

Integrovaný systém v budově - Systém techniky prostředí v objektu banky - Řídicí systém KNX

Integrated Systems in Building - The Environmental Engineering
in System The Bank - The KNX Control System

Bc. Radek Kalabus



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Radek KALABUS

Osobní číslo: A10343

Studijní program: N 3902 Inženýrská informatika

Studijní obor: Integrované systémy v budovách

Téma práce: Integrovaný systém v budově – Systém techniky prostředí v objektu banky – Řídicí systém KNX

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte specifika prostředí v bankovním objektu, zahrnující technologii tvorby vnitřního prostředí.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na tepelně technické vlastnosti budovy, a zařízení techniky prostředí, včetně způsobu řízení.
3. Pro konkrétní budovu navrhnete případnou změnu tepelně-technických parametrů budovy a pro takto upravenou budovu navrhnete vhodný systém techniky prostředí se zvážením možností využití obnovitelných zdrojů energie. Systém techniky prostředí řešte pomocí teplovodní vytápěcí soustavy a teplovzdušným větracím systémem s možností chlazení. Energetický zdroj bude výměňková stanice typu pára-voda.
4. Zvažte možnost využití fotovoltaických panelů a proveďte jejich technicko-ekonomické hodnocení.
5. Navrhnete systém řízení jako sběrníkový s použitím KNX komunikace, s vizualizací SCADA a komunikační bránou s protokolem TCP/IP, s možností vzdáleného ovládání přes GSM, s výstupem s případnou vazbou na management budovy.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. DANIELS, K. **TECHNIKA BUDOV**. Bratislava: Jaga Group, v.o.s, 2003. ISBN 80-88905-63-X.
2. SMOLÍK, Jan. **Technika prostředí**. Praha: SNTL, 1970.
3. CHYSKÝ, Jaroslav. **Větrání a klimatizace**. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.
4. LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. **Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky**. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001, 208 s. Sešit projektanta - pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-020-1466-9.
5. MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. **Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet**. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. ISBN 978-802-4723-679.
6. JELÍNEK, Vladimír. **Technická zařízení budov: podklady pro projekty : určeno pro stud. fak. stavební**. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1991, 29 s. ISBN 80-010-0586-0.
7. **2005 ASHRAE handbook fundamentals**. I-P and SI eds. Atlanta, Ga: ASHRAE, 2005. ISBN 19-318-6273-7.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

24. února 2012


Termín odevzdání diplomové práce:

6. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá tvorbou mikroklimatu v bankovním objektu se zaměřením na bankovní halu. Součástí práce je návrh klimatizace, ústředního vytápění a vhodného způsobu řízení systému. V práci je dále vypracován návrh fotovoltaické elektrárny a její technicko-ekonomické hodnocení.

Klíčová slova: klimatizace, vytápění, vzduchotechnika, banka, KNX, fotovoltaika.

ABSTRACT

This thesis deals with the design of microclimate in the banking facility with focus on the banking hall. Part of the work is design of the air conditioning, central heating and suitable management system. In the work is further developed design of photovoltaic power station and its technical-economic evaluation.

Keywords: air conditioning, heating, ventilation, bank, KNX, photovoltaics.

Rád bych zde poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Zálešákovi Csc., za odbornou pomoc a vedení v průběhu celé tvorby této práce. Také bych rád poděkoval mým rodičům za podporu v průběhu celého studia.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	10
TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV	12
1.1 TEPLOTNÍ PODMÍNKY	12
1.1.1 Teplota vzduchu	13
1.1.2 Operativní teplota.....	14
1.1.3 Výsledná teplota.....	14
1.2 VLHKOSTNÍ PODMÍNKY	15
1.3 RYCHLOST PROUDĚNÍ VZDUCHU.....	17
1.3.1 Průtok čerstvého vzduchu pro osoby	17
1.4 PMV A PPD	17
1.4.1 Rychlost vzduchu a obtěžování průvanem <i>DR</i>	18
1.4.2 Doporučené požadavky tepelné pohody	18
1.4.3 Ukazatel procentuálního podílu nespokojených PPD	20
2 TEPELNĚ HMOTNOSTNÍ ZÁTĚŽ BUDOV	21
2.1 TEPELNÉ ZTRÁTY	21
2.2 TEPELNÉ ZISKY.....	21
2.2.1 Tepelné zisky osob	21
2.2.2 Tepelné zisky od osvětlení	22
2.2.3 Tepelné zisky od kancelářských spotřebičů	22
2.2.4 Tepelné zisky od domácích spotřebičů	22
2.2.5 Tepelný zisk okny konvekci.....	22
2.2.6 Tepelný zisk okny radiací	23
2.2.7 Tepelné zisky stěnami	24
2.2.8 Tepelné zisky infiltrací vnějšího vzduchu.....	25
2.3 VLHKOSTNÍ ZISKY	26
3 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE	27
3.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ	27
3.1.1 Celkové přirozené větrání	27
Provětrání.....	27
Infiltrace	28
3.1.2 Místní přirozené odsávání - Šachtové větrání	28
3.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ.....	28
3.2.1 Celkové nucené větrání	28
3.2.2 Nucené větrání místní	28
Vzduchové clony	29
Zákryty (digestoře)	29
3.3 STANOVENÍ MNOŽSTVÍ VZDUCHU PRO NUCENÉ VĚTRÁNÍ.....	29
3.3.1 Výpočet z produkce škodlivin.....	30
Škodliviny limitované NPK.....	30
Škodlivinou je teplo	31
Škodlivinou je vlhkost	32
3.3.2 Výpočet podle doporučených dávek vzduchu.....	32

3.3.3	Výpočet podle intenzity výměny vzduchu	32
3.4	KLIMATIZACE.....	34
4	FOTOVOLTAIKA	36
4.1	HISTORIE.....	37
4.2	PRINCIP FOTOVOLTAICKÉHO ČLÁNKU.....	38
4.3	GENERAČNÍ VÝVOJ.....	39
4.3.1	První generace	39
4.3.2	Druhá generace.....	39
4.3.3	Třetí generace.....	40
4.4	DOSTUPNÉ TECHNOLOGIE.....	41
4.5	VÝVOJ ÚČINNOSTI	42
4.6	FOTOVOLTAICKÝ PANEL.....	42
4.6.1	Propojení panelů a článků	43
4.7	ZAPOJENÍ FV.....	44
4.7.1	Ostrovní systém.....	44
4.7.2	Připojení na síť samostatnou přípojkou	45
4.7.3	Připojení pro vlastní spotřebu energie a prodej přebytků do sítě.....	45
5	SBĚRNICOVÝ SYSTÉM KNX	46
5.1	PRINCIP ČINNOSTI.....	46
5.2	PROTOKOL KNX	46
5.2.1	Fyzická vrstva	47
5.2.2	Linková vrstva.....	48
5.2.3	Síťová vrstva	48
5.2.4	Transportní vrstva	48
5.2.5	Aplikační vrstva	48
5.3	PŘENOS DAT	49
5.4	TOPOLOGIE.....	50
6	SCADA	52
	PRAKTICKÁ ČÁST	53
7	POPIS OBJEKTU	54
7.1	PODMÍNKY NÁVRHU	57
8	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	58
8.1	PŘÍKLAD VÝPOČTU NÁVRHOVÝCH TEPELNÝCH ZTRÁT PRO MÍSTNOST 0.01	59
8.2	PŘÍKLAD VÝPOČTU NÁVRHOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU PRO MÍSTNOST 0.01	63
9	NÁVRH TEPELNÉHO ZDROJE	66
9.1	VÝMĚNÍKOVÁ STANICE	66
9.1.1	Dimenzování výměníku	66
9.2	NÁVRH ZÁSOBNÍKU TEPLÉ VODY.....	67
10	NÁVRH ÚSTŘEDNÍHO VYTÁPĚNÍ.....	69
10.1	NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES.....	69
11	NÁVRH MIKROKLIMATU BANKOVNÍ HALY	73
11.1	ŘEŠENÍ MIKROKLIMATU	73
11.1.1	Výpočet tepelné zátěže.....	73

11.2	NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY	74
11.2.1	Určení průtoků vzduchu	75
11.2.2	Řešení úprav vzduchu	76
11.2.3	Návrh distribučních prvků	81
11.2.4	Výpočet tlakových ztrát	84
11.2.5	Návrh VZT jednotky	90
12	FOTOVOLTAIKA	92
12.1	NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU	92
12.2	TECHNICKO – EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	97
13	SYSTÉM ŘÍZENÍ	99
13.1	KNX	99
13.1.1	Vzduchotechnika	99
13.1.2	Další prvky systému	102
13.1.3	Vzdálené řízení	102
13.2	SCADA	104
	ZÁVĚR	105
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	106
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	107
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	109
	SEZNAM OBRÁZKŮ	111
	SEZNAM TABULEK	113
	SEZNAM PŘÍLOH	114

ÚVOD

Vývoj informačních technologií se promítá do všech oblastí našeho života. Jejich využívání v budovách dokáže uspořit energii a výrazně zvýšit komfort jejich obyvatel. Ve velkých objektech se moderní technologie stávají téměř nezbytností provozu. Pomocí centrálních systémů se dá ovládat osvětlení, ventilace, vytápění místností, otevírání žaluzií, požární hlásiče nebo také identifikovat osoby s povolením přístupu do budovy, zabezpečit objekty a mnoho dalšího. Tyto technologie se velmi často používají ve velkých správních budovách, v divadlech, výrobních závodech nebo na letištích.

Stále častěji se ovšem o nové technologie zajímají také majitelé rodinných domů. Kromě úspory peněz nabízí obyvatelům domu zvýšení komfortu a usnadnění běžného života.

Koncept inteligentní budovy existuje již mnoho let a u jednotlivých lidí vyvolává různé představy. V pojetí naší společnosti je inteligentní ta budova, která dovoluje beze zbytku vyhovět potřebám těch, kdo ji používají a přitom udržet náklady na provoz na výši zajišťující držiteli budovy dostatečný zisk.

Vývoj v oblasti inteligentních budov bude pokračovat i nadále se stále se zvyšující se rychlostí. Inteligentní budovy budou energeticky efektivnější, šetrnější k životnímu prostředí, zdraví lidí atd. Pokrok v oblasti mikroelektroniky, umělé inteligenci, informačních technologiích, bio a nanotechnologiích poskytne nové prvky, které najdou široké uplatnění při využití v oblasti inteligentních budov [15].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV

Vnitřní prostředí v budovách, má významný vliv na zdraví lidí, kteří se v něm pohybují. Špatné podmínky způsobují vznik mnoha chorob, mezi kterými jsou to nejčastěji alergie. Je známo, že pokud se v budovách nevyskytuje vlhkost a je dostatečně větráno, tzn. je zajištěn přívod dostatečného množství čerstvého vzduchu, je riziko vzniku problémů spojených s kvalitou prostředí nízké. Vnitřní prostředí v budovách vytváří mnoho složek. Mezi zásadní patří tepelně vlhkostní, oděrová, aerosolová, mikrobiální a akustická složka. Zásadní vliv na člověka mají tepelně vlhkostní parametry obytné místnosti. Z hlediska dopadu na lidské zdraví se zdá, že nejdůležitějším faktorem je kvalita vzduchu. Většinu těchto složek prostředí ovlivňujeme větráním [16].

Kromě kvality vzduchu jsou z hlediska působení na člověka nejvýznamnější tepelně-vlhkostní podmínky prostředí. Ty určují tepelnou pohodu člověka.

Zdrojem tepla nebo chladu pro interiér budovy jsou zejména venkovní klimatické podmínky, které se přenáší dovnitř obvodovým pláštěm budovy. Z celého obvodového pláště mají největší význam okna, v zimě jimi nejvíc tepla uniká, v létě naopak vniká do budovy.

1.1 Teplotní podmínky

Při dodržení požadovaných mikroklimatických parametrů by měl být optimalizován tepelný stav prostředí resp. jeho působení na člověka. Je známo, že tepelná pohoda člověka má daleko větší vliv na jeho subjektivní pocit celkové pohody, míru odpočinku i skutečnou produktivitu práce, než nežádoucí emise či obtěžující hluk. Studie dokazují, že např. při lehké práci dochází ke stoprocentnímu výkonu člověka při teplotě vzduchu 22 °C, při teplotě 27 °C klesá schopnost podávat plný výkon o 25 % a při 30 °C dosahuje pouze 50 % z optima [17].

Krátkodobý pobyt v prostředí, kde se teploty vzduchu doporučovaným hodnotám blíží, nepocituje zdravý jedinec většinou jako pocit nepohody. Rozdíly mezi produkovaným teplem a teplem odnímaným okolím těla vyrovnávají termoregulační mechanismy. Termoregulační procesy souvisí s věkem, celkovým zdravotním stavem jedince, stavem výživy, pohybovým režimem a jsou přímo ovlivněny tepelně vlhkostním stavem prostředí.

Pocit tepelného diskomfortu není způsoben pouze zvýšenou teplotou prostředí, ale spolupůsobí i další mikroklimatické faktory - rychlost proudění vzduchu a vlhkost vzduchu. Nízká rychlost proudění vzduchu způsobuje pocit "stojícího vzduchu" a ochlazovací účinek proudícího vzduchu (adiabatickým odpařováním potu z pokožky) je velmi nízký. Důsledkem je rychlý nárůst únavy, nesoustředěnosti a chybovosti. Při vyšší rychlosti proudění vzduchu nastává pocit obtěžujícího faktoru - "průvan" (citliví jedinci reagují nespokojeně již při rychlostech proudění od 0,22 m/s). Rychle proudící vzduch má značný ochlazovací účinek, vedoucí pak až prochladnutí celého organismu nebo jen jeho ochlazované části.

Na vlhkosti vzduchu, resp. množství vodních par obsažených ve vzduchu, závisí schopnost ochlazování organismu odpařováním potu. Při vysokých vlhkostech, kdy vzduch není schopen již další vlhkost pohlcovat, může dojít k přehřátí organismu.

Tepelná pohoda prostředí člověka v prostředí závisí tedy na tepelných parametrech prostředí, činnosti (energetickém výdaji) a na tepelném odporu oděvu.

Energetický výdaj člověka v závislosti na jeho aktivitě je uveden v tabulce:

Činnost/stav	Stupeň aktivity	Energetický výdaj (W)
Klidový		80
Uvolněný sed	I	100
Uvolněný stoj		125
Sed, lehká práce (kancelář, byt, škola, laboratoř)		125
Stoj (rýsování)	II	145
Lehká práce (nakupování, laboratoř, lehký průmysl)		170
Středně těžká tělesná práce (práce v domácnosti, činnost u stroje)	III	200
Těžká tělesná práce (těžká práce u stroje)	IV	300

Tab. 1 Energetický výdaj člověka v závislosti na jeho aktivitě

1.1.1 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu v místnosti se má v ideálním případě pohybovat v rozsahu 20 – 24 °C, přičemž je současně zohledněn oděv odpovídající venkovní teplotě. Teplota 24 °C

znamená v létě vysoké investice do chlazení místnosti, tj. horní hraniční teplota se posouvá na 27 – 28 °C při akceptování mírného poklesu výkonnosti.

1.1.2 Operativní teplota

Hodnotící kritérium pro tepelnou pohodu v prostoru je "operativní teplota". Je to vypočítaná hodnota, která je výsledkem působení všech tepelných složek prostředí a vlivu rychlosti proudění vzduchu. K jejímu stanovení je třeba znát střední radiační teplotu θ_r , teplotu vzduchu θ_a a rychlost proudění vzduchu v_a .

Přípustnou operativní teplotou se rozumí průměrná operativní teplota, která je dána časově váženým průměrem teplot vyskytujících se v osmihodinové směně, respektive aritmetickým průměrem pravidelně měřených teplot v intervalech nejdéle jedné hodiny.

Operativní teplota θ_o [°C] je jednotná teplota uzavřeného černého prostoru, ve kterém by tělo sdílelo radiaci a konvenci stejně tepla, jako ve skutečném teplotně nehomogenním prostředí. Při známé střední radiační teplotě θ_r [°C] (účinnou teplotou okolních ploch) a teplotě vzduchu θ_a [°C] se určí z výrazu (1):

$$\theta_o = \theta_r + A(\theta_o - \theta_r) \quad (1)$$

kde:

A je funkcí rychlosti proudění vzduchu podle tabulky (Tab. 2),

θ_r Střední radiační teplota okolních ploch,

θ_a (°C) teplota vzduchu,

v_a [m/s]	0,2	0,3	0,4	0,8	1
A [-]	0,50	0,60	0,65	0,7	1

Tab. 2 Závislost součinitele A na rychlosti proudění vzduchu

1.1.3 Výsledná teplota

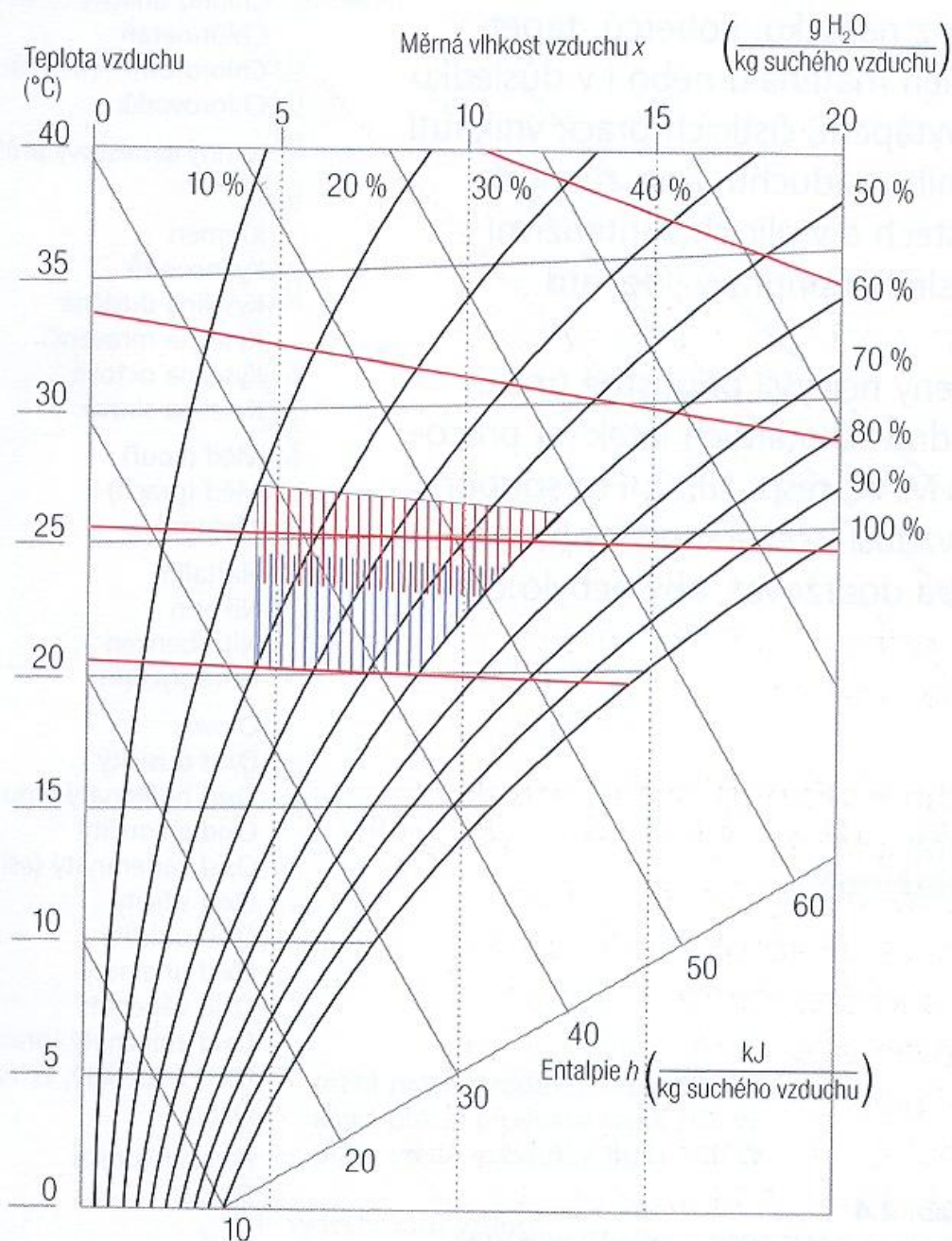
Je poměr mezi teplotou vzduchu θ_a [°C] a povrchovou teplotou stavební konstrukce θ_p [°C].

$$\theta_k = \frac{\theta_a + \theta_p}{2} \quad (2)$$

1.2 Vlhkostní podmínky

Vlhkost vzduchu představuje další faktor pohody, protože intenzita odpařování závisí na rozdílu tlaku vodních par nad povrchem pokožky a v okolním vzduchu. Při běžné výsledné teplotě v místnosti kolem 20°C hraje odvod tepla odpařováním jen nepatrnou roli. Při vlhkosti pod 35% se objevuje zvýšená tvorba prachu. Při relativní vlhkosti pod 45% je možné vytváření el. náboje. Vysoká relativní vlhkost nad 70% může při poklesu teploty pod hodnotu rosného bodu způsobit vznik plísní.

Vysoká teplota vzduchu spolu s vysokou relativní vlhkostí mohou vést k mokrému odpařování (pocení). Při měrné vlhkosti více než 12 g/kg suchého vzduchu se pociťuje tzv. dusno. Obecně lze konstatovat, že zvyšující se teplotou vzduchu by se měla snižovat relativní vlhkost vzduchu. Pole tepelné pohody pro operativní teplotu a relativní vlhkost je uvedeno na obrázku (Obr. 1).



Obr. 1 Optimální pásmo tepelné pohody v h-x diagramu vlhkého vzduchu

Relativní vlhkost vnitřního vzduchu je doporučuje udržovat v rozmezí $30 \% < \varphi_i < 70\%$ s tím že optimální hodnota je $\varphi_i = 50\%$.

Tyto meze jsou stanoveny tak, aby se snížilo riziko nepříjemně vlhké nebo suché kůže, podráždění očí, statické elektřiny, růstu mikroorganismů a onemocnění dýchacích cest.

1.3 Rychlost proudění vzduchu

Na pocit pohody má výrazný vliv rychlost proudění vzduchu v místnosti. Při zvyšující se teplotě v místnosti je zvyšující se rychlost proudění pocíťována ještě jako příjemná a naopak. Rychlost proudění vzduchu (norma DIN 1946) v závislosti na teplotě vzduchu nebo na operativní teplotě, je zpravidla příliš vysoká, tj. je důvodem nespokojenosti. V místnostech, kde se pracuje vsedě, by vůbec neměla být překročena rychlost proudění 0,1 m/s, při předpokladu že hodnota tep. odporu oděvu je 0,5 clo a celková produkce tepla u člověka je 1,0 met.

Prívod čerstvého venkovního vzduchu je nutný u komfortních klimatizačních zařízení (pro osoby), zařízení technologických (s vývinem škodlivin), případně tam, kde se z prostoru místním odsáváním odvádí odpadní vzduch do venkovní atmosféry.

1.3.1 Průtok čerstvého vzduchu pro osoby

Pro komfortní větrací a klimatizační zařízení se průtoky čerstvého (venkovního) vzduchu stanoví dle předepsané dávky vzduchu na jednu osobu. Uvedené dávky vzduchu se určí na základě platných hygienických předpisů následovně:

- 50 m³/h na osobu pro práci převážně v sedě
- 70 m³/h na osobu pro práci převážně vstoje a chůzi
- 90 m³/h na osobu při těžké fyzické práci
- 100 m³/h na osobu při práci a pobytu v prostoru, který je určen pro tanec
- 150 m³/h na osobu při práci a pobytu v prostoru, který je určen pro diskotéku

Za extrémních venkovních klimatických podmínek tj. při teplotách venkovního vzduchu vyšších než 26 °C a nižších než 0 °C, pak může být hygienické množství vzduchu sníženo až na polovinu.

1.4 PMV a PPD

Pro hodnocení úrovně mírného prostředí se používá index předpokládaného středního tepelného pocitu *PMV*. Je to ukazatel předpovídající střední tepelný pocit velké skupiny osob v sedmistupňové stupnici pro posuzování tepelného pocitu podle tabulky (Tab. 3).

Tepelný pocit	Index PMV
Horko	+3
Teplo	+2
Mírné teplo	+1
Neutrálně	0
Mírně chladno	-1
Chladno	-2
Zima	-3

Tab. 3 Posuzování tepelného pocitu

Ukazatel PMV, je možno stanovit na základě těchto parametrů:

- Výsledná vnitřní teplota θ_i [°C]
- Teplota vzduchu θ_{ai} [°C]
- Střední radiační teplota θ_{sr} [°C]
- Rychlost proudění vzduchu v_{ai} [°C]
- Relativní vlhkost vzduchu φ_{ai}
- Tepelný odpor oděvu I_{cl}
- Tepelná produkce organismu M [W/m²]

Doporučuje se používat ukazatel PMV mezi -2 až +2.

1.4.1 Rychlost vzduchu a obtěžování průvanem DR

Na pocit tepelné pohody má výrazný vliv rychlost proudění vzduchu v místnosti. Při zvyšující se teplotě v místnosti je zvyšující se rychlost proudění pocíťována ještě jako příjemná a naopak [18].

Omezení rychlosti proudění vzduchu je dáno nepříjemnými pocity průvanu. Obtěžování průvanem se vyjadřuje procentuálním podílem lidí, u kterých se předpovídá pocit obtěžování průvanem DR .

1.4.2 Doporučené požadavky tepelné pohody

Index předpokládaného středního tepelného pocitu PMV, vyjadřuje teplý a chladný diskomfort pro tělo jako celek. Tepelnou nepohodu může však vyvolat také nežádoucí ochlazování (nebo ohřívání) určité části těla (místní nepohoda). Častou příčinou místní nepohody je průvan. Aby se omezilo obtěžování průvanem na $DR = 15\%$, doporučuje se udržovat menší místní střední rychlost proudění vzduchu v_{ai} . Místní nepohodu mohou vyvolat také velké rozdíly vnitřní teploty v místě hlavy a kotníků, příliš teplá nebo studená

podlaha a asymetrie radiační teploty. K různým druhům místní nepohody jsou často citliví určití lidé. Například osoby citlivé na průvan jsou citlivé i na místní ochlazování vyvolané nesymetrií radiační teploty nebo studenou podlahou.

Relativní vlhkost vnitřního vzduchu je doporučuje udržovat v rozmezí $30 \% < \varphi_i < 70\%$ s tím že optimální hodnota je $\varphi_i = 50\%$. Tyto meze jsou stanoveny tak, aby se snížilo riziko nepříjemně vlhké nebo suché kůže, podráždění očí, statické elektřiny, růstu mikroorganismů a onemocnění dýchacích cest.

Je-li mikroklima prostředí v mezích tepelné pohody, lze očekávat, že víc než 80% přítomných osob bude toto mikroklima považovat za přijatelné. Pro tělesnou aktivitu, při určitém předpokládaném oblečení, je možno odvodit pásma tepelné pohody vyjádřené vnitřní teplotou v rozmezí PMV

$$-0,5 < PMV < +0,5$$

Pro lehkou tělesnou činnost, vykonávanou převážně v sedě (1 met) což odpovídá podmínkám v kancelářích, obytných prostorách a lehké práci v průmyslu, je možno odvodit vhodné teplotní podmínky. Předpokládá se v zimním období oděv o tepelném odporu $I_{cl} = 1 \text{ clo}$ (0,155 W/m²K) a v letním období oděv o tepelném odporu $I_{cl} = 0,5 \text{ clo}$ (0,078 W/m²K). Výsledky jsou uvedeny v tabulce (Tab. 4).

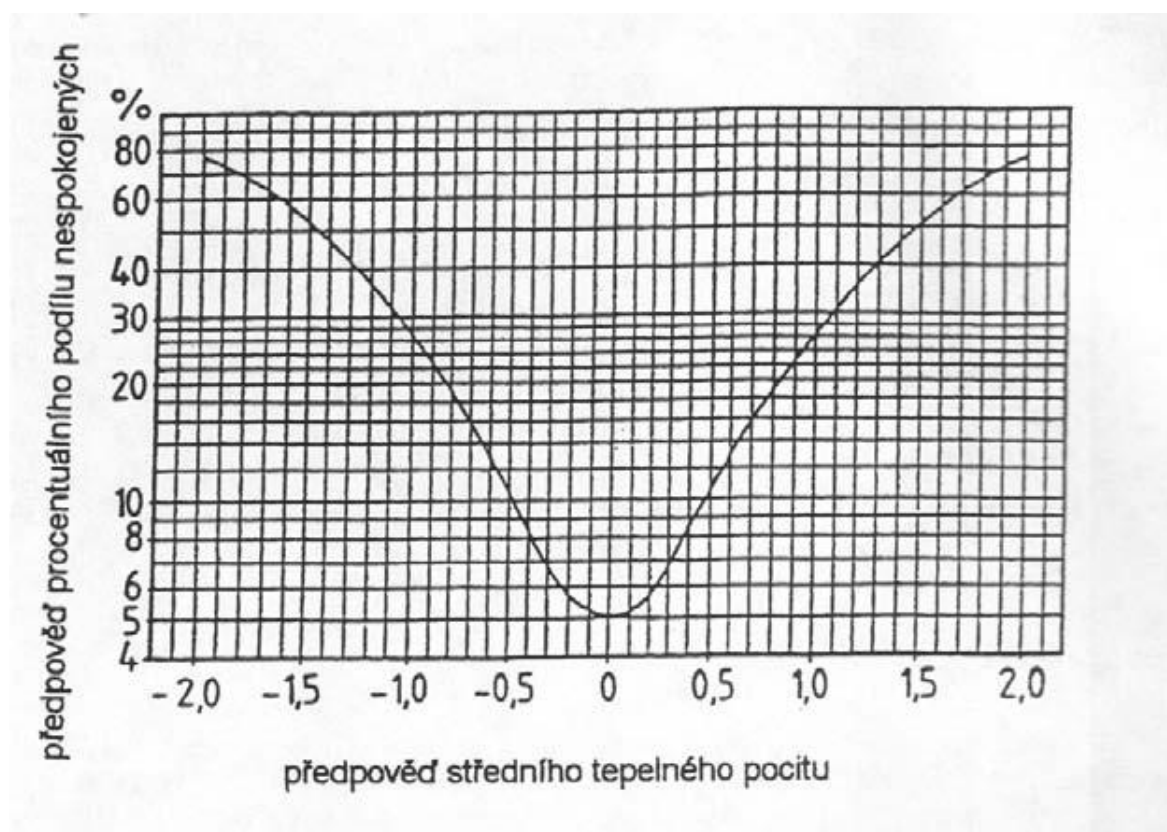
Veličina	Zimní období ($I_{cl} = 1 \text{ clo}$)	Letní období ($I_{cl} = 0,5 \text{ clo}$)
Vnitřní (operativní) teplota θ_i [°C]	20 až 24	23 až 26
Rozdíl teploty vzduchu v místě hlavy a kotníků $\Delta\theta_{ai}$ [K]	< 3	< 3
Teplota podlahy θ_s [°C]	19 až 26	-
Povrchová teplota podlahového vytápění θ [°C]	29	-
Asymetrie radiační teploty svislých ploch (srovnání s malou svislou plochou 0,6 m nad podlahou) $\Delta\theta_{rs}$ [K]	10	-
Asymetrie radiační teploty vodorovných ploch (strop a malá vodorovná plocha 0,6 m nad podlahou) $\Delta\theta_{rs}$ [K]	5	-
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu, φ_{ai} [%]	30 až 70	30 až 70

Tab. 4 Optimální mikroklimatické podmínky pro obytné prostory a lehkou práci v sedě

1.4.3 Ukazatel procentuálního podílu nespokojených PPD

Index předpokládaného středního tepelného pocitu PMV , předpokládá střední hodnotu posouzení vnitřního prostředí velkou skupinou lidí. Ne všichni jedinci však jsou s tepelným komfortem spokojeni (spokojenost závisí na fyziologii, psychickém a zdravotním stavu jednotlivých posuzovatelů. Proto se zavádí ukazatel procentuálního podílu nespokojených PPD , který kvantifikuje předpověď poměrného počtu lidí, kteří budou s daným tepelným mikroklimatem nespokojeni. Ukazatel PPD , závisí na indexu PMV , podle vztahu (3):

$$PPD = 100 - 95 * \exp [-(0,033 * PMV^4 + 0.2179 * PMV^2)] \quad (3)$$



Obr. 2 Distribuce tepelných pocitů

2 TEPELNĚ HMOTNOSTNÍ ZÁTĚŽ BUDOV

Pro návrh prostředků k tvorbě vnitřního mikroklimatu budovy je nutné vyčíslení velikosti toků tepla a látek pro extrémní stavy, které se reálně vyskytují při provozu budovy. Tyto výměny jsou způsobeny nestacionárními okrajovými podmínkami působícími na budovy.

Výpočet tepelných a hmotnostních bilancí znamená vyčíslení tepelných ztrát, tepelných zisků, vodních zisků a produkce škodlivin. Tyto hodnoty se pak používají k návrhu vzduchotechniky, otopné soustavy a jiných systémů. Hodnoty tepelných a hmotnostních bilancí jsou nestacionární v čase, tudíž se pro návrhy systémů používají reálné extrémy okrajových podmínek.

2.1 Tepelné ztráty

Postup pro výpočet dodávky tepla nutného k bezpečnému dosažení výpočtové vnitřní teploty stanoví norma ČSN EN 12831 [4]. Podrobný postup výpočtu je uveden v praktické části.

2.2 Tepelné zisky

Tepelné zisky můžeme rozdělit na různé skupiny a kategorie. Především se ale dělí na vnitřní a vnější. Vnější tepelné zisky pochází hlavně z oslunění, kdy energie sluneční radiace působí na povrchy budov a proniká do místnosti transparentními výplněmi budovy. Vnitřní zisky jsou různé a mohou pocházet od elektronických spotřebičů, z teplé vody při koupání a vaření nebo od technologických zařízení. Do vnitřních zisků patří i produkce tepla osob, které se v budově pohybují. Tepelné zisky mohou být v budovách s výhodou použity, protože snižují tepelné ztráty, musíme si ale dát pozor, aby tepelné zisky nebyli větší než ztráty, potom hovoříme o tepelné zátěži, která je nežádoucí [3]. Výpočet tepelné zátěže řeší norma ČSN 73 0548 [11].

Vnitřní

2.2.1 Tepelné zisky osob

Osoby při své činnosti produkují teplo, které se projevuje jako tepelné zisky ve vzduchu v místnosti. Započítává se jen citelné teplo, jehož hodnota závisí na teplotě vzduchu a činnosti člověka. Za výchozí pro odvození se považuje produkce citelného tepla muže 62

W při mírně aktivní práci při teplotě okolního vzduchu 20 °C [14]. U žen se počítá s 85% tepla vydaného muži a u dětí se 75%.

2.2.2 Tepelné zisky od osvětlení

Je známo, že se podstatná část elektrické energie při svícení promění v teplo, které ohřívá vzduch a část se také odvede konstrukcemi, případně větráním, pokud jsou boxy svítidel větrány bez rekuperace tohoto tepla, což má větší význam u místnosti hodně osvětlených, např. v divadlech, ve sportovních halách, apod. Existují dvě možnosti jak získat údaje o produkci tepla. Jednou je přímo údaj o svítidlech a jejich počtech. Jinou metodou určíme zisky z osvětlení zadaného alespoň typem svítidel, abychom mohli určit tepelný zisk. Například se udává, že pro osvětlení 120 luxů je třeba u žárovkového osvětlení 20 až 30 W/m² a u zářivkového 7 až 9 W/m². Toto se vztahuje například pro byty [3]. S teplem produkovaným svítidly se počítá tehdy, jsou-li svítidla v provozu i v době špičkových tepelných zisků (zejména v prostorách bez denního osvětlení) [2].

2.2.3 Tepelné zisky od kancelářských spotřebičů

Jedná se o tepelné zisky z přístrojů, jako jsou počítače, tiskárny, faxy. Tyto přístroje mohou mít značný tepelný výkon. Jediný počítač může mít až stovky W.

2.2.4 Tepelné zisky od domácích spotřebičů

Jsou to tepelné zisky z vaření, žehlení, praní, chlazení. Rovněž tyto spotřebiče mají podle režimu chodu domácnosti a podle skladby osob také značné rozdíly ve spotřebě elektřiny či plynu, která se promítne ve formě tepla jako tepelné zisky.

Vnější

Na zemi dopadá značné množství sluneční energie. Z tabulek naměřených intenzit slunečního záření dopadajícího na horizontální plochu lze zjistit, že v květnu nebo červnu dopadá na kolmou plochu 750 W/m². V různých měsících se ale tato hodnota mění. V zimě je například i doba svitu značně omezena.

2.2.5 Tepelný zisk okny konvekci

Prostup tepla oknem konvekci se počítá dle vztahu:

$$\dot{Q}_{ok} = U_o \cdot A_o \cdot (\theta_e - \theta_i)] \quad (4)$$

kde:

U_o - je součinitel prostupu tepla oknem [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$].

A_o - plocha okna včetně rámu [m^2].

$\theta_e - \theta_i$ - rozdíl teplot na obou stranách okna.

2.2.6 Tepelný zisk okny radiací

Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace T_D standardním jednoduchým oknem závisí na úhlu dopadu slunečních paprsků podle vztahu:

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\theta}{100} \right)^5 \quad (5)$$

kde:

θ - je úhel mezi normálou k oknu a slunečními paprsky [$^\circ$].

Celková propustnost difuzní sluneční radiace T_d standardního skla je stálá, nezávislá na poloze slunce, $T_d=0,85$.

Intenzity sluneční radiace I_o (součty přímé a difuzní sluneční radiace), procházející standardním zasklením, jsou uvedeny pro jednotlivé denní a roční časy (vždy k 21. dni každého měsíce) v tabulce 10 v normě ČSN 73 0548 [1]. Pro venkovskou oblast se hodnoty podle tabulky vynásobí korekčním součinitelem $c_o=1,15$, pro průmyslovou a velkoměstskou oblast $c_o=0,85$.

Tepelné zisky sluneční radiací oknem Q_{or} se počítají podle vztahu:

$$\dot{Q}_{or} = [A_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (A_o - A_{os}) \cdot I_{odif}] \cdot s \quad (6)$$

kde:

A_{os} - je povrch okna ozářený sluncem [m^2],

I_o - celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [W/m^2],

I_{odif} - intenzita difuzní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [W/m^2],

c_o - korekce na čistotu atmosféry,

s - stínící součinitel.

Stínící součinitel s , vyjadřuje jaká část radiace prochází sledovaným oknem, vzhledem ke standardnímu jednoduchému oknu. Tyto hodnoty pro běžné prostředky, omezující sluneční radiaci vnikající oknem do místnosti jsou v tabulce v příloze (Příloha II). Příslušné hodnoty s pro jiné druhy stínících prostředků je třeba získat od jejich dodavatelů.

Při kombinaci několika způsobů stínění dostaneme výslednou hodnotu stínícího součinitele vynásobením dílčích hodnot:

$$s = s_1 \cdot s_2 \cdot \dots \cdot s_n \quad (7)$$

Při výpočtu tepla oknem sluneční radiací je třeba uvažovat pouze část okna, která je osluněná.

$$A_{os} = [I_A - (e_1 - f)] - [I_B - (e_2 - g)][m^2] \quad (8)$$

kde:

I_A, I_B - jsou šířka a výška zasklené části okna [m],

f, g - odstup svislé a odstup vodorovné části okna od slunolamů [m],

e_1, e_2 - délky stínů v okenním otvoru od okraje slunolamu [m].

Příslušné délky stínů se určí ze vztahů:

$$e_1 = d \cdot \tan(\alpha - \gamma) [m] \quad (9)$$

$$e_2 = \frac{c \cdot \tan \gamma}{\cos(\alpha - \gamma)} \quad (10)$$

kde:

d - je hloubka okna [m],

c - hloubka okna vzhledem k horní stínící desce.

2.2.7 Tepelné zisky stěnami

Prostup tepla stěnami, podlaho a stropem u zasklených fasád má jen malý význam. Je zapotřebí mu věnovat pozornost u přízemních, horizontálně rozlehlých staveb a u bezokenních staveb [1]. Při výpočtu prostupu tepla se dosazují teploty vzduchu po obou stranách stěny. Pouze v případě, že je stěna ozářena sluncem, dosazuje se rovnocenná sluneční teplota vzduchu θ_r [°C], definovaná vztahem:

$$\theta_r = \theta_e + \frac{\varepsilon \cdot I}{\alpha_e} [^{\circ}\text{C}] \quad (11)$$

kde:

I - je intenzita přímé a difuzní sluneční radiace dopadající na stěnu [W],

ε - součinitel poměrné pohltivosti pro sluneční radiaci.

Výpočet prostupu tepla se zjednoduší, rozdělíme-li vnější stěny do tří kategorií:

- Lehké stěny

$$\dot{Q}_s = U \cdot A \cdot (\theta_r - \theta_i) [W] \quad (12)$$

kde:

t_r - je rovnocenná sluneční teplota vnějšího vzduchu [$^{\circ}\text{C}$].

- Středně těžké stěny – tloušťka stěny 0,08 – 0,45 m.

$$\dot{Q}_s = U \cdot A \cdot (\theta_{rm} - \theta_i) + m \cdot (\theta_{r\psi} - \theta_{rm}) \quad (13)$$

kde:

θ_{rm} - je průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [$^{\circ}\text{C}$],

$\theta_{r\psi}$ - rovnocenná sluneční teplota v době o ψ hodin dříve [$^{\circ}\text{C}$],

m - součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou.

- Těžké stěny – mají větší tloušťku než 0,45m.

$$\dot{Q}_s = U \cdot A \cdot (\theta_{rm} - \theta_i) \quad (14)$$

2.2.8 Tepelné zisky infiltrací vnějšího vzduchu

S infiltrací počítáme pouze u podtlakových klimatizačních systémů. Při infiltraci se počítá s vnikáním vnějšího vzduchu s objemem, který je dán rozdílem objemových průtoků odváděného a přiváděného vzduchu [1].

$$\dot{Q}_l = \dot{V}_l \cdot \rho_L \cdot c_L \cdot (\theta_e - \theta_i) \quad (15)$$

kde:

\dot{V}_l - Objemový průtok přívodního vzduchu [m^3/s],

ρ_L - hustota vzduchu [kg/m^3],

c_L - měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$]

2.3 Vlhkostní zisky

Je-li teplota povrchu, na kterém se odpařuje voda, vyšší než teplota vzduchu, teplo na odpařování se odebírá přímo z vody. Toto odpařování podstatně neovlivňuje tepelné zisky. Patří sem produkce páry člověkem, odpařování z jídel, odpařování z hladiny, která má vyšší teplotu než vzduch.

Produkce vodní páry lidí se počítá dle vztahu:

$$\dot{M}_{wl} = n_l \cdot g_w \quad (16)$$

Odpar z mokrých povrchů a vodní hladiny o ploše A , nad kterou proudí vzduch o střední rychlosti w , se určí dle vztahu:

$$\dot{Q}_l = (7 + 5,3w) \cdot A \cdot (x_p'' - x) \quad (17)$$

kde:

x_p'' , x - měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě povrchu a měrná vlhkost vzduchu nad povrchem [g/kg].

3 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE

Principem větrání je výměna vzduchu znehodnoceného za vzduch čerstvý, venkovní. Proudění vzduchu ve větraném prostoru je způsobeno nuceným, mechanickým pohybem (ventilátory), nebo přirozeným tlakovým rozdílem (vlivem rozdílných hustot vzduchu vně a uvnitř větraného prostoru i účinkem větru).

Rozlišujeme 2 typy:

- Nucené (mechanické) větrání
- Přirozené větrání

Větráním se upravuje čistota ovzduší ve větraném prostoru (odvodem škodlivin), dílčím způsobem i tepelný stav prostředí (odvodem tepelné zátěže) a větrání slouží i k vyrovnání vzduchové bilance u odsávacích systémů.

3.1 Přirozené větrání

Větrání s přirozeným oběhem vzduchu je nejrozšířenějším způsobem větrání budov. Lze jím řešit převážnou většinu místností v obytných a administrativních budovách, kde nejsou výrazné zdroje škodlivin.

Přirozené větrání lze rozdělit na:

- Celkové větrání
- Místní odsávání

3.1.1 Celkové přirozené větrání

Slouží především k větrání průmyslových budov s výraznými vnitřními tepelnými zisky – větrání aerací. K celkovému přirozenému větrání se přiřazují i další dva systémy – infiltrace a provětrání.

Provětrání

K provětrání místnosti dochází při otevírání venkovních oken a dveří. Používá se zejména v obytných a veřejných budovách. Energeticky úsporné je provětrávat místnost často, krátce a velkými průřezy.

Infiltrace

Infiltrace je pronikání vzduchu do místnosti netěsnostmi spár oken a dveří, nebo pórovitostí stěn. Infiltrace se zvyšuje za mrazivých a větrných dnů. Vzduch do místnosti přináší prach, vlhkost a jiné nežádoucí příměsi. Těsnění spár oken a dveří infiltraci snižuje, ale zároveň přílišné utěsnění může být příčinou hygienických závad. V místnostech s neostatečnou infiltrací a bez větrání mohou vznikat plísň.

3.1.2 Místní přirozené odsávání - Šachtové větrání

Šachtové větrání je druh přirozeného větrání, při kterém je nejčastěji odváděn znehodnocený vzduch svislou šachtou nad střechu objektu. Přívod vzduchu může být další šachtou (sací) nebo otvory zaústěnými do svislých průduchů nebo volně z vnitřního prostoru. Nejčastěji se používá u občanské výstavby (odvětrání WC apod.). Slouží k přirozenému odvodu vzduchu od zdrojů tepla. Odvod vzduchu z místností však rovněž přispívá k výměně vzduchu v celém prostoru, vzduch do prostoru vybaveného šachtovým větráním proniká vlivem přirozeného podtlaku, zpravidla ze sousedních místností.

3.2 Nucené větrání

Podle toho, zda vzduch odváděný z místnosti se vyměňuje za vzduch venkovní v celém prostoru, nebo pouze v jeho části se třídí nucené větrání na :

- Celkové větrání
- Místní přívod vzduchu
- Místní odsávání

3.2.1 Celkové nucené větrání

Zajišťuje pokud možno rovnoměrné provětrání pásma pobytu osob (pracovní oblasti), nebo jinak definovaného technologického prostoru. Celkové větrání se používá především tam, kde nevýrazné zdroje škodlivin (tepla) jsou v prostoru rovnoměrně rozmístěny.

3.2.2 Nucené větrání místní

Při místním větrání se vzduch odvádí nebo přivádí (zřídka obojí zároveň) v určitém omezeném prostoru. Tento způsob větrání se používá zejména v průmyslu. Lze ho však využít i ve zdravotní větechotechnice.

Odvod vzduchu nad zdrojem škodlivin (místní odsávání) omezuje šíření škodlivin od zdroje do okolního prostoru a tím se snižuje množství odváděného vzduchu (vzduchové oázy, vzduchové sprchy).

Vzduchové clony

Používají se ke snížení proudění vzduchu velkým otvorem, který spojuje dva prostory s rozdílným tlakem vzduchu (např. vstupy do obchodních domů). Vzduch je upravován ve vzduchotechnické jednotce a pomocí potrubního rozvodu přiváděn štěrbinou, která je nasměrována šikmo do prostoru s vyšším tlakem (většinou směrem ven). Proud vzduchu vytvoří po celé délce otvoru vzduchovou clonu, která zabrání vniknutí venkovního vzduchu dovnitř objektu.



Obr. 3 Dveřní vzduchová clona

Zákryty (digestoře)

Zákryty jsou výrobky, jejichž rozměr, tvar a technické řešení je dáno charakterem zdroje škodlivin. Umísťují se přímo nad něj, aby se zabránilo šíření škodlivin do okolí. Množství vzduchu potřebné pro odvod škodlivin je tak podstatně menší než u celkového větrání. Zákryty by měly vždy přesahovat půdorysnou plochu zdroje škodlivin. Nejčastěji se používají v kuchyních nad varnými plochami nebo nad zdroji par.

3.3 Stanovení množství vzduchu pro nucené větrání

Stanovení množství vzduchu tj. dimenzování vzduchového výkonu vzduchotechnického zařízení je jednou z nejdůležitějších činností při projektování. Sebelepší následné technické řešení větrání nebude splňovat svůj účel, pokud bude špatně vypočítáno množství vzduchu. Nedostatek vzduchu může mít za následek nesplnění zákonných požadavků např. koncentrace škodlivin, což v konečném důsledku znamená vadu projektu a z toho plynoucí odpovědnost projektanta.

3.3.1 Výpočet z produkce škodlivin

Škodliviny jsou látky, které znehodnocují prostředí a způsobují zdravotní problémy či mají vliv na pohodu prostředí. Množství větracího vzduchu se stanoví výpočtem z produkce škodlivin. V případě tuhých a plyných škodlivin včetně aerosolů je třeba dodržet předpisy, kde jsou stanoveny NPK (nejvyšší přípustná koncentrace) škodlivin v prostoru. Tento způsob výpočtu je přednostní a závazný. Jeli škodlivinou teplo nebo vlhkost postupuje se podle jiných rovnic.

V první řadě volba výpočtu množství vzduchu potřebného k odvedení škodlivin závisí na tom, zda se prostor, v kterém vznikají škodliviny, větrá trvale nebo přerušovaně. Dále záleží na tom, kolik druhů škodlivin do větraného prostoru uniká, v jakém množství a zda spolu reagují.

Škodliviny limitované NPK

Pokud je místnost větraná trvale a do ovzduší uniká pouze jedna škodlivina, lze množství vzduchu potřebné pro její odvod stanovit z rovnice (18):

$$M_s + \dot{V} \cdot k_e = \dot{V} \cdot k_i \quad (18)$$

$M_s \dots$ množství škodliviny, která uniká do prostoru [g/s^1]

$k_e \dots$ koncentrace škodlivin v přiváděném vzduchu [g/m^3]

$k_i \dots$ koncentrace škodlivin v odváděném vzduchu (menší než hodnota NPK) [g/m^3]

$\dot{V} \dots$ Objemový průtok vzduchu [m^3/s^1]

Jestliže do větrané místnosti uniká více druhů škodlivin, záleží na tom, zda jde o nezávislé zdroje škodlivin (neslučují se) či zda se tyto látky mísí a působí společně.

V případě, že se škodliviny neslučují, stanoví se potřebné množství vzduchu dle (18) pro každou škodlivinu zvlášť a poté se přivádí to množství, které je největší z nich.

Pokud se škodliviny slučují, stanoví se množství vzduchu pro každou zvlášť podle (18) a získané hodnoty se sečtou a tím získáme celkové množství vzduchu potřebné pro větrání.

Při přerušovaném větrání je výpočet mnohem složitější. Výsledná rovnice pro množství vzduchu potřebného pro odvod škodliviny z prostoru je (za předpokladu, že počáteční koncentrace škodlivin v místnosti je stejná jako ve vzduchu, který přivádíme):

$$\dot{V} = \frac{M_{\dot{s}}}{2(k_i - k_e)} - \frac{O}{\tau} + \left[\left(\frac{M_{\dot{s}}}{2(k_i - k_e)} \right)^2 + \frac{O}{\tau} \left(\frac{M_{\dot{s}}}{k_i - k_e} - \frac{O}{\tau} \right) \right]^{-0,5} \quad (19)$$

$M_{\dot{s}} \dots$ množství škodliviny, která uniká do prostoru [g/s^1],

$k_e \dots$ koncentrace škodlivin v přiváděném vzduchu [g/m^3],

$k_i \dots$ koncentrace škodlivin v odváděném vzduchu (menší než hodnota NPK) [g/m^3],

$\dot{V} \dots$ množství vzduchu [m^3/s^1],

$O \dots$ Objem větraného prostoru [m^3],

$\tau \dots$ doba úniku škodlivin (resp. doba chodu přerušovaného větrání) [s].

Pokud potřebujeme zjistit, zda koncentrace unikajících škodlivin ve větraném prostoru nepřesáhla hodnotu NPK a za předpokladu, že přivodní vzduch škodlivinu neobsahuje a že počáteční koncentrace škodliviny v prostoru byla nulová, můžeme použít vztah:

$$k_i = \frac{M_{\dot{s}}}{\dot{V}} \left(1 - e^{-\frac{\dot{V}\tau}{O}} \right) \quad (20)$$

Škodlivinou je teplo

Množství potřebného vzduchu pro odvod škodlivin je třeba stanovit množství tzv. citelného tepla (strojů, svítidel apod.) a tepelné zisky z venkovního prostoru. Citelné teplo má za následek zvýšení teploty vzduchu v místnosti. Množství vzduchu se poté stanoví z rovnice tepelné bilance:

$$\dot{Q}_{cit} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (21)$$

$\dot{Q}_{cit} \dots$ množství tepla (citelného) [W],

$\dot{V} \dots$ objemový průtok vzduchu [m^3/s^1],

$\rho \dots$ hustota vzduchu [kg/m^3],

$c \dots$ měrná tepelná kapacita vzduchu [$=1010 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$],

$\theta_i, \theta_e \dots$ teplota vnitřního a přivodního vzduchu [$^{\circ}\text{C}; \text{K}$].

Škodlivinou je vlhkost

Pokud je škodlivinou vlhkost (zejména u bazénů a krytých koupališť) výpočet množství vzduchu je obdobné jako u tepla. Výpočet je z rovnice bilance vlhkosti nebo se stanoví z množství vázaného tepla. Produkce vázaného (latentního) tepla je množství tepla obsaženého ve vodní páře, která se dostává do vzduchu (např. vlhkost produkovaná člověkem, pára vzniklá odpařováním mokřých povrchů). Vázané teplo zvyšuje vlhkost vzduchu. Vlhkostní rovnice je:

$$\dot{M}_p = \dot{V} \cdot \rho \cdot (x_o - x_p) \quad (22)$$

\dot{M}_p ... množství produkované vlhkosti [kg/s¹],

\dot{V} ... objemový průtok vzduchu [m³/s¹],

ρ ... hustota vzduchu [kg/m³],

x_o, x_p ... měrná vlhkost odvodního a přívodního vzduchu [kg.kg⁻¹].

3.3.2 Výpočet podle doporučených dávek vzduchu

Množství větracího vzduchu lze stanovit rovněž z doporučených dávek čerstvého vzduchu na osobu či podle zařízení nebo druhu větrané místnosti.

3.3.3 Výpočet podle intenzity výměny vzduchu

Pro stanovení množství větracího vzduchu lze využít směrné hodnoty tzv. intenzity výměny vzduchu (stanovuje kolikrát za hodinu, se vzduch v místnosti vymění). Uvádí se většinou jako rozpětí hodnot, přičemž platí, že vyšší hodnoty jsou určeny pro menší místnosti a naopak. V místnostech bez větších zdrojů škodlivin, nebo s krátkodobým pobytem osob, lze těchto hodnot využít k předběžnému stanovení množství větracího vzduchu nebo konečnému výpočtu. Tyto hodnoty mají pouze informativní charakter.

Druh místnosti	Intenzita výměny vzduchu [h^{-1}]
Divadla a kina	5 až 8
Garáže	5 až 8
Kanceláře	3 až 10
Kotelny	4 až 10
Kuřárny	10
Laboratoře	6 až 12
Obchodní domy	6 až 8
Obchody	4 až 8
Plavecké bazény	4 až 8
Prádelny	15 až 20
Restaurace	8 až 12
Šatny	2 až 3
Školy	3 až 8
Umývárny	2 až 5
Vanové a sprchové lázně	8 až 15
Záchody – byty	2 až 3
-kancelářské budovy	3 až 5
-veřejné budovy	10 až 15

Tab. 5 Intenzita větrání

3.4 Klimatizace

Klimatizace je zařízení sloužící k tepelné úpravě vzduchu a filtraci v místnosti, zejména však slouží k ochlazování vzduchu, popř. k odvlhčování či vytápění.

Podle dispozičního uspořádání můžeme klimatizační systémy rozdělit na:

- Jednozónové
- Vícezónové

Jednozónové systémy slouží k úpravě vzduchu v jednom prostoru, resp. v několika prostorech se stejným charakterem tepelné zátěže a provozu. Systémy jsou vybaveny jednou klimatizační jednotkou, která je řízena čidly z klimatizovaného prostoru. Typickým představitelem jednozónových systémů je vzduchový jednokanálový systém používaný pro klimatizaci shromažďovacích prostorů (divadel, kin, koncertních sálů, sportovních hal, průmyslových hal). Dalším příkladem jednozónového systému je chladivový split systém, používaný pro klimatizaci jednotlivých kanceláří, obchodů i bytů.

Vícezónové systémy jsou určeny pro klimatizaci budov s větším počtem místností (administrativní budovy, hotely aj.). Systémy jsou vybavovány centrálním zařízením (někdy děleným do několika dílčích zařízení), které zajišťuje základní úpravu venkovního vzduchu. Další součásti tvoří centrální zdroje tepla a chladu a vnitřní klimatizační jednotky v místnostech. Tyto jednotky, napojené na centrální zdroje, slouží k dodatečné individuální (zónové) úpravě vzduchu v místnostech. Vícezónové systémy umožňují úpravu vzduchu v místnostech podle požadavků uživatele místnosti a podle aktuální tepelné zátěže (která se mění v jednotlivých místnostech v závislosti na počtu přítomných osob, provozu elektrických spotřebičů, stínění budovy aj.) [18].

Dále se třídí klimatizační systémy podle způsobu rozvodu tepelné energie (tepla, chladu) do klimatizovaných prostorů; rozlišují se:

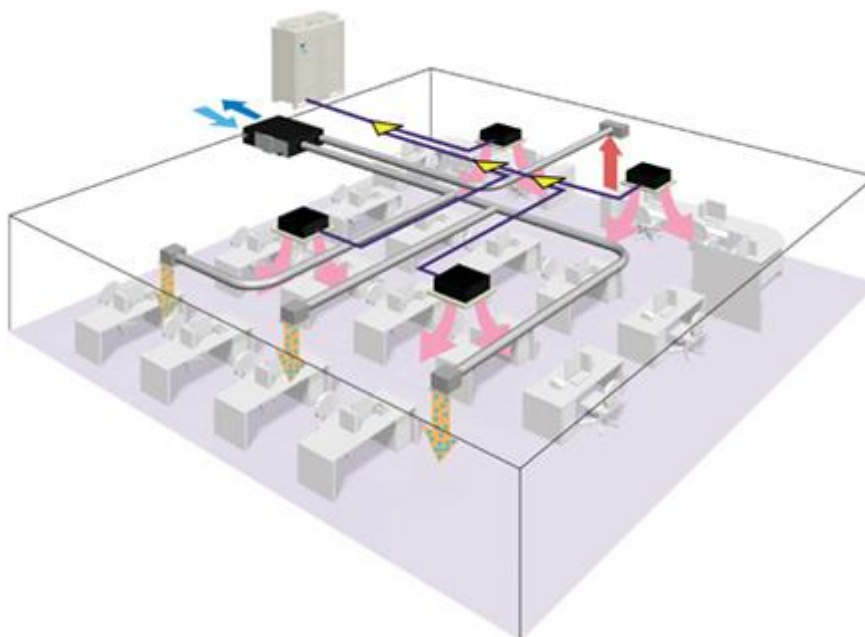
- vzduchové systémy
- vodní systémy
- kombinované systémy vzduch/voda
- chladivové systémy

Klimatizační zařízení můžeme dělit také dle typů a to na:

Systémy split: patří k nejpoužívanějším typům klimatizací. Tyto systémy jsou tvořeny jednou vnitřní a jednou venkovní jednotkou. Pro dosažení stále optimální teploty jsou tyto klimatizace nejvhodnější. Jsou lehce ovladatelné, mají minimální hlučnost a dosahují lepšího proudění vzduchu.

Systémy multi split: Jsou zařízení, která je možné kombinovat tím, že na venkovní kondenzační jednotku jsou napojeny dvě až čtyři vnitřní jednotky. Vnitřní jednotky jsou v různých provedeních a dají se libovolně kombinovat. Každá se dá samostatně ovládat pomocí dálkového ovladače.

VRV systémy: Jsou zařízení, která se používají u větších objektů, kdy na kondenzační jednotku může být nainstalováno až 50 vnitřních jednotek. Vnitřní jednotky se opět dají libovolně kombinovat.



Obr. 4 VRV systém

4 FOTOVOLTAIKA

Současná doba klade velmi vysoké nároky na množství spotřebovávaných energií. Česká republika nemá dostatečné zdroje základních surovin a zdrojů na přeměnu energií. Proto musí vyrábět elektrickou energii buď v tepelných elektrárnách, nebo v jaderných elektrárnách. Provoz tepelných elektráren je vázán na těžbu uhlí, jehož zásoby jsou jen časově omezené a konečné, jejich provoz výrazným způsobem znečišťuje ovzduší, poškozují životní prostředí a účinnost tepelných elektráren je nízká. Výroba elektrické energie v jaderných elektrárnách, kde je zdrojem uran a jeho štěpení, představuje vysoké riziko termonukleární havárie, ke které nemusí při současné geopolitické situaci nutně dojít jen při poruše technologického zařízení. Jedná se tedy o zdroje, které jsou lidstvu technicky a technologicky relativně snadno dostupné. Avšak za tento způsob přeměny jedné formy energie na formu jinou, platí civilizace velmi vysokou daň ve formě nežádoucí nadprodukce kysličníku uhličitého při spalování fosilních paliv. Obdobně se při těžbě zemního plynu a ropy dostává do atmosféry značné množství metanu. Oba plyny jsou zařazeny do skupiny skleníkových plynů. Jejich stále vyšší koncentrace v ovzduší porušuje teplotní bilanci Země a vede k nežádoucímu a škodlivému růstu teploty na Zemi.

Ze Slunce k nám přichází energie ve formě světelného záření s malou vlnovou délkou a ohřívá Zemi. Část této energie se spotřebuje na udržení koloběhu vody v přírodě, na vznik větru, fotosyntézu a další přírodní děje. Zemská atmosféra se do jisté míry chová jako stěny skleníku: některé plyny (říká se jim skleníkové) pohlcují a odrážejí teplo vyzařované zemským povrchem a brání tak jeho nadměrnému ochlazování. Tento jev byl pro svou podobnost s principem skleníku nazván skleníkovým jevem. Kdyby v atmosféře skleníkové plyny nebyly, klesla by tepelným vyzařováním teplota povrchu Země o 33°C a místo současných 15°C by byl roční teplotní průměr jen -18°C. To by zcela změnilo podmínky pro život na naší planetě. Z tohoto hlediska je tedy skleníkový jev přirozený a užitečný. Nejdůležitějšími skleníkovými plyny v atmosféře jsou vodní pára, oxid uhličitý, metan a oxidy dusíku.

Z uvedených skutečností vyplývá požadavek na moderní vyspělou civilizaci hledat další zdroje energií, zejména elektrické. Elektrická energie představuje energii čistou, snadno využitelnou. Dá se snadno rozvádět, transformovat a přeměňovat na jiné formy energie, např. světlo, elektrické pohony a teplo. Takovými novými zdroji energií jsou Obnovitelné zdroje energií.

Podmínkou života na Zemi a současně největším stabilním zdrojem obnovitelných zdrojů energií je Slunce se svojí povrchovou teplotou 5900°K při níž probíhá permanentní jaderná fúze spojování jader vodíku za vzniku Helia a následně dalších těžších prvků. Slunce trvale vysílá k Zemi rychlostí 300 000km/s ve vakuu celé spektrum elektromagnetických vln, zejména formou světla a tepla. Jsou to paprsky vlnové délky gama, rentgenové, ultrafialové, infračervené, mikrovlny a radiové vlny o délce od 0,1pm do 10m.

Lidstvo pozorovalo po tisíciletí sluneční činnost a její vliv na život na Zemi. Některá pozorování využívali stavitelé pyramid, chrámů a měst. Jiná pozorování sluneční činnosti vedla k regulaci a režimu obdělávání zemědělské půdy apod. V novověku úměrně s rozšiřováním experimentální a vědecké činnosti byly postupně objevovány další vlastnosti Slunce.

Zásadní objev, který využívá slunečního záření je fotovoltaika.

Pojem fotovoltaika je odvozen ze dvou slov, řeckého φως [phos] = světlo a ze jména italského fyzika Alessandra Volty, známého tím, že ve svých pracích definoval pojem elektrické napětí.

4.1 Historie

Za objevitele fotoelektrického jevu (nesprávně označováno jako fotovoltaický jev) je považován francouzský fyzik Antoine César Becquerel (1788 - 1878). Fotoelektrický (fotovoltaický) jev popsal v roce 1839 při pokusu s elektrodami ponořenými do elektrolitu, kdy zjistil změny napětí na elektrodách v závislosti na slunečním záření. Jeho syn Alexandre Edmond Becquerel, (1820–1891) a vnuk Antoine Henri Becquerel (1852 - 1908), nositel nobelovy ceny za fyziku, kráčeli v jeho šlépějích a věnovali se dále studiu fyziky. První solární článek vytvořil v roce 1883 americký vynálezce Charles Fritts. Jeho fotočlánek byl vyroben ze selenového polovodiče potaženého tenkou vrstvou zlata a jeho účinnost byla pouhé 1%, což vzhledem k vysoké ceně bylo pro výrobu elektřiny nevyhovující.

Fotoelektrický jev fyzikálně popsal v roce 1905 Albert Einstein (1879–1955) ve svém díle: "Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt", za který v roce 1921 získal Nobelovu cenu za fyziku. Nobelova cena za fyziku mu tedy nebyla udělena za teorii relativity (jak se většina lidí domnívá), ale právě za popis fotoelektrického jevu. Solární článek si nechal v roce 1946 patentovat (US Patent 2402662) americký inženýr Russell Shoemaker Ohl (1898 - 1987), který pracoval na

výzkumu materiálů pro telekomunikační firmu AT&T Bell Laboratories (známé jako Bellovy laboratoře), kde byl také roku 1954 vynálezci G.L. Pearson, Daryl Chapin, Calvin Fuller vyroben první solární článek založený na monokrystalickém křemíku s účinností cca 6%.

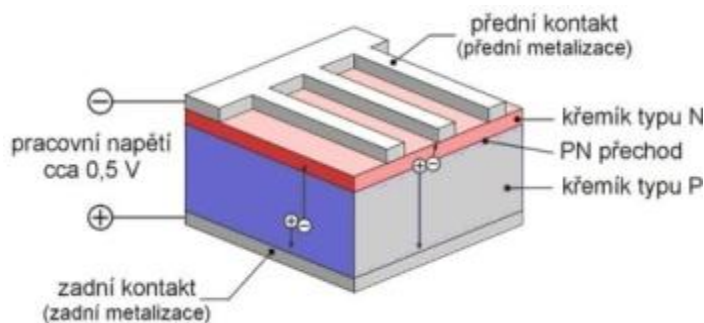
Primárním impulsem pro rozvoj fotovoltaiky byl nástup kosmonautiky, kdy solární články začaly sloužit jako zdroj energie pro vesmírné družice. První družicí, jejíž solární články napájeli po 7 let jeden z jejích vysílačů, byla v roce 1958 americká družice Vanguard I.

4.2 Princip fotovoltaického článku

V polovodičovém krystalu vazbu mezi atomy zprostředkovávají elektrony z obalu atomu, které vytvářejí spolu s elektrony sousedních atomů pevnou vazbu. K uvolnění elektronu z vazby je potřeba určité energie, kterou dodají dopadající fotony - ty musí mít však energii větší, než je tato vazebná energie, aby uvolnily elektrony z této vazby tak, že se elektron začne volně pohybovat v krystalu. Na místě uvolněného elektronu zůstává neobsazený stav – díra. Zde mohou přeskakovat sousední elektrony. Tímto způsobem se může tento neobsazený stav pohybovat krystalem jako kladný náboj. Mluvíme proto o vytvoření páru elektron - díra interakcí s fotonem. Elektron se může vrátit zpátky do neobsazeného stavu ve vazbě, v takovém případě mluvíme o rekombinaci elektronu a díry.

Pokud v krystalu existuje nehomogenita, se kterou je spojeno vnitřní elektrické pole – takovou nehomogenitou může být třeba přechod PN, jsou tímto elektrickým polem rozděleny páry elektron – díra a to tak, že elektrony jsou urychleny do oblasti N a díry do oblasti typu P.

Tímto způsobem se oblast typu N nabíjí záporně a oblast typu P kladně tak, že na osvětleném polovodiči s přechodem PN vzniká fotovoltaické napětí. Připojí-li se mezi tyto oblasti spotřebič, protéká jím stejnosměrný proud, který může vykonávat užitečnou práci. Velikost proudu procházejícího elektrickým obvodem závisí jednak na intenzitě ozáření článku a dále pak na ploše článku a na jeho účinnosti [19].



Obr. 5 Řez FV článkem

4.3 Generační vývoj

4.3.1 První generace

První generací se nazývají fotovoltaické články využívající jako základ křemíkové desky. Jsou dnes nejrozšířenější technologií na trhu (cca 90 %) a dosahují poměrně vysoké účinnosti přeměny (v sériové výrobě 16 až 19 %, speciální struktury až 24 %). Komerčně se začaly prodávat v sedmdesátých letech. Přestože je jejich výroba relativně drahá (a to zejména z důvodu drahého vstupního materiálu – krystalického křemíku), budou ještě v několika dalších letech na trhu dominovat.

4.3.2 Druhá generace

Impulsem pro rozvoj článků druhé generace byla především snaha o snížení výrobních nákladů úsporou drahého základního materiálu – křemíku. Články druhé generace se vyznačují 100 krát až 1000 krát tenčí aktivní absorbující polovodičovou vrstvou (thin-film) a jejími představiteli jsou např. články z amorfního a mikrokrytalického křemíku (případně Silicon-germania, či Silicon-karbidu, ale také tzv. směsné polovodiče z materiálů jako Cu, In, Ga, S, Se, označované obecně jako CIS struktury). S úsporou materiálu došlo v porovnání s články první generace k poklesu výrobních nákladů (a tedy za předpokladu velkosériové výroby i k poklesu ceny), nicméně dosahovaná účinnost je obvykle nižší (v sériové výrobě obecně pod 10%). Nespornou výhodou tenkovrstvých článků je možnost volby substrátu (na něž se tenkovrstvé struktury deponují) a v případě použití flexibilních materiálů (organické, kovové či textilní folie) i značně širší aplikační sféra. Komerčně se začaly články druhé generace prodávat v polovině osmdesátých let.

4.3.3 Třetí generace

Pokus o „fotovoltaickou revoluci“ představují solární články třetí generace. Zde je hlavním cílem nejen snaha o maximalizaci počtu absorbovaných fotonů a následně generovaných párů elektron - díra („proudový“ zisk), ale i maximalizace využití energie dopadajících fotonů („napěťový“ zisk fotovoltaických článků). Existuje řada směrů, kterým je ve výzkumu věnována pozornost:

- vícevrstvé solární články (z tenkých vrstev)
- články s vícenásobnými pásy
- články, které by využívaly „horké“ nosiče náboje pro generaci více párů elektronů a děr
- termofotovoltaická přeměna, kde absorbér je současně i radiátorem vyzařujícím selektivně na jedné energii
- termofotonická přeměna, kde absorbér je nahrazen elektroluminiscencí
- články využívají kvantových jevů v kvantových tečkách nebo kvantových jamách
- prostorově strukturované články vznikající samoorganizací při růstu aktivní vrstvy
- organické články (např. na bázi objemových heteropřechodů)

Zatím jediným komerčním příkladem dobře fungujících článků třetí generace (přímo navazující na FV druhé generace) jsou vícevrstvé struktury (dvojvrstvé – tzv. tandemy a trojvrstvé články), z nichž každá sub-struktura (p-i-n) absorbuje určitou část spektra a maximalizuje se tak energetická využitelnost fotonů. Příkladem tandemového solárního článku je struktura skládající se z p-i-n přechodu amorfního (hydrogenovaného) křemíku (a-Si:H) a p-i-n přechodu mikrokrytalického (hydrogenovaného) křemíku (μ c-Si:H). Amorfní křemík má vysokou absorpci v oblasti modré, zelené a žluté části spektra, mikrokrytalický křemík pak dobře absorbuje i v oblasti červené a infračervené. Mikrokrytalický křemík může být nahrazen i „slitinou“ křemíku s germániem a dle zvoleného poměru obou materiálů se dají upravovat jejich optické (i elektrické) vlastnosti. Tohoto materiálů se např. využívá komerčně právě pro trojvrstvé solární články, kde dva spodní články jsou vyrobeny s různou koncentrací Si a Ge. Základní podmínkou pro dobrou funkci vícevrstevných článků je, aby každý z článků generoval stejný proud. V opačném případě, horší (příp. nejhorší) z článků limituje dosažitelnou účinnost. Výsledné napětí je pak dané součtem obou (příp. všech) článků.

4.4 Dostupné technologie

Kritérií, na jejichž základě lze porovnávat dostupné technologie, je celá řada. Níže je uveden jen výběr nejpoužívanějších. Předem je nutno říci, že do našich klimatických podmínek se příliš nehodí fotovoltaické články s nejvyšší účinností pro koncentrátorové systémy. Světový rekord v účinnosti u těchto velmi drahých článků překročil hranici 40 %. Koncentrátorové systémy jsou výborné pro oblast bez mraků (například pouště), v České republice by však využívaly jen asi polovinu dopadajícího slunečního záření.

Nejúčinnější komerčně dostupné panely jsou z monokrystalického křemíku od americké firmy SunPower. Jedná se o jediný typ panelů, jehož účinnost se blíží 20 % (účinnost jednotlivých monokrystalických křemíkových článků na tomto panelu je až 22 %). Jednotlivé články i celý panel jsou celé černé, veškeré kontakty jsou na zadní ploše. Panel, který by měl účinnost vztaženou na celkovou plochu 22% či více ještě nikdo nevyrobil.

Nejlepší poměr účinnost/cena mají články z multikrystalického křemíku, které jsou v současnosti na trhu nejrozšířenější. U těch již účinnost panelů v průmyslové výrobě překročila 17 %, i když typické hodnoty jsou zatím nižší (okolo 15 %). Máme-li omezenou plochu, na kterou můžeme tyto panely umístit, pak představují optimální volbu.

Nejlevnější jsou tenkovrstvé fotovoltaické panely, jejichž výrobní náklady se v současnosti dostaly pod magickou hranici 1 USD za Watt-peak. Účinnost tenkovrstvých panelů je však ve srovnání s krystalickými zhruba poloviční, v mnoha případech i hluboko pod 10 % [20].

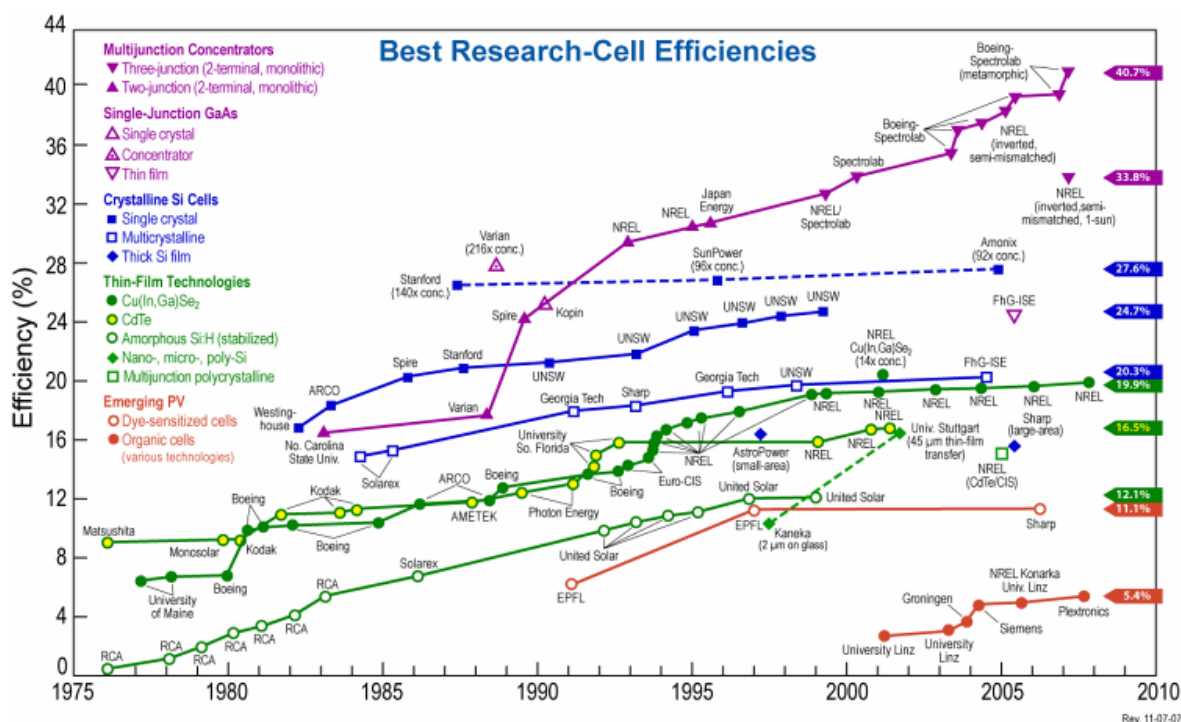
Nejpomalejší degradace je u panelů vyrobených z monokrystalických článků. Naprostá většina výrobců garantuje průměrný pokles výkonu o 0,8 % ročně (u všech typů panelů). V praxi se však prokázalo, že pokles výkonu je u monokrystalických panelů nižší. Nejstarší fotovoltaické elektrárny jsou v provozu již 25 let. Účinnost křemíkových tenkovrstvých panelů rychle klesá v prvním roce života, následně se pokles účinnosti zpomaluje v podstatě na úroveň poklesu účinnosti krystalických panelů. Proto se u tenkovrstvých panelů udává tato tzv. stabilizovaná účinnost.

Nejdelší životnost dosud nemohla být určena. Jak je uvedeno v předchozím odstavci, nejstarší větší realizace jsou pouze 25 let staré. Na rozhodnutí tohoto kritéria si proto budeme muset několik desítek let počkat. Do té doby je však nutno realizovat srovnávací instalace v různých klimatických oblastech. Předpokládá se, že životnost většiny typů panelů bude podstatně vyšší.

Nejlepší energetická návratnost je u tenkovrstvých panelů, u nichž se v současnosti v podmínkách České republiky pohybuje kolem 2 let nebo méně, na jihu Evropy pak méně než 1 rok. Ale i údaj pro krystalické Si panely se neustále snižuje, ze současných cca 3 let v našich klimatických podmínkách.

4.5 Vývoj účinnosti

Dosavadní vývoj účinnosti jednotlivých typů fotovoltaických článků je patrný z obrázku (obr. 8). Je však nutno podotknout že to jsou laboratorní články o malé ploše, typicky 1 cm² a že je vždy prodleva několika let než se dostanou do hromadné výroby. A jako pravidlo, z důvodů co nejnižší výrobní ceny, se nikdy nedosáhlo v průmyslové výrobě takové účinnosti jako v laboratoři.



Obr. 6 Historický vývoj účinnosti

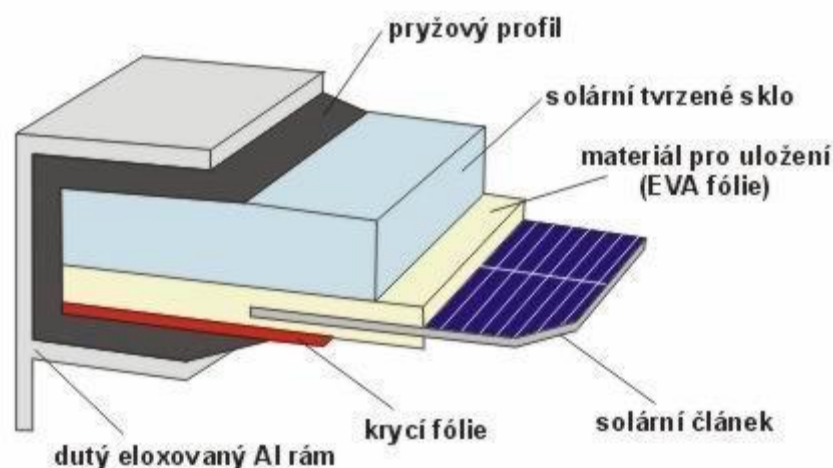
4.6 Fotovoltaický panel

Jeden fotovoltaický článek má pracovní napětí 0,5 V, což je velmi málo. Proto se články zapojují do tzv. panelů (používá se též název modul). V takovém panelu jsou navíc kryty před vlivy počasí, mechanickým poškození a zejména jsou tím pádem velmi jednoduše instalovatelné. Obvykle se do série zapojuje 36 článků pro 12 V nebo 72 pro 24 V.

Při sériovém zapojení teče všemi články stejný proud. Je tudíž žádoucí přibližně rovnoměrné osvětlení všech článků (v případě zastínění jen jednoho článku okamžitě klesá výkon celého panelu).

Před vlivy okolního prostředí jsou články chráněny, jak již bylo zmíněno, v tzv. panelech, kde jsou uloženy v průhledné folii a na povrchu kryty tvrzeným sklem. Nejčastěji jsou panely chlazeny přímo okolním vzduchem. Udávaná životnost panelů z krystalického křemíku se pohybuje okolo 20 až 30 let. Výkon modulu se udává jako maximální dosažitelný výkon při osvětlení 1000 W na m^2 .

Panely se vyrábějí ve výkonech od pár do asi 200 wattů. Pro větší výkony se jednoduše panely skládají do tzv. fotovoltaických polí (jinak např. slunečních baterií). Panely lze přitom libovolně zapojovat jak sériově (sčítá se napětí), tak paralelně (sčítá se proud). Doporučuje se používat v jednom solárním poli panely jednoho výrobce.



Obr. 7 Struktura fotovoltaického panelu

4.6.1 Propojení panelů a článků

Solární články v panelech nebo jednotlivé solární panely mohou být propojeny v tzv.:

- Sériovém zapojení - zvyšuje výstupní napětí a zachovává výstupní proud panelu jednotlivých panelů.
- Paralelním zapojení - zvyšuje max. odebíraný proud a zachovává výstupní napětí jednotlivých panelů
- Sériově-paralelním zapojení - kombinuje sériové i paralelní pospojování pro získání potřebného výstupního napětí a proudu

Protože sériové zapojení, kde se vzájemně propojují kladné a záporné póly, slouží pro zvýšení výstupního napětí elektrárny, využívá se ho zejména u systémů dodávajících elektrickou energii do rozvodné sítě, kde je nutné generovat napětím až několik set voltů. Naopak tam, kde se využívá solární elektřina jen lokálně (tzv. izolované systémy) a je zde potřeba zálohovat energii v akumulátorech s napětím 12 nebo 24 V, se využívá paralelního zapojení (vzájemné propojením kladných a záporných pólů panelů či článků). To umožňuje zvyšovat generovaný elektrický výkon při zachování nízkého výstupního napětí zvýšením hodnoty dodávaného el. proudu, protože je celkový výkon solární elektrárny, který je dán součinem napětí a proudu, na struktuře propojení nezávislý. Naopak při sériovém/paralelním spojení se mění tzv. charakteristické odpory, které jsou důležité pro konstrukci vstupu následujících prvků (měniče, regulátory), na které se soustava solárních panelů připojuje. K vzájemnému fyzickému propojení panelů do jedné velké celistvé plochy se využívá buď spojování Cu páskou pomocí neagresivního tavidla a páječky (obvykle u panelů určených pro instalaci na střechy) nebo pomocí k tomu určených typů kabelů. Někteří výrobci již panely vybavují konektory pro potřeby snadného připojení a odpojení.

Z pohledu samotné výroby el. energie je nutné poznamenat, že při sériovém zapojení musí téct články či panely stejný proud. Nejsou-li sluncem ozářeny stejnoměrně, každý generuje různý elektrický proud a výstupní proud celé soustavy odpovídá nejhůře osvětlenému prvku. Proto například úplné zastínění jednoho z takto zapojených článků v panelu nebo jednoho panelu v solární elektrárně způsobí, že nepoteče žádný proud a tedy nebude dodáván žádný výkon, i když jsou ostatní články optimálně osvětleny. I z tohoto pohledu je paralelní zapojení výhodnější.

4.7 Zapojení FV

4.7.1 Ostrovní systém

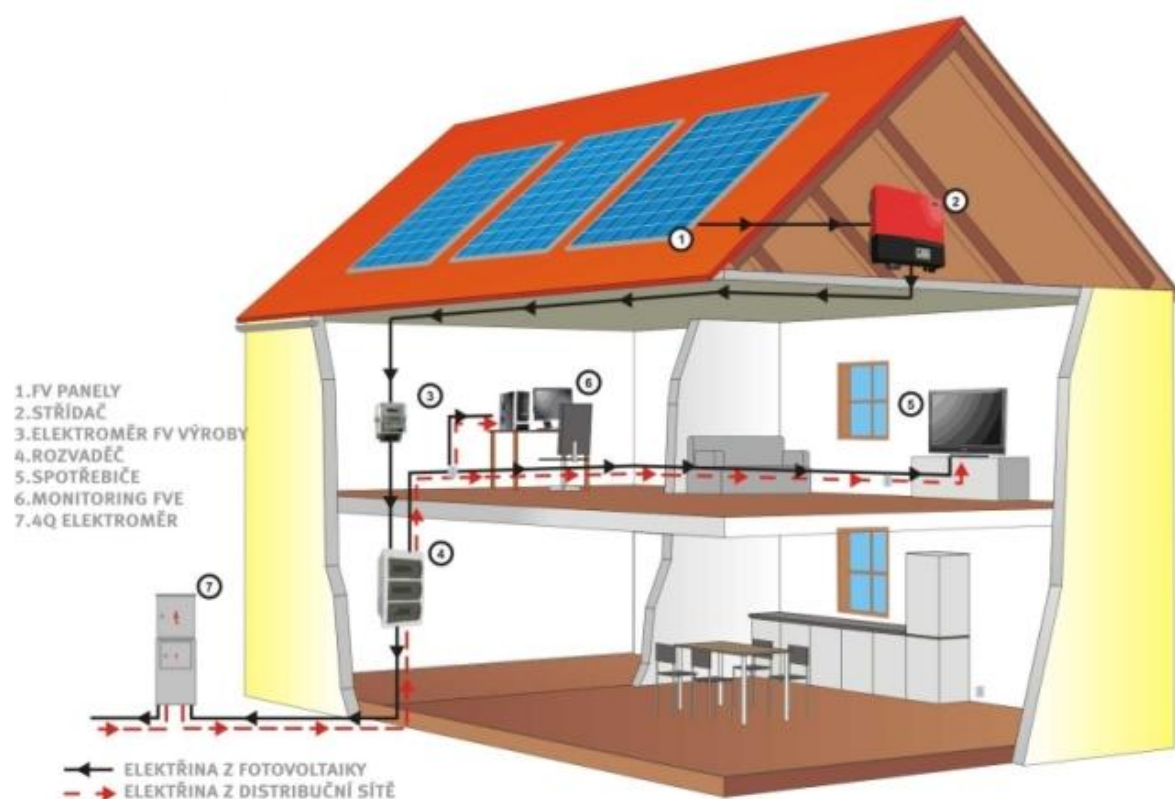
FV elektrárna, která není nijak propojena s distribuční elektrickou sítí, je označována jako ostrovní. Svoje uplatnění nachází především v místech, kde není přípojka elektrické energie (chaty, zahrady). Za určitých podmínek lze na výrobu z těchto systémů čerpat také tzv. zelené bonusy.

4.7.2 Připojení na síť samostatnou přípojkou

Jedná se o fotovoltaickou elektrárnu, která veškerou vyrobenou elektřinu dodává do distribuční sítě. Za každou vyrobenou kWh je výrobci zaplácena tzv. výkupní cena.

4.7.3 Připojení pro vlastní spotřebu energie a prodej přebytků do sítě

Tento typ připojení je výhodný tam, kde se větší část elektřiny zároveň na stejném místě i spotřebuje. Typickým příkladem jsou instalace na rodinných domcích nebo na halách průmyslových objektů. Nespotřebovaná elektřina se dodává do sítě jako přebytek za cenu dohodnutou s obchodníkem s elektřinou (E.ON, Nano energies apod.). Zelené bonusy jsou vypláceny z veškeré vyrobené elektřiny – spotřebované i dodané do sítě. Aby bylo možné rozlišit proud dodávaný ze sítě a do sítě, je třeba ještě hlavní elektroměr nahradit tzv. čtyřkvadrantním.



Obr. 8 Zapojení na zelený bonus

5 SBĚRNICOVÝ SYSTÉM KNX

EIB (European Installation Bus) je sběrnice navržená pro rozšíření elektrických instalací v domech a budovách s důrazem na oddělení přenosu řídicích informací od klasické elektroinstalace. Jejím hlavním zaměřením je řešení osvětlení, ovládání žaluzií, HVAC systémy (Heating, Ventilating, and Air Conditioning). EIB je založena na otevřené specifikaci, spravovaná donedávna společností EIBA (EIB Association). Nejnověji ustanovený KNX standart je kombinace EIB, Batibus a EHS (European Home System). Z každého standartu se v KNX objevují jejich nejlepší vlastnosti. EIBA, EHS Batibus spolu vytvořily Konnex Association.

KNX/EIB instalace jsou hierarchicky strukturované a koncové zařízení jsou topologicky zařazeny do linií a oblastí. Linie jsou propojeny mezi sebou pomocí liniových spojek (LC). Kombinace až 15 linií tvoří oblast. Pátevní spojky (BC) mohou propojit až 15 oblastí. Na jedné linii může být adresováno až 256 zařízení takže maximální možný počet zařízení v KNX/EIB dosahuje 57600.

5.1 Princip činnosti

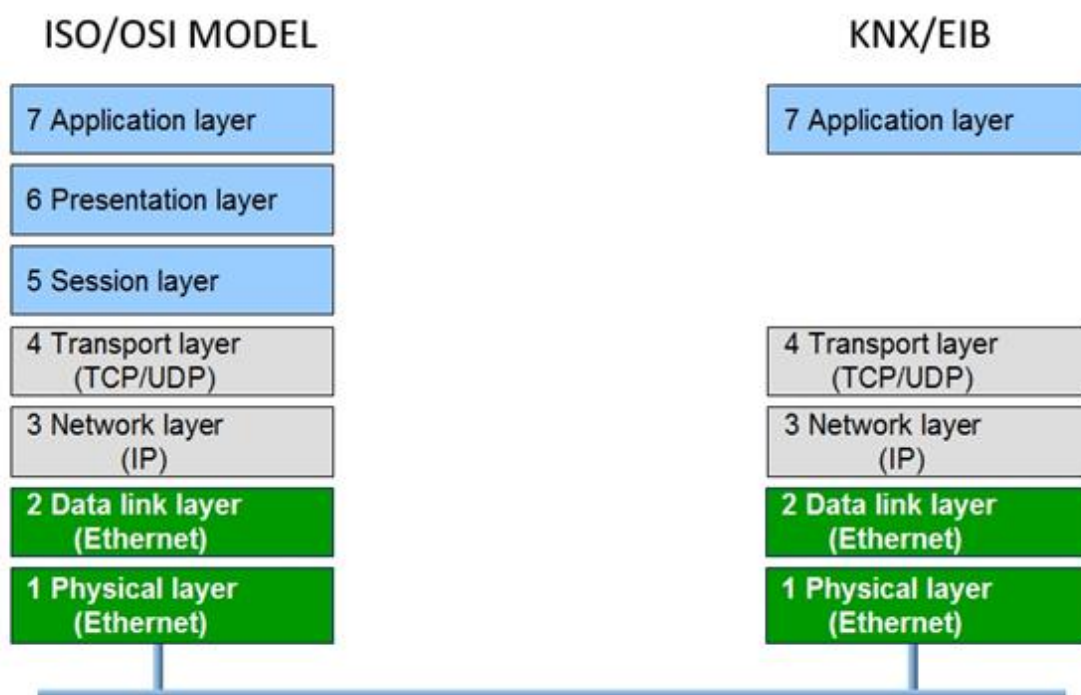
Základním principem systémové elektrické instalace KNX/EIB je komunikace mezi snímači na jedné straně a akčními členy na straně druhé. Přitom systémové prvky zabezpečují a podporují provoz na sběrnici, samostatné logické prvky a vizualizační prostředky zabezpečují vazby mezi řízením jednotlivých funkcí. A různá komunikační rozhraní zprostředkují spolupráci s jinými systémy a vzdálený přístup.

Komunikace probíhá nezávisle na silovém propojení jednotlivých přístrojů. Tato komunikace je zajišťována provozem po sběrnici vytvořené předepsaným sdělovacím kabelem, po silovém vedení anebo prostřednictvím bezdrátového spojení. Nejrozšířenější a současně nejspolehlivější je komunikace po samostatném sdělovacím vedení – po sběrnici KNX/EIB. [6]

5.2 Protokol KNX

KNX/EIB protokol vychází ze základního sedmivrstvého ISO/OSI uspořádání. Komunikace je rozdělena do vrstev kdy každá horní vrstva komunikuje s vrstvou pod sebou. Horní vrstva je tedy poskytovatel služeb a řídí komunikaci se spodní vrstvou.

Protokol je sada pravidel, které se používají na stejně položených vrstvách a tím zajišťují kompatibilitu komunikace mezi zařízeními. Komunikace mezi horní a spodní vrstvou je realizována přes Service Data Unit (SDU) zatímco komunikace mezi dvěma stejně položenými vrstvami probíhá pomocí Protocol Data Unit (PDU). PDU obsahuje Interface Control Information (ICI) a Protocol Control Information (PCI).



Obr. 9 porovnání ISO modelu a KNX/EIB

5.2.1 Fyzická vrstva

Tato vrstva popisuje mechanické, elektrické a logické vlastnosti použitého media jako je typ konektoru, typ kabelu a jeho impedance, přenosová frekvence.

Jako komunikační media lze použít:

- Kroucená dvojlinka (TP) – nejjednodušší metalické přenosové medium. Existuje ve dvou verzích jako TP-0 s přenosovou rychlostí 4800bit/s nebo TP-1 s rychlostí 9600bit/s
- Power-line (PL) – komunikace probíhá po silových rozvodech v budově. Opět existuje ve dvou verzích PL-110 na kmitočtu 110kHz s rychlostí 1200bit/s PL-132 na kmitočtu 132kHz s rychlostí 2400bit/s. Existence více verzí jak u TP tak PL je dána sjednocováním starších standardů.

- Radiový přenos (RF) – Přenos probíhá vzduchem na frekvenci 868MHz o rychlosti 38,4kbit/s a je začleněn do KNX standartu pro bezdrátovou komunikaci.
- Ethernet – toto medium je využíváno k napojení KNX do sítě internet. KNX rámce jsou zapouzdřeny do rámců UDP/IP.

5.2.2 Linková vrstva

Tato vrstva zajišťuje přenos mezi dvěma zařízeními. Má za úkol poskládat datový rámec z informací z horní vrstvy a kontrolovat chyby (error checking). Také musí zakódovat rámec tak aby byla data poslána správně vyšší vrstvě.

5.2.3 Síťová vrstva

Nastavuje koncové spojení mezi zařízeními a zajišťuje služby pro přenos paketů od zdroje cíle. Cílový spoj má jinou adresu a paket musí projít rozdílnými cestami sítě. Síťová vrstva tedy zajišťuje informace o optimální cestě pro nadřazenou transportní vrstvu.

5.2.4 Transportní vrstva

Transportní vrstva v pojetí KNX/EIB nabízí dvě metody přenosu dat do aplikační vrstvy.

Spojově orientovaná komunikace – tento typ komunikace ustavuje spolehlivé spojení mezi vysílacím prvkem a přijímacím. Pokud je poslaný datový rámec ztracen během komunikace, je zaslán znovu.

Nespojová komunikace – zde se zasílají rámce od vysílacího prvku k přijímacímu bez prioritního ustavení komunikačního kanálu. Odesílací prvek nemá kontrolu nad tím, jaké rámce dochází k příjemci.

5.2.5 Aplikační vrstva

Poskytuje aplikacím přístup ke komunikačnímu systému. Na této vrstvě pracuje celá řada služeb jako je FTP, DHCP, POP3, SMTP, SSH atd.

5.3 Přenos dat

Veškerý přenos dat mezi jednotlivými účastníky provozu na sběrnici probíhá formou telegramů, které musí obsahovat celou řadu údajů, jako:

- prioritu telegramu
- skupinovou adresu (kód příkazu)
- parametry příkazu (příkaz k zapnutí nebo vypnutí, k nastavení hodnoty apod.)
- individuální adresu odesílatele (je potřebná pouze pro zobrazení telegramu pro diagnostické účely – pro vlastní komunikaci nemá význam)
- přenosové pole (obsahuje počet liniových spojek, jimiž má telegram projít)
- kontrolní pole

Přenos dat probíhá formou digitalizovaných telegramů. Veškerý přenos informací vychází z decentralizovaného principu, u něhož není potřebná žádná řídicí jednotka. Každý účastník na sběrnici je vybaven sběrníkovou spojkou, jejímž úkolem je být neustále na příjmu a být připraven vysílat. Znamená to tedy připravenost podle aktuální potřeby přijímat a vysílat telegramy, týkající se činnosti aplikačního modulu s ní spojeného. V paměti sběrníkové spojky je uložen aplikační program tohoto aplikačního modulu. Po sběrnici současně probíhá komunikace a jsou také napájeny všechny sběrníkové spojky. Spotřeba jedné sběrníkové spojky smí být nejvýše 150mW, pokud je z ní napájen aplikační modul s diodami LED, spotřeba může vzrůst až na 200mW.

Telegramy používané pro přenos informací po sběrnici KNX/EIB využívají sériového digitálního kódování. Přenosová rychlost je $9,6 \text{ kbit.s}^{-1}$. Znamená to, že pro přenos jednoho bitu je potřebná doba 104 μs . V závislosti na obsahu přenášené informace se mění celková délka telegramu. Přenos jednoho telegramu může trvat od přibližně 20ms až do asi 40ms. Nejdelších telegramů se vysílá jen velmi malý počet, takže průměrně dlouhý telegram se přenáší po dobu kolem 25ms. Za 1s tak lze ukončit přenos cca 40telegramů. Takováto komunikační rychlost není sice zdaleka postačující pro řízení technologických procesů v průmyslu apod., avšak pro řízení funkcí v budovách plně vyhovuje. Proto také jen výjimečně bývá akce požadovaná telegramem vykonána zpožděně, nejvýše o několik stovek ms. [5]

5.4 Topologie

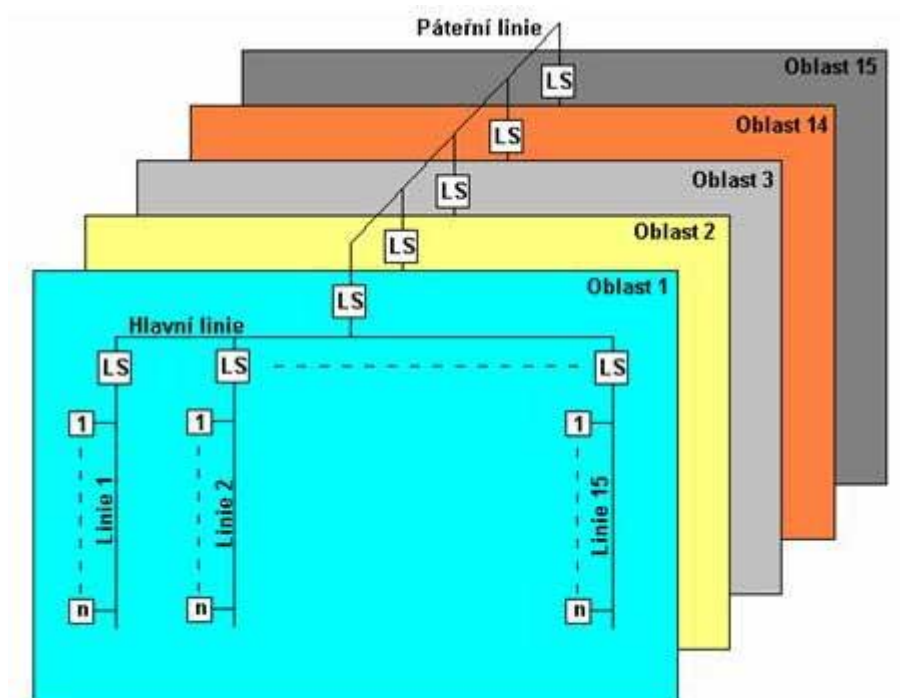
S ohledem na omezené počty prvků, které mohou být napájeny z jednoho společného napájecího zdroje, je potřebné sběrnici rozdělit na samostatně napájené úseky obsahující vždy nejvýše 64 přístrojů (tedy 64 připojení ke sběrnici). Celková délka sběrnice v každém z těchto samostatně napájených úseků smí být nejvýše 1000m, avšak největší vzdálenost mezi dvěma přístroji na sběrnici je maximálně 700m. Tyto dva údaje nejsou v rozporu, protože sběrnici lze větvit. Největší vzdálenost přístroje od napájecího zdroje je 350m. Pokud je nezbytné použití dvou napájecích zdrojů na jednom úseku sběrnice bez vřazených liniových spojek, jejich minimální vzdálenost po sběrnicovém vedení je 200m – pro minimalizaci vyrovnávacích proudů, ale především pro omezení indukovaných špiček při přenosech telegramů.

Jednotlivé linie jsou propojeny liniovými spojkami (LS), galvanicky oddělujícími jimi svázané větve a současně zabezpečujícími možnosti oboustranného přenosu telegramů (nepřenáší ty telegramy, které jsou určeny pouze pro komunikaci uvnitř dané linie – liniová spojka má vloženu filtrační tabulku vymezující rozsah komunikace). Úplná linie ale může obsahovat až 256 přístrojů. Je však zcela nezbytné rozdělit ji na 4 samostatně napájené větve, vzájemně oddělené liniovými spojkami LS. Tyto liniové spojky zde mají funkci liniových opakovačů (zesilovačů), tedy přístrojů, které jsou hardwarově shodné s liniovými spojkami, avšak jsou vybaveny jiným aplikačním softwarem. Neobsahují totiž filtrační tabulku a obousměrně propouští všechny telegramy.

Projektant jednotlivým připojeným přístrojům přiřazuje v libovolném pořadí čísla od 1 do 255 (0 je vyhrazena pro liniovou spojku propojující linii s hlavní linií). Žádné z čísel nesmí být použito více než jedenkrát, všechna čísla přitom nemusí být využita. Takto přidělená čísla jsou součástí tzv. individuální (fyzické, přístrojové) adresy přístroje, připojeného ke sběrnici.

Individuální adresa je odvozena od topologického uspořádání systémové instalace a stejně jako popisné číslo domu ve městě, individuální adresa v systémové instalaci je neopakovatelná. Aby bylo možné splnit všechny požadavky uživatelů na řízení funkcí budov nejen v malých, ale i ve velmi rozsáhlých objektech, bylo nutné vytvořit takové topologické uspořádání, které vyhoví všem požadavkům. Takže pro velmi malou instalaci vyhoví jediná (a navíc neúplná) linie o jediné větvi, pro větší stavbu bude zapotřebí propojit i několik linií do oblasti prostřednictvím hlavní linie.

Plně osazená oblast obsahuje 15 linií, to znamená 15 linií x 256 přístrojů = celkem až 3840 přístrojů. Také na hlavní linii lze umístit celkem až 64 přístrojů, do tohoto počtu se započítávají rovněž všechny připojené liniové spojky. K hlavní linii, stejně jako k ostatním liniím musí být připojen jí příslušný napájecí zdroj s tlumivkou. Hlavní linie ale nelze rozšiřovat o další samostatně napájené úseky (segmenty). To znamená, že nepřekročitelným počtem přístrojů na hlavních liniích je 64 připojených prvků.



Obr. 10 Topologie KNX/EIB

6 SCADA

Vizualizační systémy se staly standardní součástí automatizace. Už nejsou výsadou velínů a dispečerských pracovišť velkých průmyslových a energetických provozů – hutí, válcoven, elektráren, chemiček, distribučních sítí nebo dopravních systémů, ale setkáváme se s nimi už i v nevelkých provozech, např. v pivovaru, pekárně, v pracovně podnikového energetika, technologa, správce budovy nebo recepčního v penzionu, ale třeba i na pracovišti učitele nebo u učební pomůcky ve školní laboratoři. Technika vestavných (embedded) panelových počítačů už neodsouvá vizualizační systémy do oddělených prostorů velínů a dispečerských pracovišť, zpřístupňuje je i pro použití přímo na pracovištích, např. pro obsluhu jednotlivých strojů a linek nebo technologických objektů (např. kotelen, předávacích stanic, strojíren klimatizace, transformátorových stanic). Je možné se s nimi setkat i v kabině řidiče vlaku nebo metra. [7]

Často se v této souvislosti setkáváme se zkratkou SCADA (Supervisory control and data acquisition), tedy nadřazené ovládání a sběr dat. Jedná se o systém umožňující z centralizovaného pracoviště monitorovat a řídit veškeré integrované systémy v daném prostředí.

Existují tři hlavní elementy, které tvoří SCADA systém, jsou to různé RTU (Remote Telemetry Units), komunikace a HMI (Human Machine Interface).

Každá RTU efektivně sbírá informace v síti a pomocí komunikace se tyto informace shromažďují v centrální jednotce. HMI zobrazuje tyto informace v jednoduše pochopitelné grafické formě, archivuje data, vysílá alamy a uděluje kontrolu operátorovi podle potřeby.

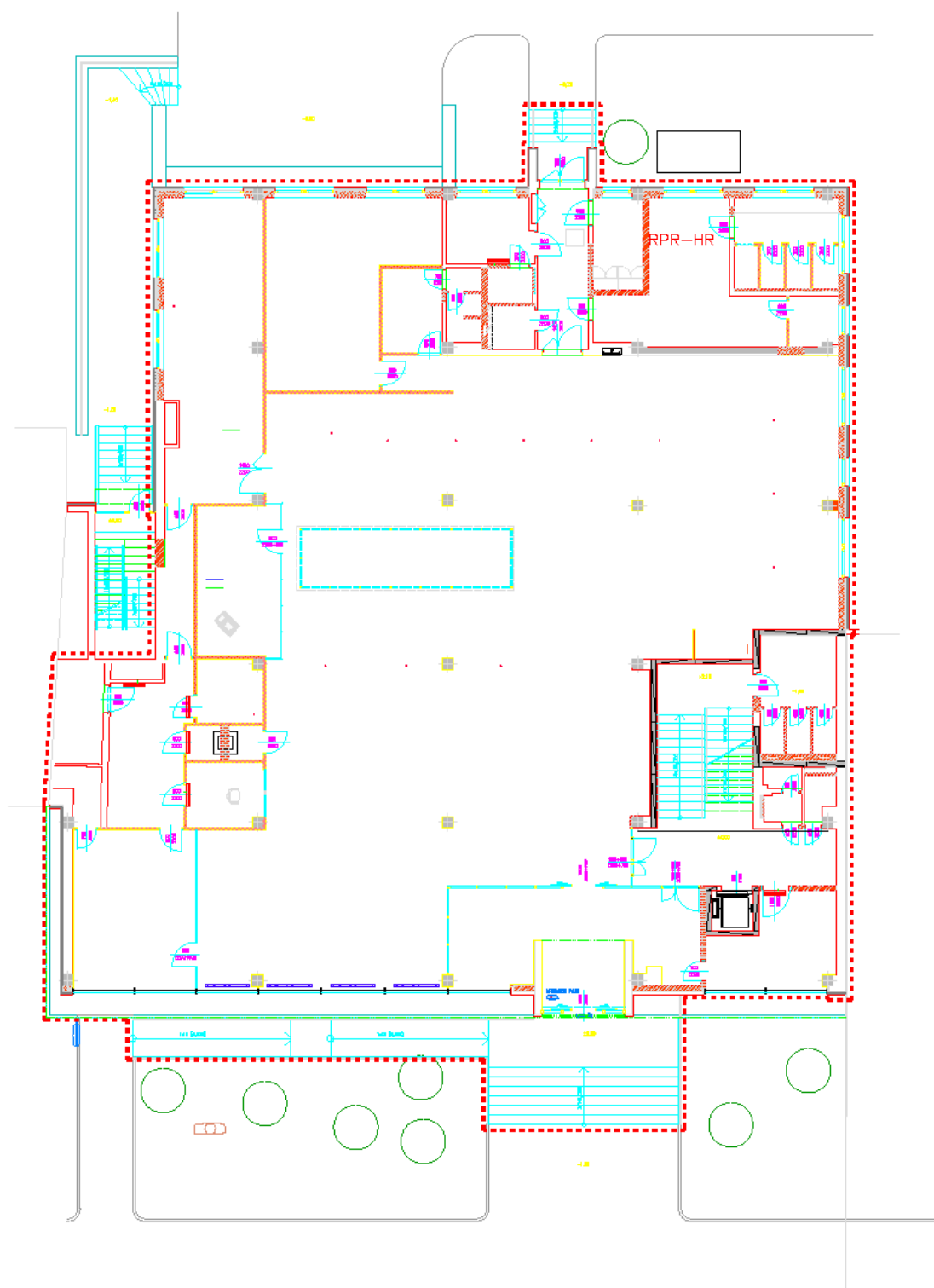
II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 POPIS OBJEKTU

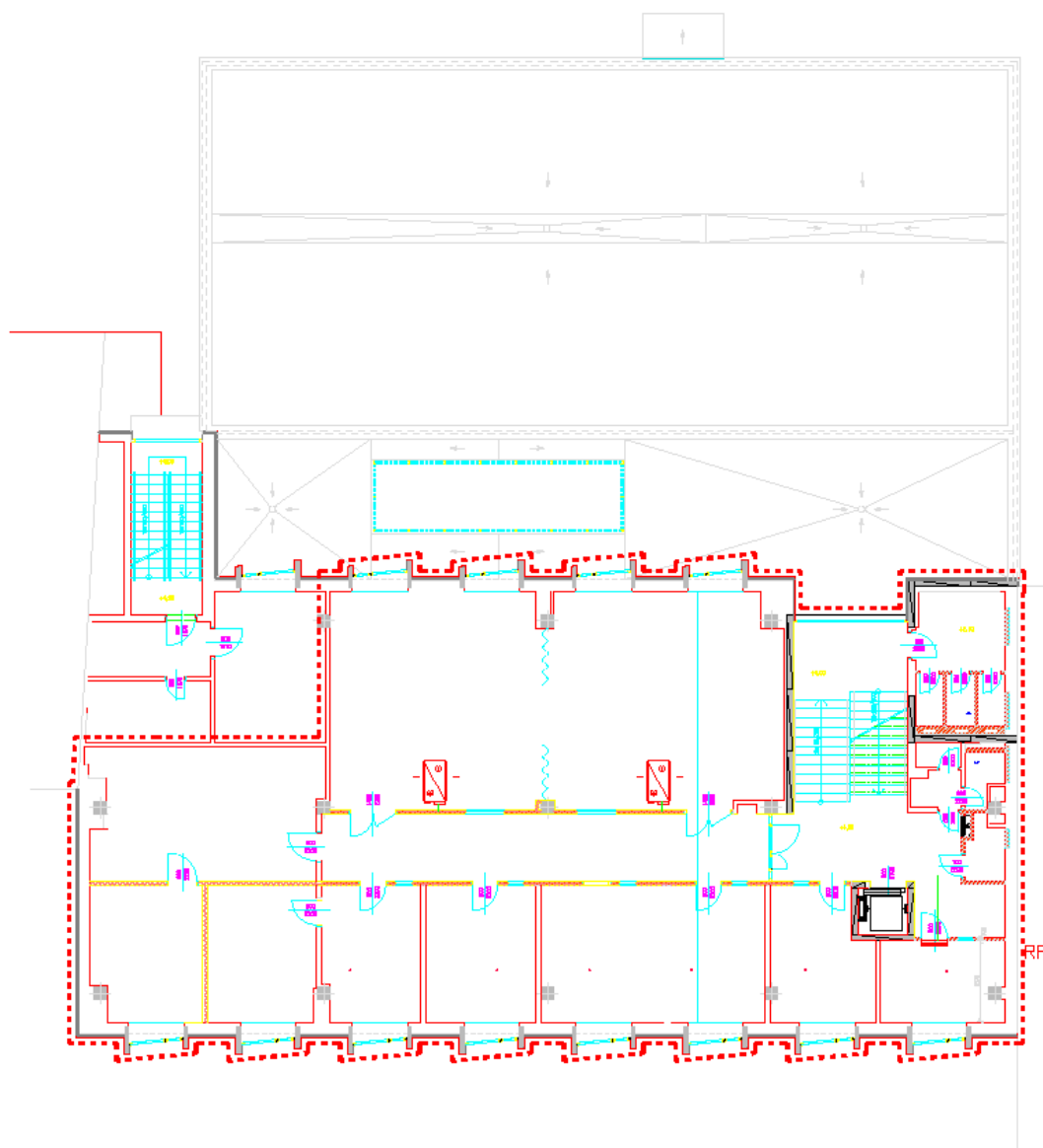
Jedná se o fiktivní bankovní objekt, která jsem umístil do města Zlín. Budova se skládá ze suterénu, přízemí a jednoho nadzemního patra. Součástí návrhu není podzemní parkoviště a byt, který je umístěn v nadzemním patře. Prostory banky jsou využívány 5 dní v týdnu v době od 8:00 do 16:00. Jednotlivá podlaží jsou zobrazena na následujících obrázcích.



Obr. 11 Půdorys podzemní části



Obr. 12 Půdorys přízemí



Obr. 13 Půdorys 1. NP

7.1 Podmínky návrhu

Účelem práce je navržení vhodného systému tvorby mikroklimatu v bankovním objektu. Objekt je charakteristický velkým počtem místností s různou velikostí a větším počtem různých konstrukcí. Faktory ovlivňující tepelný stav vnitřního prostředí jsou osoby, osvětlení, kancelářské vybavení a tepelné zisky z oslunění. Vodní zisky tvoří produkce páry od lidí. Základní škodlivinou je produkce CO₂ lidmi. V prostorách se stálým pobytem osob je nutno zajistit výměnu vzduchu pomocí větrání s filtrací vnějšího vzduchu a jeho ohřevem v otopném období.

Pro místnosti s trvalým pobytem osob (kanceláře, denní místnosti apod.) bude pro výměnu znehodnoceného vzduchu použit systém nuceného větrání s ústřední strojovnou. Tepelné ztráty budou uhrazeny pomocí otopných těles.

V bankovní hale bude využita kombinace teplovzdušného větracího systému s možností chlazení a otopných těles.

Největší důraz je kladen na řešení torby mikroklimatu v bankovní hale.

8 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

K výpočtu tepelných ztrát je použita norma ČSN EN 12831 [8], která nahrazuje normu ČSN 0602 10.

Potřebné údaje pro výpočet jsou:

- Klimatické údaje:
 - Výpočtová venkovní teplota $\theta_e = -12\text{ °C}$
 - Průměrná roční venkovní teplota $\theta_{e,m} = 3,6\text{ °C}$
- Výpočtová vnitřní teplota:
 - Hodnoty pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v tabulce (Tab. 7)
- Údaje o budově.
 - Součinitelé prostupu tepla a korigovaní součinitelé prostupu tepla pro konstrukce byli určeni pomocí programu Stavební fyzika / modul Teplo.

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i), Φ_i se vypočítá z rovnice (23):

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (23)$$

kde:

$\Phi_{T,i}$ návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i) [W],

$\Phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním prostoru (i) [W],

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ se pro vytápěný prostor (i) vypočítá z rovnice (24):

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (24)$$

kde:

$H_{T,ie}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy [W/K],

$H_{T,iue}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u) [W/K],

$H_{T,ig}$ součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do

zeminy (g) v ustáleném stavu [W/K].

$H_{T,ij}$ součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu, např. sousedící místnost uvnitř funkční části budovy nebo vytápěný prostor sousední funkční části budovy [W/K];

θ_{int} výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) [°C];

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C].

Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ se určí z rovnice (25):

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (25)$$

kde:

$H_{V,i}$ součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K],

$\theta_{int,i}$ výpočtová teplota vnitřního vytápěného prostoru [°C],

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C].

8.1 Příklad výpočtu návrhových tepelných ztrát pro místnost 0.01

Tepelné ztráty do přilehlé zeminy

Hodnota tepelné ztráty prostupem do zeminy v ustáleném stavu $H_{T,ig}$ z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) se vypočte ze vztahu (26):

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad (26)$$

kde:

f_{g1} je korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty.

$$f_{g1} = 1,45$$

f_{g2} teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou, který se stanoví jako:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (27)$$

$$f_{g2} = \frac{20 - 3,6}{20 + 12} = 0,51$$

A_k plocha stavebních částí (k), které se dotýkají zeminy [m^2]

$$A_k = 68,08 \text{ m}^2$$

$U_{equiv,k}$ je hodnota ekvivalentního součinitele prostupu tepla stavební části (k)

[$W/(m^2K)$], stanovena podle typologie podlahy. Je funkcí součinitele prostupu tepla podlahy a charakteristického parametru B .

Součinitel prostupu tepla je pro stavební konstrukce určen pomocí programu Stavební fyzika / modul Teplo.

$$U = 2,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Charakteristický parametr B' se určí ze vztahu:

$$B' = \frac{A_k}{0,5P} \quad (28)$$

P je obvod podlahové konstrukce v metrech. $P = 24,8 \text{ m}$.

$$B' = \frac{68,08}{0,5 \cdot 24,8} = 5,5$$

Potom $U_{equiv,k}$ (Příloha II) je $0,64 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

G_w korekční činitel zohledňující vliv spodní vody. Tento činitel neuvažujeme.

Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do zeminy určený podle vztahu (26) je:

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot 0,51 \cdot (68,08 \cdot 0,64)$$

$$H_{T,ig} = 32,38 \text{ W/K}$$

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Součinitel tepelné ztráty z vytápěného (i) do vnějšího (e) prostředí $H_{T,ie}$ zahrnuje všechny stavební části a lineární tepelné mosty, které oddělují vytápěný prostor od venkovního prostředí, jako jsou stěny, podlaha, strop, dveře, okna. $H_{T,ie}$ se vypočítá z rovnice (29):

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \quad (29)$$

Korigovaný součinitel prostupu tepla pro stěnu je:

$$U_{kc} = 2,24 \frac{W}{m^2K}$$

Součinitel prostupu tepla pro okna je:

$$U_k = 2,35 \frac{W}{m^2 K}$$

e_k je korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům. Základní hodnota pro korekční činitele $e_k=1$.

Plocha venkovní stěny místnosti je $42,22 \text{ m}^2$.

Plocha oken v místnosti je $2,16 \text{ m}^2$.

Součinitel tepelné ztráty z vytápěného (i) do vnějšího (e) prostředí $H_{T,ie}$ je pak:

$$H_{T,ie} = 2,24 \cdot 42,22 \cdot 1 + 2,35 \cdot 2,16 \cdot 1 = 99,66 \frac{W}{K}$$

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů o různých teplotách

$H_{T,ij}$ vyjadřuje tok tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního vytápěného prostoru (j) vytápěné na výrazně odlišnou teplotu. $H_{T,ij}$ se vypočítá:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad (30)$$

kde:

$f_{i,j}$ je redukční teplotní činitel. Činitel koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty podle vztahu:

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ sousedního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (31)$$

$$f_{i,j} = \frac{20 - 15}{20 + 12} = 0,15$$

Součinitel prostupu tepla pro dveře je :

$$U_k = 1,6 \frac{W}{m^2 K}$$

Pro plochu dveří $A_k = 1,77 \text{ m}^2$ je součinitel tepelné ztráty $H_{T,ij}$:

$$H_{T,ij} = 0,15 \cdot 1,77 \cdot 1,6 = 0,44 \frac{W}{K}$$

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem

Místnost nesousedí se žádným nevytápěným prostorem.

Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem

Hodnoty jednotlivých součinitelů tepelné ztráty pro místnost 0.01 jsou:

$$H_{T,ig} = 32,38 \frac{W}{K}$$

$$H_{T,ie} = 99,66 \frac{W}{K}$$

$$H_{T,ij} = 0,44 \frac{W}{K}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem do vnějšího prostředí je pak podle (24):

$$\Phi_{T,i} = 4239,4 W$$

Výpočet ztrát větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním se spočítá podle (25).

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním se spočítá podle rovnice (32):

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho_i \cdot c_p \quad (32)$$

kde:

\dot{V}_i Objemový průtok vyměňovaného vzduchu ve vytápěném prostoru [m^3/s],

ρ_i hustota vzduchu [kg/m^3],

c_p měrná tepelná kapacita vzduchu [$J/(kg \cdot K)$].

Úpravou předchozí rovnice s předpokládaným konstantním ρ_i a c_p dostáváme:

$$H_{V,i} = V_i \cdot 0,34 \cdot n_{min} \quad (33)$$

kde:

V_i objem vytápěné místnosti (počítáno z vnitřních rozměrů) [m^3],

n_{min} minimální intenzita výměny vzduchu za 1 hodinu [$1/h$].

Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů pro vytápěný prostor (i) se stanoví:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad (34)$$

$$\dot{V}_{min,i} = 0,5 \cdot 68,08 = 34,04 \text{ m}^3$$

Dosazením do rovnice (25) dostáváme:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (35)$$

Celková návrhová tepelná ztráta větráním je tedy:

$$\Phi_{V,i} = 370,35 \text{ W}$$

Celková návrhová tepelná ztráta je pak podle rovnice (23):

$$\Phi_i = 4609,75 \text{ W}$$

8.2 Příklad výpočtu návrhového tepelného výkonu pro místnost 0.01

Tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$ pro vytápěný prostor (i) se stanoví podle rovnice (36):

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad (36)$$

Z těchto veličin je nám neznámý už jen zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i}$, který se vypočítá podle rovnice (37) jako:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad (37)$$

kde

A_i je podlahová plocha vytápěného prostoru (i) v metrech čtverečních (m^2);

f_{RH} korekční činitel závisující na zátopové době a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době, ve wattech na metr čtvereční (W/m^2) (Tab. 6).

Zátopový tepelný výkon je pak:

$$\Phi_{RH,i} = 68,08 \cdot 22 = 1497,76 \text{ W}$$

Doba zátoku h	f_{RH} W/m ²								
	Předpokládaný pokles vnitřní teploty během teplotního útlumu ^a								
	2 K			3 K			4 K		
	Hmotnost budovy			Hmotnost budovy			Hmotnost budovy		
	nízká	střední	vysoká	nízká	střední	vysoká	nízká	střední	vysoká
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

^a v dobře tepelně izolovaných a utěsněných budovách není obvyklý předpokládaný pokles vnitřní teploty o více než 2 až 3 K. Pokles závisí na klimatických podmínkách a tepelné hmotě budovy.

Tab. 6 zátokový činitel f_{RH} pro nebytové prostory s nočním teplotním útlumem maximálně 12h

Tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$ pro vytápěný prostor (i) se stanoví podle rovnice (36):

$$\Phi_{HL,i} = 4239,4 + 370,35 + 1497,76 = 6107,52 \text{ W}$$

Celkové tepelné ztráty všech místností jsou uvedeny v tabulce (Tab. 7).

Celková tepelná ztráta objektu činí 131114 W.

Místnost		název	plocha	objem místosti	výp. Vnitřní tep.	celk. Náv. ztráta
			[m ²]	[m ³]	[°C]	[W]
0.01		spisovna 1	68,08	224,66	20,00	6107,52
0.02		chodba 4	7,43	21,92	15,00	1303,32
0.03		spisovna 2	48,38	159,65	20,00	4273,93
0.04		chodba 3	15,52	51,22	15,00	733,30
0.05		klientské schránky	12,88	42,50	20,00	1232,69
0.06		komorový trezor	13,84	45,67	20,00	1898,87
0.07		předsíň k. schránek	4,05	13,37	20,00	208,12
0.08		diskrétní místnost	3,30	10,89	20,00	211,58
0.10		předs. kom. Trez.	5,54	18,28	20,00	390,74
0.12		chodba 2	12,26	40,46	15,00	1324,96
0.14		noční trezor	9,44	31,15	20,00	2118,36
0.15		spisovna 3	14,25	47,03	20,00	2244,11
0.18		předsíň wc	2,54	8,38	20,00	601,12
0.19		spisovna 4	34,27	113,09	20,00	3717,51
0.20		chodba 1	21,10	69,63	15,00	868,46
0.21		schodiště 2	6,01	15,63	15,00	1613,98
1.02		zádveří	37,00	138,75	20,00	3447,21
1.03		bankovní hala	401,26	1504,73	18,00	27265,51
1.04		počítárna 1	28,33	106,24	20,00	3081,99
1.06		chodba	17,26	64,73	15,00	575,55
1.07		pokladna	7,00	26,25	20,00	381,22
1.08		trezorová místnost	4,48	16,80	20,00	2042,89

1.10	počítárna mincí	5,96	22,35	20,00	354,76
1.11	chodba	6,55	24,56	15,00	429,52
1.12	jednací místnost	18,32	68,70	20,00	1595,25
1.13	kancelář	42,34	158,78	20,00	4591,46
1.14	denní místnost	37,04	138,90	20,00	3904,51
1.15	šatna muži	7,37	27,64	20,00	633,94
1.16	předsíň wc muži	1,20	4,50	20,00	98,90
1.18	diskrétní box	3,77	14,14	20,00	214,45
1.19	umývárna	2,32	8,70	20,00	238,75
1.21	místnost ostrahy	8,28	31,05	20,00	832,24
1.22	chodba	12,36	46,35	15,00	1465,33
1.25	šatna ženy	25,56	95,85	20,00	3921,95
1.26	předsíň wc ženy	6,90	25,88	20,00	1663,66
1.32	předsíň wc ženy	7,96	29,85	20,00	1075,98
1.38	předsíň wc muži	1,60	6,00	20,00	435,00
1.39	chodba	19,46	72,98	15,00	2520,27
1.40	schodiště 1	20,14	75,53	15,00	3045,16
1.41	místnost pro bankomat	15,19	56,96	20,00	2290,47
1.43	schodiště 2	12,70	47,63	15,00	2008,95
2.03	schodiště 2	15,75	51,98	15,00	1353,99
2.04	kuchyně	1,16		20,00	490,12
2.05	koupelna	7,80	25,74	24,00	1605,94
2.06	pokoj	17,40	57,42	20,00	1324,87
2.07	jednací místnost	99,93	329,77	20,00	6286,02
2.08	předsíň wc ženy	7,25	23,93	20,00	819,79
2.13	předsíň wc muži	1,87	6,17	20,00	361,59
2.15	kuchyňka 2	2,35	7,76	20,00	358,86
2.16	kancelář	10,39	34,29	20,00	1150,51
2.17	kancelář	13,50	44,55	20,00	1411,90
2.18	kancelář manažera	31,50	103,95	20,00	2237,83
2.19	kancelář	17,09	56,40	20,00	1175,11
2.20	kancelář	15,50	51,15	20,00	1077,69
2.21	kancelář	13,70	45,21	20,00	1490,26
2.22	chodba 1	31,16	102,83	15,00	555,44
2.23	chodba 2	20,32	67,06	15,00	1246,04
2.24	schodiště 1	20,60	67,98	15,00	1608,77

Tab. 7 Tepelné ztráty místností

9 NÁVRH TEPELNÉHO ZDROJE

9.1 Výměňíková stanice

Zdrojem tepla je parní přípojka středotlaké páry o tlaku 1 MPa a teplotě 150 °C napojená na parovod.

Výměňíková stanice se nachází v nadzemním patře v místnosti 2.01. Výměňíková stanice řeší vytápění, větrání a ohřev TUV pro řešenou část objektu.

9.1.1 Dimenzování výměňíku

Požadavky na výměňíkovou stanici jsou:

Požadovaný tepelný výkon 140 kW.

Výstupní teplota sekundáru 80 °C.

Vstupní teplota sekundáru 60 °C.

Na základě těchto požadavků byl vybrán pomocí výpočtového programu pro volbu výměňíků RACIOTERM řady KVP výměňík RACIOTERM KVP 65.-40/26 k LOC. Výkonová rezerva výměňíku je 29.5 %.

Volba pláště		<input checked="" type="checkbox"/> ocel <input type="checkbox"/> nerez	Zvolte materiál pláště. Standardní předvolba je ocel.
Volba trubiček		<input checked="" type="checkbox"/> Cu <input type="checkbox"/> nerez	Zvolte materiál trubek. Standardní předvolba je Cu.
Poloha hrdel sekundární látky		<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	
Výstupní hrdlo kondenzátu		<input checked="" type="checkbox"/> 1 s otočnou přírubou <input checked="" type="checkbox"/> 2 s trubkovým výstupem	
p =	1000	kPa	Tlak páry na vstupu do výměňíku
P =	140	kW	Požadovaný tepelný výkon výměňíku
t ₁ =	20	%	Rezerva pro dochlazení kondenzátu
t ₂ =	80	°C	Výstupní teplota sekundáru
t ₃ =	60	°C	Vstupní teplota sekundáru
Δp =	20	kPa	Maximální tlaková ztráta sekundáru

Vybírejte počet trubiček kliknutím do políčka u nabízeného čísla.																																					
Snažte se zvolit podle hodnoty stanovené výpočtem.																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">KVP...krátký</th> <th colspan="2">KVP...dlouhý</th> </tr> <tr> <th>65</th> <th>80</th> <th>65</th> <th>80</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input type="radio"/> 48</td><td><input type="radio"/> 64</td><td><input type="radio"/> 48</td><td><input type="radio"/> 64</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 42</td><td><input type="radio"/> 52</td><td><input type="radio"/> 42</td><td><input type="radio"/> 52</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 38</td><td><input type="radio"/> 42</td><td><input type="radio"/> 38</td><td><input type="radio"/> 42</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 30</td><td><input type="radio"/> 40</td><td><input type="radio"/> 30</td><td><input type="radio"/> 40</td></tr> <tr><td><input checked="" type="radio"/> 26</td><td><input type="radio"/> 38</td><td><input type="radio"/> 26</td><td><input type="radio"/> 38</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 20</td><td><input type="radio"/> 32</td><td><input type="radio"/> 20</td><td><input type="radio"/> 32</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 16</td><td><input type="radio"/> 28</td><td><input type="radio"/> 16</td><td><input type="radio"/> 28</td></tr> </tbody> </table>		KVP...krátký		KVP...dlouhý		65	80	65	80	<input type="radio"/> 48	<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 48	<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 52	<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 52	<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 30	<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 30	<input type="radio"/> 40	<input checked="" type="radio"/> 26	<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 26	<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 20	<input type="radio"/> 32	<input type="radio"/> 20	<input type="radio"/> 32	<input type="radio"/> 16	<input type="radio"/> 28	<input type="radio"/> 16	<input type="radio"/> 28
KVP...krátký		KVP...dlouhý																																			
65	80	65	80																																		
<input type="radio"/> 48	<input type="radio"/> 64	<input type="radio"/> 48	<input type="radio"/> 64																																		
<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 52	<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 52																																		
<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 42	<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 42																																		
<input type="radio"/> 30	<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 30	<input type="radio"/> 40																																		
<input checked="" type="radio"/> 26	<input type="radio"/> 38	<input type="radio"/> 26	<input type="radio"/> 38																																		
<input type="radio"/> 20	<input type="radio"/> 32	<input type="radio"/> 20	<input type="radio"/> 32																																		
<input type="radio"/> 16	<input type="radio"/> 28	<input type="radio"/> 16	<input type="radio"/> 28																																		
Dle výpočtu → 25 Vaše volba → 26 k Omezující podmínka : není																																					

RACIOTERM Výpočtový program pro volbu výměňíků RACIOTERM řady KVP pára - voda. CHER verze: 2.21	
pouze <input type="button" value="takto"/> označená políčka, a to buď zadáním hodnoty, nebo zaškrtnutím okénka. Pro každou volbu zaškrtněte pouze jednu možnost. V některých případech je nastavena standardní předvolba. Zvolený výměňík, jeho základní parametry, rozměry a cena se objeví ve žluté tabulce. Podrobný výpočet zvoleného výměňíku naleznete zde . Ucelený přehled řady výměňíků s cenami naleznete zde .	
Typ	KVP 65 - 40 / 26 k L O C
celkový výkon :	181 kW
z toho rezerva :	41 kW 29,5%
výhřevná plocha :	0.221 m²
tlaková ztráta :	12,5 kPa
připojení :	DN ₁ 32 DN ₂ 25 DN ₃ 40
výška, rozteč :	L = 932 L ₁ = 575
prodejní cena :	18 200 Kč
<input type="checkbox"/> výměňíkem nevyhovuje, zkuste větší <input type="checkbox"/> výměňíkem nevyhovuje, zkuste menší	
Zatržením políčka přejdete na větší nebo menší výměňík	

Obr. 14 Návrh výměňíku

9.2 Návrh zásobníku teplé vody

Cílem je navrhnout zásobník teplé vody podle normy ČSN 06 0320 [8]. Potřebná hodnota teplé vody V_{2p} se stanoví podle tabulek přiložených v normě. Potřebu tepla pro bankovní objekt jsem stanovil na $Q_{2p} = 237,16$ kWh.

Stanovení objemu zásobníku

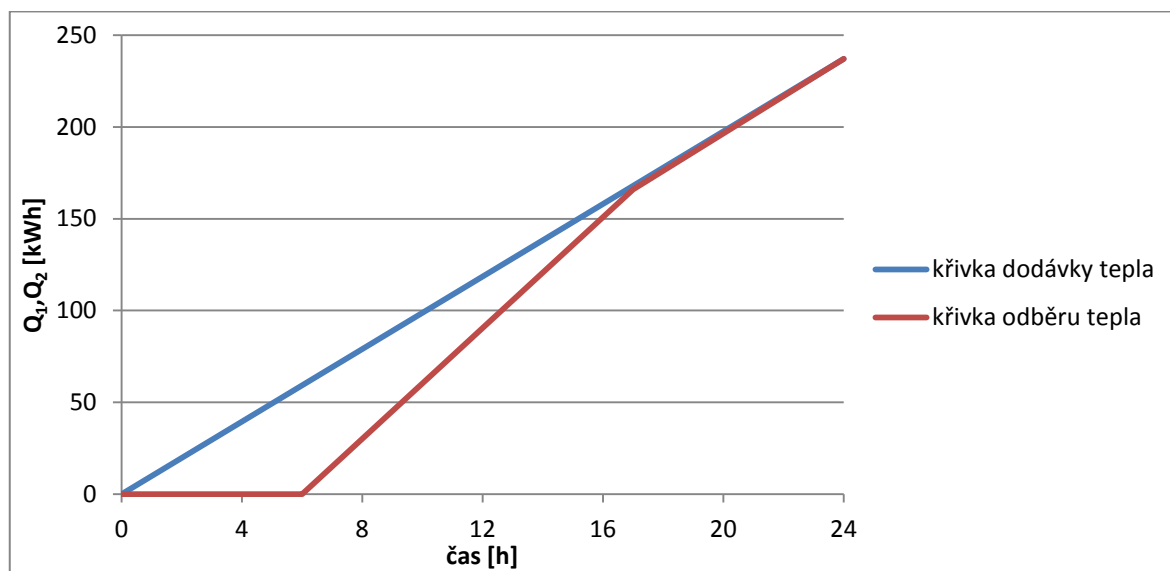
Odběr tepla během dne je nerovnoměrný, proto ho lze rozdělit do intervalů podle tabulky:

Časový interval		Odběr TUV	Odebraná energie
Od	Do	[%]	[kWh]
0	6	0	0
6	17	70	166
17	24	30	71,16

Tab. 8 Rozdělení spotřeby TUV podle času

Objem zásobníku se stanoví pomocí křivek dodávky tepla a odběru tepla. Po zakreslení obou křivek do jednoho grafu lze získat největší možný rozdíl tepla mezi těmito křivkami a ten představuje nutnou zásobu tepla, ze které se stanoví velikost zásobníku.

Rozdíl tepla vyšel podle křivek (obr. 15) $\Delta Q_{\max} = 59,29$ kWh a to v 6:00.



Obr. 15 Křivky dodávky a odběru tepla

Velikost zásobníku V_z se stanoví podle rovnice (38).

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad (38)$$

kde:

ΔQ_{\max} je největší možný rozdíl tepla [kWh],

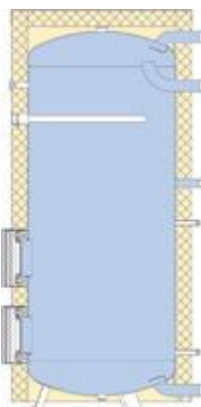
c měrná tepelná kapacita vody [kWh.m⁻³.K⁻¹],

θ_1 teplota studené vody [°C],

θ_2 teplota teplé vody [°C].

Velikost zásobníku vyšla $V_z = 1,13\text{m}^3$ což je 1130 litrů.

Byl vybrán jeden zásobník společnosti Reflex a to typ LS 1500 což je smaltovaný zásobník bez předávací plochy pro ohřev externím zdrojem.



Obr. 16 Zásobník LS 750-2000

10 NÁVRH ÚSTŘEDNÍHO VYTÁPĚNÍ

Ústřední vytápění má za úkol uhradit tepelné ztráty v otopném období. Bude zajištěno pomocí radiátorových těles. Teplo je získáváno z centrálního rozvodu tepla, které je přiváděno do výměňkové stanice.

Cílem návrhu je volba vhodného radiátorového tělesa a jeho umístění.

10.1 Návrh otopných těles

Pro potřeby vytápění byly vybrány otopná tělesa RADIK společnosti Korado a.s. RADIK jsou ocelová desková otopná tělesa s přirozeným prouděním vzduchu kolem jejich přestupních ploch. Radiátory RADIK jsou vyráběny v jednoduchém, zdvojeném nebo ztrojeném provedení. Základní přestupní plochu tvoří tvarovaná deska s horizontálně a vertikálně uspořádanými kanálky. Pro zvýšení tepelného výkonu radiátoru RADIK je u některých typů na vnitřní stranu desky přivařena přídavná přestupní plocha.

Deska je vyrobena ze dvou výlisků z ocelového plechu, které jsou v místě vertikálních prolisů spojeny bodovými a po obvodě švovými sváry. Je použit ocelový plech válcovaný za studena s nízkým obsahem uhlíku.

Přídavná přestupní plocha je tvarována z ocelového plechu a je bodově přivařena k vertikálním kanálkům desky na straně vzduchu. Toto uspořádání velmi příznivě ovlivňuje přirozené proudění vzduchu kolem přestupní plochy otopného tělesa [9].

Otopná tělesa firmy Korado jsou vyráběny v sedmi produktových řadách.

Pro tento návrh byly použity otopná tělesa typu RADIK KLASIK.

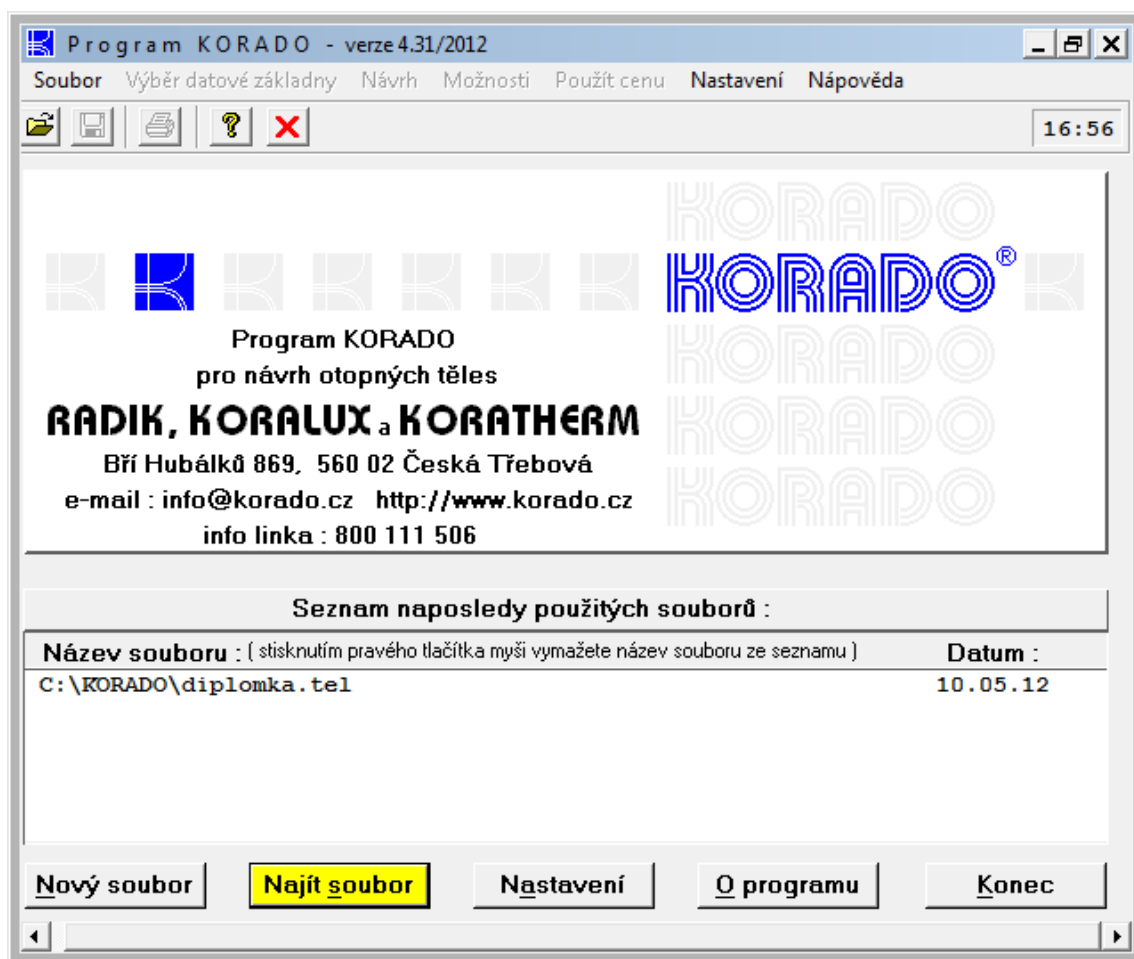


Obr. 17 Otopné těleso RADIK KLASIK

Firma KORADO bezplatně poskytuje program KORADO pro návrh otopných těles RADIK, KORALUX a KORATHERM. Program prioritně provádí automatický návrh otopných těles podle zadaných vstupních podmínek. Pro návrh otopných těles v jednotlivých místnostech musí projektant znát jejich tepelné ztráty a tyto tepelné ztráty jsou vstupními hodnotami programu. Navržená otopná tělesa mohou být oceněna. Program poskytuje uživateli různé doplňkové informace např.: tlaková ztráta a hmotnostní průtok otopného tělesa, vodní objem a tepelný výkon nejen jednotlivého otopného tělesa, ale i okruhu nebo podlaží. K dispozici jsou obdobné sumární údaje celého objektu. Součástí programu je tisk výsledků návrhu otopných těles, jejich uložení do datového souboru ve vybraném adresáři počítače, orientace v adresářích i v datových souborech. Program pracuje s aktuální cenovou a datovou základnou [10].

Popis práce s programem

Úvodní obrazovka je vidět na obrázku (Obr. 18). Zde si vybíráme nebo zakládáme nové soubory, se kterými pracujeme.



Obr. 18 Úvodní obrazovka

Po vybrání souboru se program přepne do zadávací obrazovky (obr. 19), kde zadáváme údaje o budově. Vybíráme tyto hodnoty:

- Skupina otopných těles – byla vybrána RADIK desková tělesa
- Model otopného tělesa – z různých modelů byl vybrán model RADIK KLASIK
- Typ otopného tělesa – byla vybrána možnost všechny
- Osazení otopných těles – pod okno
- Teplota topné vody – návrhu odpovídají hodnoty 70/55 °C
- Poměr délky OT a šířky okna – udává délku a šířku tělesa k oknu
- Rozsah tepelných výkonů – udává o kolik se může lišit výkon OT od návrhu

Obr. 19 Zadávací obrazovka

Po zadání těchto základních údajů se přepneme do záložky Místnost (obr. 20), kde se zadávají jednotlivé místnosti v objektu a jejich parametry. Zadáváme číslo podlaží, číslo místnosti, název místnosti. Pokud místnost obsahuje okna, zadáme jejich počet. Následně se zadává vnitřní výpočtová teplota místnosti a tepelné ztráty místnosti. Po zadání těchto hodnot program automaticky navrhne vhodná tělesa. Dále je vhodné zadat skutečné rozměry oken v místnosti, podle kterých program upraví tělesa. Můžeme také vybrat tělesa sami a to pomocí tlačítka Výběr tělesa ve spodním panelu programu.

Přehled jednotlivých navržených těles je součástí přílohy (Příloha III).

diplomka.tel KORADO-v.4.31/2012 Popis těles v místnosti

Soubor Výběr datové základny Návrh Možnosti Použit cenu Nastavení Nápověda

17:13

Budova Ztráty **Místnost** Studie Tisk Přehled Možnosti

Podlaží 2 číslo místnosti 14 název denní místnost počet oken 2

předchozí **další** ti 20.0 °C Qc 3904 W

pořadí	OKNO		Qčást W	typ tělesa	OTOPNÉ TĚLESO							číslo okruhu
	šířka okna mm	výška parap mm			Lc mm	Qt W	t1 °C	t2 °C	θ0 -	θ1 -		
01	2300	950	1804	20-060230-50-KLASIK	2300	1804	70.0	55.0	1.0	1.0	1	
02	2300	950	2363	21-060230-50-KLASIK	2300	2363	70.0	55.0	1.0	1.0	1	
03												

2 umístěná tělesa celkem

Qc 3904 W ΣQt 4167 W ΣQt/Qc 106.7 %

Otopná tělesa vybírána z modelu: RADIK KLASIK

Fixace Defixace **Výběr tělesa** Parametry Uložit Konec Nápověda

Obr. 20 Záložka Místnost

11 NÁVRH MIKROKLIMATU BANKOVNÍ HALY

Bankovní hala se nachází v přízemí objektu. Její prosklená část je orientována na jih. Hala má plochu 401,26 m². Mikroklima v hale bude zajišťovat teplovzdušný větrací systém s možností chlazení. Tento zdroj musí pokrýt 27265,51 W tepelných ztrát.

11.1 Řešení mikroklimatu

Pro správný návrh teplovzdušného větracího systému s možností chlazení je potřeba znát tepelnou zátěž místnosti.

11.1.1 Výpočet tepelné zátěže

Tepelnou zátěž rozdělujeme na vnitřní a vnější. Vnější tepelná zátěž se skládá z tepelných zisků okny konvencí a radiací, tepelných zisků stěn a tepelných zisků infiltrací. Vnitřní tepelná zátěž se skládá z produkce tepla lidí kancelářského vybavení a světel.

Výpočet tepelných zisků jsem provedl v programu od firmy Qpro, který pracuje s normou ČSN 73 0548 [11]. Tento program je poskytován jako freeware. Do programu se zadávají základní obecné parametry pro budovu a upřesnění těchto parametrů pro každou místnost.

Průběh tepelných zisků v roce je vidět v tabulce (Tab. 9).

Místnost:	Bankovní hala		Hodiny											
Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	-12353	-12639	-12734	-12642	-12358	-11903	-11313	14420	15155	15895	16577	17166		
2	-10060	-10345	-10445	-10348	-10066	-9611	-8988	19208	19944	20684	21367	21955		
3	-7871	-8156	-8254	-8159	-7876	-7423	-4503	21879	22614	23354	24038	24626		
4	-5940	-6226	-6324	-6228	-5945	-4195	-2430	21582	22317	23058	23740	24328		
5	-4389	-4674	-4773	-4676	-3544	-1813	-337	21682	22417	23156	23838	24431		
6	-3339	-3623	-3722	-3568	-2259	-681	756	21880	22615	23354	24040	24629		
7	-2846	-3132	-3231	-3134	-2107	-435	1079	22874	23610	24352	25035	25625		
8	-2951	-3237	-3335	-3239	-2956	-1208	558	24570	25306	26048	26732	27321		
9	-3652	-3937	-4036	-3939	-3657	-3204	-763	24875	25611	26350	27036	27624		
10	-4891	-5175	-5274	-5178	-4897	-4442	-3818	24379	25115	25854	26537	27126		
11	-6581	-6866	-6965	-6869	-6585	-6131	-5545	20188	20923	21663	22345	22934		
12	-8605	-8890	-8989	-8893	-8609	-8152	-7568	16952	17687	18427	19110	19699		
Místnost:	Bankovní hala		Hodiny											
Měsíc	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1	17621	17906	17998	17906	-7425	-7880	-8469	-9150	-9872	-10606	-11299	-11899		
2	22410	22695	22790	22695	-5100	-5593	-6181	-6841	-7573	-8312	-9007	-9605		
3	25081	25366	25460	25366	-1452	-3404	-3965	-4635	-5375	-6117	-6816	-7415		
4	24785	25069	25163	25069	400	-679	-2029	-2705	-3446	-4189	-4886	-5484		
5	24887	25171	25264	25171	2330	1334	102	-1152	-1893	-2636	-3334	-3934		
6	25084	25368	25462	25369	3603	2592	1368	-48	-848	-1590	-2286	-2883		
7	26079	26363	26457	26363	3961	2927	1654	388	-355	-1098	-1795	-2392		
8	27775	28059	28153	28059	3390	2314	963	286	-458	-1200	-1898	-2497		
9	28079	28364	28458	28364	2571	816	247	-424	-1161	-1902	-2599	-3196		
10	27584	27868	27961	27868	74	-422	-1011	-1671	-2402	-3141	-3837	-4436		
11	23389	23674	23767	23674	-1657	-2112	-2701	-3382	-4104	-4837	-5530	-6126		
12	20154	20438	20532	20438	-3680	-4135	-4724	-5407	-6135	-6864	-7556	-8148		

Tab. 9 Průběh tepelných zisků v roce [W]

Mimo tepelné zisky je třeba také uvažovat produkci vodní páry od lidí. Počet lidí v prostoru haly jsem určil jako 50 osob. Produkce vodní páry se pak vypočítá podle vzorce:

$$\dot{M}_w = n \cdot g \quad (39)$$

kde:

n – počet lidí

g – produkce vodní páry

$$\dot{M}_w = 50 \cdot 98 = 4900 \text{ g/h} = 1,36 \text{ g/s}$$

11.2 Návrh vzduchotechniky

Vzduchotechnika musí pokrýt $\dot{Q}_z = 27265,51 \text{ W}$ tepelných ztrát. V letním období musí pokrýt $\dot{Q}_l = 28458 \text{ W}$ tepelných zisků.

Nejdříve si určím hodnoty pro letní a zimní provoz (Tab. 10,11)

Letní provoz

Návrhové hodnoty pro letní provoz		
vnitřní teplota	$\theta_i = 24$	°C
vlhkost vnitřního vzduchu	$\varphi = 50$	%
venkovní teplota	$\theta_e = 32$	°C
entalpie venkovního vzduchu	$h_e = 61$	kJ/kg
rozdíl teploty přiváděného vzduchu	$\Delta t_l = 8$	K

Tab. 10 Návrhové hodnoty pro letní provoz

Zimní provoz

Návrhové hodnoty pro zimní provoz		
vnitřní teplota	$\theta_i = 20$	°C
Vlhkost vnitřního vzduchu	$\varphi = 45$	%
venkovní teplota	$\theta_e = -12$	°C
relativní vlhkost venkovního vzduchu	$\varphi = 85$	%
rozdíl teploty přiváděného vzduchu	$\Delta t_z = 12$	K

Tab. 11 Návrhové hodnoty pro zimní provoz

11.2.1 Určení průtoků vzduchu

Nejdříve musíme vypočítat průtok vnitřního vzduchu pro letní i zimní provoz.

Průtok přívodního vzduchu pro letní provoz \dot{V}_{pl} se vypočítá podle vztahu [40].

$$\dot{V}_{pl} = \frac{\dot{Q}_l}{c \cdot \rho \cdot \Delta t_l} \quad (40)$$

$$\dot{V}_{pl} = \frac{28458}{1010 \cdot 1,2 \cdot 8} = 2,94 \text{ m}^3/\text{s}$$

Průtok přívodního vzduchu pro zimní provoz \dot{V}_{pz} se vypočítá obdobně podle vztahu [41].

$$\dot{V}_{pz} = \frac{\dot{Q}_z}{c \cdot \rho \cdot \Delta t_z} \quad (41)$$

$$\dot{V}_{pz} = \frac{27265,51}{1010 \cdot 1,2 \cdot 12} = 1,87 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jak je vidět tak průtok přívodního vzduchu je větší pro letní provoz. Vzduchotechnická jednotka se tedy bude navrhovat pro letní provoz.

$$\dot{V}_{pl} > \dot{V}_{pz}$$

$$\Delta t_z = \frac{\dot{Q}_z}{c \cdot \rho \cdot \dot{V}_{pl}} = 7,65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Optimální dávka vzduchu je normou stanovena na $y=70 \text{ m}^3/\text{h}$ (Tab. 12). Množství vnějšího vzduchu \dot{V}_e se pak vypočítá podle (42):

$$\dot{V}_e = y \cdot n \quad (42)$$

$$\dot{V}_e = 70 \cdot 50 = 3500 \text{ m}^3/\text{h} = 0,97 \text{ m}^3/\text{s}$$

Zákonné dávky venkovního vzduchu

Prostředí	Množství přiváděného venkovního vzduchu, výměna vzduchu
Pracovní	min. 50/70/90 m ³ /h na pracovníka
Stravování	min. 50/70/90 m ³ /h na pracovníka
Školství	20 až 30 m ³ /h na žáka
Zdravotnictví	množství přiváděného vzduchu dle účelu
Bytové domy, byty	intenzita výměny 0,3 až 0,6 h ⁻¹

Tab. 12 Zákonné dávky denního vzduchu

Množství cirkulačního vzduchu \dot{V}_c se určí ze vztahu (43):

$$\dot{V}_c = \dot{V}_p - \dot{V}_e \quad (43)$$

$$\dot{V}_c = 2,94 - 0,97 = 1,96 \text{ m}^3/\text{s}$$

Odvlhčení pro letní provoz Δx určíme ze vztahu (44):

$$\Delta x = \frac{\dot{M}_w}{\rho \cdot \dot{V}_p} \quad (44)$$

$$\Delta x = \frac{1,36}{1,2 \cdot 2,94} = 0,39 \text{ g/kg}$$

11.2.2 Řešení úprav vzduchu

Pro návrh technických prvků úpravy vzduchu je nutná znalost stavů vzduchu před a po jeho úpravě. Pro řešení úprav vzduchu byl použit freeware program HX diagram od firmy C.I.C. Jan Hřebec.

Letní provoz

Pro letní provoz potřebujeme znát teplotu přívodního vzduchu t_p a měrnou vlhkost přívodního vzduchu x_p .

$$t_p = t_i - \Delta t_l = 24 - 8 = 16^\circ\text{C}$$

$$x_p = x_i - \Delta x = 11,2 - 0,39 = 10,81 \text{ g/kg}$$

Úpravy vzduchu jsou vyneseny v HX diagramu (Obr. 21), přehled hodnot získaných úpravami vzduchu je v tabulce (Tab. 13).

			1	2	3	4	5
			<i>vnější</i>	<i>vnitřní</i>	<i>mísení</i>	<i>vlhčení</i>	<i>úprava</i>
<i>Teplota</i>	t	°C	32,0	24,0	26,7	26,7	16,0
<i>rel.vlhkost</i>	φ	%	37%	50%	45%	49%	94%
<i>měr. vlhkost</i>	x	g/kg s.v.	11,2	9,4	10,0	10,8	10,8
<i>entalpie</i>	h	kJ/kg s.v.	61,0	48,2	52,5	54,5	43,5
<i>hustota</i>	ρ	kg/m ³	1,13	1,17	1,15	1,15	1,20
<i>t.vlhkého tepl.</i>	tv	°C	20,9	17,0	18,3	19,0	15,4
<i>Skut. průtok</i>	Vs	m ³ /h	3 745	7 343	11 088	11 102	10 708
<i>Norm. průtok</i>	Vn	m ³ /h	3 500	7 066	10 566	10 566	10 566
<i>Předaný výkon</i>	P	kW				7,2	-38,7
<i>Odpařené vody</i>	qw	kg/h			0,0	10,1	0,0

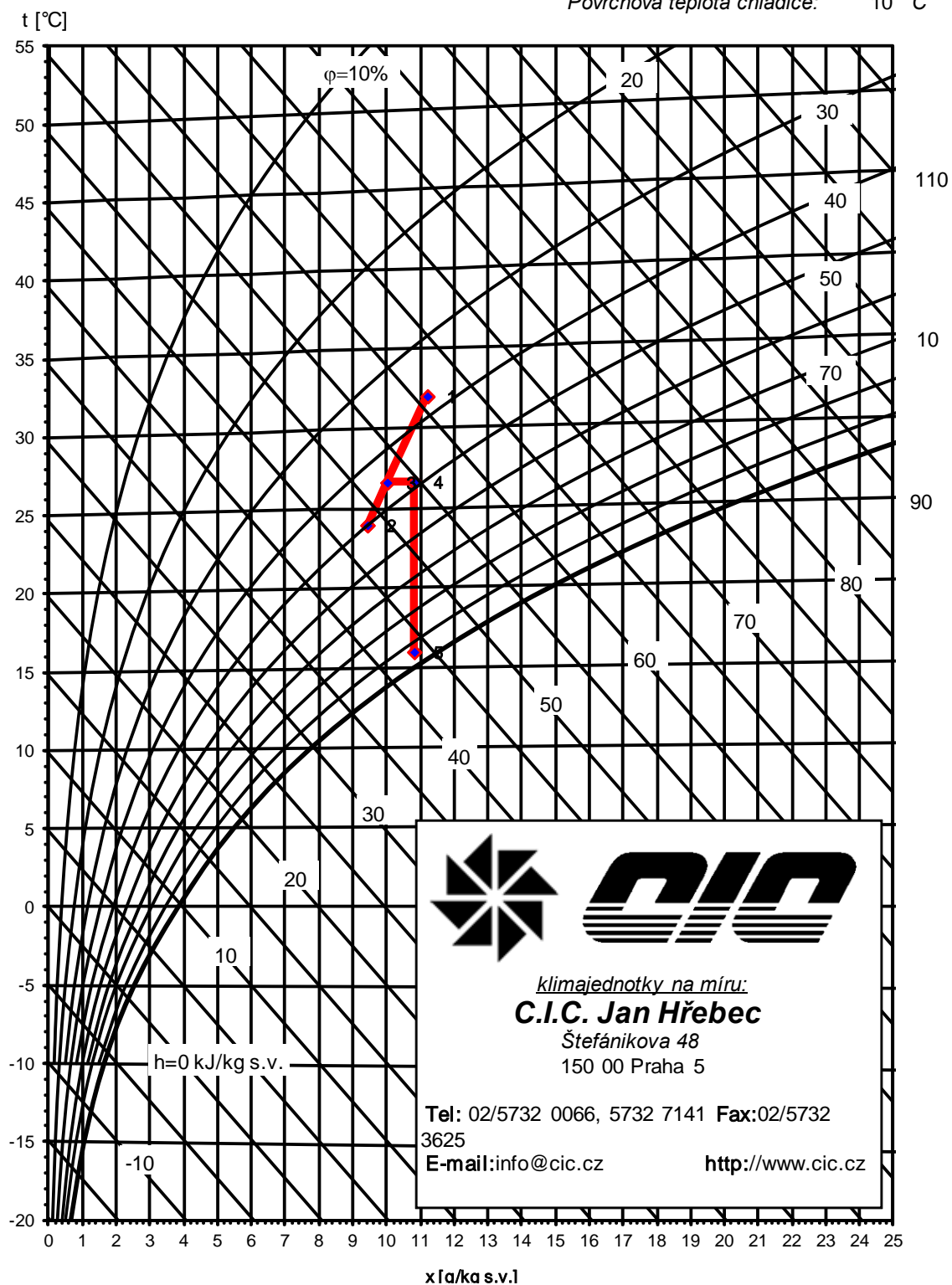
Tab. 13 Přehled hodnot pro letní provoz

Psychrometrický diagram dle Molliera**letní provoz**

Tlak vzduchu: 100 kPa

Max. vlhkost při úpravách: 100 %

Povrchová teplota chladiče: 10 °C



Obr. 21 HX diagram pro letní provoz

Zimní provoz

Určení teploty přiváděného vzduchu:

$$t_p = t_i + \Delta t_z = 20 + 7,65 = 27,65^\circ\text{C}$$

$$x_p = x_i = 6,6 \text{ g/kg}$$

Úpravy vzduchu jsou vyneseny v HX diagramu (Obr. 22), přehled hodnot získaných úpravami vzduchu je v tabulce (Tab. 14).

			1	2	3	4	5
			<i>vnější</i>	<i>vnitřní</i>	<i>mísení</i>	<i>ohřev</i>	<i>vlhčení</i>
<i>Teplota</i>	t	°C	-12,0	20,0	9,5	27,7	27,7
<i>rel.vlhkost</i>	φ	%	85%	45%	65%	21%	28%
<i>měr. vlhkost</i>	x	g/kg s.v.	1,2	6,6	4,8	4,8	6,6
<i>entalpie</i>	h	kJ/kg s.v.	-9,3	37,0	21,7	40,2	44,8
<i>hustota</i>	ρ	kg/m ³	1,33	1,18	1,23	1,15	1,15
<i>t.vlhkého tepl.</i>	tv	°C	-12,4	2,0	13,0	10,9	12,1
<i>Skut. průtok</i>	Vs	m ³ /h	3 155	7 212	10 367	11 033	11 065
<i>Norm. průtok</i>	Vn	m ³ /h	3 500	7 066	10 566	10 566	10 566
<i>Předaný výkon</i>	P	kW				65,2	16,1
<i>Odpařené vody</i>	qw	kg/h			0,0	0,0	22,8

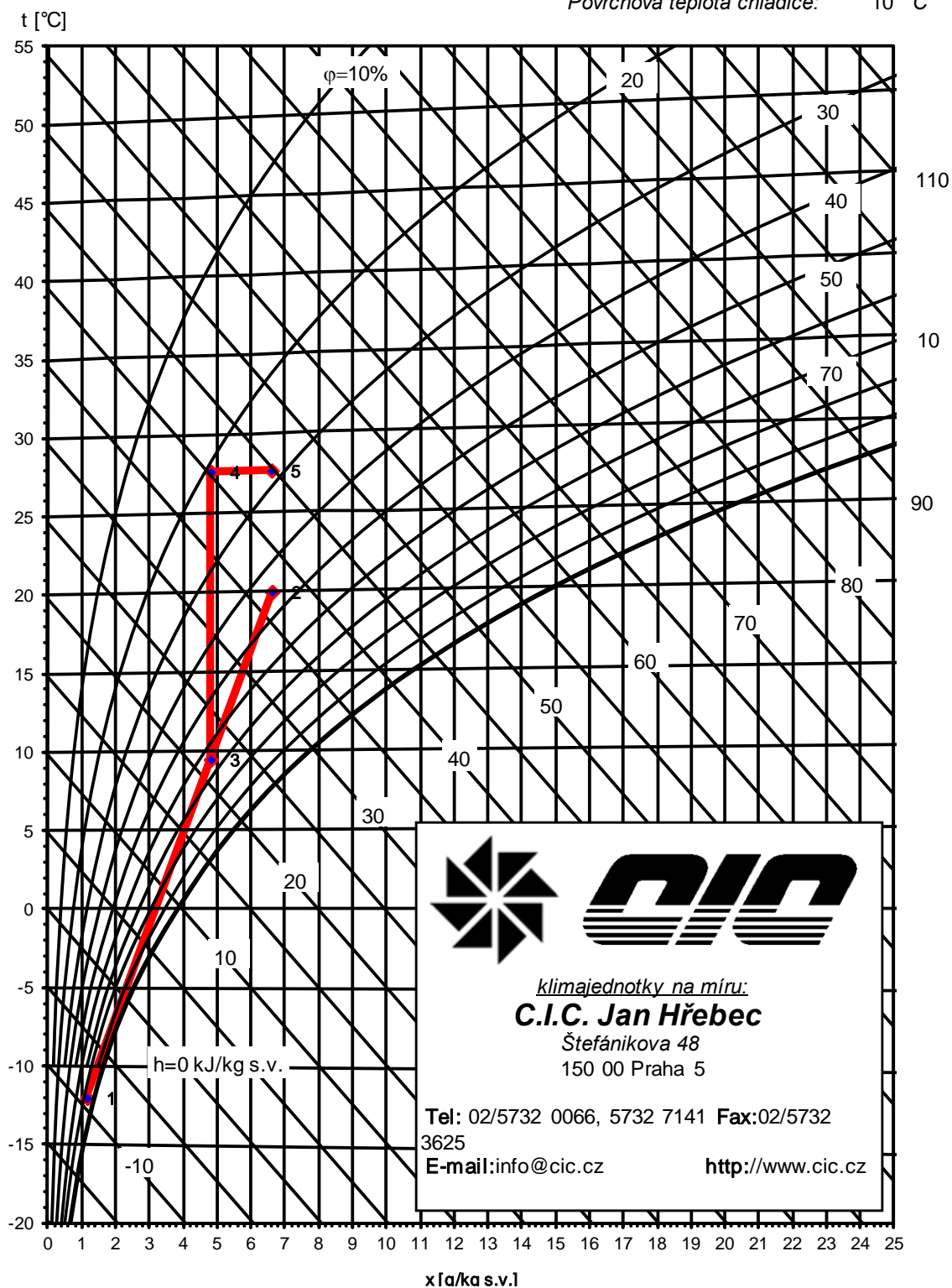
Tab. 14 Přehled hodnot pro zimní provoz

Psychrometrický diagram dle Molliera**zimní provoz**

Tlak vzduchu: 100 kPa

Max. vlhkost při úpravách: 100 %

Povrchová teplota chladiče: 10 °C



Obr. 22 HX diagram pro zimní provoz

11.2.3 Návrh distribučních prvků

Pro vytvoření optimálního proudění vzduchu v místnosti je důležité správné navržnutí distribučních prvků. V prostoru bankovní haly by se měla rychlost proudění pohybovat do $w = 0,25 \text{ m/s}$. Pro přírodní otvory tvoří základní kritérium rychlost proudění v pobytové oblasti, rozdíl teplot mezi teplotou přírodního vzduchu a okolím, dosah proudu a hlučnost prvků. Pro odváděcí elementy je jediným omezením jejich hlučnost.

Distribuční prvky jsem navrhoval v programu AirCAD od firmy Mandík, který je poskytován jako freeware.

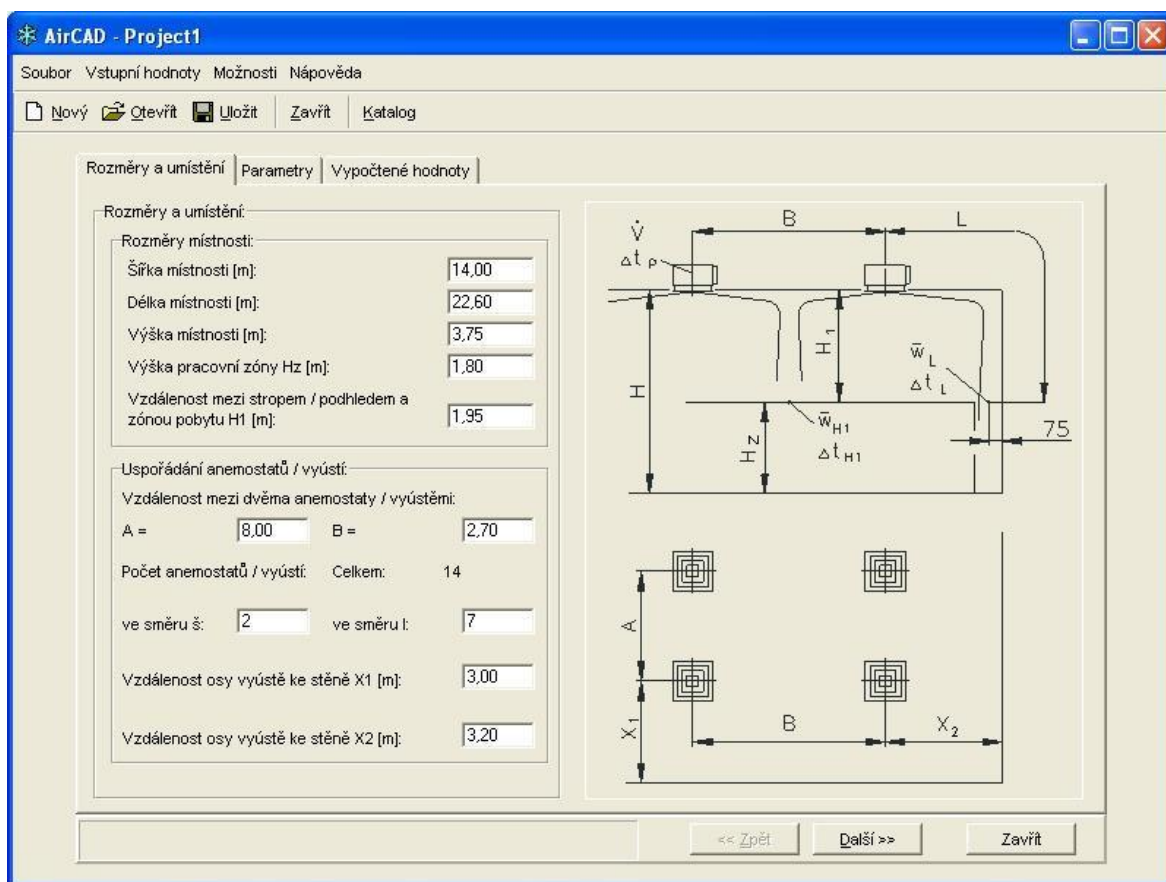
Postup návrhu

Po spuštění programu na úvodní obrazovce (Obr. 22) vybereme možnost vytvoření nového projektu a nabídky vzduchotechnických prvků vybereme vířivé vyústě a anemostaty.



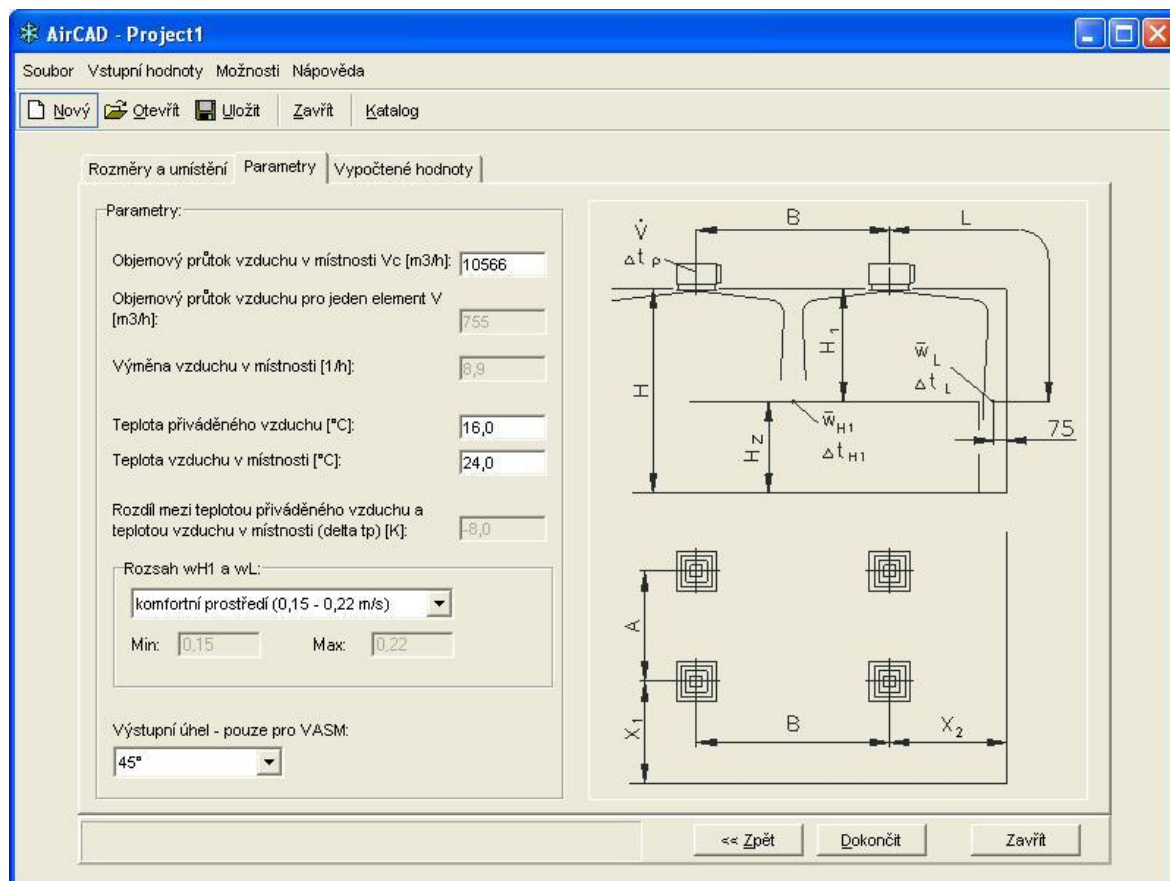
Obr. 23 AirCAD úvodní obrazovka

V dalším okně zadáváme do programy rozměry místnosti a uspořádání anemostatů a vyústí. Zadané hodnoty pro bankovní halu jsou vidět na obrázku (Obr. 23).



Obr. 24 Zadávání rozměrů do programu

Na další záložce zadáváme parametry podle kterých chceme distribuční prvky navrhnout. Zadáváme objemový průtok vzduchu, teplotu přiváděného vzduch, teplotu v místnosti rozsah povolených rychlostí proudění vzduchu (Obr. 24).



Obr. 25 Záložka parametry

Na záložce Vypočtené hodnoty vidíme seznam navrhnutých prvků programem. Na pravé straně okna je seznam parametrů námi vybraného prvku (Obr. 26).

Z navrhovaných prvků jsem vybral typ ALCM 500 (Obr. 25) což je čtvercový lamelový anemostat. Anemostat má čelní výtokové plochy z pevných profilových lamel, které jsou vodorovně uspořádány. Anemostat rozděluje přivodní vzduch do čtyř na sebe kolmých stran a je možno ho použít až do výšky 4m.



Obr. 26 Anemostat ALCM 500

AirCAD - banka.acd

Soubor Vstupní hodnoty Možnosti nápověda

Nový Otevřít Uložit Zavřít Katalog

Rozměry a umístění Parametry **Vypočtené hodnoty**

Zobrazit: ☒ vše ☐ ALCM ☐ ALKM ☐ VVPM ☐ VAPM ☐ VVM ☐ VASM

Seznam vhodných anemostatů a vyústí:

Typ	Název	Přip.
ALCM 500	Anemostat lamelový čtvercový	V
ALCM 500	Anemostat lamelový čtvercový	S
ALKM 400	Anemostat lamelový kruhový	S
VVPM 600	Vyústí vířivá s pevnými lamelami	V
VVPM 625	Vyústí vířivá s pevnými lamelami	V
VVPM 600	Vyústí vířivá s pevnými lamelami	S
VVPM 625	Vyústí vířivá s pevnými lamelami	S
VVM 600 / 24	Vyústí s vířivým výtokem vzduchu	V
VVM 625 / 24	Vyústí s vířivým výtokem vzduchu	V
VVM 600 / 24	Vyústí s vířivým výtokem vzduchu	S
VVM 625 / 24	Vyústí s vířivým výtokem vzduchu	S

Detail Data sheet Tisk

Celková tlaková ztráta při hustotě 1.2kg/m³ [Pa]:
 $\Delta p_c = 28,17$

Hladina akustického výkonu [dB(A)]:
 $L_{wa} = 40$

Střední rychlost proudění mezi dvěma anemostaty ve vzdálenosti H1 [m/s]:
 $w_{H1} = 0,17$

Rozdíl mezi teplotou proudění v pracovní zóně a teplotou vzduchu v místnosti [K]:
 $\Delta t_{H1} = -1,3074$

Střední rychlost proudění na stěně (ve vzdálenosti X + H1) [m/s]:
 $w_L = 0,20$

Rozdíl mezi teplotou proudění na stěně a teplotou vzduchu v místnosti [K]:
 $\Delta t_L = -0,6443$

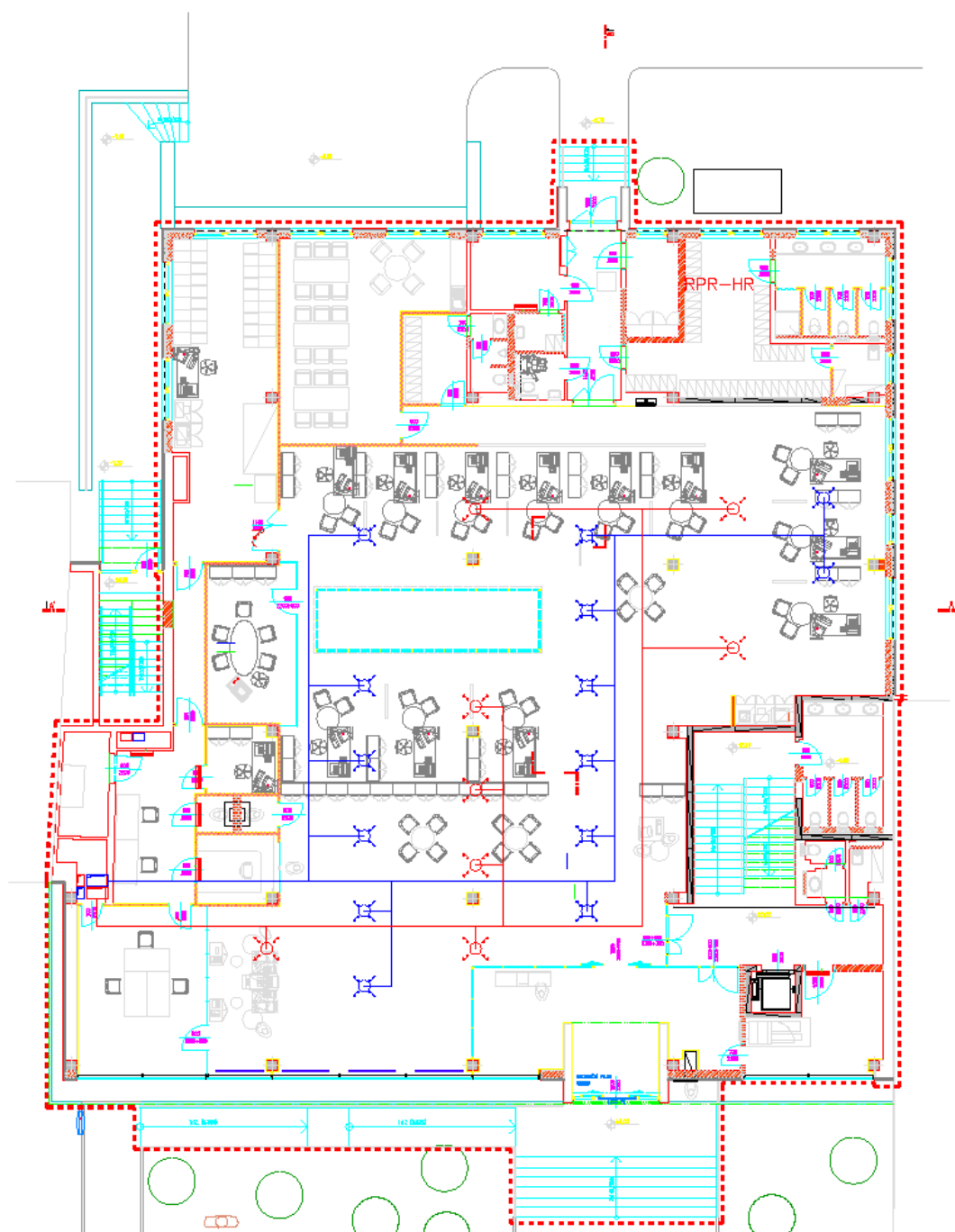
Maximální hloubka proniknutí vzduchového proudu - pouze pro VASM [m]:
 $L_p = ---$

<< Zpět Dokončit Zavřít

Obr. 27 Záložka Vypočtené hodnoty

11.2.4 Výpočet tlakových ztrát

Pro správný návrh vzduchotechnické jednotky je potřeba znát tlakové ztráty v jednotlivých vzduchovodních větvích. V bankovní hale je větev pro přívod vzduchu a odvod vzduchu. V přívodní větví je 14 anemostatů navrhnutých v předchozí kapitole a v odvodní větví je 7 stejných anemostatů. Rozmístění anemostatů ukazuje obrázek (Obr. 28).



Obr. 28 Rozmístění anemostatů

Při proudění vzduchu potrubím se vlivem vazkosti přemění část mechanické energie v teplo. Úbytek mechanické energie se projeví úbytkem tlaku. Podle toho jak ztráty vznikají, je rozlišujeme na:

- Ztráty třením (provází proudící vzduch po celé délce potrubí)
- Ztráty místní (vznikají tam kde je proud vzduchu narušen)

Potrubní síť se skládá z přímých částí, tvarovek (ohyby, rozbočky, přechody) a regulačních klapek. Tlaková ztráta každého úseku je proto dána součtem ztrát třecích a místních.

Tlakové ztráty se vyjadřují násobkem dynamického tlaku:

$$\Delta p_z = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho}{2} w^2 \quad (45)$$

kde:

- λ součinitel tření,
 d charakteristický rozměr [mm],
 ξ součinitel místní tlakové ztráty,
 ρ hustota [kg/m³],
 w rychlost [m/s].

Pro návrh potrubí rozvodů vzduchotechniky existuje několik postupů. V našem případě budu postupovat pomocí metody rychlosti. Princip této metody spočívá ve volbě vhodné rychlosti v hlavních a vedlejších větvích vzduchovodu, tak, aby ležela v mezích doporučených hodnot, jak je uvedeno v tabulce (Tab. 15).

Použití zařízení	hluková hladina dB	rychlost		se zřetelem na tlakové ztráty			
		doporuč.	max.	u ventilátoru		konce větví	
				přívod	odvod	přívod	odvod
Byty	20 - 35	3	5	5	4	3	3
Hotelové pokoje, lůžkové pokoje nemocnic	25 - 40	4	5	7,5	6,5	6	5
Malé kanceláře, ředitelské místnosti, knihovny, čítárny	35 - 45	5	6	10	7,5	8	6
Divadla, posluchárny	30 - 50	4	6	6,5	5,5	5	4
Velké kanceláře, prvotřídní restaurace, prvotřídní obchody, banky	45 - 55	6	7,5	10	7,5	8	6
Běžné obchody, kavárny	40 - 60	5	9	10	7,5	8	6
Průmyslové provozovny	> 70	10	12,5	15	9	10	7,5

Tab. 15 Doporučené rychlosti proudění ve vzduchovodech

Výpočtové vztahy

Rychlost proudění vzduchu:

$$w = V \cdot \frac{4}{\pi d^2} \cdot \frac{1}{3600} \text{ [m/s]} \quad (46)$$

kde:

V objemový tok v dané části potrubí [m³/h],

d průměr potrubí [m].

Měrný tlakový spád:

$$R = 0,0128 \cdot w^{1,875} \cdot d^{-1,235} \text{ [Pa/m]} \quad (47)$$

Tlaková ztráta třením:

$$\Delta p_\lambda = R \cdot l \text{ [Pa]} \quad (48)$$

kde:

l délka úseku [m].

Tlaková ztráta místními odpory:

$$\Delta p_\xi = \sum \xi \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \text{ [Pa]} \quad (49)$$

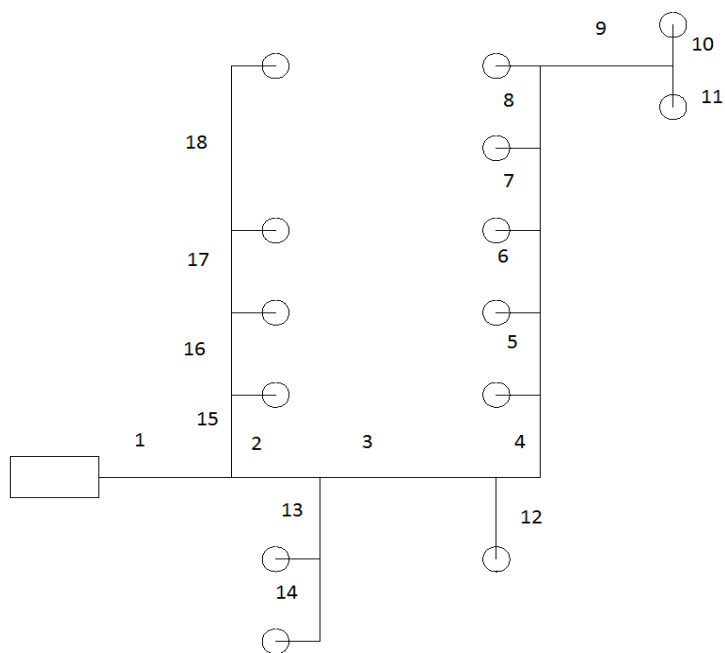
kde:

ρ hustota vzduchu [kg/m³],

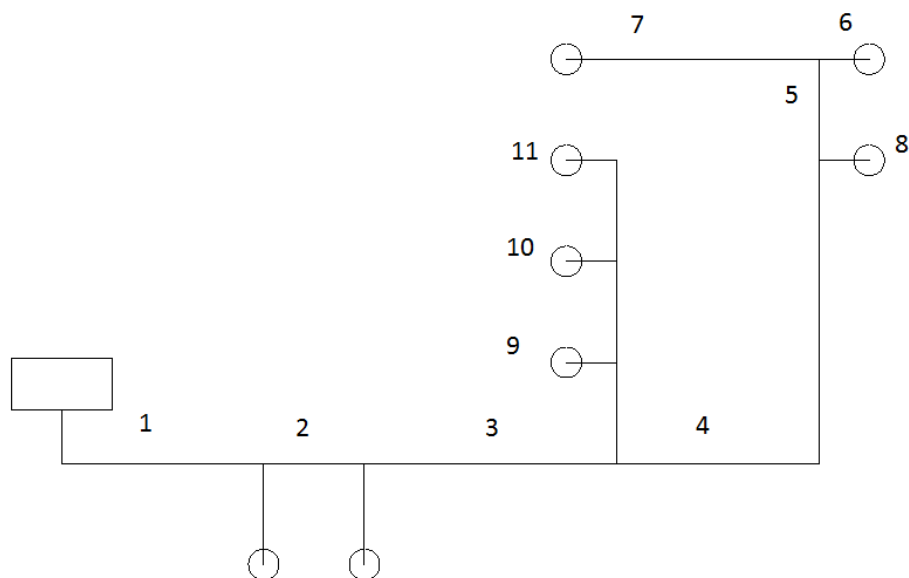
ξ součinitel místní ztráty [-].

Určení ξ součinitele místní ztráty probíhalo podle přílohy (Příloha V).

Schéma přívodní větve je vidět na obrázku (Obr. 29), schéma odvodní větve na obrázku (Obr. 30).



Obr. 29 Schéma přívodní větve



Obr. 30 Schéma odvodní větve

Vypočtené hodnoty tlakových ztrát ukazují tabulky (Tab. 16,17). K celkové hodnotě tlakových ztrát je nutné přičíst i hodnoty tlakových ztrát koncových prvků.

	V [m ³ /h]	l [m]	w [m/s]	d [mm]	w _{sk} [m/s]	R [Pa/m]	ΔP _λ [Pa]	P _ξ [Pa]	p _{vyustky}	ΔP _{ztr} [Pa]
1	10566	7,20	10,00	560,00	9,93	1,84	13,28	44,97		58,25
2	8301	3,20	9,50	500,00	9,79	2,06	6,61	43,67		50,28
3	6791	7,00	9,30	450,00	9,88	2,40	16,77	18,76		35,53
4	6036	2,60	8,00	450,00	8,79	1,92	4,99	26,40		31,39
5	5281	3,70	8,00	450,00	7,69	1,50	5,53	20,21		25,74
6	4526	3,70	8,00	400,00	8,34	2,01	7,45	23,77		31,22
7	3771	3,70	8,00	355,00	8,82	2,59	9,59	47,13		56,73
8	3016	3,70	8,00	315,00	8,96	3,10	11,45	15,41		26,86
9	1506	7,50	8,00	250,00	7,10	2,66	19,98	9,68		29,66
10	755	1,35	8,00	180,00	6,87	3,75	5,07	7,08		12,14
11	755	1,35	8,00	180,00	6,87	3,75	5,07	7,08		12,14
12	755	1,10	8,00	180,00	6,87	3,75	4,13	7,08		11,20
13	1510	2,30	8,00	250,00	7,12	2,68	6,16	33,77		39,93
14	755	3,90	8,00	180,00	6,87	3,75	14,64	31,41		46,05
15	2265	3,60	8,00	315,00	6,73	1,81	6,51	15,48		21,99
16	1510	4,70	8,00	250,00	7,12	2,68	12,58	17,34		29,92
17	755	4,70	8,00	180,00	6,87	3,75	17,64	16,13		33,77
18	755	7,50	8,00	180,00	6,87	3,75	28,15	16,13		44,28
celkové ztráty									394,38	947,19

Tab. 16 Tlakové ztráty v přívodní větvi

	V [m ³ /h]	l [m]	w [m/s]	d [mm]	W _{sk} [m/s]	R [Pa/m]	ΔP_{λ} [Pa]	P _ξ [Pa]	P _{vyustky}	ΔP_{ztr} [Pa]
1	7066	7,00	7,50	500,00	8,33	1,53	10,68	36,22		46,91
2	6183	7,00	7,20	500,00	7,29	1,19	8,32	24,23		32,55
3	5300	7,00	7,00	450,00	7,71	1,51	10,54	11,42		21,96
4	2651	7,00	6,70	355,00	6,20	1,34	9,37	20,06		29,44
5	1768	7,00	6,40	315,00	5,25	1,14	7,96	5,30		13,25
6	883	7,00	6,00	200,00	6,51	2,98	20,84	6,35		27,19
7	883	7,00	6,00	200,00	6,51	2,98	20,84	6,35		27,19
8	883	7,00	6,00	200,00	6,51	2,98	20,84	6,35		27,19
9	2649	7,00	6,00	355,00	6,20	1,34	9,36	13,13		22,49
10	1766	7,00	6,00	315,00	5,25	1,13	7,94	9,41		17,35
11	883	7,00	6,00	200,00	6,51	2,98	20,84	9,14		29,99
12	883	7,00	6,00	200,00	6,51	2,98	20,84	6,35		27,19
13	883	7,00	6,00	200,00	6,51	2,98	20,84	6,35		27,19
celkové ztráty									197,19	547,09

Tab. 17 Tlakové ztráty v odvodní větvi

11.2.5 Návrh VZT jednotky

Pro úpravu vzduchu v bankovní hale byla vybrána sestavná VZT jednotka od firmy C.I.C. Jan Hřebec.

Jedná se o bezrámové vzduchotechnické a klimatizační jednotky řady H/HL jsou to sestavné jednotky čtvercového nebo obdélníkového průřezu určené pro centrální distribuci a úpravu vzduchu tj. filtraci, ohřevu, chlazení, zpětnému získávání tepla – rekuperaci, vlhčení, a odvlhčování ve výrobních halách, administrativních budovách, nemocnicích, nákupních centrech, školách, sportovních areálech, restauracích, potravinářských provozech a jiných prostorách. [12]. Výrobce zdarma poskytuje návrhový software, ve kterém bude jednotka navržena.

Návrhové hodnoty byly vypočítány v předchozích kapitolách.

Objemový průtok vzduchu: $\dot{V}_p = 10566 \text{ m}^3/\text{h}$

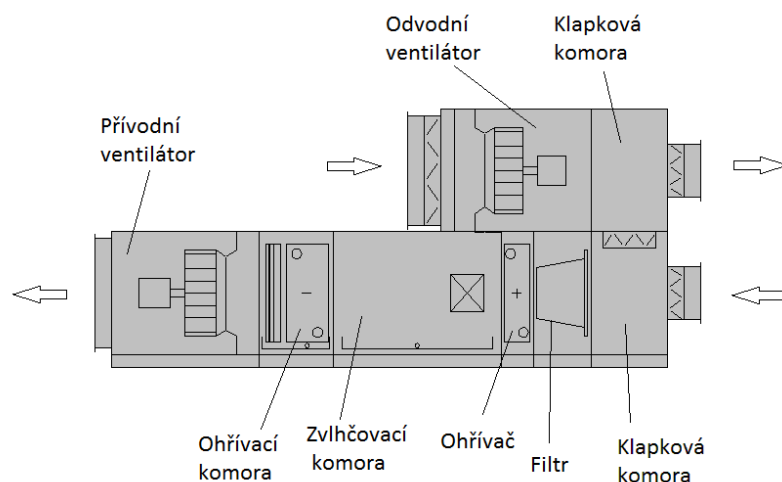
Externí tlakové ztráty přívodní větve: $\Delta p = 947,19 \text{ Pa}$

Externí tlakové ztráty odvodní větve: $\Delta p = 547,09 \text{ Pa}$

Pro návrh VZT jednotky jsou výchozí technické podklady výrobce.

VZT jednotka je navrhována v softwaru výrobce. Jedná se o grafické prostředí, ve kterém se VZT jednotka navrhuje postupným skládáním jednotlivých sekcí do požadovaného celku. Každá sekce má požadované parametry, které se zadávají při jejím návrhu. Po skončení zadávání program sám vypočítá návrhové hodnoty.

Navrhnutá jednotka je na obrázku (Obr. 31).



Obr. 31 Navrhnutá jednotka

Vzduchotechnická jednotka navržená softwarem:

- Velikost jednotky – Pro průtok vzduchu $10566 \text{ m}^3/\text{h}$ je zvolena jednotka velikosti HL12,5. Obrysové rozměry jednotky jsou (DxŠxV) $4700 \times 1500 \times 2000 \text{ mm}$ a jednotka má hmotnost 950 kg . Provedení pláště jednotky je pozink.
- Směšování – Ke směšování proudů vzduchu dochází ve dvojici klapkových komor. Klapková komora osazená na přívodu vzduchu je vybavena na horní straně vnitřní klapkou a na nasávací straně vnější klapkou a manžetou. Odvod vzduchu je řešen přes horní komoru, která odvádí vzduch přes vnější klapku a manžetu.
- Filtrační komora – Je v provedení kapsový filtr třídy G4 – 360 s počáteční tlakovou ztrátou 32 Pa a tlakovou rezervou na zanesení filtru 50 Pa .
- Ohřívací komora – Vodní ohřívací komora o výkonu $64,4 \text{ kW}$. Voda o teplotě $80/60 \text{ °C}$ Průtok vody je $2,784 \text{ m}^3/\text{h}$. Tlaková ztráta komory je 71 Pa a tlaková ztráta média (vody) $0,7 \text{ kPa}$.
- Zvlhčovací komora – V parním provedení.
- Chladicí komora – Vodní chladicí komora o výkonu $45,3 \text{ kW}$. Chladicí médium je voda o teplotě $6/12 \text{ °C}$. Průtok média je $6480 \text{ m}^3/\text{h}$. Tlaková ztráta komory je 234 Pa a tlaková ztráta média 4 kPa .
- Přívodní ventilátorová komora – Ventilátor je typu RH50C Stahl, otáčky – 2228 ot/min , výkon ventilátoru $5,28 \text{ kW}$. Pokrývá 1334 Pa tlakových ztrát.
- Odvodní ventilátorová komora - Ventilátor je typu RH40C Stahl, otáčky – 2375 ot/min , výkon ventilátoru $1,75 \text{ kW}$. Pokrývá 552 Pa tlakových ztrát.

12 FOTOVOLTAIKA

Pro zvážení možnosti využití fotovoltaického systému je nutno znát několik parametrů, které mohou tento systém ovlivnit.

Mezi nejdůležitější patří lokalita, ve které se systém nachází. Lokalitou je myšlena geografická oblast. Na lokalitě závisí množství energie, kterou je fotovoltaický systém schopen vyrobit.

Další důležitý parametr je sklon a orientace fotovoltaických panelů. Sklon panelu je definován jako úhel mezi panelem a vodorovnou základnou. Ideální sklon v naší geografické poloze bývá většinou 36° . Sklon se samozřejmě může lišit až o $\pm 30^\circ$, ale za cenu snížení výkonu. Ideální orientace panelů je udávána jako 1° na jihozápad, ale je možno se za cenu menšího výkonu odchýlit.

12.1 Návrh fotovoltaického systému

Mnou uvažovaná budova má rovnou střechu a je orientována na jih, čehož se dá s výhodou využít pro ideální nastavení sklonu a orientace panelů. Sklon jsem zvolil 36° a orientaci přímo na jih což se dá považovat za ideální nastavení.

Zapojení Fotovoltaického systém bude realizováno jako připojení na síť samostatnou přípojkou, kde se veškerá vyrobená elektřina dodává do distribuční sítě.

Systém se skládá z následujících komponentů:

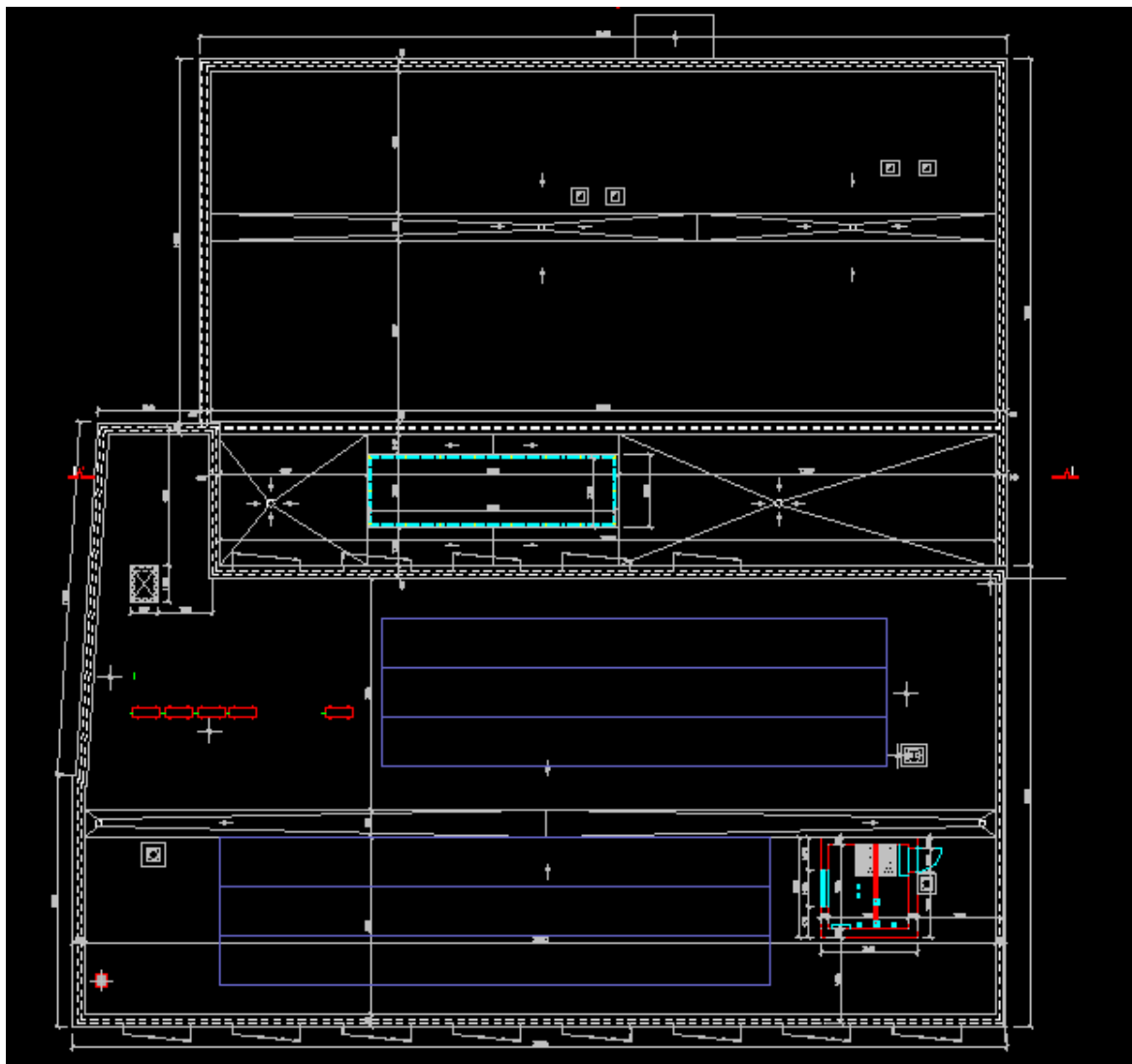
- Fotovoltaické panely – Panely jsou pospojovány vodiči, pro vytvoření pole panelů.
- Spojovací kabely
- Střídač – mění stejnosměrný proud elektrického pole na střídavý o napětí 230V, který splňuje parametry elektrické sítě.

Zapojení fotovoltaického systému je vidět na obrázku (Obr. 32). Systém, který produkuje elektrickou energii výhradně pro výkup, obsahuje fotovoltaické panely připojené na napěťový měnič, který přemění stejnosměrný proud na proud střídavý a elektroměr pro odpočet energie vyrobené fotovoltaikou. Tento okruh je přes jistič a přepěťovou ochranu připojen ještě před hlavní elektroměr v objektu (z pohledu distribuční společnosti). Veškerá vyrobená elektrická energie je tedy dodávána do distribuční sítě za výkupní cenu.



Obr. 32 Zapojení fotovoltaického systému

Pro návrh systému jsem zvolil fotovoltaické panely KYOCERA KD210GH-2PU. Tyto panely se skládají z 54 polykrystalických článků. Každý panel je schopen dosáhnout maximální ho výkonu 210kWp. Panel má rozměry 1500 mm na délku a 990 mm na šířku. Podrobné technické vlastnosti panelů jsou uvedeny v příloze (Příloha IV). Na střeše je umístěno 69 panelů rozdělených do dvou polí. V prvním poli je 12 panelů ve třech řadách ve druhém pak 11 panelů ve třech řadách. Řady jsou od sebe vzdáleny každá 1600 mm (počítáno od základu první řady) aby nedocházelo ke stínění zadních panelů. Rozmístění panelů je vidět na obrázku (Obr. 33).



Obr. 33 Rozmístění panelů

Jako střídač bude použit Power One Aurora TRIO 20.0 TL, ke kterému můžeme připojit dvě nezávislé větve fotovoltaických panelů s účinností až 98,2 %. Technická dokumentace je uvedena v příloze (Příloha IV).

Z množství panelů jsem spočítal maximální výkon elektrárny což je:

$$P = 69 \cdot 210 = 14490 \text{ Wp}$$

Na základě získaných údajů jsem vypočítal množství vyrobené energie. K tomuto výpočtu byl použit internetový portál PVGIS. Na úvodní obrazovce (Obr. 34) zadáme lokalitu (Zlín, Česká republika), použitou technologii fotovoltaiky což je crystalline silicon. Dále pak zadáme maximální výkon elektrárny. Odhadované ztráty systému se u současných FVE počítají cca 8%. Protože se jedná o rovnou střechu, vybereme Free-standing a

nakonec zadáme sklon a orientaci což je 36° a 0° pro jižní orientaci. V dolní části stránky se volí výstupní volby.

JRC **CM SAF** Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps

EUROPA > EC > JRC > IE > RE > SOLAREC > PVGIS > Interactive maps > europe

Search: e.g., "Ispra, Italy" or "45.256N, 16.9589E" **zlin** Search

cursor position: 49.163, 17.840
selected position: 49.227, 17.669

PV Estimation Monthly radiation Daily radiation

Performance of Grid-connected PV

Radiation database: Classic PVGIS [What is this?]

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power 14.49 kWp

Estimated system losses [0;100] 8 %

Fixed mounting options:

Mounting position: Free-standing

Slope [0;90] 36° ☐ Optimize slope

Azimuth 0° ☐ Also optimize azimuth

Tracking options:

☐ Vertical axis Slope [0;90] 0° ☐ Optimize

☐ Inclined axis Slope [0;90] 0° ☐ Optimize

☐ 2-axis tracking

Horizon file Vybrat soubor Soubor nevybrán

Output options

☐ Show graphs ☐ Show horizon

☒ Web page ☐ Text file ☐ PDF

Calculate [help]

Obr. 34 Formulář PVGIS

Z těchto parametrů jsem získal předpokládanou hodnotu generované solární elektřiny.

Výstupní údaje:

- Předpokládané ztráty vlivem teploty – 7,7%
- Předpokládané ztráty vlivem úhlové odrazivosti – 2,9%
- Ostatní ztráty (kabely, měniče) – 8%
- Celkové ztráty – 17,6%

Množství získané energie za jednotlivé měsíce je vidět v tabulce (Tab. 18) a grafech (Obr. 35,36).

Měsíc	E_d [kWh]	E_m [kWh]	H_d [kWh/m ²]	H_m [kWh/m ²]
Leden	16,7	517	1,26	39,1
Únor	27,4	768	2,12	59,3

Březen	39,1	1210	3,12	98,8
Duben	50,2	1510	4,2	126
Květen	57,9	1790	4,98	154
Červen	57,2	1720	4,99	150
Červenec	60,3	1870	5,3	164
Srpen	54,4	1690	4,75	147
Září	43,2	1300	3,65	109
Říjen	35,2	1090	2,86	88,7
Listopad	17,4	522	1,36	40,9
Prosinec	11,4	354	0,88	27,1
Celkem za rok [kWh/rok]		14300		1200

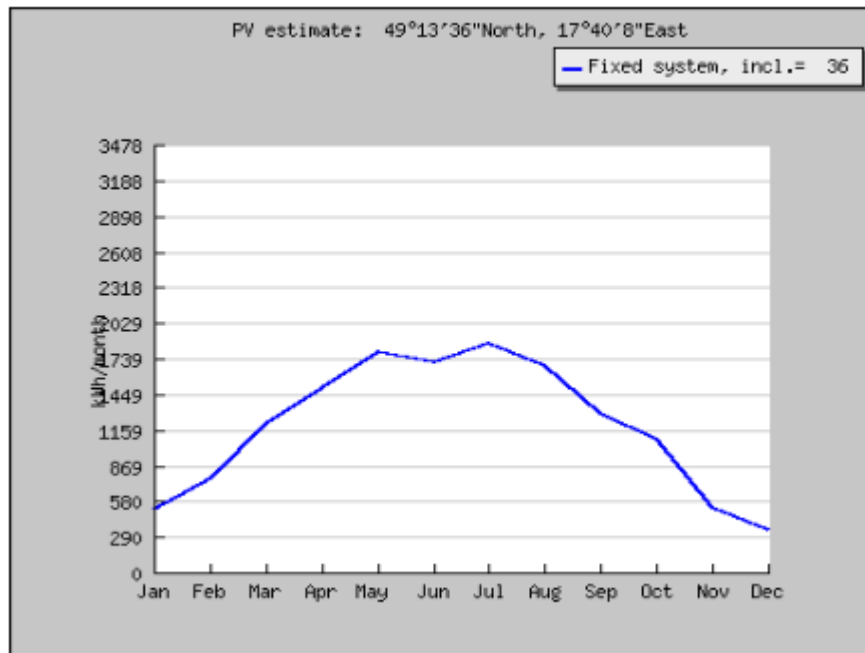
Tab. 18 Množství získané energie z fotovoltaického systému

Ed Průměrný denní zisk energie

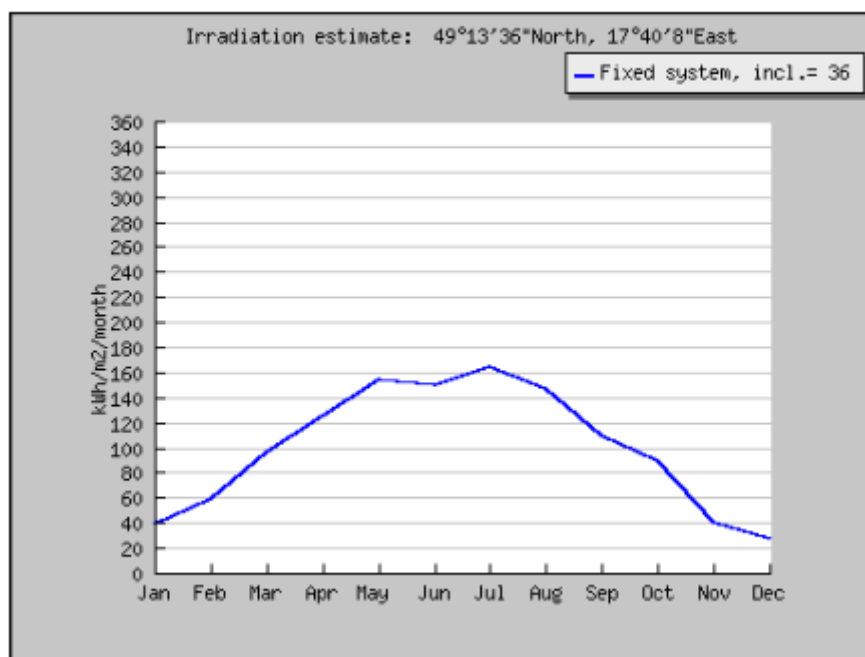
Em Průměrný měsíční zisk energie

Hd Průměrné denní množství dopadajícího slunečního záření

Hm Průměrné měsíční množství dopadajícího slunečního záření



Obr. 35 Graf měsíčních zisků energie



Obr. 36 Graf Dopadajícího množství záření v jednotlivých měsících

12.2 Technicko – ekonomické hodnocení

Na střeše budovy je instalováno 69 panelů značky KYOCERA KD210GH-2PU o celkovém výkonu 14,49 kWp. Fotovoltaický systém je připojen přímo k rozvodné síti, takže energie je prodána do rozvodné sítě za předem stanovené ceny. Výkupní cena elektrické energie, kterou stanovuje Energetický regulační úřad je pro nově postavené FVE v roce 2012 o výkonu do 30 kWp 6,16 Kč/kWh pro přímou dodávku. Roční energetický zisk navrhnuté elektrárny činí 14300 kWh.

Dále spočítáme investiční náklady FVE. Přehled je vidět v tabulce (Tab. 19). Náklady na konstrukci nejsou zahrnuty.

Zařízení	Počet	Cena	Celková cena
KYOCERA KD210GH-2PU	69	12 950,00 Kč	893 550,00 Kč
Power One Aurora TRIO 20.0 TL	1	127 080,00 Kč	127 080,00 Kč
Cena systému			1 020 630,00 Kč

Tab. 19 Ceny použitých zařízení

Hodnota fotovoltaického výkonu za rok se stanoví vynásobením ročního zisku energie a výkupní cenou.

$$14300 \cdot 6,16 = 88088 \text{ Kč}$$

Doba návratnosti investice se pak vypočítá jako podíl celkových nákladů a hodnoty fotovoltaiického výkonu za rok.

$$\frac{1020630}{88088} = 11,6 \text{ let}$$

Pořizovací náklady jsou vysoké, což je dáno použitými technologiemi. Celková doba návratnosti se oproti minulým letům hodně zvýšila z důvodu velkého zmenšení výkupních cen. Dá se ale říci, že se investice stále vyplatí, protože výrobce garantuje životnost panelů na 20 let.

13 SYSTÉM ŘÍZENÍ

Moderní budovy kladou stále vyšší požadavky na instalovaná technická zařízení. Při moderních způsobech projektování dnes stále častěji zjišťujeme, že na zařízení jednotlivých profesí už nelze pohlížet izolovaně, ale je nutné je vzájemně propojit z důvodu zvýšení energetické účinnosti a jednoduššího ovládání. Právě tuto možnost poskytuje systém KNX.

13.1 KNX

Sběrníkový systém KNX může řešit silnoproudé i slaboproudé rozvody v budově a zároveň dovoluje napojení ostatních systémů na inteligentní elektroinstalaci tak, aby byl vytvořen ucelený systém. Navrhovaný systém KNX bude zahrnovat ovládání vzduchotechnické jednotky a řízení vytápění pro jednotlivé místnosti v objektu.

13.1.1 Vzduchotechnika

Vzduchotechnická jednotka má za úkol řídit přípravu vzduchu pro bankovní halu. Vzduch je upravován podle venkovních podmínek. V letním provozu jednotka funguje jako klimatizace, v zimním provozu jednotka pokrývá tepelné ztráty. V jednotce budeme regulovat ohřev vzduchu polohováním směšovacího ventilu přívodu topné vody, parní zvlhčovač bude řízen snímačem vlhkosti, chladič je regulován řízením směšovacího ventilu chladicí vody. Otáčky ventilátorů jsou regulovány frekvenčními měniči v závislosti na vstupním nebo výstupním statickém tlaku. Dále je regulována klapka se servopohonem ve směšovací komoře.

Řízení vzduchotechnické jednotky zajišťuje univerzální regulátor firmy Siemens typ Synco RMU720 (Obr. 37). Regulátor Synco RMU720 je univerzální regulátor pro vzduchotechnická zařízení s předprogramovanými aplikacemi a možností vlastní konfigurace s 8 univerzálními vstupy, 3 spojitými výstupy a 4 releovými výstupy. Regulátor podporuje řízení jednostupňových, dvojestupňových ventilátorů a ventilátoru s řízenými otáčkami. Schéma regulace je uvedeno v příloze (Příloha I). Zapojení datových vstupů a výstupů je v tabulce:

	Označení	Zařízení	Funkce	Typ
Analogové vstupy				
1	TE01	Snímač teploty	Teplota v ohříváči	AI
2	TE02	Snímač teploty	Teplota v chladiči	AI

3	TE03	Snímač teploty	Venkovní teplota	AI
4	TE04	Snímač teploty	Teplota přírodního vzduchu	AI
5	HY01	Hygroskop	Vlhkost vzduchu za zvlhčovačem	AI
Analogové výstupy				
1	RV01	Regulační ventil ohříváče	Řízení ventilu	AO
2	RV02	Regulační ventil chladiče	Řízení ventilu	AO
3	K01	Směšovací klapka	Řízení klapky	AO
Digitální vstupy				
1	M01	Ventilátor přívodu	Běh ventilátoru	DI
2	M02	Ventilátor odvodu	Běh ventilátoru	DI
Digitální výstupy				
1	M03	Čerpadlo ohříváče	START/STOP	DO
2	M04	Čerpadlo chladiče	START/STOP	DO
3	M05	Ventilátor zvlhčovače	START/STOP	DO

Tab. 20 Zapojení datových vstupů a výstupů



Obr. 37 Siemens Synco RMU720

Centrální regulaci zajišťuje ovládací jednotka firmy Siemens RMZ 791 (Obr. 38). Ovládací jednotka se používá pro provedení všech nastavení regulátoru a zobrazení všech požadovaných dat ve spojení s regulátorem. Všechna nastavení provedená na ovládací jednotce, jsou předány regulátoru, kde jsou přepsány a uloženy; vlastní ovládací jednotka neukládá žádná data. Informace požadované uživatelem jsou tvořeny regulátorem a

předány do ovládací jednotky pro zobrazení [13]. Ovládací jednotka umožňuje řídit až 150 jednotek na sběrnici KNX.



Obr. 38 Jednotka RMZ 791

V jednotlivých prostorech bankovního objektu budou instalovány prostorové jednotky pro regulátory Synco 700 a to QAW740 (Obr. 39). Jednotky komunikují po sběrnici KNX, umožňují dálkové ovládání regulátorů a měření teploty. Mezi další funkce jednotky patří posun žádané komfortní teploty o $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ pomocí otočného knoflíku na prostorové jednotce. Požadavek na změnu je vyslán do akčních členů koncových zařízení. Jednotka obsahuje přítomnostní tlačítko, funkci časovače a zobrazuje poruchová hlášení. Jednotky budou řídit otopná tělesa pomocí akčního členu od firmy ABB typu 6164 U-500, který dovoluje připojení až 5-ti termoelektrických ovládacích hlavic. V bankovní hale bude jednotka řídit vzduchotechniku.



Obr. 39 Prostorová jednotka QAW740

13.1.2 Další prvky systému

Ve sběrnicovém systému KNX se musí vyskytovat napájecí zdroje, které slouží k napájení sběrnice KNX. Pro bankovní objekt byl vybrán zdroj od firmy ABB typu NT/S 24,800, který poskytuje napětí 24 V a 800 mA. V každém patře banky bude umístěn jeden tento zdroj. Pro propojení jednotlivých linií bude využito liniových spojek ABB LK/S 4.1.

Pro připojení požadovaných aplikačních modulů na sběrnici KNX slouží sběrnice spojky ABB 6120/13–500.

13.1.3 Vzdálené řízení

Pro vzdálené řízení budou v systému KNX použity prvky k propojení s jinými sítěmi.

Telefonní rozhraní ABB TG/S 3.2 (Obr. 40), umožňuje vzdálená hlášení o událostech v KNX systémové instalaci. Signály mohou být přenášeny jako hlasové nebo jako textové zprávy (SMS nebo e-mail). Přístroj TG/S může také přijímat příkazy po telefonní síti a tak na dálku řídit činnost přístrojů připojených ke sběrnici KNX. K síti LAN může být připojen PC, kterým lze přístroj konfigurovat. Trvalá činnost přístroje TG/S prostřednictvím LAN pro vzdálené přístupy je také možná.



Obr. 40 Telefonní rozhraní TG/S 3.2

IP rozhraní ABB IPS/S 2.1 (Obr. 41) spojuje KNX sběrnici s Ethernetovou sítí.



Obr. 41 IP rozhraní ABB IPS/S 2.1

USB rozhraní USB/S 1.1

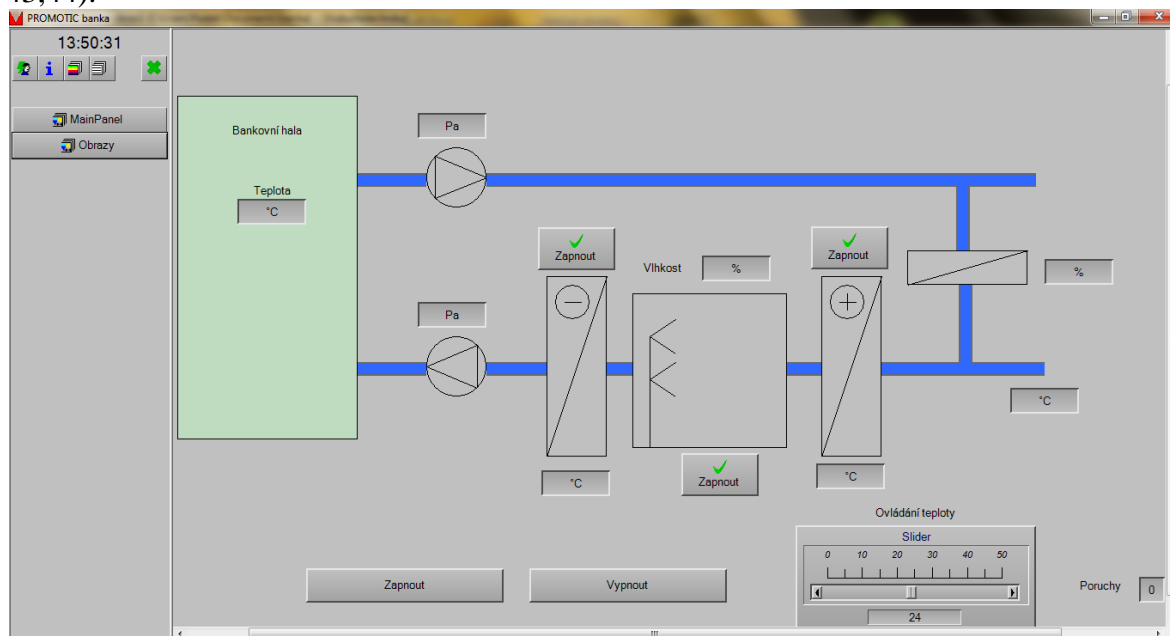
Slouží pro propojení instalace KNX s PC a pro nastavení parametrů přístrojů umístěných na sběrnici KNX.



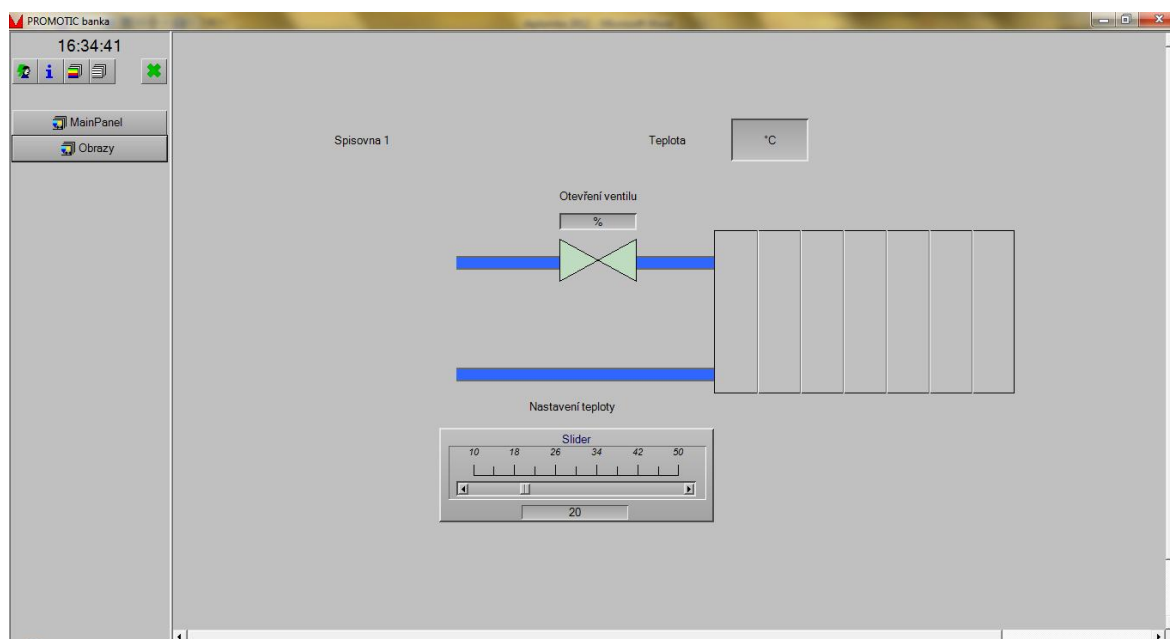
Obr. 42 USB rozhraní USB/S 1.1

13.2 SCADA

Grafický návrh systému SCADA byl proveden ve zdarma dostupném softwaru PROMOTIC. Ukázka pro Vzduchotechniku a ovládání topení jsou na obrázcích (Obr. 43,44).



Obr. 43 Vizualizace vzduchotechniky



Obr. 44 Vizualizace topení

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout vhodný systém techniky prostředí pro bankovní budovu, návrh fotovoltaiky a návrh systému řízení založeného na sběrnici KNX. Práce byla zaměřena na vytvoření vhodného mikroklimatu v prostoru bankovní haly.

V první části práce byl proveden výpočet tepelných ztrát objektu pro pozdější navrhování otopných zařízení, vzduchotechniky a návrh tepelného zdroje. Po sečtení jednotlivých tepelných ztrát místností v celém objektu jsem získal celkovou tepelnou ztrátu a to přibližně 131kW.

Podle výpočtů v první části práce jsem dále navrhl Vhodný výměník pro výměňkovou stanici, zásobník teplé vody a otopná tělesa.

V další části jsem se zabýval návrhem mikroklimatu v bankovní hale, které zajišťuje teplovzdušný větrací systém s možností klimatizace. Návrh spočíval v určení tepelné ztráty místnosti, jež byla určena v první části práce jako $\dot{Q}_z = 27265,51 \text{ W}$. Dále jsem vypočítal tepelnou zátěž místnosti kdy Tepelné zisky činí 28458W a produkce vodní páry je $\dot{M}_w=1,36\text{g/s}$. Pro tyto hodnoty byl navržen vzduchotechnický systém.

Možností využití fotovoltaiky se zabývá další část práce. Byla navržena fotovoltaický elektrárna umístěná na ploché střeše objektu. Plochá střecha poskytla optimální nastavení fotovoltaických panelů. Toto optimální nastavení pak pomohlo při technicko - ekonomickém hodnocení celého systému kdy doba návratnosti pro tento systém odpovídá 11,6 letům.

Poslední část práce se zabývá řízením vzduchotechniky a vytápění v objektu. Byly navrženy jednotlivé prvky napojené na sběrnici KNX. Systém řízení byl navrhnut jako centrální což přináší možnost řízení všech systémů z jednoho místa. Pro toto řízení byl navržen vizualizační SCADA systém. V budoucnu by mělo být bezproblémové rozšiřováním tohoto systému díky použití KNX sběrnice. Mohlo by se jednat například o připojení systémů EZS a EPS.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this thesis was to design an appropriate system of environment engineering for the bank building, design of photovoltaic system and control based on KNX. The work was aimed at creating a suitable microclimate in the area of banking hall.

In the first part has been calculated heat loss of the building for future design of heating equipment, air conditioning and heat source design. After counting the individual heat loss for rooms throughout the building, I gained an overall heat loss which is approximately 131kW.

According to calculations in the first part of the work I further suggested suitable heat exchanger for heat exchanger stations, hot water and radiators.

In the next part I've dealt with the proposal of the microclimate in the banking hall, which provides hot-air ventilation system with air conditioning. The proposal was to determine the heat loss of the room, which was determined in the first part as $Q_z = 27,265.51 \text{ W}$. I also calculated the thermal load of the room where the heat is 28458W profits and production of water vapor is $\dot{M}_w = 1.36 \text{ g / s}$. Ventilation system was designed for these values.

Next section of work is dealing with Possibility of using photovoltaics. On the flat roof of the building was designed photovoltaic power plant. Flat roof provide optimal settings of photovoltaic panels. The optimal settings, helps in the technical - economic evaluation of the entire system when the payback period for this system corresponds to 11.6 years.

The last part of the work deals with the management of air conditioning and heating in the building. There were designed elements connected to the KNX bus. Management system was designed as a central management with the opportunity of controlling all systems from one place. For this procedure was designed HMI SCADA system. In the future, should be seamless extension of this system by using the KNX bus. It could be for example to connect an EZS and EPS.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s. ISBN 80-807-6037-3.
- [2] SMOLÍK, Jan. *Technika prostředí*. Praha: SNTL, 1985.
- [3] *Topenářská příručka*. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2007, 378 s. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [4] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [5] ABB: Přenos dat v instalacích KNX/EIB. *Elektrika.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/abb-prenos-dat-v-instalacich-knx-eib/view>
- [6] ABB: Princip činnosti systému KNX/EIB. *Elektrika.cz* [online]. 2008 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/abb-systemove-elektricke-instalace-knx-eib-2013-5-cast/view>
- [7] Vizualizační systémy SCADA/HMI – přehled trhu. *Automatizace* [online]. 2006 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=1193>
- [8] ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [9] KORADO RADIK. *Topení, vytápění a radiátory - KORADO, a.s.* [online]. 2009 [cit. 2012-05-27]. Dostupné z: <http://www.korado.cz/korado-radik.html>
- [10] KORADO Software. *Topení, vytápění a radiátory - KORADO, a.s.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-27]. Dostupné z: http://www.korado.cz/cs/softwarova_podpora/korado_software.shtml
- [11] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Vydavatelství pro normalizaci a měření, 1986.
- [12] Produkty - Bezrámové vzduchotechnické jednotky H/HL. *C.I.C. Jan Hřebec* [online]. 2008-2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.cic.cz/www/produkty/bezramove-vzduchotechnicke-jednotky-hhl/>
- [13] Regulátory řady Synco 700 – Rozšiřující moduly RMZ791. *Siemens Česká republika* [online]. 2012 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://1url.cz/3rkU>

- [14] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007, xx, 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8.
- [15] MORSEY, Sahar. *A SOCIAL APPROACH TO INTELLIGENT BUILDINGS*. Cairo (Egypt), 2007, 14 s.
- [16] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. *Klimatizace a větrání: Sborník přednášek. XII. Mezinárodní konference*. 1. vyd. Brno: ERA, 2004, 117 s. Stavíme. ISBN 80-865-1730-6.
- [17] Kvalita vnitřního prostředí v našich předpisech - mikroklima. MATHAUSEROVÁ, Zuzana. *TZB-info* [online]. 2005 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2470-kvalita-vnitřního-prostředí-v-našich-předpisech-mikroklima>
- [18] DANIELS, Klaus. *Technika budov: příručka pro architekty a projektanty*. 1. čes. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 519 s. ISBN 80-889-0563-X.
- [19] Fotovoltaika - princip. *ENERG SERVIS* [online]. © 2005-2009 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.energyservis.cz/cs/fotovoltaika/fotovoltaika-princip/>
- [19] Fotovoltaika - jaká je nejlepší dostupná technologie?. *TZB - info* [online]. 2010 [cit. 2012-06-03]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6327-fotovoltaika-jaka-je-nejlepsi-dostupna-technologie>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PMV	Střední tepelný pocit člověka.
PPD	Procentuální podíl nespokojených.
PEL	Nejvyšší přípustná koncentrace.
VZT	Vzduchotechnika.
FV	Fotovoltaika.
KNX	Standard kombinace EIB, Batibus a EHS (European Home System)
EIB	European Installation Bus.
HVAC	Heating, Ventilating, and Air Conditioning.
EIBA	EIB Association.
EHS	European Home Systém.
ISO	International Organization for Standardization.
OSI	Open Systems Interconnection Reference Model.
SDU	Service Data Unit.
PDU	Protocol Data Unit.
ICI	Interface Control Information.
PCI	Protocol Control Information.
TP	Twisted pair, kroucená dvojlinka.
RF	Rádiový přenos.
FTP	File transfer protokol.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol.
POP3	Post Office Protocol.
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol.
SSH	Secure Shell
LED	Light-Emitting Diode

LS	Liniová spojka.
SCADA	supervisory control and data acquisition
RTU	Remote Telemetry Units
HMI	Human Machine Interface
TUV	Teplá užitková voda.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Optimální pásmo tepelné pohody v h-x diagramu vlhkého vzduchu	16
Obr. 2 Distribuce tepelných pocitů	20
Obr. 3 Dveřní vzduchová clona	29
Obr. 4 VRV systém.....	35
Obr. 5 Řez FV článkem	39
Obr. 6 Historický vývoj účinnosti.....	42
Obr. 7 Struktura fotovoltaického panelu.....	43
Obr. 8 Zapojení na zelený bonus	45
Obr. 9 porovnání ISO modelu a KNX/EIB.....	47
Obr. 10 Topologie KNX/EIB.....	51
Obr. 11 Půdorys podzemní části	54
Obr. 12 Půdorys přízemí	55
Obr. 13 Půdorys 1. NP	56
Obr. 14 Návrh výměníku	66
Obr. 15 Křivky dodávky a odběru tepla	67
Obr. 16 Zásobník LS 750-2000	68
Obr. 17 Otopné těleso RADIK KLASIK.....	69
Obr. 18 Úvodní obrazovka.....	70
Obr. 19 Zadávací obrazovka	71
Obr. 20 Záložka Místnost	72
Obr. 21 HX diagram pro letní provoz.....	78
Obr. 22 HX diagram pro zimní provoz.....	80
Obr. 23 AirCAD úvodní obrazovka.....	81
Obr. 24 Zadávací rozměrů do programu	82
Obr. 25 Záložka parametry	83
Obr. 26 Anemostat ALCM 500	83
Obr. 27 Záložka Vypočtené hodnoty	84
Obr. 28 Rozmístění anemostatů.....	85
Obr. 29 Schéma přívodní větve	88
Obr. 30 Schéma odvodní větve.....	89
Obr. 31 Navrhnutá jednotka.....	91
Obr. 32 Zapojení fotovoltaického systému.....	93

Obr. 33 Rozmístění panelů	94
Obr. 34 Formulář PVGIS	95
Obr. 35 Graf měsíčních zisků energie	96
Obr. 36 Graf Dopadajícího množství záření v jednotlivých měsících.....	97
Obr. 37 Siemens Synco RMU720.....	100
Obr. 38 Jednotka RMZ 791	101
Obr. 39 Prostorová jednotka QAW740.....	102
Obr. 40 Telefonní rozhraní TG/S 3.2.....	103
Obr. 41 IP rozhraní ABB IPS/S 2.1	103
Obr. 42 USB rozhraní USB/S 1.1	103
Obr. 43 Vizualizace vzduchotechniky	104
Obr. 44 Vizualizace topení	104

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Energetický výdaj člověka v závislosti na jeho aktivitě.....	13
Tab. 2 Závislost součinitele A na rychlosti proudění vzduchu	14
Tab. 3 Posuzování tepelného pocitu	18
Tab. 4 Optimální mikroklimatické podmínky pro obytné prostory a lehkou práci v sedě.....	19
Tab. 5 Intenzita větrání	33
Tab. 6 zátopový činitel f_{RH} pro nebytové prostory s nočním teplotním útlumem	64
Tab. 7 Tepelné ztráty místností.....	65
Tab. 8 Rozdělení spotřeby TUV podle času	67
Tab. 9 Průběh tepelných zisků v roce [W].....	73
Tab. 10 Návrhové hodnoty pro letní provoz.....	74
Tab. 11 Návrhové hodnoty pro zimní provoz.....	74
Tab. 12 Zákonné dávky denního vzduchu	76
Tab. 13 Přehled hodnot pro letní provoz	77
Tab. 14 Přehled hodnot pro zimní provoz	79
Tab. 15 Doporučené rychlosti proudění ve vzduchovodech.....	87
Tab. 16 Tlakové ztráty v přívodní větvi	89
Tab. 17 Tlakové ztráty v odvodní větvi.....	90
Tab. 18 Množství získané energie z fotovoltaického systému	96
Tab. 19 Ceny použitých zařízení	97
Tab. 20 Zapojení datových vstupů a výstupů	100

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I: Schéma regulace

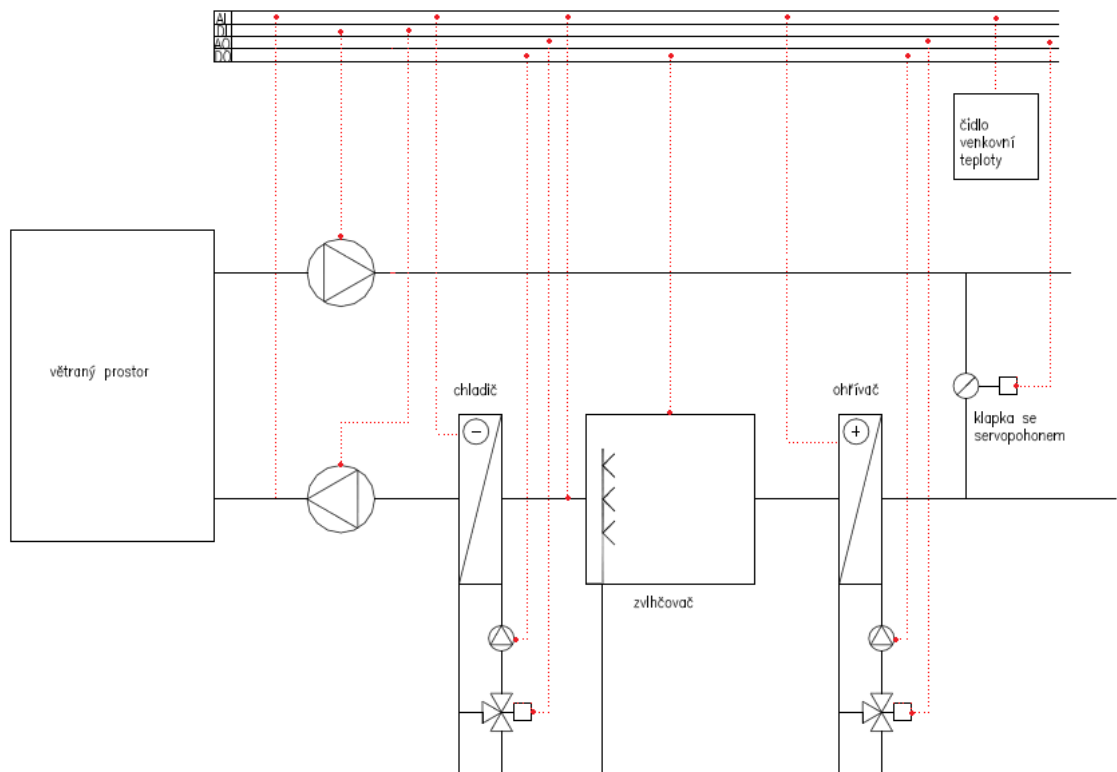
Příloha II: Použité tabulky

Příloha III: Použitá otopná tělesa

Příloha IV: Dokumentace Fotovoltaiky

Příloha V: Součinitelé vřazených odporů

PŘÍLOHA P I: SCHÉMA REGULACE



PŘÍLOHA P II: POUŽITÉ TABULKY

Tabulka 5 – $U_{\text{equiv,bf}}$ – hodnota pro části podlahy vytápěného podzemního podlaží s podlahovou deskou 1,5 m pod úrovní zeminy v závislosti na součiniteli prostupu tepla podlahou a B' hodnotě

B' – hodnota m	$U_{\text{equiv,bf}}$ (pro $z = 1,5$ m) $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$				
	bez izolace	$U_{\text{podlahy}} = 2,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	$U_{\text{podlahy}} = 1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	$U_{\text{podlahy}} = 0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	$U_{\text{podlahy}} = 0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15
8	0,44	0,35	0,29	0,23	0,15
10	0,38	0,31	0,26	0,21	0,14
12	0,34	0,28	0,24	0,19	0,14
14	0,30	0,25	0,22	0,18	0,13
16	0,28	0,23	0,20	0,17	0,12
18	0,25	0,22	0,19	0,16	0,12
20	0,24	0,20	0,18	0,15	0,11

Tab. 5.6 Hodnoty stínících součinitelů s pro různé konstrukce oken a různé druhy stínících prostředků

Druh zasklení	s	Stínící prostředky	s
Jednoduché sklo	1,00	vnitřní žaluzie, lamely 45°, světlé	0,56
Dvojitě sklo	0,90	vnitřní žaluzie, lamely 45°, středně tmavé	0,65
Jednoduché termální sklo	0,70	vnitřní žaluzie, lamely 45°, tmavé	0,75
Vnější sklo termální, vnitřní obyčejné	0,60	vnější žaluzie, lamely 45°, světlé	0,15
Reflexní sklo jednoduché, průměrná jakost	0,70	vnější žaluzie, lamely 45°, zvenku jasné, zevnitř tmavé	0,13
Reflexní sklo dvojitě, špičkové výrobky	0,24	vnější markýzy, větraný meziprostor	0,30
Vnější reflexní sklo průměrné jakosti, vnitřní obyčejné	0,60	meziokenní žaluzie, lamely 45°, nevětraný prostor	0,50
Zdvojené reflexní sklo dobré jakosti	0,30	světlé reflexní záclony (vnější reflexní vrstva)	0,60
Stříkané světlé barevné vrstvy	0,80	závěsy: bavlna a umělá vlákna	0,80
Stříkané střední tmavé vrstvy	0,70	tmavé reflexní záclony (vnější reflexní vrstva)	0,70
		tmavá reflexní fólie a světlá reflexní fólie	0,25
Sklo s drátěnou vložkou	0,80	světlá reflexní fólie	0,42

PŘÍLOHA P III: POUŽITÁ OTOPNÁ TĚLESA

Místnost		tepelná šířka			Tělesa		délka tepelný	
číslo	teplota	ztráta	okna				tělesa	výkon
-	°C	W	mm				mm	W

1. nadzemní podlaží								

0.01 spisovna1	20	5872	1800	33-060160-50-KLASIK	1600	3065		
			1800	33-060160-50-KLASIK	1600	3065		
0.02 chodba 4	15	1337	mimo	33-060060-50-KLASIK	600	1338		
0.03 spisovna 2	20	4167	mimo	21-090160-50-KLASIK	1600	2229		
			mimo	21-090160-50-KLASIK	1600	2229		
0.04 chodba 3	15	739	mimo	11-060080-50-KLASIK	800	745		
0.05 klient. schranky	20	1248	mimo	21-050140-50-KLASIK	1400	1248		
0.06 komorový trezor	20	1907	mimo	33-060100-50-KLASIK	1000	1916		
0.07 predsín ks	20	232	mimo	21-030040-50-KLASIK	400	238		
0.08 disk. místnost	20	236	mimo	21-030040-50-KLASIK	400	238		
0.10 predsín kt	20	410	mimo	21-060040-50-KLASIK	400	411		
0.12 chodba 2	15	1333	mimo	33-060060-50-KLASIK	600	1338		
0.14 nocní trezor	20	2145	mimo	33-030200-50-KLASIK	2000	2213		
0.15 spisovna 3	20	2249	mimo	33-060120-50-KLASIK	1200	2299		
0.18 predsín wc	20	621	mimo	20-060080-50-KLASIK	800	627		
0.19 spsozna 4	20	3667	1800	21-060180-50-KLASIK	1800	1849		
			1800	21-060180-50-KLASIK	1800	1849		
0.20 chodba 1	15	879	mimo	33-060040-50-KLASIK	400	892		
0.21 schodiště 2	15	1646	mimo	21-050160-50-KLASIK	1600	1658		
2. nadzemní podlaží								

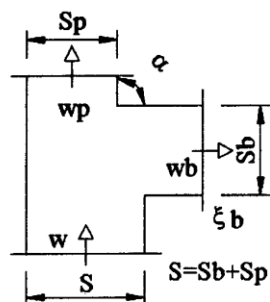
3 Bank. hala	18	nevytápěná						
2 zadverí	20	3447	mimo	33-060090-50-KLASIK	900	1724		
			mimo	33-060090-50-KLASIK	900	1724		
4 pocitarna 1	20	3081	mimo	21-060160-50-KLASIK	1600	1644		
			mimo	21-060160-50-KLASIK	1600	1644		
6 chodba	15	575	mimo	21-060050-50-KLASIK	500	597		
7 pokladna	20	381	mimo	22-030050-50-KLASIK	500	385		
8 trezorova místnt	20	2042	mimo	21-050230-50-KLASIK	2300	2051		
10 pocitarna minci	20	354	mimo	22-030050-50-KLASIK	500	385		
11 chodba	15	430	mimo	21-040050-50-KLASIK	500	435		
12 jednací místnost	20	1595	mimo	22-060120-50-KLASIK	1200	1606		
13 kancelar	20	4591	mimo	21-060230-50-KLASIK	2300	2363		
			mimo	21-060230-50-KLASIK	2300	2363		
14 denní místnost	20	3904	2300	20-060230-50-KLASIK	2300	1804		
			2300	21-060230-50-KLASIK	2300	2363		
15 satna muzi	20	633	mimo	11-060080-50-KLASIK	800	642		
16 predsín wc muzi	20	100	mimo	11-030040-50-KLASIK	400	176		
18 diskretní box	20	215	mimo	11-030050-50-KLASIK	500	220		
19 umyvárna	20	240	mimo	11-030060-50-KLASIK	600	263		
21 místnost ostrahy	20	832	2300	20-030200-50-KLASIK	2000	889		
22 chodba	15	1465	mimo	22-050060-50-KLASIK	600	808		
			mimo	22-050060-50-KLASIK	600	808		
25 satna zeny	20	3921	2300	33-060230-50-KLASIK	2300	4406		
26 predsín wc zeny	20	1663	mimo	33-040120-50-KLASIK	1200	1669		
27 predsín wc zeny	20	1075	mimo	20-050160-50-KLASIK	1600	1075		
38 predsín wc muzi	20	435	mimo	11-030100-50-KLASIK	1000	439		
39 chodba	15	2520	mimo	33-030200-50-KLASIK	2000	2564		
40 schodiste1	15	3045	mimo	33-050160-50-KLASIK	1600	3087		
41 bankomat	20	2290	mimo	33-060120-50-KLASIK	1200	2299		
43 schodiste2	15	2008	mimo	20-050260-50-KLASIK	2600	2025		
3. nadzemní podlaží								

2.03 schodiste 2	15	1353	mimo	22-040120-50-KLASIK	1200	1354		
2.04 kuchyne	20	490	mimo	21-060050-50-KLASIK	500	514		
2.05 koupelna	24	1605	mimo	21-060180-50-KLASIK	1800	1616		
2.06 pokoj	20	1324	1800	20-060180-50-KLASIK	1800	1412		
2.07 jednací místnost	20	6286	1770	21-060160-50-KLASIK	1600	1644		
			1770	21-060160-50-KLASIK	1600	1644		
			1770	21-060160-50-KLASIK	1600	1644		
			1770	21-060160-50-KLASIK	1600	1644		
2.08 predsín wc zeny	20	820	mimo	21-060080-50-KLASIK	800	822		
2.13 predsín wc muzi	20	361	mimo	21-040050-50-KLASIK	500	374		
2.15 kuchynka 2	20	358	mimo	21-040050-50-KLASIK	500	374		
2.16 kancelar	20	1150	1770	20-060160-50-KLASIK	1600	1255		
2.17 kancelar	20	1411	1770	20-060180-50-KLASIK	1800	1412		
2.18 kancelar manazea	20	2237	1770	20-060160-50-KLASIK	1600	1255		
			1770	20-060160-50-KLASIK	1600	1255		
2.19 kancelar	20	1175	1770	20-060160-50-KLASIK	1600	1255		
2.20 kancelar	20	1077	1770	20-050180-50-KLASIK	1800	1210		
2.21 kancelar	20	1490	1770	21-060160-50-KLASIK	1600	1644		
2.22 chodba 1	15	555	mimo	11-060060-50-KLASIK	600	558		
2.23 chodba 2	15	1246	mimo	20-050160-50-KLASIK	1600	1246		
2.24 schodiste 1	15	1608	mimo	22-030180-50-KLASIK	1800	1613		

PŘÍLOHA P V: SOUČINITELE VŘAZENÝCH ODPORŮ

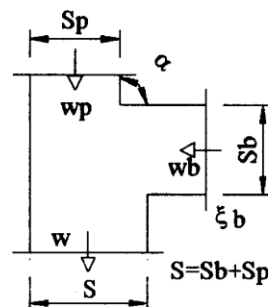
Tab. 4.5 Součinitele vřazených odporů vzduchotechnického potrubí

ROZBOČKA PŘIVÁDĚCÍ



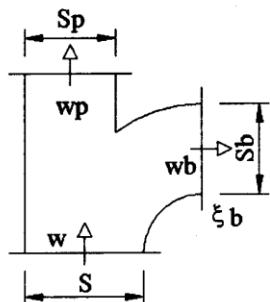
w_p/w	0,3	0,5	0,8	1,0
α				
30°	6,5	1,5	0,3	0,1
60°	18,0	2,5	0,7	0,4
90°	11,5	4,0	1,6	1,0

ROZBOČKA SACÍ



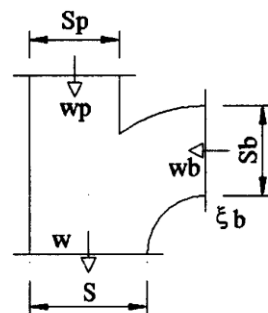
w_p/w	0,3	0,5	0,9	1,1
S_p/S				
$\alpha = 45^\circ$ 0,1	-11	-2,0	-0,1	0,2
0,3	-14	-3,6	0,0	0,4
$\alpha = 90^\circ$ 0,1	-11	-3,0	0,0	0,4
0,3	-12	-2,5	0,6	1,0
0,5	-17	3,0	1,1	1,4

ROZBOČKA OBLOUKOVÁ PŘIVÁDĚCÍ



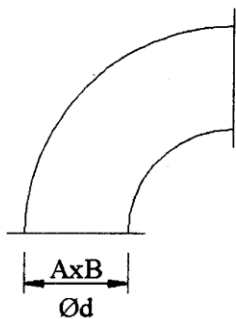
w_b/w	Přímý směr ξ_p			Boční směr ξ_b		
S_p/S	0,8	1,0	1,2	0,7	1,0	1,3
1	0,25	0,3	0,2	-0,2	0,2	0,5
< 1	-0,5	0,35	0,3	-1,0	0,0	0,3

ROZBOČKA OBLOUKOVÁ SACÍ



w_p/w	Přímý směr ξ_p			Boční směr ξ_b		
S_b/S	0,8	1,0	1,2	$S_b + S_p > S$		
1	0	0	0,1	0,5	0,7	1,0
< 1 e	0,1	0,05	0,1	2,0	1,0	0,5

OBLOUK HLADKÝ

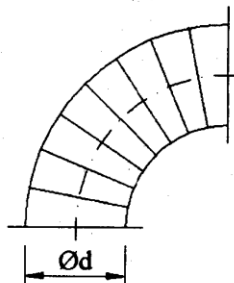


r/d	0,5	0,8	1,0	1,5
ξ	1,2	0,4	0,2	0,1

Opravný součinitel $\xi' = C_2 \xi$

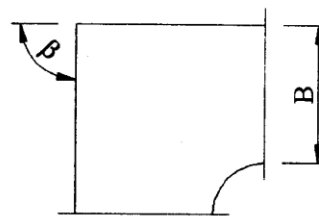
A / B	0,3	1	2	4
C_2	1,3	1	0,9	0,9

OBLOUK SEGMENTOVÝ



r/d	1,0	2,0	3,0	5,0
ξ	0,4	0,3	0,2	0,1

OSTRÉ KOLENO

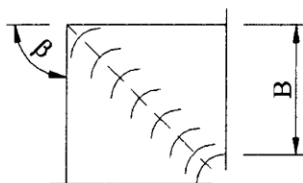


β	30°	45°	60°	90°
ξ	0,16	0,32	0,55	1,20

Opravný součinitel $\xi' = C_3 \cdot \xi$

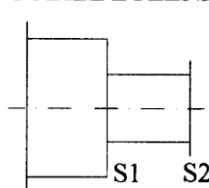
A / B	0,3	1,0	2,0	3,0
C_3	1,1	1,0	0,9	0,83

KOLENO S VODÍCÍMI PLECHY



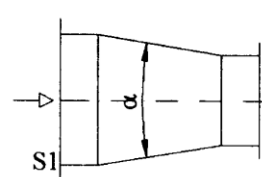
β	45°	60°	90°
r / B			
0,10	0,13	0,20	0,40
0,25	0,08	0,13	0,25

NÁHLÉ ZÚŽENÍ



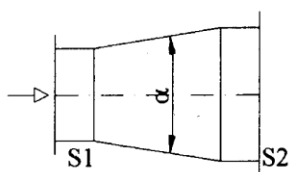
S_1/S_2	0,2	0,4	0,6	0,8
Hrana				
Tupá	0,35	0,29	0,17	0,05
Zaoblená	0,18	0,11	0,07	0,02

KONFUZOR

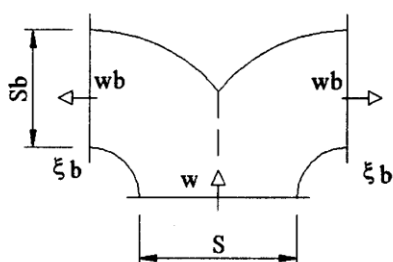


S_1/S_2	0,2	0,4	0,6	0,8
α				
150°	0,31	0,23	0,15	0,08
90°	0,14	0,11	0,07	0,03
45°	0,08	0,06	0,04	0,02

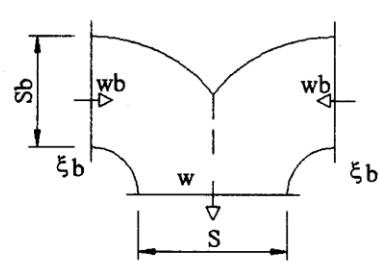
DIFUZOR



S_1/S_2	0,4	0,5	0,66	0,8
α				
> 30°	0,36	0,25	0,12	0,04
> 20°	0,3	0,2	0,10	0,03
> 10°	0,09	0,06	0,03	0,01

T ROZBOČKA OBLOUKOVÁ
PŘIVÁDĚCÍ

w_b / w	0,4	0,6	1,0	1,2
ξ_b	6,5	3,0	1,3	1,0

T ROZBOČKA OBLOUKOVÁ
SACÍ

w_b / w	0,5	1,0	1,3	1,5
S_b / S				
0,5	11,0	2,0	1,4	0
0,7	6,0	1,6	1,4	0
1,0	4,0	2,0	0	0