složka Výkresy v elektronické podobě, jedná se o rozvody pitné vody, kanalizace (splaškové i dešťové), podlahového vytápění a vzduchotechniky.

2.1 Směrodatná kritéria pro návrh technického zařízení budovy

Práce vychází z požadavků, které musí být splněny, aby budova mohla být nazývána nulovou. Zároveň je cílem navrhnout takový systém, aby byl schopný správně řídit a integrovat veškeré podsystémy budovy. Odtud plyne, že je zapotřebí užití nadřazeného systému, který je schopen obousměrné komunikace a ovládání podsystému.

2.2 Větrací systém

Pro správnou funkci vzduchotechnického systému nulového domu je důležité zajistit maximální možnou vzduchotěsnost budovy, která je nezbytná pro správné fungování nuceného větrání s rekuperací [8]. Při proudění vzduchu netěsnostmi dochází k únikům tepla. Není-li zajištěna kvalitní vzduchotěsnost domu, ztrácí rekuperační jednotky smysl, protože vzduch uniká jinudy a nikoli skrz rekuperační jednotku, kde dochází k výměně energie. Snižuje se tak účinnost větracího systému.

Kritickým místem bývají osazovací spáry oken, dále to jsou přechody mezi

lehkou a zděnou konstrukcí - například napojení střešní konstrukce na obvodové zdivo budovy, zde parotěsná vrstva ze střešní konstrukce musí být souvisle spojena s omítkou. Dalším místem napojení vzduchotěsné vrstvy je přechod mezi stěnou a podlahou. Těsnost budovy také něco vypovídá o tom, jak důsledně byla provedena výstavba obálkové konstrukce.

Vzduchotěsnost neboli průvzdušnost [9] domu je měřena metodou tlakového spádu podle ČSN EN 13829. Měřena je celková intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa: n_{50} , jednotkou je h^{-1} . Měřená budova má splnit podmínku:

$$n_{50} \leq n_{50,N}$$

kde

n_{50} ... hodnota intenzity výměny vzduchu při 50 Pa zjištěná měřením

$n_{50,N}$...limitní hodnota intenzity výměny vzduchu při 50 Pa stanovena tabulkou 2.1

Větrání v budově	$n_{50,N}$	$n_{50,N}$
	Úroveň I	Úroveň II
Přirozené	4,5	3,0
Nucené	1,5	1,2
Nucené se zpětným získáváním tepla (ZZT)	1,0	0,8
Nucené se ZZT, pasivní domy	0,6	0,4

Tabulka 2.1: Doporučené hodnoty $n_{50,N}$ [10]

2.2.1 Vzduchotechnická (VZT) jednotka

Při rozhodování, kterou VZT jednotku vybrat, bylo vycházeno z vícero parametrů (viz kapitola 2.2.2 Specifické údaje VZT jednotky). Upřednostněni byli větší výrobci.

Důvodem bylo, že již řadu let fungují na trhu, poskytují výrobky, které si spotřebitelé kupují a je již zaručená jistá kvalita produktů. Právě díky masivnějšímu rozšíření mezi zákazníky jsou vyráběny i technologické rozšíření, která jsou mnohdy kompatibilní i se staršími VZT jednotkami. Tím je zákazníkovi nabídnuta celá paleta výrobků, z nichž si může poskládat VZT systém na míru.

Dalším stěžejním důvodem je integrace VZT systému pod nadřazený řídicí systém domu. Zde je nutný přenos informací mezi účastníky komunikace (absolutní řídicí jednotkou a lokální řídicí jednotkou, která se stará o subsystém). Každý zde ze zmíněných důvodů musí být splněn, jinak by nešlo zajistit integrované řízení při splnění hygienických a komfortních požadavků.

Konkrétnější kritéria na VZT jednotku jsou dány:

- přívod čerstvého vzduchu dle vyhlášky č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- rychlost vzduchu v potrubí

Podle vyhlášky č. 20/2012 Sb. je požadované množství $25 \text{ m}^3/h$ čerstvého vzduchu na jednu osobu.

Maximální rychlost vzduchu v potrubí byla volena tak, aby nedocházelo k nežádoucím hlukovým projevům. Z toho důvodu je maximální rychlost protékajícího vzduchu potrubím stanovena na 4 m/s .

2.2.2 Specifické údaje VZT jednotky

Dále jsou na jednotku požadovány další nároky:

- by-pass
- zpětné získávání tepla
- regulace průtoku vzduchu
- možnost připojení nadřazeného řízení

Z výše uvedených důvodů byla vybrána VZT jednotka od společnosti ATREA. Větší firmy mívají více zákazníků, také větší zákaznickou podporu a dobrý servis v případě poruchy.

Dalším určujícím kritériem pro výběr VZT jednotky byla výpočtová hodnota průtoku vzduchu $700 \text{ m}^3/h$. Pro výběr vhodné VZT jednotky slouží návrhový software (návrhový program jednotek DUPLEX) od společnosti ATREA s.r.o. viz obr.2.1. Pomocí toho asistenčního nástroje byla vybrána

Pracovní bod | Konstrukce | Regulace | Specifikace | Poznámka | Katalogové listy

Název pozice VZT jednotka **Varianta** **Počet kusů** 1 ks

Typ jednotky
 vnitřní s protiproudým výměníkem

Speciální požadavky
 hygienické provedení dle VDI 6022 PHI certifikované zařízení

Požadované hodnoty

	Zimní provoz		Letní provoz		m ³ /h
	Požad.	Skutečný	Požad.	Skutečný	
Průtok vzduchu	700	700	700	700	
Externí statický tlak	200	200	200	200	Pa

Předehřívání
předehřívání není

Ohřev
ext. vodní ohřeváč

Chlazení
chlazení není

	Požad.	Skutečný	Požad.	Skutečný	°C
Teplota venkovního vzduchu	2,0		32,0		
Vlhkost venkovního vzduchu	90		35		%
Teplota přiváděného vzduchu	20,0	20,0		23,4	

Filtrace G4 M5 F7

Klapky
 By-passová klapka Pružná manžeta na hrdle e1
 Pružná manžeta na hrdle e2 standardní s havarijní funkcí
 Uzavírací klapka na hrdle e1

	Požad.		Skutečný		m ³ /h
	Požad.	Skutečný	Požad.	Skutečný	
Průtok vzduchu	700	700	700	700	
Externí statický tlak	174	174	174	174	Pa
Teplota odsávaného vzduchu	20,0		20,0		°C
Vlhkost odsávaného vzduchu	40		50		%

Filtrace G4 M5 F7

Charakteristika jednotky

Jednotka
Skříň DUPLEX 1100 Flexi RD4 RD4,CP19,wk
Ventilátor přívodní Me.107.EC1 (230 V, EC) pracovní bod 230 V 50 Hz 210 W
Ventilátor odvodní Mi.107.EC1 (230 V, EC) pracovní bod 230 V 50 Hz 147 W
Rekuperační výměník S3.B 81,0 % 3,5 kW
Filtr přívodní F7 kazetový sklonný manometr
Filtr odvodní M5 kazetový sklonný manometr
Vodní ohřeváč HW.2-H 0,67 kW
kapalina voda 60 / 50 °C
regulační uzel 4-cestný

Obrázek 2.1: Ukázka z návrhového programu



Obrázek 2.2: VZT jednotka DUPLEX 1100 Flexi

VZT jednotka DUPLEX 1100 Flexi viz obr. 2.2.

Větrací jednotky řady DUPLEX Flexi [2] jsou určeny pro komfortní větrání s vysokou účinností rekuperace pro bytové stavby. Jednotku je možné při instalaci stranově otočit (zaměnit přiváděný a odváděný vzduch).

Pro umístění VZT jednotky byla zvolena místnost (sklad), kde je nejmenší pohyb lidí. Je tak učiněno záměrně, neboť jednotka při svém provozu vydává hluk a z tohoto důvodu je žádoucí, aby tento hluk nijak nerušil osoby nacházející se v domě.

Pro nasávání vzduchu slouží EC ventilátory, které jsou poháněny elektromotorem s pružným uložením. Protiproudý rekuperační výměník je tvořen tenkostěnnými plastovými deskami. Vyznačuje se vysokou účinností, která je ovšem závislá na objemu protékajícího vzduchu výměníkem. By-passová klapka je ovládána servopohonem. Při otevření klapky by-passu se automaticky uzavírá průchod vzduchu výměníkem. K VZT jednotce výrobce nabízí různá příslušenství z něhož byl vybrán teplovodní ohřívač, ke kterému jsou připojeny regulační uzle. Teplo pro ohřívač se získává z tepelného čerpadla země-voda, které zde slouží mimo jiné hlavně jako zdroj tepla pro vytápění domu.

Níže uvedené tabulky a grafy nám poskytnou lepší představu o provozu a vlastnostech VZT jednotky. V některých grafech jsou hodnoty pro celou řadu Duplex Flexi, nás zajímají pouze grafy vztahující se k Flexi 1100. Z grafů můžeme vidět, že určité vlastnosti VZT jednotky rostou nebo klesají s objemovým průtokem vzduchu.

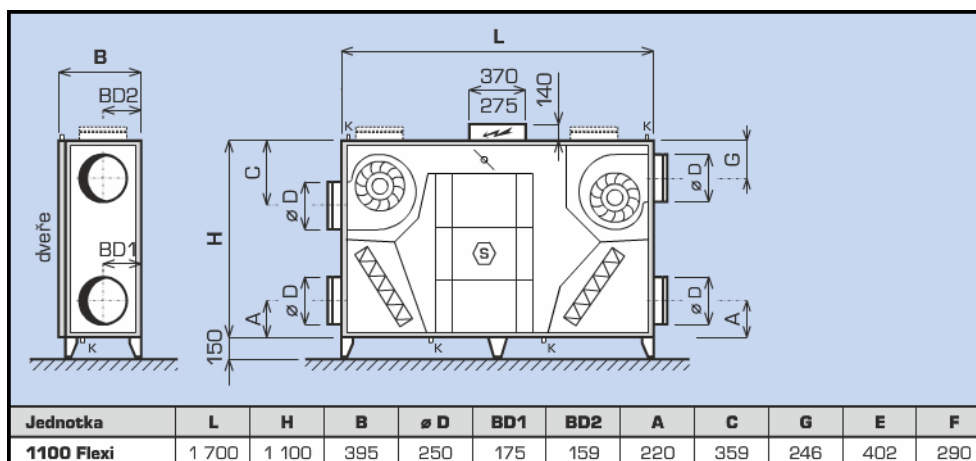
Seznam obrázků, grafů a tabulek vztahujících se k VZT jednotce DUPLEX 1100 Flexi:

- obr. 2.3 ukazuje technické údaje VZT jednotky
- obr. 2.4 ukazuje rozměry jednotky
- obr. 2.5 znázorňuje grafem tepelný a chladicí výkon, účinnost rekuperace v závislosti na velikosti průtoku vzduchu jednotkou
- obr. 2.6 ukazuje hladinu akustického výkonu
- obr. 2.7 je doplňující tabulka k obr.2.6

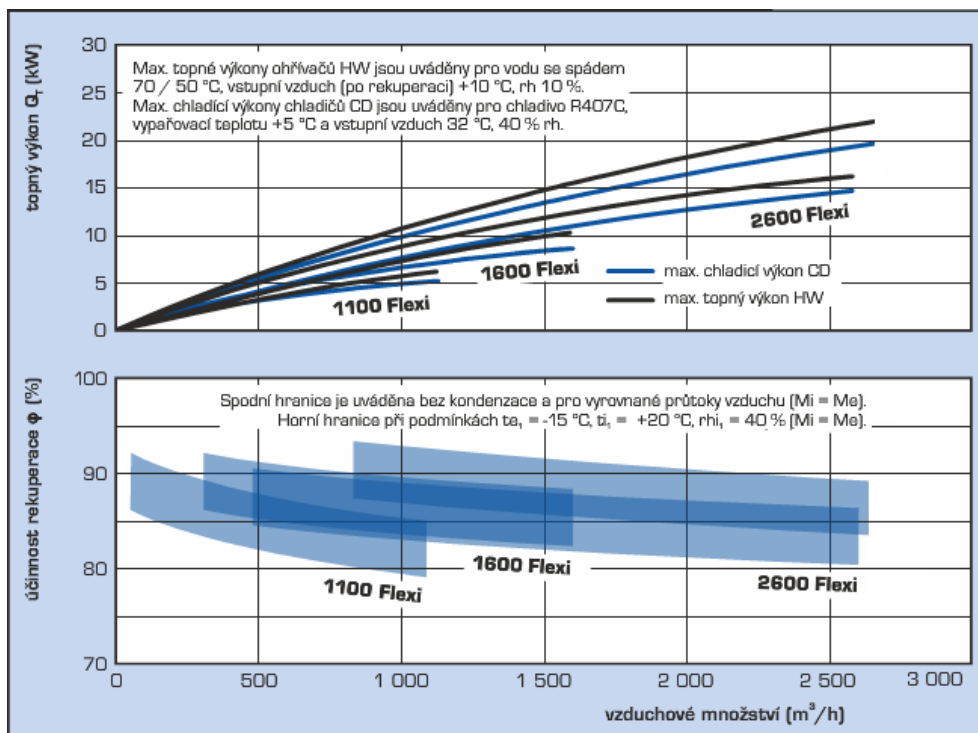
Typ		DUPLEX 1100 Flexi	
jmenovitý průtok vzduchu	m ³ h ⁻¹	1 000	
jmenovitý externí statický tlak	Pa	230	
příkon ve jmenovitém pracovním bodě	W	696	
účinnost rekuperace ¹⁾	%	viz graf	
hmotnost ²⁾	kg	147	
počet ventilátorů	-	2	
napětí	V	230	
frekvence	Hz	50	
max. elektrický příkon	W	780	
počet otáček	min ⁻¹	3 400	
třída filtrace	-	F7 / F5	

¹⁾ dle množství vzduchu – viz graf
²⁾ v závislosti na výbavě

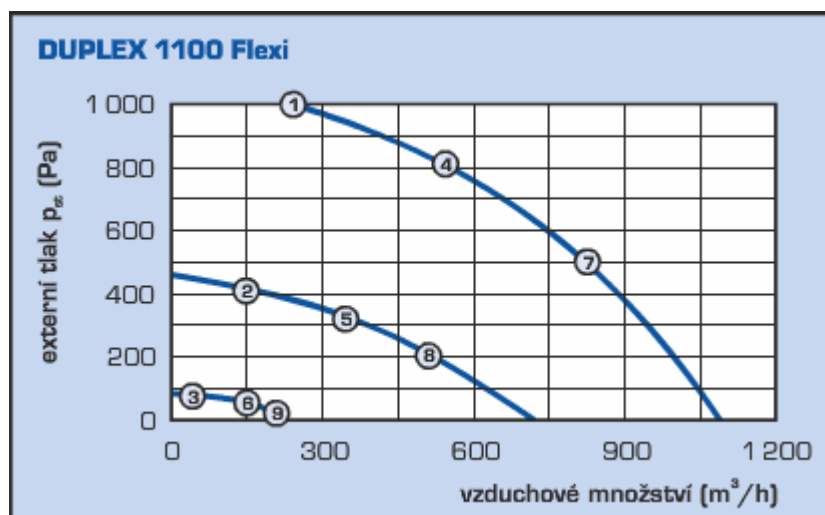
Obrázek 2.3: Technická data



Obrázek 2.4: Rozměry jednotky



Obrázek 2.5: Výkony a účinnost rekuperace



Obrázek 2.6: Hladina akustického výkonu

bod	DUPLEX 1100 Flexi		
	výtěk [dB(A)]	sání [dB(A)]	do okolí [dB(A)]
1	83,7	58,8	60,4
2	76,7	47,6	51,3
3	63,3	34,1	36,1
4	84,8	60,2	61,9
5	79,1	49,0	51,9
6	65,8	35,3	35,6
7	88,6	62,4	65,4
8	82,4	52,0	54,1
9	68,5	36,1	36,1

Obrázek 2.7: Doplnující tabulka akustického výkonu

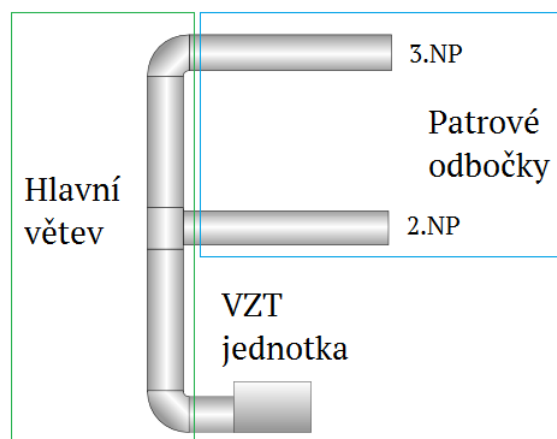
2.2.3 Distribuce vzduchu

Větrací systém celého domu má jednu VZT jednotku, umístěnou ve skladu nacházejícím se v prvním patře domu. Odtud je vzduch rozveden potrubím nejprve po prvním patře. V druhém a třetím patře jsou vytvořeny odbočky od hlavní rozvodné větve - viz obr. 2.8, která vede skrz podlaží.

Od patrových rozvodných větví je vzduch veden finálními odbočky (do jednotlivých místností což je znázorněno na obr. 2.9. Za každou finální odbočkou následuje zúžení profilu potrubí patrové větve. Je to z toho důvodu, aby byla zachována pokud možno stejná rychlost proudění vzduchu ve všech místech rozvodné sítě vzduchotechnického potrubí. Na každé finální odboče je instalována klapka se servo pohonem.

Přínos pro řízení je dán tím, že je známa rychlost proudění vzduchu procházejícím potrubím a k tomu ještě máme k dispozici údaj o počtu otevřených klappek. Tyto informace využijme pro řízení rychlosti otáček ventilátorů ve VZT jednotce.

Plní zde funkci "omezovače". Díky nim se čerstvý vzduch nedostane tam, kde ho není potřeba. Typicky o víkendu v domě nejsou zaměstnanci. Bylo by tedy zbytečné větrat druhé patro domu. Druhotně by to také mělo za následek, že by se ztrácel tlak v rozvodné síti VZT systému. VZT jednotka pracuje na požadovaná procenta z maximálního výkonu, právě podle informace o tom, kde se osoby v domě nacházejí.



Obrázek 2.8: Hlavní páteřní větev a patrové větve

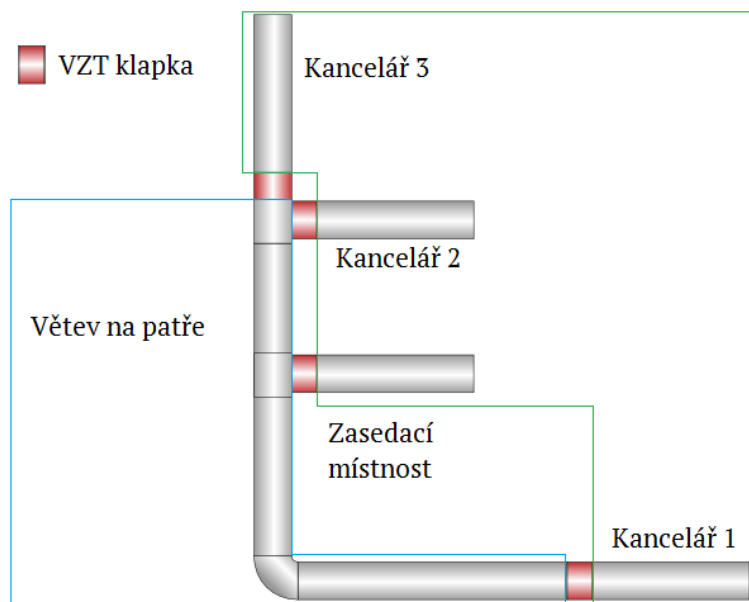
Otevírání a zavírání klapky zajišťuje servopohon, ten je napájen klasickým síťovým napětím 230 V / 50 Hz. Klapka je vybavena kabelem pro připojení k řídicí jednotce. Použita byla klapka od prodejce Klimat. Typ klapky je Regulační Klapka Se Servem LM230A - viz obr. 2.10. Tato řada obsahuje průměry 80 - 500 mm, což je plně dostačující pro naše účely.

2.2.4 Sání čerstvého vzduchu

Existují zde tři možnosti nasávání venkovního vzduchu:

- přímé
- přes podzemní vzduchový kolektor
- smíšené

Výhoda toho provedení je schopnost regulace teploty přiváděného vzduchu. O uzavření či otevření cesty se stará vzduchotechnická klapka osazená servopohonem. Poloha klapky je nastavitelná, aby bylo možné dosáhnout správného poměru množství vzduchu nasávaného přímo z venku a jdoucího přes kolektor. Situační schema znázorňuje obr. 2.11.



Obrázek 2.9: Patrová větev a finální odbočky

2.2.5 Koncové prvky vzduchotechnického systému

Jako koncový distribuční prvkem rozvodu vzduchu je použita obdélníková mřížka (taktéž je použita jako odvodní prvek odpadního vzduchu). Výhodami jsou možnost zabudování do kruhové VZT potrubí a především malá ústřední rychlost vzduchu přiváděného do místnosti. Listy mřížky jsou nastavitelné, čímž můžeme ovlivnit směr proudění vzduchu. Konkrétní rozměry mřížek naleznete v kalkulaci ceny VZT systému.

Potrubí je kryto částečným podhledem na místo úplného. Úplný podhled by zabíral více objemu v místnosti a strop by mohl působit nízkým dojmem. Podhled je vybudován nad oknem pro patrové rozvodné potrubí a pak pro finální odbočku mezi stěnou a stropem - viz obr. 2.12.



Obrázek 2.10: Regulační klapka se servem LM230A

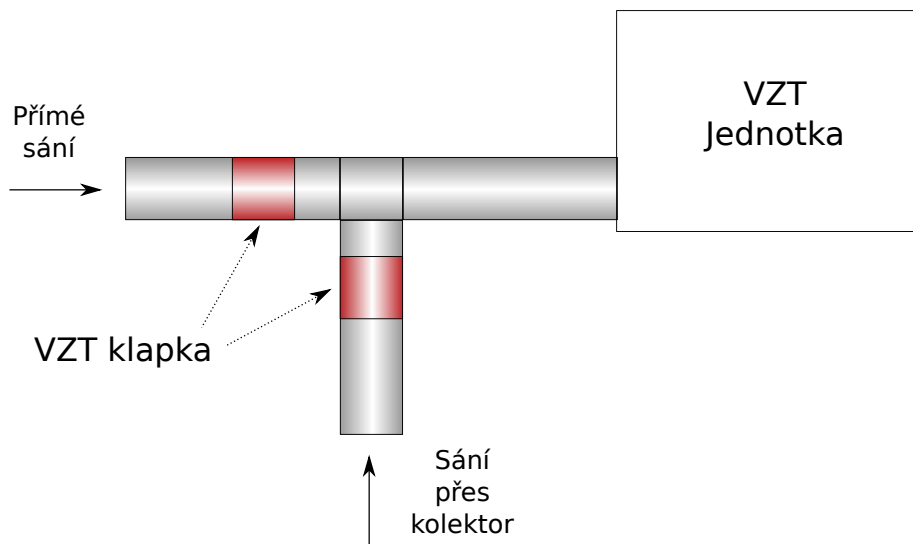
2.2.6 Podzemní vzduchový kolektor

Jedná se o potrubní systém zakopaný v zemi, nímž prochází čerstvý vzduch. Je to první část vzduchotechnického systému kudy vzduch prochází. Zde dojde k prvním úpravám čerstvého vzduchu. Instalace výměníku musí být provedena v nezámrazné hloubce, kde si zemina udržuje víceméně stabilní teplotu. Potrubí musí být vyspádováno kvůli vznikajícímu kondenzátu (docházelo by k hnilobě, dále by se zde množily bakterie, zápach i bakterie by byly větracím systémem rozváděny do objektu), zejména v letním období. Též je nutné zajistit filtraci vzduchu vstupujícího do výměníku. Ve venkovním vzduchu jsou obsaženy různé částice (prach, pyl, ...), které by zanášely výměník.

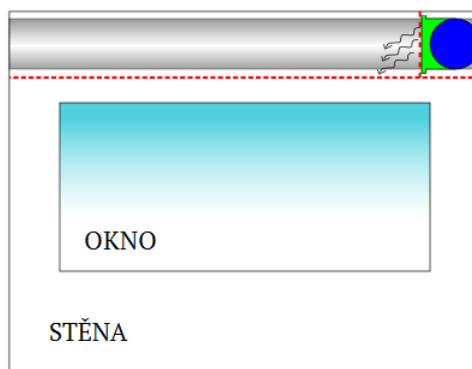
Jedná se o doplňkovou část vzduchotechnického systému [5]. V podstatě jde o předúpravu čerstvého vzduchu vstupujícího do VZT jednotky. Čerstvý vzduch je ochlazován nebo ohříván v závislosti na jeho teplotě. Čím déle je čerstvý vzduch ve výměníku, tím se více jeho teplota blíží teplotě zemského masivu. Z tohoto důvodu je žádoucí, aby rychlost proudění vzduchu ve výměníku byla malá řádově jednotky metrů za sekundu.

Další požadavky se vztahují na použitý materiál potrubního vedení výměníku:

- antimikrobiální úprava vnitřního povrchu potrubí
- optimální přestup tepla
- velká kruhová a podélná pevnost trubek
- možnost vysokotlakého proplachování
- absolutní těsnost systému vůči vnějším jevům



Obrázek 2.11: Přívodní cesty, míšení vzduchu



ČÁSTEČNÝ PODHLED
 OBDÉLNÍKOVÁ MŘÍŽKA
 FINÁLNÍ ODBOČKA
 POTRUBÍ

Obrázek 2.12: Podhledy v místnosti

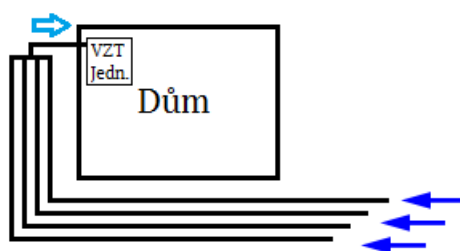
- těsnost systému vůči zemním plynům

V této práci byl zemní vzduchový výměník tepla navrhnout především jako protimrazová ochrana VZT jednotky zejména v zimních měsících. Mohlo tak být učiněno i proto, že velikost pozemku, na kterém objekt stojí, je dosti velká. Čerstvý vzduch je možné i při největším uvažovaném minimu teplot ($-12\text{ }^{\circ}\text{C}$) ohřát na teplotu vyšší než $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

V letních měsících je též přínosem, neboť ochlazuje přiváděný čerstvý vzduch a tím je snižována tepelná zátěž budovy v letních měsících. Pro vypočtený objemový průtok vzduchu $700\text{ m}^3/\text{h}$ je zapotřebí soustava trubek o celkové délce 200 metrů ($4 \times 50\text{ m}$) a průměru 150 mm viz obr. 2.13.

Projektovaných 50 metrů trubek není možné vést přímo, protože velikost pozemku 25×35 metrů nedovoluje instalaci potrubí vést rovně v požadované délce. Proto je potrubí vedeno kolem domu. Délka potrubí byla vypočtena na základě požadavku vstupní teploty čerstvého vzduchu do VZT jednotky vyšší než $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro výpočty byl použit volně dostupný kalkulační nástroj [3].

Kvůli zachování tlakových poměrů v potrubí byly navrženy dva na sebe navazující rošty tak, aby nasávaný čerstvý vzduch urazil stejně dlouhou cestu k VZT jednotce, ať už bude procházet libovolnou trubkou v obou roštech. Situační schema je znázorněno na obr. 2.13.



Obrázek 2.13: Potrubí zemního výměníku

Materiál trubek je volen PP speciál, který se vyznačuje relativně vysokou tepelnou vodivostí. Žádoucí je co nejvyšší hodnota vodivosti (vzduch se v potrubním systému výměníku lépe ohřívá). Tepelná vodivost použitého materiálu je $0,28\text{ W/m}\cdot\text{K}$.



Obrázek 2.14: Tepelné čerpadlo HP3BW15E

2.3.1 Tepelné čerpadlo

Jako zdroj tepla pro dům bylo zvoleno tepelné čerpadlo typu země - voda. Velikost pozemku nedovoluje použití zemního kolektoru, tedy bylo rozhodnuto pro variantu vrt, respektive soustavu vrtů. Tepelné čerpadlo bylo vybráno jako zdroj tepla také proto, že se jedná o obnovitelný zdroj energie. Dále nevyžaduje velkou údržbu a jeho užívání je snadné, kromě toho neznečišťuje životní prostředí, jako je tomu v případě zdrojů tepla, která spalují fosilní paliva.

Varianta tepelného čerpadla typu vzduch - voda byla zamítnuta, [1] neboť nedokáže plně hradit potřebnou dodávku tepelné energie (jedná se o bivalentní zdroj tepla). Je tedy nutné zařadit pomocný zdroj tepla (často se k variantě tepelného čerpadla země - voda používá elektrokotel nebo plynový kotel). Z těchto důvodů vyhrála varianta země - voda. Odpadají tím také revize pomocného zdroje tepla. Pro dům není potřebná plynová přípojka.

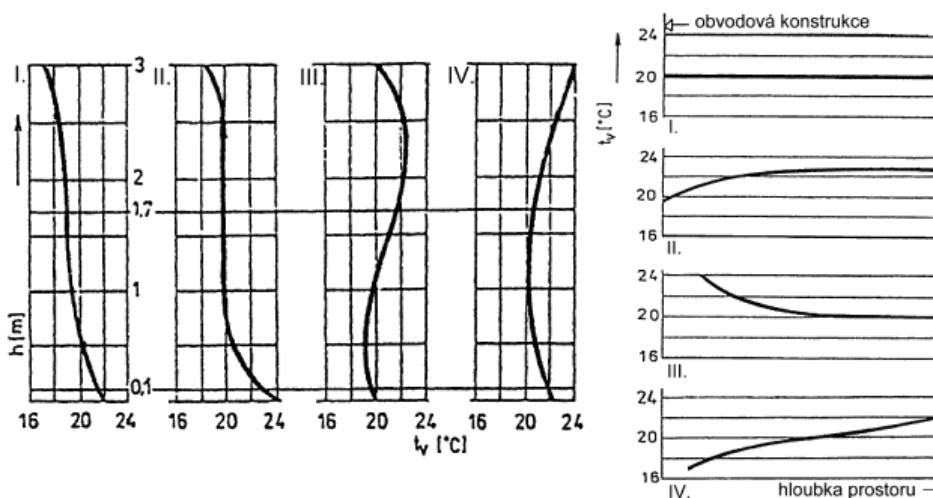
2.3.2 Podlahové vytápění

Teplovodní podlahové vytápění patří do kategorie velkoplošných vytápění[1], která se vyznačují především tím, že přenos tepla do místnosti je z větší části formou sálání u podlahové varianty je to přibližně sálání 55 : 45 % konvekci.

Povrchová teplota otopné plochy (v tomto případě podlahy) je poměrně nízká, proto i teplota otopné vody je nižší. Při projektování podlahové otopné plochy postupujeme tak, že tepelný výkon otopné plochy plně pokryje tepelnou ztrátu místnosti a zároveň střední povrchová teplota podlahy nesmí překročit hodnoty dané hygienickými předpisy.

Další nespornou výhodami tohoto typu vytápění jsou estetika (nikde na uživatele domu nekoukají žádné trubky ani otopná tělesa vše je schováno), prostorové rozložení teplot je nejbližší ideálnímu průběhu (ve vertikálním i horizontálním směru) viz. obr. 2.15 a 2.16, tím je dosažena dobrá tepelná pohoda. Objektivní teplota místnosti může být nižší, protože pocitové vnímání teploty je o něco výše díky komplexnímu působení infračerveného záření.

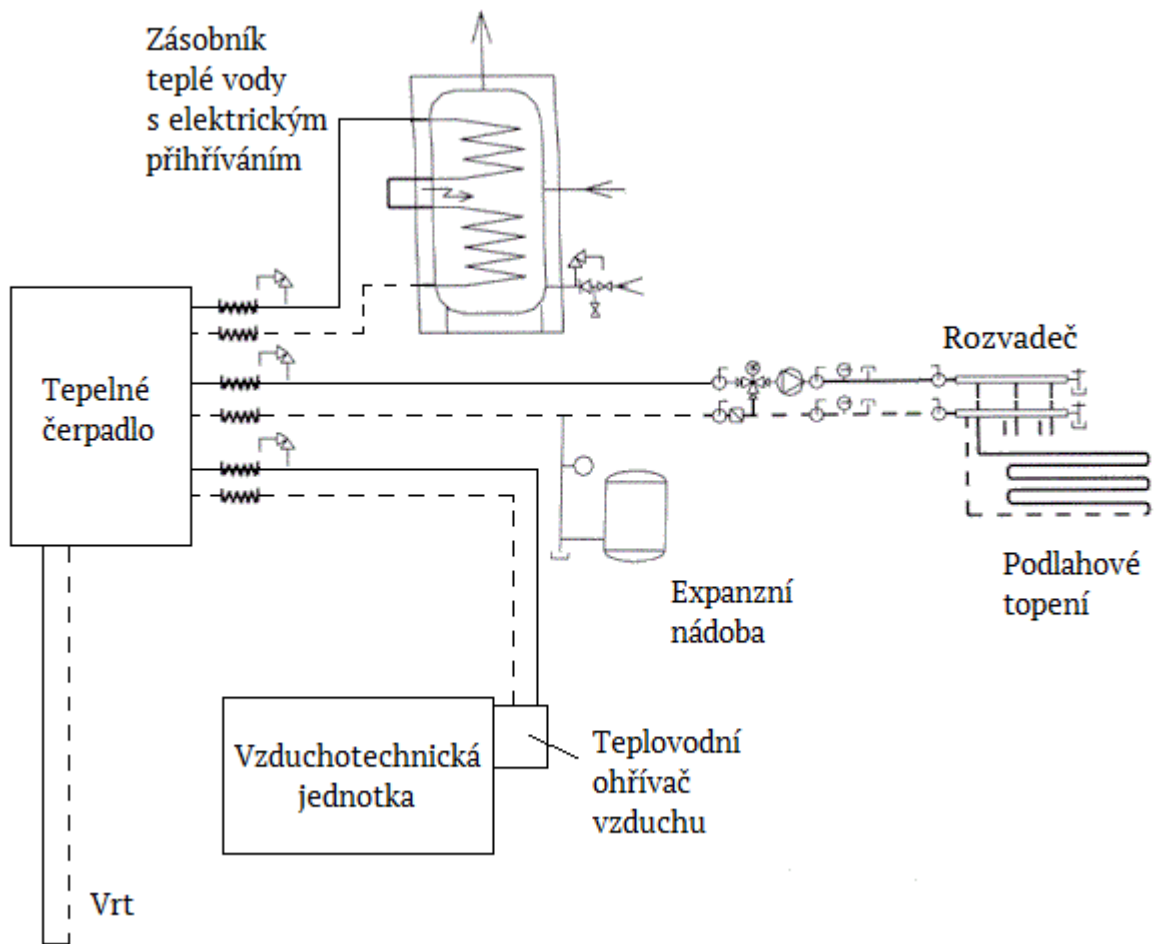
Rozvaděče podlahového vytápění jsou osazeny přímými termoelektrickými pohony MT8-024-N0-2.5M. Při výpadku elektřiny zůstane topný okruh otevřený. Vizualní indikátor ukazuje polohu ventilu a nastavení (otevřeno / uzavřeno) [20].



Obrázek 2.15: Vertikální průběh teploty[1]

Obrázek 2.16: Horizontální průběh teploty[1]

- I. ideálně požadovaný průběh
- II. podlahové vytápění
- III. článkové otopné těleso
- IV. stropní vytápění



Obrázek 2.17: Schema zapojení soustavy otopné vody

2.4 Pasivní chlazení

„Do vnitřních prostor přicházejí tepelné zisky, které podle jejich původu dělíme do dvou skupin: tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla, tepelné zisky z vnějšího prostředí. Zdroje tepla produkují tepelnou energii, způsobující přímé zvýšení teploty vzduchu formou tepelné zátěže citelným teplem. Lidé, některé výrobní procesy a vzduch produkují nebo obsahují vodní páry (vlhkost), které váží část tepla, čímž vytvářejí tepelnou zátěž vázaným teplem.“ [16]

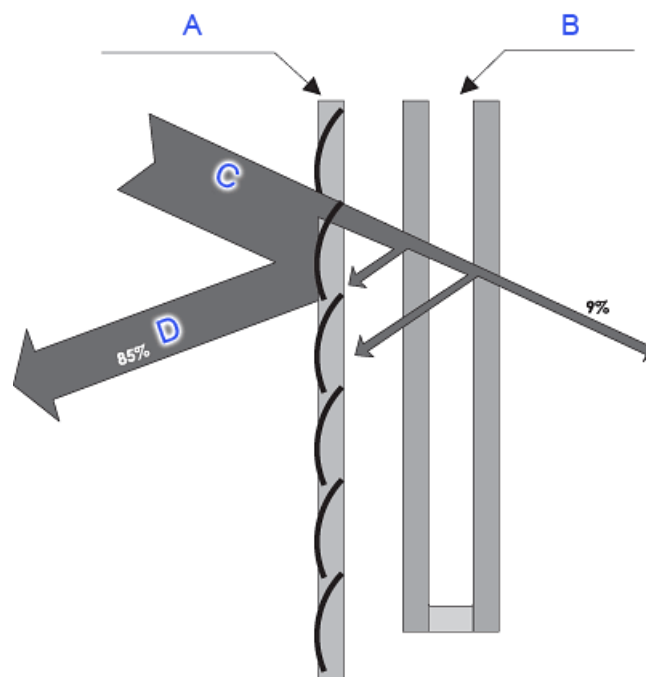
„K vnitřním zdrojům tepla patří produkce tepla lidí, svítidel, strojů, prostup tepla ze sousedních místností, případně tepelné zisky do výrobní technologie.“ [16]

„Tepelné zisky z vnějšího prostředí tvoří tepelné toky, přicházející vlivem prostupu sluneční radiace přes konstrukce stěn, stropů, zasklené plochy oken, dveří a působením infiltrace vnějšího vzduchu.“ [16]

„Tepelné zisky z vnějšího prostředí, především tepelné zisky od oslunění mají rozhodující vliv na tepelnou zátěž budov – vliv těchto zisků vzrůstá s velikostí prosklených ploch objektu. Okna, jejich provedení, orientace ke světovým stranám a stínění mají podstatný vliv na tepelnou pohodu v objektu. Těmto částem stavby je tedy třeba věnovat mimořádnou pozornost.“ [16]

„Tepelný tok okny má dvě složky – prostup tepla konvencí a prostup tepla sluneční radiací. Prostup tepla konvencí, jehož velikost závisí na ploše oken a součiniteli prostupu tepla (čím je kvalitnější zasklení okna, tím je součinitel nižší) má při oslunění jen malý význam. Podstatnou část tepelného toku okny tedy tvoří prostup tepla sluneční radiací, jehož hodnota závisí především na velikosti osluněného povrchu okna a na hodnotě stínícího součinitele „s“. Stínící součinitel vyjadřuje, jaká část radiace prochází sledovaným oknem v porovnání se standardním oknem s jednoduchým sklem. Velikost stínícího součinitele „s“ závisí na druhu používaného prosklení a druhu použitého stínícího prostředku. Při kombinaci několika způsobů stínění se získává hodnota stínícího součinitele „s“ vynásobením hodnot dílčích, tj.“ [16]

$$s = s_1 \times s_2 \times \dots \times s_n$$



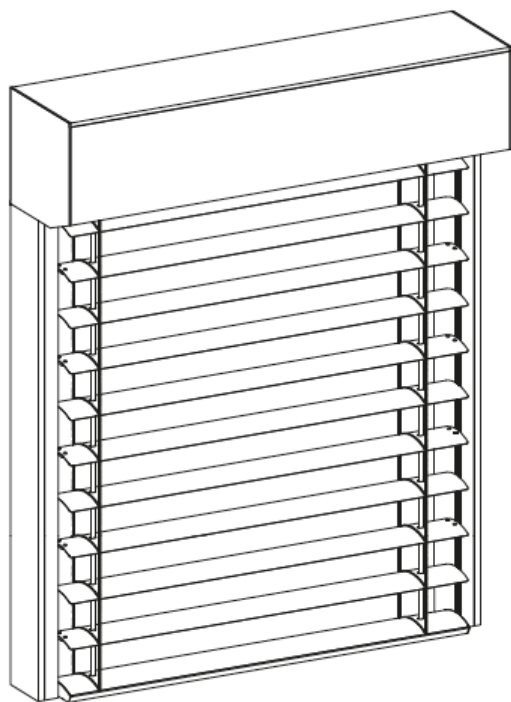
Obrázek 2.18: Proniklá a odražená sluneční radiace [16]

- A - vnější žaluzie - lamely 45° světlé
- B - dvojitě sklo
- C - sluneční záření
- D - odraz

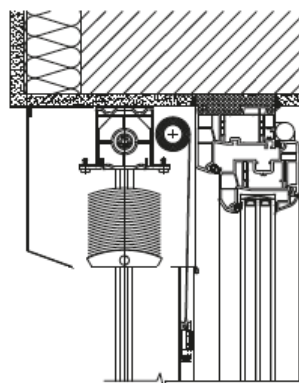
„Jednoznačné stanovení hodnoty snížení vnitřní teploty prostoru však není možno stanovit výpočtem – tuto hodnotu je možno zjistit pouze měřením vnitřní teploty před a po instalaci stínících prostředků.“ [16]

Venkovní žaluzie jsou uloženy v roletovém boxu viz obr. 2.19. Jsou tak chráněny před poryvy větru a další nepřízní počasí. Provedení bylo navrženo tak, aby roletový box nevyčníval z roviny stěny budovy a nehyzdil tak její vzhled viz 2.20. Poměr proniklého a odraženého záření znázorňuje obr. 2.18 Jelikož venkovní žaluzie jsou součástí inteligentního řídicího systému budovy, jsou řízeny nikoli klikou, nýbrž motorem. Motor lze ovládat dvojným způsobem. Prvním z nich je elektronický spínač, který slouží k ovládání

motoru osobami přímo. Druhý způsob zajišťuje inteligentní řídicí jednotka, která na základě obdržených informací vyhodnotí, zda žaluzie stáhnout nebo vytáhnout. Ovládání osobami má přednost před ovládaním žaluzií z řídicí jednotky.



Obrázek 2.19: Žaluzie kryté v roletovém boxu [17]



Obrázek 2.20: Provedení roletového boxu zkosený 20° [17]

Kapitola 3

Řízení technického zařízení

3.1 Úvod

Již při návrhu řízení chytrého domu musí být jasné požadavky na vnitřní prostředí. Od tohoto základního kamene se můžeme odrazit dále. Způsobů, jak realizovat dané požadavky na vnitřní klima, je více, proto musíme vždy k danému projektu zohledňovat mnoho faktorů. Při navrhování bychom si měli uvědomit, jaké technologie jsou na budově realizovatelné a jaké možnosti nabízí okolí budovy.

V duchu udržitelného rozvoje upřednostňujeme obnovitelné zdroje energií. Obnovitelné zdroje dodávající energie do budovy přispívají k její samostatnosti a tím menší míře závislosti na veřejných sítích. Je však bláhové se domnívat, že v blízké době většina budov bude elektricky nezávislá. Na druhou stranu jistá míra provázanosti by měla být zachována, aby zde byla možnost pro daný uzel sítě možnost chovat se jednou jako spotřebitel a po druhé jako producent.

Systémy domu by měly být provázány a kooperovat v symbióze. Jako v přírodě jsou jednotlivé organizmy provázány mezi sebou a doplňují se, tím se jejich žití stává snadnější a mnohdy i pohodlnějším. Naopak v případě parazitování či soupeření mnohdy trápí obě strany, v žádném případě by technologie neměly jít proti sobě. Například systému chlazení a vytápění by měl být nadřazen řídicí systém, který rozhoduje, kdy a co uvést do chodu - tím je eliminováno přetahování systémů.

3.2 Spojitost mezi systémy

Každý podsystém by měl být schopen pracovat samostatně, a to v míře, jež mu dovoluje technologické provedení. Při poruše neklíčového zařízení by měl být systém schopen stále řídit vnitřní klima budovy. Řídící program by tedy měl obsahovat scénáře, jak postupovat v případech poruchy zařízení. Je to důležité, neboť není žádoucí, aby např. při rozbití teploměru v místnosti přestal systém fungovat. Samozřejmě musí být dána informace uživateli, že došlo k poruše. Daná sekce se poté bude řídit nouzovým scénářem, a to do doby zjednání nápravy. Řídící systém musí být navrhnut tedy maximálně robustně, při zachování správné funkce systému.

3.3 Propojenost podsystémů

Kombinací otopného systému v provedení podlahového vytápění, jež je zde zástupcem převážně sálavých otopných systémů a větracího systému budovy, je zajišťována tepelná pohoda ve všech místnostech budovy, kde je předpokládán dlouhodobý pobyt uživatelů domu. Díky převážně sálavému způsobu vytápění byla projektována teplota v místnostech 20°C (kromě koupelen - v těch byla zvolena teplota vyšší, to je zajištěno hustějším uspořádáním otopného hada podlahového vytápění). Při sálavém způsobu vytápění je dosaženo tepelné pohody při nižším teplotách. Důsledkem je menší potřeba dodávky tepla - tedy úspora energie, jak tepelné tak elektrické, která je spjata s provozem integrovaných zařízení v systému.

Zdroj tepla pro podlahové vytápění zároveň obsluhuje i dva další okruhy. Prvním z nich je okruh, který zajišťuje ohřev vody v zásobníku. Pokud by uživatelé domu potřebovali teplotu vody v zásobníku vyšší než 60°C (maximální teplota vody pro okruh) mohou využít instalovaného elektrického ohřívače, který dorovná rozdíl mezi aktuální a požadovanou teplotu vody v zásobníku. Poslední třetí okruh tepelného čerpadla plní úlohu zásobitele tepla teplovodnímu ohřívači vzduchu instalovaného za VZT jednotkou ve směru přívodu čerstvého vzduchu. Zde je viditelná provázanost VZT jednotky a tepelného čerpadla. Pro správnou souhru těchto zařízení slouží řídicí jednotka. Ta komunikuje obousměrně s těmito zařízeními.

3.4 Popis chování

V době zejména letních měsíců je nutné budovu chladit. Z toho plyne, že tepelné zisky jsou nežádoucí. Tepelné zisky vnitřní (od elektrických spotřebičů

a osob samotných) jsou odváděny největší měrou prouděním vzduchu v domě, ty se v domě vytváří při jeho užívání a prakticky jim nejde zamezit. Tepelné zisky vstupující do budovy zvenčí jsou zde zastoupeny především v podobě solárních tepelných zisků, toto nežádoucí teplo je přenášeno sáláním, proto zde byly navrženy venkovní žaluzie, které velkou měrou zabraňují vnikání solární radiace do budovy 2.18. Tento pasivní způsob chlazení snižuje tepelnou zátěž budovy.

Přiváděný čerstvý vzduch zvenčí je ochlazován v zemním kolektoru (zemní kolektor plní v teplých měsících funkci chladiče čerstvého vzduchu), právě tady se ukazuje výhoda tohoto řešení protimrazové ochrany VZT jednotky.

V otopné období nastává situace opačného charakteru, je nutné hradit tepelné ztráty. Čerstvý vzduch je v tomto období přehříván v zemním kolektoru, dále je ohříván v křížovém výměníku tepla ve VZT jednotce za ním následuje teplovodní ohřívač, který upraví teplotu vzduchu na požadovanou hodnotu. Vytápěcí systém domu je rozdělen do skupin (patra) a podskupin (místností, ve 3.NP (nadzemním podlaží se nachází vícepokojeová místnost), v každé podskupině je měřena teplota. Tato data jsou odeslána do řídicí jednotky, která je vyhodnotí. Po vyhodnocení dat následuje reakce, a to ve formě nastavení polohy ventilu, který má na starost danou podskupinu. O toto se starají teploměr, řídicí jednotka, patrový rozvaděč podlahového vytápění a tepelné čerpadlo. Spojení těchto čtyř zařízení dává dohromady otopný systém domu.

O správnou souhru podsystémů se stará řídicí systém s hierarchickým přístupem. Jedná se o propojení členů jednotlivých podsystémů v jeden celek. Jednotlivé části systému jsou ovládány přímo řídicí jednotkou nebo je předána informace řízení podsystému a ten již sám zjedná zásah. Detailnější popis je v kapitole 3.5 Řízení a kooperace podsystémů, rámcovou popis řízení a výměny informací znázorňuje obrázek. 3.2.

3.5 Řízení a kooperace podsystémů

3.5.1 Řízení VZT systému

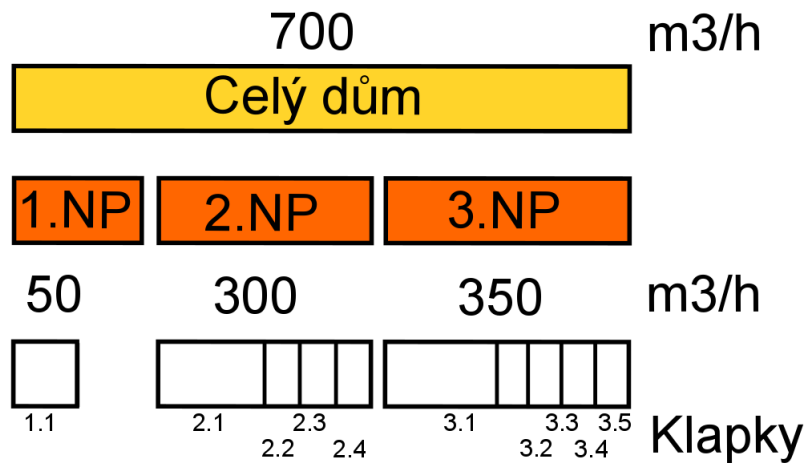
Potřeba objemového průtoku vzduchu je pro každou místnost specifická (kolik čerstvého vzduchu je třeba přivést do místnosti, záleží především na odhadovaném množství osob), tomu jsou uzpůsobeny i rozvody VZT systému. Kolik vzduchu je nutné přivést do jednotlivých pater a místností domu je na

znázorněno na obrázku 3.1. Toto rozdělení je nutné, neboť se z něj určí, o kolik je potřeba upravit objemový průtok (poměrem ku maximálnímu projektovanému objemovému toku vzduchu určíme, o kolik procent z maxima je nutné snížit nebo zvýšit hodnotu aktuálního toku vzduchu), v podstatě jde o změnu rychlosti otáček ventilátorů VZT jednotky. Pro správný chod systému je podstatné měření koncentrace oxidu uhličitého v místnostech. Právě díky těmto informacím řídicí systém určí, kam a kolik čerstvého vzduchu směřovat. Potrubí vzduchotechnického systému je navrženo tak, aby rychlost proudění vzduchu byla pokud možno stejná ve všech částech rozvodné sítě (za každou finální větví, která přivádí vzduch do místnosti, následuje zúžení potrubí). Finální odbočky jsou vybaveny vzduchotechnickými klapkami, jež směřují proud vzduchu, pouze do místností, kde je ho třeba viz obrázek 2.8.

V průběhu otopné období je vzduch nasáván skrze podzemní vzduchový kolektor. Je to nutné, neboť VZT jednotka nemá jinou protimrazovou ochranu a zároveň je šetřena energie nutná k ohřevu vzduchu na požadovanou hodnotu. Při přechodném období, kdy již teplota venkovního vzduchu přesahuje teplotu zemského masivu (v hloubce uložení kolektoru), je energeticky výhodnější brát čerstvý vzduch přímou cestou a nikoli přes kolektor (vzduch z venku má vyšší teplotu než výstupní vzduch kolektoru).

V další variantě přichází ke slovu by-pass ve VZT jednotce, a to když teplota venkovního vzduchu je stejná (v intervalu plus minus desetiny stupně Celsia). Když už venková teplota je dosti vysoko nad požadovanou teplotou klimatu v budově, je přiváděný vzduch mísen, a to VZT klapkami na přívodu vzduchu přes zemní kolektor a na přímé nasávací cestě. Tím je dosaženo požadované teploty přívodního vzduchu, který již dál není třeba upravovat. Model chování je znázorněn na vývojovém diagramu viz obrázek 3.4.

V průběhu otopného období může dojít i k situaci, kdy venková teplota je nižší, než na jakou byl systém domu dimenzován. Takovýchto dní je velmi málo, ale je nutné s nimi počítat a připravit se na ně. V průběhu trvání takovýchto extrémně nízkých teplot by protimrazová ochrana VZT jednotky nemusela stačit (ta je projektována pro plný projektovaný výkon VZT jednotky tedy 700 m³/h), proto řídicí systém přejde do "extrémního zimního módu" a sníží projektované maximum průtoku vzduchu úměrně nízké venkové teplotě, aby byla udržena teplota, při níž je ještě zaručen bezproblémový chod VZT jednotky (nesmí dojít k namrzání).



Obrázek 3.1: Rozdělení výkon VZT jednotky

3.5.2 Řízení okruhů otopné vody

Srdcem vytápěcího systému je tepelné čerpadlo, které řídí tři na sobě nezávislé okruhy. Jedním z nich je ohřev vody v akumulární nádobě, ten pro nás v tuto chvíli není z hlediska řízení vnitřního klimatu budovy podstatný. Další okruh reguluje teplotu otopné vody pro podlahové vytápění. To už významné z tohoto pohledu je. V každé místnosti je měřena teplota, aktuální hodnota této veličiny je odesílána do centrální řídicí jednotky, ta má informaci o tom, od kterého senzoru přišla informace a pokud je nutný zásah, tak řídicí jednotka určí, který otopný okruh regulovat pomocí inteligentního patrového rozvaděče otopné vody.

Chování třetího okruhu je spjato s VZT jednotkou, tento okruh zásobuje teplovodní ohřivač vzduchu. Zde je nutný přenos informací mezi zúčastněnými stranami. Když už nestačí zpětné získávání tepla (křížový výměník tepla ve VZT jednotce), je do činnosti systému zapojen teplovodní ohřivač vzduchu. Informaci o aktuální teplotě vzduchu podává teploměr v těsné blízkosti za teplovodním ohřivačem. Z odchyly žádané a aktuální hodnoty teploty je určena teplota vody okruhu proudící teplovodním ohřivačem. Výpočet je proveden v řídicí jednotce, ta poté vydá povel tepelnému čerpadlu.

Pokud v letním období nestačí klasické větrání v kombinaci s pasivním chlazením (v podobě venkovních žaluzií), přichází ke slovu intenzivnější provětrání. To se děje všude tam, kde teplota místnosti přesahuje nastavené hodnoty. Ve finálních větvích VZT systému, kde jsou hodnoty teploty vyšší, dojde k otevření klapek v ostatních finálních větvích dojde k uzavření klapek, tím jsou otevřeny cesty pouze do místností se zvětšenou tepelnou zátěží. Tím je docíleno rovnoměrného rozložení teplot v budově. Vzduch je společnou látkou pro všechny místnosti v domě - v tom je jeho dvousečnost.

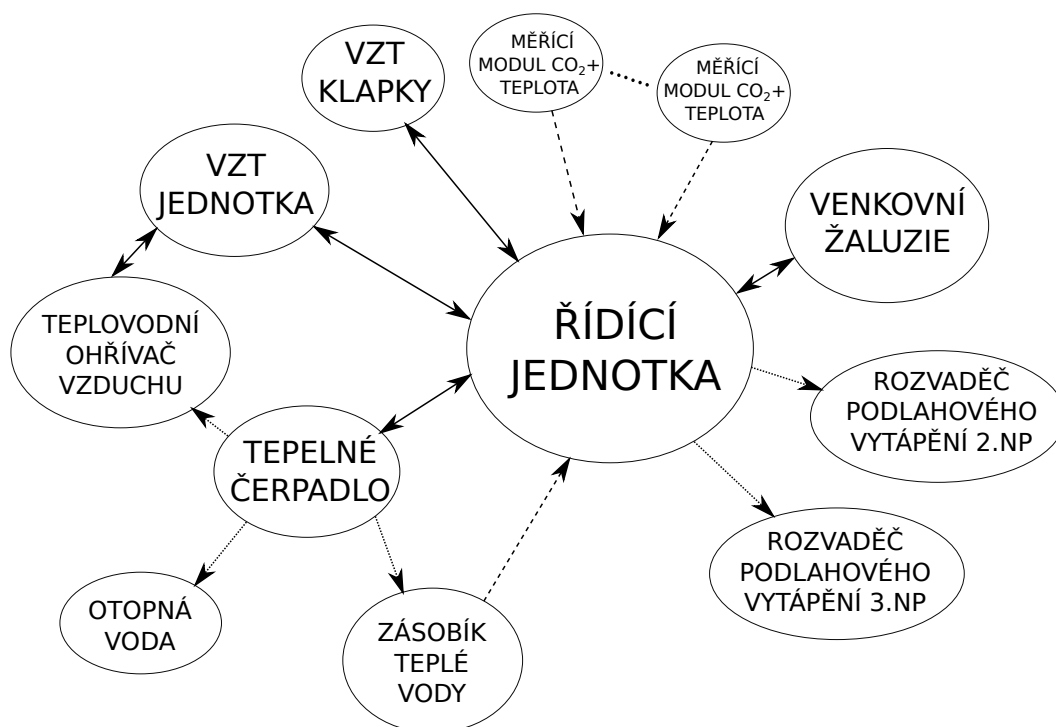
3.5.3 Řízení venkovních žaluzií

Pro uchování vnitřní teploty budovy v letním období slouží také venkovní žaluzie. Primární funkcí těchto žaluzií je zabránit vniku tepla ve formě slunečního záření do místnosti. Ovládání žaluzií je integrované v řídicím systému, avšak pokud uživatelé místnosti chtějí mít v místnosti tepleji než je projektováno např. kvůli teplotnímu skoku při opuštění budovy nebo jenom chtějí více denního světla, žaluzie uvedou do požadované polohy, tato akce má přednost před systémovým ovládním. Ovládací systém díky akci osob pozná, že nárůst teploty v místnosti je chtěný.

Musí být zde stanovené limity, po překročení této hranice dá řídicí systém povel k ochlazení místnosti. Pro udržení vnitřního klimatu budovy není žádoucí, aby jedna část domu vykazovala teplotní výkyv. Vzduch v domě je jinou cestou odsáván a prochází jinými místnostmi, tudíž by nežádoucí teplo bylo rozváděno po dalších částech. Pro další den opět přebírá ovládání řídicí systém (přes noc dochází k anulaci priority ovládním uživatelem), a to až do doby, než se osoba v místnosti ujme ovládním žaluzií.

3.5.4 Propojení podsystémů

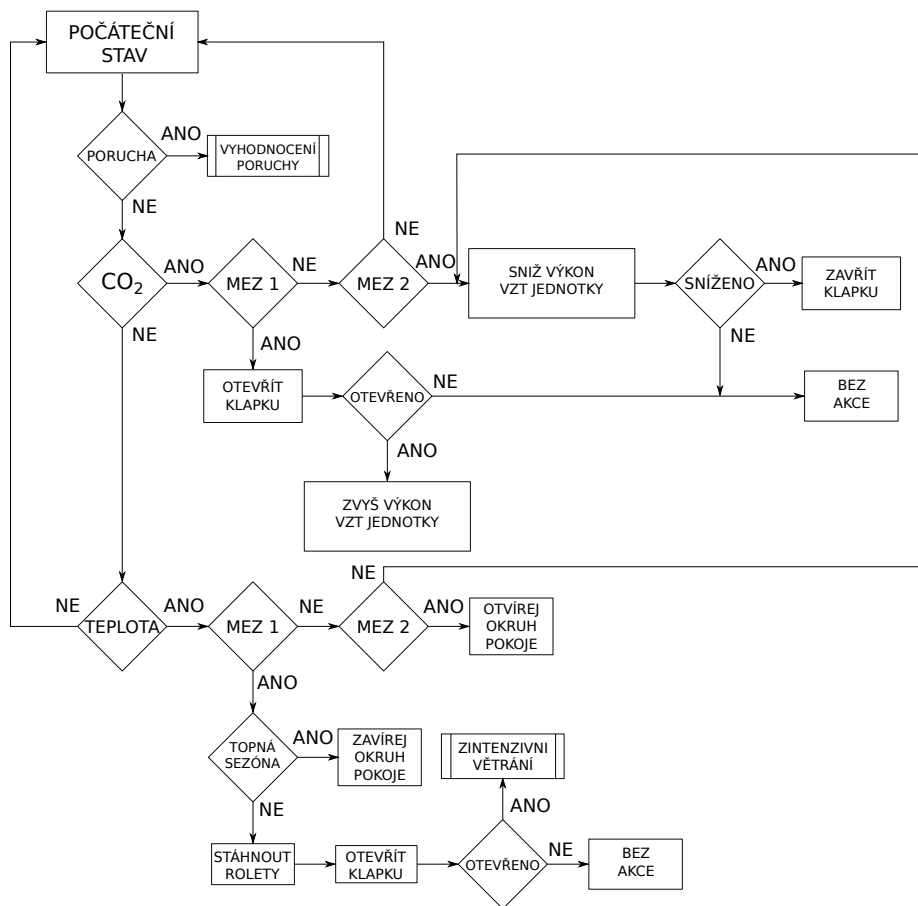
Řízení je členěno hierarchicky, tedy rozhodnutí, zda je nutné provést zásah učiní hlavní řídicí jednotka. Ta buď přímo ovládá elementy systému (například vzduchotechnické klapky) nebo předá pokyn k zásahu řídicí jednotce podsystému, ta již přímo ovládá regulační člen a dojde k provedení zásahu. Jako hlavní řídicí jednotka byl zvolen PLC Foxtrot (programovatelný automat, z anglického PLC - Programmable Logic Controller) od firmy Teco a.s.



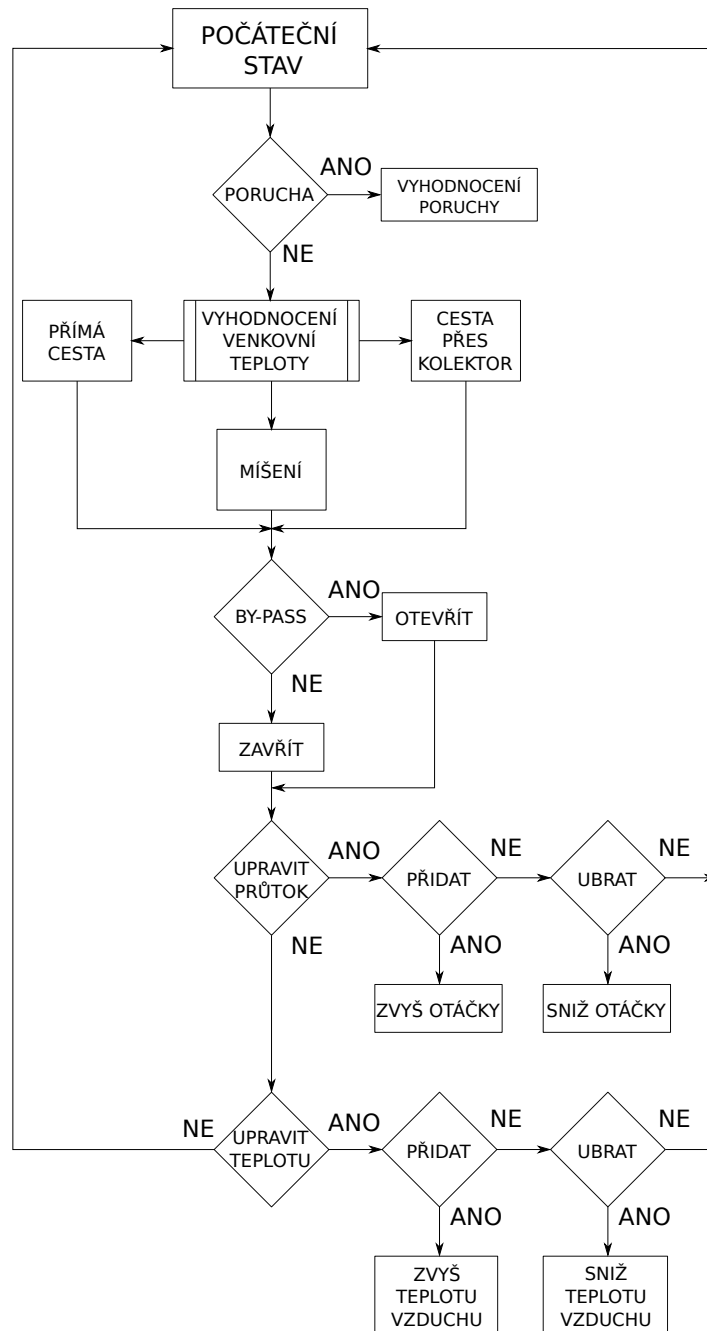
Obrázek 3.2: Propojení technické zařízení budovy s centrální jednotkou

3.5.5 Vývojové diagramy

Řídící jednotka PLC Foxtrot vyhodnocuje získaná data. Pravidla pro chování systému musí být pevně zadána. Rozhodování je řízeno podmínkami. Volně řečeno: Nastala podmínka xyz ? Když ano proved' příkaz A, když ne proved' příkaz B. Systém domu se tak dostává do různých stavů. Návrh průběhu rozhodování a stavů je znázorněn na obr.3.3 a obr.3.2. V prvním případě reagujeme na data získané z měřicího modulu v místnosti (podává údaj o hladině oxidu uhličitého a teploty v místnosti). Ta jsou vyhodnocena a podle splnění či nesplnění podmínek systém přejde do dalšího stavu. Druhý vývojový diagram zachycuje chování VZT jednotky a její reakce na obdržené informace od měřicích modulů doručené přes řídicí jednotku.



Obrázek 3.3: Vývojový diagram konceptuálního programu ovládání místnosti



Obrázek 3.4: Vývojový diagram konceptuálního chování VZT jednotky

Při rozhodování, kdy se program dotazuje na hodnotu měřené veličiny, se běžně vyskytují záškuby. Proto se zavádí pásmo necitlivosti. To je zde realizováno časovou filtrací. Slovy: trvá-li překročení mezní hodnotu déle než nastavené časové okno, potom proved' akci. Pokud dojde k navrácení měřené veličiny pod mezní hodnotu, zásah se neprovede. Po tomto opatření jednak dochází k méně častému spínání zařízení, tudíž se méně opotřebovávají a za druhé se tím eliminují falešná spínání.

Vývojové diagramy ukazují typové chování systému. Byla zde dána přednost tomu, jak by měl program vypadat. Programovacích jazyků je mnoho a záleží na programátorovi, který si vybere pro svojí práci. Jde tedy o "šablonu" programu.

Jazyky, které jsou "podobné" vývojovým diagramům jsou SFC a GRAFCET. Používají se při programování PLC jednotek. Tyto jazyky časem budou více získávat na popularitě. Umožňují grafické organizování programu, ten tím stává pro programátora přehlednější.

Kapitola 4

Konfigurace řídicího systému

Výkresy s rozvody kabeláže k ovládaným a řídicím zařízením jsou na v příloze A.

4.1 Řídicí systému Tecomat Foxtrot

Firma Teco a.s. spolupracuje s nejrůznějšími výrobci technických zařízení budov od podniků zabývajících se vytápění, chlazením, větráním, přes podniky zaměřené na využití solární energie a mnohé další. Díky této spolupráci s obchodními partnery je řídicí systém Tecomat Foxtrot rozšířený a integrován v mnoha produktech. Proto byl Tecomat Foxtrot vybrán jako řídicí systém, s lehkou nadsázkou se dá říct, že jde o skládání inteligentní stavebnice.

„Systém je pojat globálně tak, aby ho mohli nasazovat firmy kdekoli ve světě. Základ systému Tecomat Foxtrot je průmyslový. Na trh je uváděn pro různé obory automatizace – průmyslová automatizace, měření a regulace, automatizace budov, inteligentní domy, vždy jako průmyslové PLC. To znamená, že se jedná o mimořádně spolehlivý a odolný produkt s výjimečně dlouhou životností. Systém je otevřený a modulární. Přes integrovaný ethernet port jsou data obousměrně dostupná řadou standardizovaných protokolů, takže může sloužit nejenom jako řídicí prvek, ale také jako komunikační a datový uzel a spojovat daty nebo i řídit objekty či technologie vzdálené od sebe. Použitá technologie přístupu přes WEB stránky dělá systém Foxtrot nadčasový, protože je kompatibilní s téměř všemi platformami PC, smartphone, tabletů, chytrých TV s web prohlížeči a dalšími. Funguje s prohlížeči Internet Explorer, Firefox, Opera Safari, provozovanými pod operačními systémy, Windows, Linux, iOS, Android, Bada, a dalšími. Díky výše uvedeným vlastnostem umožňuje výjimečnou flexibilitu v řešení individuálních i opakovatelných

projektů v oblasti tzv. inteligentních domů a automatizace budov. Jednoznačným trendem je integrace dosud oddělených částí technického zařízení budov do jednotné struktury s možností dálkového přístupu, dálkového ovládání a dálkové správy.“ [14]

„Systém Tecomat Foxtrot jako takový je stavebnicí, přizpůsobitelnou a rozšiřitelnou přesně na míru každého projektu počtem i typem sensorů a aktorů, nebo jinými slovy vstupů a výstupů dvoustavových nebo spojitých. Svým mechanickým provedením je systém modulární a je kompatibilní s moduly klasických jističů. Je určen do zástavby v technickém zázemí domu a lze jej instalovat do běžných jističových rozvodnic na DIN lištu. Propojení centrálního modulu systému Tecomat Foxtrot s ostatními prvky lze projektovat s centralizovanou kabeláží, kdy všechny vstupy a výstupy jsou soustředěny do jednoho či více rozvaděčů, odkud vedou snímací a ovládací kabely hvězdicově ke každému vypínači, světlu, žaluzii, ovládané zásuvce apod. Protože ale je systém sběrniceový, je možno jej projektovat s distribuovanými aktory a senzory po 2 vodičové sběrnici CIB délky až 400m. Sběrnici je možno libovolně větvit a nepotřebuje na svém konci žádné zakončovací prvky. Oba způsoby lze libovolně kombinovat.“ [14]

„Velmi důležité jsou jeho komunikační schopnosti na úrovni sériových portů a ethernet/internet portu. Komunikuje s tepelnými čerpadly s plynovými kotli, systémy ventilace a rekuperace, klimatizačními jednotkami, s osvětlovacími a žaluziovými systémy a komunikuje i s domácími spotřebiči. Systém je dostatečně otevřený i na to, aby se přes příslušné rozhraní propojil i s jinými systémy zavedenými v oblasti inteligentních budov, především se systémem KNX, a tímto připojení přinese k systému KNX veškeré výhody centrálního řízení, funkcí a komunikace do venkovního světa.“ [14]

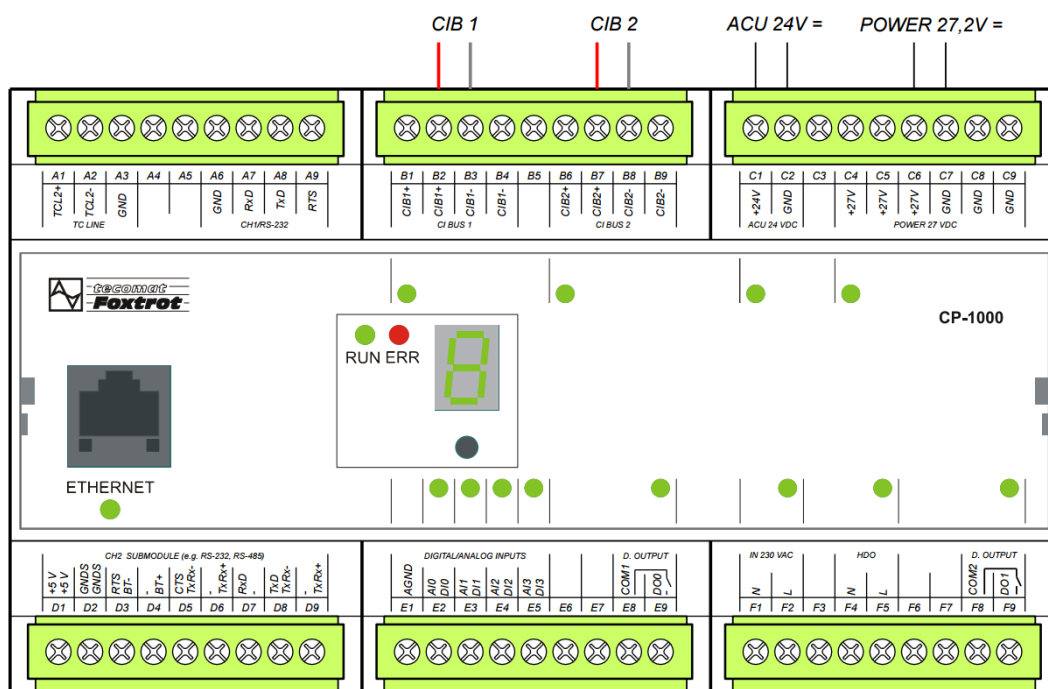
„Pro velké aplikace je možné jednotlivé centrální jednotky systému Tecomat Foxtrot mezi sebou propojit jak sériovými linkami, tak především po síti Ethernet. Lze tak automatizovat libovolně velké objekty, například hotely, administrativní budovy, sportovní areály apod. Centrální jednotky si mezi sebou pak vyměňují vzájemně data, takže se celek chová jako jeden velký řídicí systém ovládaný z dispečinku například vizualizačním systémem SCADA RELIANCE (Supervisory Control And Data Acquisition, tedy dispečerské řízení a sběr dat) z počítače. Celý systém Tecomat Foxtrot lze volně naprogramovat dle standardu IEC 61131 (též v ČSN, EN). Programovat lze i za chodu aplikace, takže koncový zákazník nezůstane ani vteřinu bez řízení.“ [14]

„Struktura systému Tecomat Foxtrot - řídicí systém Tecomat Foxtrot se skládá

z centrálního modulu a periferních prvků. Díky instalační sběrnici CIB – Common Installation Bus® – vlastnímu řešení firmy Teco, a. s., které je chráněné užitným vzorem, umožňuje v budovách velmi snadno připojovat moduly inteligentních instalací. Celkově lze k jednomu centrálnímu modulu (řídící jednotka) připojit až 320 modulů na sběrnici CIB.“ [14]

4.2 Hardwarová sestava

Jedná se o modulární systém. Jednotlivé moduly jsou propojeny pomocí sběrnice CIB (Common Installation Bus) [14]. Tato sběrnice je dvou vodičová. Srdcem celého řídicího systému je základní modul PLC Foxtrot CP-1000. Připojení základního modulu na CIB sběrnici ukazuje obr. 4.1. Napájecím zdrojem je modul DR-60-24. Pro instalaci sběrnice byly navrženy stíněné kroucené kabely typu J-Y(St)Y1x2x0,8.



Obrázek 4.1: Základního modulu Foxtrot CP-1000 k a jeho připojení na CIB linku [14]

„Tímto úsporným dvou vodičovým vedením je CIB sběrnice (CIB moduly) napá- jena i je na něm realizována (modulována) komunikace. Sběrnice CIB

je vždy tvořena jedním řídicím masterem sběrnice a až 32 podřízenými slave periferními moduly (jednotkami). Master sběrnice může být realizován jako interní modul centrální jednotky, nebo jako externí modul pro montáž na lištu rozvaděče. CIB periferní moduly jsou realizovány v několika provedeních, jak pro instalaci do interieru, tak v provedení pro montáž na lištu do rozvaděčů.“ [14]

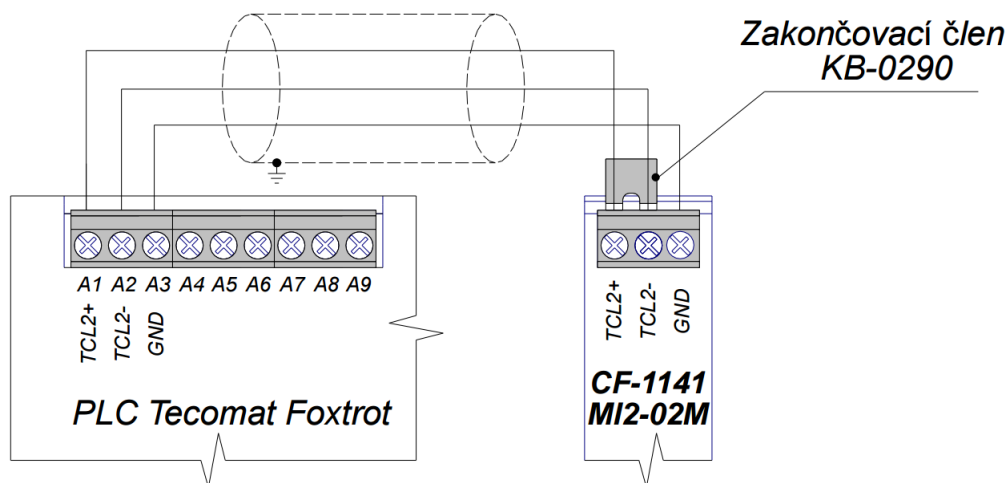
„CIB master realizuje komunikaci s CIB periferními jednotkami a získaná data předává po systémové komunikační sběrnici TCL2 do nadřazené centrální jednotky. Modul CIB mastera je realizován ve dvou podobách. Buď jako interní master, nebo externí master. Interní master je přímou součástí centrálních jednotek CPU Tecomat Foxtrot (CP-10xx), kde je označen jako modul CF-1140. Interní master obsahuje 1 CIB linku (až 32 CIB slave jednotek), externí master obsahuje 2 CIB linky (2x až 32 CIB slave jednotek). CPU Tecomat Foxtrot umožňují kromě interních CIB masterů obsloužit až 4 externí CIB mastery.“ [14]

Hardwarová sestava je členěna podle pater, v každém patře je umístěn rozvaděč, ke kterému jsou hvězdicově připojeny akční členy (např. VZT klapky). Řídicí modul CP-1000 nedisponuje tolika vstupy a výstupy, proto je nutné použití rozvaděčů, druhotnou výhodou je kratší kabelové vedení. Master modul CF-1140 na rozvaděči je připojený na sběrnici CIB a ta je také vedena do řídicího modulu CP-1000. Připojení Master modulu CF-1140 je zobrazeno na obr. 4.2. Podrobnější popis připojení a modulů na CIB sběrnici je popsán v příloze: TXV00413 01 Foxtrot PerifCIB CFox cz v elektronické podobě. Je zde krásně patrné topologie sítě řídicího systému.

Před začátkem psaní programu musí připojené moduly nejprve nastavit v hardwarové konfiguraci (jde především o správné nastavení komunikace mezi moduly), až poté lze přejít k vlastnímu programování.

Výčet modulů v rozvaděči na 3.NP:

- C-JC-0006M x5 ovládání VZT klapky
- C-JC-0201B x3 ovládání venkovních žaluzií
- C-HM-1113M x1 ovládání rozdělovače podlahového vytápění
- Master modul CF 1140



Obrázek 4.2: Připojení externího modulu mastera k řídicímu CP-1000 [14]

Výčet modulů v rozvaděči na 2.NP:

- C-JC-0006M x4 ovládání VZT klapky
- C-JC-0201B x4 ovládání venkovních žaluzií
- C-HM-0308M x1 ovládání rozdělovače podlahového vytápění
- Master modul CF 1140

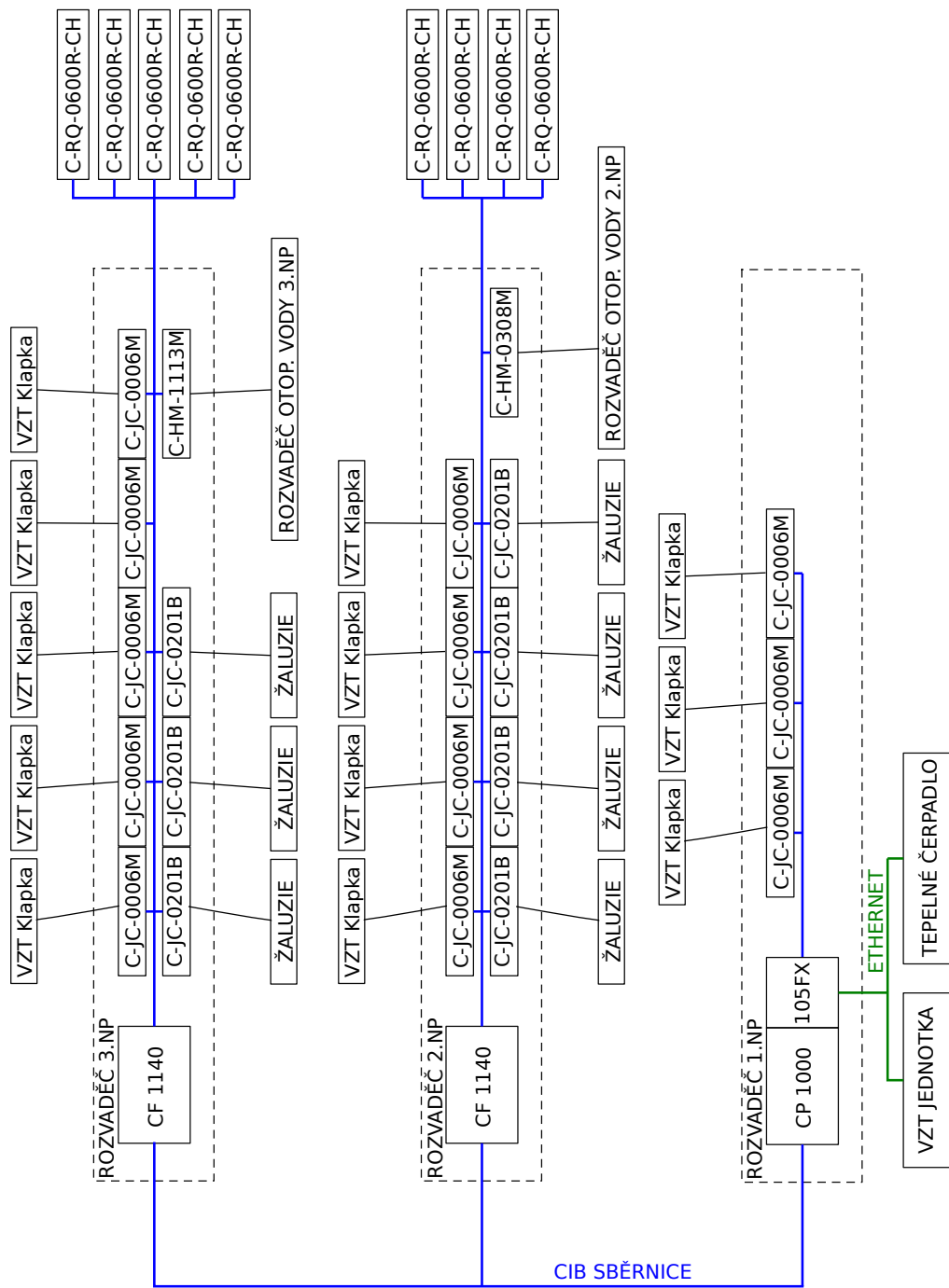
Výčet modulů na rozvaděč v 1.NP:

- C-JC-0006M x3 ovládání VZT klapky
- Základní modulu Foxtrot CP-1000

Vzduchotechnická jednotka ATREA DUPLEX 1100 Flexi je připojena přímo na modul CP-1000 po Ethernetu a na tepelné čerpadlo, protože řídicí modul obsahuje pouze jednu Ethernetovou přípojku, je tedy potřeba Ethernetového switchu (rozbočovače) - v tomto případě byl vybrán komunikační modul 105FX viz Katalog produktů [14].

Zařízením pro měření kvality vzduchu v místnosti je interiérový snímač koncentrace CO₂, vlhkosti a teploty C-RQ-0600R-CH. Nabízená pouzdra k tomuto snímači jsou v několika barvách, zákazník si tedy může vybrat pro něj vhodnou barvu. Dohromady je potřeba devíti snímačů C-RQ-0600R-CH. Snímače jsou připojeny k řídicímu systému jsou pomocí CIB sběrnice.

Schématické zapojení prvků celého systému viz obr. 4.3, můžeme vidět, jaké moduly jsou připojeny na patrových rozvaděčích. Moduly od Teca jsou připojeny na jedné sběrnici. Tepelné čerpadlo a VZT jednotka komunikují s řídicí jednotkou CP-1000 přes Ethernet.



Obrázek 4.3: Propojení systému

Kapitola 5

Odhad ceny systému

Uvedené ceny jsou orientační. Jsou brány přímo od výrobců z katalogů. Záleží také na velikosti zakázky a objemu odebraných kusů zboží - čím větší zakázka, tím větší množstevní sleva. Slevy v desítkách procent pro větší odběratele jsou běžné. Za katalogové ceny v podstatě nikdo nenakupuje. Množství odebraných kusů produktu pro tuto práci je poměrně malé, proto je zde počítáno s katalogovými cenami.

Ceny prací jsou obvyklé ceny v daném odvětví. Určení cen bylo provedeno zprůměrováním cen firem nabízející tyto práce, proto je nutno kalkulaci cen brát s rezervou.

Jednotlivé podsystémy vychází z hodnot dané normami, na základě těchto předpisů byly podsystémy domu navrženy a dimenzovány.

Záleží na koncovém spotřebiteli jak se rozhodne ohledně dodávky a instalace produktů. V ceně provedení instalace se také liší firma od firmy. Sazby za práci jsou několika druhů - sazba za jednotku, čas, řešení na míru. Zákazník by si měl také, zjistit co stojí v reklamačním řádu firmy provádějící práci. Pozor na nejednoznačnost kdo je poskytovatelem záruky při propojení více podsystémů, tím také může záruka končit.

Uvedené ceny jsou bez DPH.

5.1 Cena VZT systému

Kalkulace ceny vzduchotechnického systému je v tabulkách 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5.

1.NP			
Průměr [mm]	Počet [kus]	Cena za kus [Kč]	Cena za kusy [Kč]
Potrubí rovné			
250	34	474	16116
Kolena			
250	7	376	2632
Spojky			
250	42	51	2142
Mřížky			
R1-R2 [mm, mm]			
400x75	4	456	1824
Název	Počet [kus]	Cena za kus [Kč]	Cena za kusy [Kč]
DUPLEX Flexi 1000	1	136950	136950
4-cestný směš.uzel	1	14100	14100
Tepl. vodní ohříváč	1	9900	9900
Kanálové čidlo	1	1150	1150
Celkem			184814

Tabulka 5.1: Kalkulace 1.NP pro VZT systém

Název	Cena [Kč]
Materiál sítě *	80000
Zemní práce	41000
Celkem	121000

Tabulka 5.2: Kalkulace podzemní vzduchový kolektor

*Potrubí, sací vývody, filtry

2.NP			
Průměr [mm]	Počet [kus]	Cena za kus [Kč]	Cena kusů[Kč]
Potrubí rovné			
150	12	250	3000
250	21	474	954
Kolena			
250	2	376	752
Klapky			
150	4	5131	20524
Spojky			
150	8	38	304
225	4	51	204
250	11	57	627
Redukce			
R1-R2 [mm, mm]			
250-150	2	198	396
T spoj			
150-150	1	234	234
250-150	1	375	375
Odbočka oboustranná			
Mřížky			
400x75	7	456	3255
800x75	2	711	1422
Celkem			41 047

Tabulka 5.3: Kalkulace 2.NP pro VZT systém

3.NP			
Průměr [mm]	Počet [kus]	Cena za kus [Kč]	Cena za kusy [Kč]
Potrubí rovné			
150	10	250	2500
180	23	310	7130
250	7	474	3318
Kolena			
150	2	197	394
180	4	289	1156
250	2	376	752
Spojky			
150	14	38	532
180	30	42	1260
250	9	57	513
Klapky			
150	4	5131	20524
180	1	5235	5235
Redukce			
R1-R2 [mm, mm]			
250-150	1	182	182
T spoj			
225-150	3	338	1014
225-180	1	390	390
Mřížky			
400x75	11	456	5016
600x75	1	644	644
Celkem			50 560

Tabulka 5.4: Kalkulace 3.NP pro VZT systém

Části	Cena
Zařízení 3.NP	50560
Zařízení 2.NP	41047
Zařízení 1.NP	180814
Podz. vzduchový kolektor	121000
Celkem	393421

Tabulka 5.5: Kalkulace VZT systému

5.2 Systém venkovních žaluzií

Kalkulace ceny systému venkovních žaluzií je v tabulkách 5.6, 5.7

2.NP			
Rozměry [mm x mm]	Počet [kus]	Cena za kus [kč]	Cena za kusy [Kč]
Žaluzie			
1500 x 1500	2	4030	8060
2000 x 1500	1	4950	4950
Provedení v roletovém boxu			
1500 x 1500	2	2990	5980
2000 x 1500	1	3390	3390
Motor			
Označení	Počet [kus]	Cena za kus [kč]	Cena kusů
J418WT SOMFY	3	4904	14712
Tlačítkový spínač s rámečkem			
Označení	Počet [kus]	Cena za kus [kč]	Cena kusů
Smoove Origin IB	3	907	2721
Celkem			39813

Tabulka 5.6: Kalkulace venkovní žaluzie 2.NP

*Cena materiálu za 350 Kč/m² (systémové polystyreny, trubky, dilatace, ob-louky, chráničky), doporučená cena montáže je cca 250 Kč/m².

3.NP			
Rozměry [mm x mm]	Počet [kus]	Cena za kus [kč]	Cena za kusy [Kč]
Žaluzie			
1500 x 1500	2	4030	8060
2000 x 1500	2	4950	9900
Provedení v roletovém boxu			
1500 x 1500	2	2990	5980
2000 x 1500	2	3390	6780
Motor			
Označení	Počet [kus]	Cena za kus [kč]	Cena kusů
J418WT SOMFY	4	4904	19616
Tlačítkový spínač s rámečkem			
Označení	Počet [kus]	Cena za kus [kč]	Cena kusů
Smooove Origin IB	4	907	3628
Celkem			53934

Tabulka 5.7: Kalkulace venkovní žaluzie 3.NP

5.3 Systém vytápění domu

Kalkulace ceny systému vytápění domu je v tabulce 5.8.

Název	Jednotek	Cena za jedn. [Kč]	Cena za jednotky [Kč]
Tepelné čerpadlo	1	199000	199000
Vrt	220m	1000	220000
Příslušenství	-	60880	60880
Rozdělovač 5 ok.r	1	2800	2800
Rozdělovač 8 ok.r	1	4300	4300
Potrubí	33 m	120	3960
Termoel. pohon	13	627	3960
Celkem			499091

Tabulka 5.8: Kalkulace otopné soustavy

5.4 Řídící systém

Kalkulace ceny řídicího systému je v tabulce 5.9.

Název	Počet [kus]	Cena za kus [Kč]	Cena za kusy [Kč]
CP 1000	1	9900	9900
105FX	1	5340	5304
CF 1140	2	4500	9000
C-JC-0006M	12	6 450	77400
C-JC-0201B	7	1810	12670
C-HM-0308M	1	4490	4490
C-HM-1113M	1	5490	5490
C-RQ-0006R-CH	9	6000	54000
J-Y(St)Y1x2x0,8	538	5,64 (za metr)	3034
Celkem			181288

Tabulka 5.9: Kalkulace řídicího systému

5.5 Celková cena systému

Kalkulace ceny řídicího systému je v tabulkách 5.10 a 5.11.

Podsystemy	Cena
VZT systém	393421
System venkovních žaluzií	937474
System vytápění domu	499091
Řídící systém	181288
Celkem	1 167 547

Tabulka 5.10: Kalkulace zařízení a materiálu celého systému

K této sumě je ještě nutné připočítat ceny prací nutných pro instalaci a uvedení do provozu jednotlivých zařízení, práci na vytvoření programu řídicího systému viz tabulka 5.11.

Podsystemy	Cena
VZT systém	40000
System venkovních žaluzií	15000
System vytápění domu	35000
Rídící systém	50000
Celkem	140 000

Tabulka 5.11: Odhad cen prací nutných k uvedení systému do provozu.

Celková částka kompletního systému domu starajícího se o tepelnou pohodu s uvedením systému do provozu byla určena ve výši **1 307 547** ,- Kč bez DPH.

Kapitola 6

Závěr

Účelem práce bylo navrhnout vhodný koncept řídicího systému pro technická zařízení budovy a bylo tak učiněno. Návrh řídicího systému byl konzultován s poradcem z firmy Teco a.s. Návrh řídicího systému integruje veškerá zařízení podílející se na regulaci vnitřního klimatu budovy. Díky zpětné vazbě o stavu vnitřního prostředí domu je možné pružně reagovat a volit tak vhodné zásahy do systému, jež udrží požadované podmínky vnitřního prostředí.

V práci byla záměrně vybrána energeticky úsporná zařízení. V tomto odvětví se pracuje především s elektrickou a tepelnou energií, správné a úsporné hospodaření s energiemi je cesta kam se v budoucnu ubírat, už jenom protože uspořené energie může být vynaložena na jiné účely a neopomínejme fakt, že v prostředí, v kterém žijeme je velice dobře vidět jak je s ním zacházeno.

Navržený systém je hierarchický. Účelem řídicího systému zde navrženého bylo propojit a provázat ovládání jednotlivých podsystémů. Souhra podsystémů (jež je zde zastoupena v podobě vytápěcího, vzduchotechnického a žaluziového systému) je nutným předpokladem pro dobrou regulaci vnitřního klimatu budovy. Dalším předpokladem pro správné fungování systému je zpětná vazba o stavu systému (měření veličin, v domě jsou měřeny teplota a hladina oxidu uhličitého v místnostech), aby řídicí systém mohl vyhodnotit typ a velikost zásahu. Navržený systém je modulární, a proto, když bude potřeba systém rozšířit, stačí přidat další moduly, případně vyměnit některé moduly za výkonnější bude-li tento krok potřebný.

Inteligentní budova je velmi široký pojem. Mísí se zde mnoho profesí, proto spolupráce mezi realizátory (projektanti, investoři, majitelé, ...) projektu je klíčová. Proto již při návrhu budovy je nutné uvažovat v širších souvislostech a přemýšlet nad hospodárností a proveditelností projektu. Pro větší stavby

s inteligentním řízením zahrnující regulaci mnoha systémů není v podstatě ani možné, aby byly navrženy jednou osobou. Pro precizní návrh všech částí projektu jsou nutné hlubší znalosti problematiky a mezi systémové interakce.

Je zde snaha firem zabývajících se řízením integrovat právě jejich řídicí systém do produktů podniků vyrábějících technické zařízení budov, aby paleta nabízených řešení byla co nejširší.

Čím více informací o stavu systému a čím více zařízení k regulaci vnitřního prostředí je využito, tím spíše se otvírá cesta pro nalezení více algoritmů k řízení systému v závislosti k podmínkám, jež se systém nachází. Rozhodně by nemělo být snahou do nebo na budovu instalovat všemožná úsporná zařízení, jenom protože jsou dostupná na trhu. Každý projekt je unikátní a vyžaduje nalézt řešení šité na konkrétní zakázku.

Z odhadované ceny systému vyplývá dlouhá doba návratnosti investice. Investice se také často nemusí vrátit, neboť provoz a údržba celého systému zajišťující vnitřní tepelnou pohodu též stojí finanční prostředky. Na druhou stranu dobře navržený systém řídicí vnitřní klima zajistí příjemné pobyty v budově.

Zdroje

- [1] TZB-info - stavebnicé, úspory energií, technická zařízení budov [online]. 2015 Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>
- [2] Atrea s.r.o [online]. 201. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/duplex-1100-3600-flexi>
- [3] Qpro [online]. 2015 Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Vypocty-online-pro-vzduchotechniku-a-klimatizaci>
- [4] Klimat [online]. 2015 Dostupné z: <http://klimatshop.sk/>
- [5] Rehau [online]. 2015 Dostupné z: <http://www.rehau.com/download/686190/anybinary-gllhwt6brpqdslhzoqlqiaq-.pdf?>
- [6] ČVUT. Katedra technických zařízení budov [online]. 2015 Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/>
- [7] Portál veřejné správy [online]. 2015 Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/za>
- [8] Nulové domy [online]. 2013 Dostupné z: www.nulovedomy.org/
- [9] ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov - šíření vzduchu konstrukcí a budovou. 2011
- [10] ASOCIACE BLOWER DOOR CZ. Vzduchotěsnost budovy [online]. 2011 Dostupné z: www.asociaceblowerdoor.cz/
- [11] ŽALUZIE NEVA s.r.o. [online]. 2015 Dostupné z: <http://www.nevapv.cz/cz/tech-doc/ucinnost-venkovnich-zaluzii/>

- [12] GARLÍK, Bohumír. Inteligentní budovy. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2012, 348 s. ISBN 978-80-7300-440-8.
- [13] WANG, Shengwei. Intelligent buildings and building automation. New York: Spon Press, 2010, xv, 248 p. ISBN 0203890817.
- [14] Firemní podklady společnosti Teco a.s. Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot, 2015 [cit. 2015-04-28] PERIFERNÍ MODULY NA SBĚRNICI. 2015. [cit. 2015-05-01] Katalog produktů Teco a.s.
- [15] 2015. Automa: časopis pro automatizační techniku. Praha: FCC Public, (3). ISSN 1210-9592.
- [16] ŽALUZIE NEVA s.r.o.: Účinnost venkovních žaluzií [online]. 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z:
<http://www.nevapv.cz/cz/tech-doc/ucinnost-venkovnich-zaluzii/>
- [17] Venkovní žaluzie: Climax žaluzie [online]. 2015. Dostupné z:
<http://www.climax.cz/venkovni-zaluzie4>
- [18] TecoInfo [online]. 2015. Dostupné z:
<http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/PRINTS/TecoInfo-36-CZ.pdf>
- [19] Tepelná čerpadla: PZP KOMPLET a.s. [online]. 2015. Dostupné z:
<http://www.pzp.cz/sk/produkty/tepelne-cerpadla/teplo-zo-zeme/zem-voda-7-15-kw/>
- [20] Honeywell. 2007. Termoelektrický pohon [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z:
<https://products.ecc.emea.honeywell.com/cz/pdf/mt048klcz01r1207.pdf>

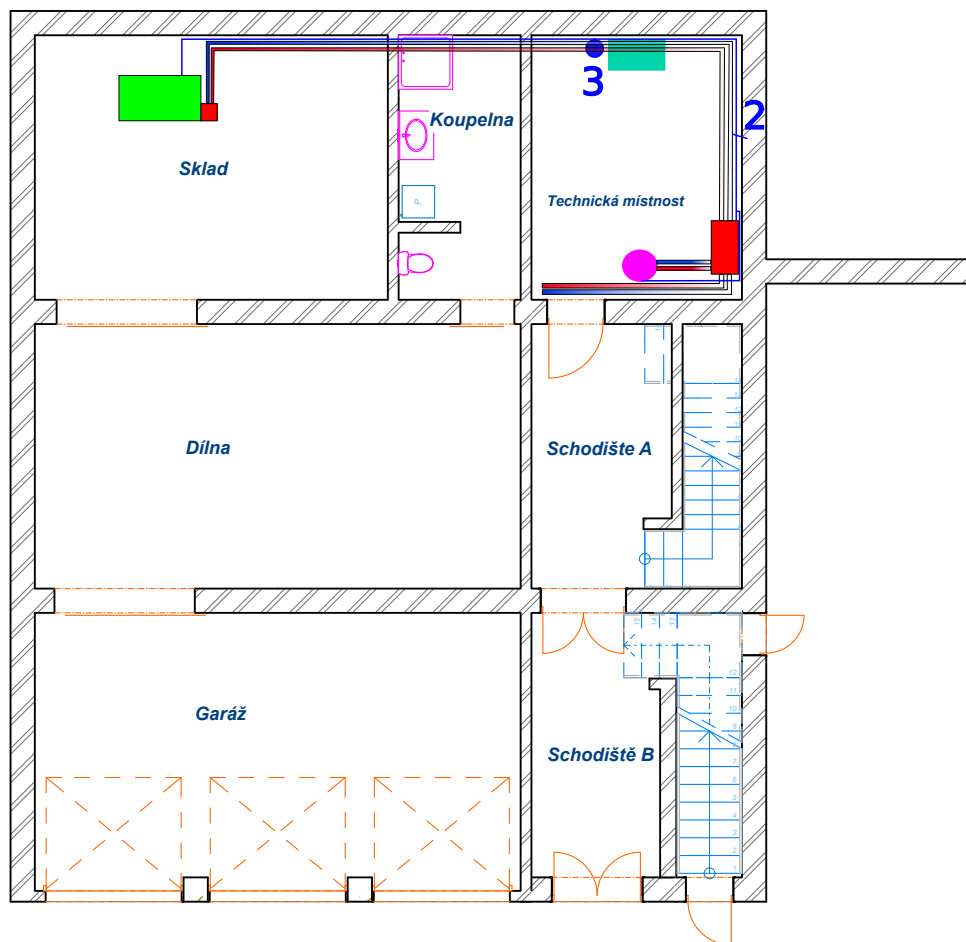
Kapitola 7

Přílohy

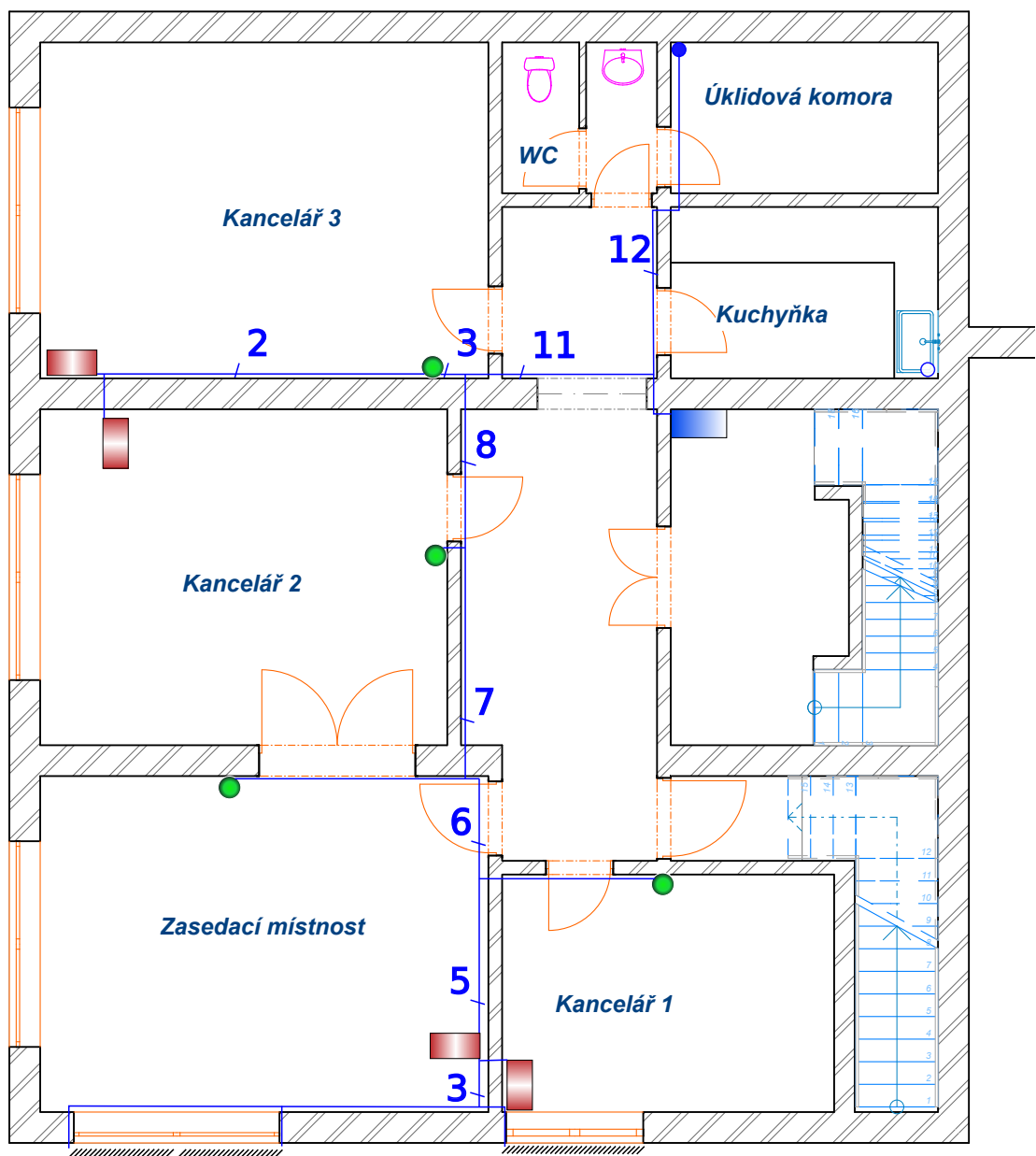
7.1 Příloha A

Níže uvedené výkresy vyznačují kde v domě a v jakých místnostech jsou umístěny umístěna řídicí a řízené jednotky, aktory, senzory měření vnitřního prostředí a rozvody kabeláže.

- Tepelné čerpadlo
- Zásobník teplé vody
- VZT jednotka s teplovodním ohřivačem
- x Počet připojených zařízení
(kabeláž v liště, není to počet kabelů)
 - Umístění rozvaděče kabelů
- Okruhy z TČ (Ohřivač vzduchu, vytápění, zásobník TUV)
- PLC s moduly



- Rozvadeč podlh. vytápění
- VZT klapka x4
- Senzor (teploty, CO2) x4
- Venkovní žaluzie x3
- x Počet připojených zařízení (kabeláž v liště, není to počet kabelů)
- Umístění rozvaděče kabelů



- Rozvadeč podlh. vytápění
- VZT klapka x5
- Senzor (teploty, CO2) x5
- Venkovní žaluzie x3
- x Počet připojených zařízení (kabeláž v liště, není to počet kabelů)
- Umístění rozvaděče kabelů

