

Integrovaný systém techniky prostředí v multifunkční budově

Bc. Miroslav Kovaříček

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Miroslav Kovaříček**

Osobní číslo: **A13455**

Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Integrovaný systém techniky prostředí v multifunkční budově**

Téma anglicky: **Integrated System HVAC in Multifunction Building**

Zásady pro vypracování:

1. Popište řešení energeticky úsporných budov charakteru multifunkčních zařízení z hlediska stavební fyziky, spotřeby energie, řešení tvorby mikroklimatu, osvětlení, akustických problémů a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.
3. Pro konkrétní budovu ověřte její tepelně technické parametry a navrhnete případné změny v konstrukcích tak, aby byly splněny požadavky na budovu z hlediska spotřeby energie.
4. Navrhnete vhodný systém techniky prostředí s možností využití rekuperace při větrání a s chlazením vzduchu v letním období s možností využití obnovitelných zdrojů energie.
5. Navrhnete vhodný systém řízení, monitorování a komunikace navrženého systému techniky prostředí s vizualizací SCADA.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
2. VALENTA, V. a kol.: TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
3. LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9
4. Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.
5. KŘEČEK, S. a kol.: Příručka zabezpečovací techniky. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4
6. MERZ, H., HANSEMAN, T., HUBNER, C.: Automatizované systémy budov. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9
7. CIHELKA, J. a kol. Vytápění, větrání a klimatizace. SNTL Praha, 1985.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

27. února 2015

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2015

Ve Zlíně dne 27. února 2015



L.S.

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

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 příjmem – tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- 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, považuji 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/bakalářské 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

Kovářich
.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této práce je návrh integrovaného systému v multifunkční budově, který zajistí komfort při užívání budovy. V práci je využito aktuálních požadavků na projektování budov z hlediska energetické úspornosti, stavebně fyzikálních parametrů a řízení systému pro tvorbu celkového vnitřního mikroklimatu v budově. Hlavním cílem práce je návrh systémů techniky prostředí, jako je otopná soustava a vzduchotechnika doplněná inteligentní elektroinstalací KNX pro snadné a přehledné ovládání. Přehledné ovládání je vyřešeno pomocí vizualizačního systému SCADA. V práci je také zahrnuto využití obnovitelných zdrojů a také ekonomické hodnocení navržených systémů.

Klíčová slova: integrovaný systém, pohoda prostředí, stavebně fyzikální parametry, otopná soustava, vzduchotechnika, řízení, KNX, SCADA, obnovitelné zdroje

ABSTRACT

The aim of this work is to design an integrated system of multi-purpose building, which will ensure comfort whilst using the building. The work used actual requirements on buildings design for energy efficiency, building physical parameters and control system for generation the total internal microclimate inside the building. The main objective is the design of HVAC systems supplemented by KNX for easy and clear operation. Clear control is handled by using SCADA visualization system. The work also includes the use of renewable energy resources and the economic evaluation of proper systems.

Keywords: integrated system, energy efficiency, building physical parameters, control system, HVAC, KNX, SCADA, renewable resource

Poděkování:

Rád bych poděkoval všem, jejichž rady a připomínky mě posouvaly v práci postupně vpřed. V první řadě děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Martinu Zálešákovi, CSc., za věnovaný čas a odborné rady spolu s metodickým vedením při zpracování mé práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Zbyňkovi Děckuláčkovi za jeho ochotu a poskytnuté rady při řešení problematiky.

V neposlední řadě patří velké poděkování mé rodině a přátelům za trpělivost a zázemí po dobu studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 ENERGETICKÝ PRŮKAZ A ENERGETICKÝ ŠTÍTEK BUDOVY	13
2 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ.....	15
2.1 TEPELNÉ PARAMETRY	15
2.1.1 Technologické parametry	15
2.1.2 Fyziologické parametry	15
2.1.2.1 Operativní teplota	15
2.1.2.2 Rychlost proudění vzduchu	16
2.1.2.3 Vlhkost vzduchu	17
2.1.2.4 Pohoda prostředí	21
2.2 HYGIENICKÉ PARAMETRY	22
2.2.1 Výměna vzduchu	22
2.2.2 Koncentrace škodlivin	23
2.2.2.1 NPK	24
2.2.2.2 PEL	24
2.3 AKUSTICKÉ PARAMETRY	24
2.3.1 Akustický tlak	25
2.3.2 Intenzita zvuku	26
2.3.3 Hladina intenzity zvuku	26
2.4 OSVĚTLENÍ.....	27
3 VNĚJŠÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY	29
3.1 TEPLOTA VNĚJŠÍHO VZDUCHU	29
3.1.1 Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období	29
3.1.2 Návrhová teplota venkovního vzduchu v letním období	31
3.2 TLAK VZDUCHU.....	31
3.3 VLHKOST VNĚJŠÍHO VZDUCHU	31
3.4 VÍTR.....	31
3.5 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	32
4 STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍ PARAMETRY A VLASTNOSTI UDovy	33
4.1 ŠÍŘENÍ TEPLA KONSTRUKCÍ	33
4.1.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce	33
4.1.2 Součinitel prostupu tepla	34
4.1.2.1 Průměrný součinitel prostupu tepla	35
4.2 ŠÍŘENÍ VLHKOSTI V KONSTRUKCI	37
4.2.1 Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce.....	38
4.3 TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI	38
4.3.1 Pokles výsledné teploty v zimním období	38
4.3.2 Tepelná stabilita místnosti v letním období.	39
4.4 TEPELNÁ ZTRÁTA BUDOVY	40
4.4.1 Tepelný odpor konstrukce $R [(m^2.K)/W]$	42
4.4.2 Tepelná ztráta prostupem tepla	42

4.4.3	Tepelné ztráty do venkovního prostředí.....	43
4.4.4	Tepelná ztráta nevytápěným prostorem	43
4.4.5	Tepelné ztráty do přilehlé zeminy	44
4.4.6	Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách	45
4.4.7	TechCON	45
4.4.7.1	Modul - tepelné ztráty budov	46
4.5	TEPLENÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM.....	47
5	SYSTÉMY PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU	48
5.1	OTOPNÁ SOUSTAVA.....	48
5.1.1	Kotelny	48
5.1.1.1	Rozdělení kotlen:	48
5.1.1.2	Emisní třídy kotlů:	49
5.1.1.3	Návrh kotlen:.....	49
5.1.1.4	Skladové hospodářství	50
5.1.1.5	Přívod a větrání kotlen	52
5.1.2	Otopná soustava	52
5.1.3	Stanovení tepelného výkonu zdroje tepla	55
5.1.3.1	Příprava teplé vody	56
5.1.4	Rozvody tepla.....	61
5.1.4.1	Základní parametry potrubních rozvodů.....	62
5.1.5	Spotřebiče tepla	62
5.1.6	Výpočet otopné soustavy	66
5.1.7	Akumulační nádrže:	67
5.1.8	Zabezpečovací zařízení vodních tepelných soustav	70
5.1.8.1	Pojistné zařízení	70
5.1.8.2	Ochrana proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku	72
5.1.8.3	Ochrana proti překročení dovolené teploty	74
5.1.8.4	Expanzní zařízení.....	75
5.1.9	Solární systém:	79
5.2	VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE.....	81
5.2.1	Větrací zařízení	82
5.2.2	Zařízení klimatizační.....	84
5.2.3	Zařízení účelová	87
5.3	ČÁSTI VZDUCHOTECHNICKÝCH SYSTÉMŮ.....	87
5.3.1	Ventilátory.....	87
5.3.2	Výměníky tepla	88
5.3.3	Vlhčící zařízení	89
5.3.4	Filtry	90
5.3.5	Vzduchotechnické potrubí (vzduchovody)	90
6	OBNOVITELNÉ ZDROJE	94
6.1	FOTOVOLTAICKÉ PANELY	95
6.2	NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO ZAŘÍZENÍ.....	96
7	KNX	98
7.1	TOPOLOGIE KNX	98
7.2	PŘENOSOVÁ MÉDIA KNX.....	100
7.3	KOMUNIKACE V KNX	100
II	PRAKTICKÁ ČÁST	103

8	POPIS NAVRHOVANÉ BUDOVY.....	104
8.1	KONSTRUKČNÍ VLASTNOSTI DOMU	105
8.2	OKRAJOVÉ PODMÍNKY	106
9	PARAMETRY MULTIFUNKČNÍ BUDOVY	107
9.1	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	107
9.2	KONDENZACE VODNÍ PÁRY	107
9.3	TEPELNÉ ZTRÁTY	108
9.4	ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY	109
9.5	STANOVENÍ TEPELNÝCH ZISKŮ	109
10	NÁVRH SYSTÉMŮ TECHNIKY PROSTŘEDÍ.....	111
10.1	OTOPNÁ SOUSTAVA.....	111
10.1.1	Otopná tělesa	111
10.1.2	Potrubní rozvody	117
10.1.3	Technická místnost.....	117
10.1.4	Příprava Teplé vody	120
10.1.5	Solární systém	121
10.1.6	Expanzní a pojistné zařízení.....	123
10.2	VZDUCHOTECHNIKA.....	125
10.2.1	Hygienická zařízení:.....	126
10.2.2	Prostor sálu.....	128
10.2.3	Prostor Kavárny	130
10.2.4	Větrání kuchyňky	131
11	ŘÍZENÍ A KOMUNIKACE	133
11.1	OTOPNÁ SOUSTAVA.....	133
11.2	VZDUCHOTECHNIKA.....	137
11.3	VIZUALIZACE, OVLÁDACÍ SYSTÉM SCADA	138
12	ELEKTROINSTALACE	142
13	OBNOVITELNÉ ZDROJE	145
13.1	SOLÁRNÍ SYSTÉM	145
13.1.1	Ekonomické hodnocení	145
13.2	FOTOVOLTAIKA.....	149
13.2.1	Ekonomické hodnocení	149
14	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	152
14.1	POROVNÁNÍ NÁKLADŮ	152
14.2	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY	154
14.3	NÁKLADY NA VZDUCHOTECHNIKU	155
14.4	NÁKLADY NA INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACI.....	155
14.5	NÁKLADY NA ELEKTROINSTALACI	155
14.6	CELKOVÉ NÁKLADY PROJEKTU	156
ZÁVĚR		157
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		159
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		164
SEZNAM OBRÁZKŮ		165

SEZNAM TABULEK.....	167
SEZNAM PŘÍLOH.....	169

ÚVOD

V dnešní době je při stavbě či rekonstrukci budov požadavek splnit parametry uvedené v normách a nařízeních, ale také zahrnout požadavky investorů na budovu s malou energetickou náročností a značnou pohodu a komfortem užívání. Ke splnění těchto požadavků je potřeba vzájemně propojit dvě části budov. A to jak stavební část budovy, tak řídicí část. Ve stavební části je kladen důraz především na použití vhodných materiálů zdí, oken, dveří a dalších částí budovy pro dosažení co možná nejlepší tepelné náročnosti budovy s ohledem na cenové možnosti. Řídicí část budovy má za úkol dosáhnout minimalizace nákladů na provoz a také v budově zařídit dobrou pohodu a komfort pro uživatele. Pokud se tohle podaří splnit, budova je nazývána jako „Inteligentní budova“. Do takovéto budovy je potřeba nainstalovat systémy a jejich řízení pro tvorbu vnitřního mikroklimatu. Systémy, jako je otopná soustava, vzduchotechnika, osvětlení, zabezpečení, to vše je seřazeno tak, aby se dosáhlo co nejmenších nákladů na užívání a provoz budovy. Pro možnost ještě většího snížení nákladů jsou čím dál častěji využívány obnovitelné zdroje energie.

Samotná diplomová práce se skládá ze dvou hlavních částí a to teoretické a praktické.

V teoretické části se zabývám seznámením s problematikou konstrukcí a jejich požadavků podle norem. A také uvádím základní seznámení s problematikou návrhů jednotlivých systémů pro budovu.

V praktické části se zabývám samotným návrhem jednotlivých systémů. Mezi navržené systémy patří otopná soustava, která zabezpečuje tepelnou pohodu při nepřízní počasí u které je taktéž navrženo její řízení pomocí systému KNX tak, aby byl její provoz co nejefektivnější a tím i nejlevnější. Dalším důležitým navrženým systémem je vzduchotechnika, která zabezpečuje požadovanou výměnu vzduchu a v projektovaných prostorách taktéž obstarává vytápění. V další části práce věnuji pozornost rozvodům elektroinstalace a návrhu rozvodných skříní podle patřičných norem. V práci je také zpracována možnost využití obnovitelných zdrojů energie pro danou budovu. A v poslední části práce je provedeno technicko-ekonomické hodnocení jak jednotlivých systémů, tak celkových nákladů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ENERGETICKÝ PRŮKAZ A ENERGETICKÝ ŠTÍTEK BUDOVY

Energetický průkaz a energetický štítek budovy umožňuje porovnávat jednotlivé budovy z hlediska kvality tepelných izolací a tím i předpokládaných nároků na energii potřebnou pro vytápění. Ovšem jen za předpokladu, že jsou zpracovávány podle jednotných kritérií. V dnešní době nejsou náklady na vytápění zanedbatelnou položkou rodinného i firemního rozpočtu, a proto bude mít takovéto hodnocení význam nejen jako informace pro uživatele objektu, ale postupně se jistě stane vítaným nástrojem při hodnocení budovy i při sjednávání nájmu, při jednání o koupi domu i při zadávání projektů novostaveb či vlastních realizací a nebo při prostém oceňování budov, které se dál používá k různým účelům. Hodnocení budovy se provádí buď podle vyhlášky č. 291/2001 Sb., nebo podle normy ČSN 73 0540-2/2002. [23, s. 52-53],[29]

Tab. 1: Klasifikace budov podle ČSN 73 0540-2:2007

Kvalifikační třída	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Kvalifikační ukazatel CI
A	Velmi úsporná	$\leq 0,3$
B	Úsporná	$\leq 0,6$
C	Vyhovující	$\leq 1,0$
D	Nevyhovující	$\leq 1,5$
E	Nehospodárná	$\leq 2,0$
F	Velmi nehospodárná	$\leq 2,5$
G	Mimořádně nehospodárná	$> 2,5$

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy, místní označení Adresa budovy				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_k = \text{_____m}^2$				stávající	doporučení	
C/	Velmi úsporná	<p>0,5 A</p> <p>0,75 B</p> <p>1,0 C</p> <p>1,5 D</p> <p>2,0 E</p> <p>2,5 F</p> <p>G</p> <p>Mimořádně ne hospodárná</p>				
0,5						
0,75						
1,0						
1,5						
2,0						
2,5						
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{en} ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{en} = H_T/A$						
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{en,N}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$						
Klasifikační ukazatele C/ a jím odpovídající hodnoty U_{en}						
C/	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{en}						
Platnost štítku do			Datum			
			Jméno a příjmení			

Obr. 1: Ukázka energetického štítku budovy

2 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

Při projektování budov je snaha vytvořit budovu s co nejpříjemnějším vnitřním prostředím. Kvalita prostředí budov má rozhodující vliv na pohodu nebo dokonce zdravotní stav člověka. Proto jsou přípustné hodnoty jednotlivých faktorů prostředí sledovány, jsou dány jejich limity, postupy pro měření a hodnocení. Proto jsou parametry pro správné podmínky prostředí shrnuty v normách především ČSN EN 15251 a mnoha dalších. Jedná se o celý soubor fyzikálních, chemických a biologických faktorů – tepelně vlhkostní podmínky, proudění vzduchu, prašnost, osvětlení, hluk a vibrace, elektrická a elektromagnetická pole, koncentrace chemických látek v ovzduší i případná mikrobiální kontaminace. Všechny tyto faktory jsou ovlivněny jak činností člověka, tak vlastní stavbou – konstrukcí budovy i vybavením interiéru. Většinu z nich dokážeme ovlivnit větráním vnitřních prostorů.

2.1 Tepelné parametry

Tepelné parametry budovy se dají popsat pomocí tepelné pohody. Tepelná pohoda je pocit, který člověk má a vnímá v prostředí, ve kterém se nachází. Člověk při svých činnostech produkuje teplo, které vyzařuje do okolí a proto je potřeba zajistit odvod tohoto tepla tak, aby nedošlo k příliš velkému zvýšení teploty člověka. Naopak odvod tohoto tepla nesmí být zase moc velký, aby nedošlo ke snížení teploty člověka. Daná osoba by tedy v prostředí neměla cítit nepříjemný pocit chladu ani tepla. Aby mohla být tato teplota objektivně určena, měří se tak zvaným“ kulovým“ teploměrem uprostřed místnosti ve výši jednoho metru nad podlahou. Tato teplota musí být zohledňována při projektování budov. [1]

2.1.1 Technologické parametry

Jsou to parametry, které jsou dány druhem využívání dané budovy. Budovy jsou využívány k různým technologickým procesům např. výroba.

2.1.2 Fyziologické parametry

2.1.2.1 Operativní teplota

Hodnotícím kritériem pro tepelnou pohodu v prostoru je operativní teplota, která respektuje kromě teploty vzduchu i střední radiační teplotu a rychlost proudění vzduchu. [1]

Výpočet operativní teploty:

$$\Theta_0 = A \cdot \Theta_a + (1 - A) \cdot \Theta_r \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

kde Θ_0 je operativní teplota ve $^\circ\text{C}$,
 A koeficient závislý na rychlosti proudění vzduchu podle Tabulky (2) ,
 Θ_a teplota vzduchu ve $^\circ\text{C}$,
 Θ_r střední radiační teplota ve $^\circ\text{C}$.

Tab. 2: Závislost součinitele A na rychlosti proudění vzduchu v prostoru

$w_a[\text{m/s}]$	<0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
$A[-]$	0,5	0,53	0,6	0,65	0,7	0,75

Při rychlostech proudění vzduchu pod 0,2 m/s lze nahradit operativní teplotu výslednou teplotou Θ_g , měřenou kulovým teploměrem. [1]

2.1.2.2 Rychlost proudění vzduchu

Rozdíl v tlaku vzduchu na dvou místech způsobuje, že vzduch se pohybuje z místa vyššího tlaku k místu s nižším tlakem. Je však třeba dodat, že vítr nefouká - jak bychom mohli očekávat - ve směru přímky spojující místa nejvyššího tlaku s místy nejnižšího tlaku, tedy přibližně kolmo k izobarám. Díky tomu, že se Země otáčí, odklání se směr větru na severní polokouli napravo (a na jižní polokouli nalevo). Výsledek je takový, že vítr fouká přibližně podle izobar (v přízemních vrstvách atmosféry díky tření svírá s izobarami směr větru úhel asi 30°C). [2],[3],[4]

Tepelná pohoda je rovněž ovlivněna rychlostí proudění vzduchu. Člověk vnímá každé proudění vzduchu, to může či nemusí být zdrojem pocitu nepohody. Vyšší rychlosti proudění zpravidla zlepšují tepelnou pohodu při vyšších teplotách, zároveň však již mohou vést až ke zdravotním potížím. [2],[3],[4]

Hygienické požadavky upravují rychlost proudění vzduchu v místnosti, jelikož i proudění má vliv na tepelnou pohodu. Běžně udávané hodnoty v místnostech jsou $< 0,2\text{m/s}$. Hodnoty nad 0,2 m/s bývají vyhodnoceny jako průvan a jsou již pocitově znatelné. [2],[3],[4]

2.1.2.3 Vlhkost vzduchu

Vlhkost je základní vlastnost vzduchu. Vlhkost vzduchu udává, jaké množství vody v plynném stavu (vodní páry) obsahuje dané množství vzduchu. Při dané teplotě je vzduch schopen pojmout jen určité množství vodní páry. Čím je vzduch teplejší, tím více vlhkosti (vodní páry) může pojmout. Pokud teplota poklesne a vzduch již není schopen pojmout původní množství vlhkosti, přebytek se vyloučí jako zkapalněná vodní pára. Tu poté při zemi pozorujeme jako rosu nebo jiní. Tato situace nastává při dosažení rosného bodu (relativní vlhkost je 100%). Vlhkost je měřitelná a určitým způsobem (za pomoci vzorečků nebo tabulek) spočitatelná. [5],[6]

Pro vyjádření množství vodních par ve vzduchu slouží hned několik charakteristik: tlak vodní páry (sytostní doplněk), absolutní vlhkost vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, rosný bod (deficit rosného bodu), poměr směsi a měrná vlhkost vzduchu. [5],[6]

Absolutní vlhkost vzduchu

Absolutní vlhkost vzduchu (také hustota vodní páry nebo měrná hmotnost vodní páry) vyjadřuje hmotnost vodní páry obsažené v jednotce objemu vzduchu. V meteorologii se vyjadřuje nejčastěji v gramech vodní páry na metr krychlový vzduchu. [5],[6]

Absolutní vlhkost vzduchu:

$$\varphi = \frac{m}{V} [g \cdot m^{-3}] \quad (2)$$

kde φ je absolutní vlhkost vzduchu v g/m^3 ,

m hmotnost vodní páry v g,

V objem v m^3 .

Relativní (poměrná) vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Udává se v procentech (%). Relativní vlhkost se též někdy označuje jako poměrná vlhkost. [5],[6]

Relativní vlhkost vzduchu:

$$\varphi = 100 \cdot \frac{m}{M} [\%] \quad (3)$$

kde φ je relativní vlhkost vzduchu v %,

m hmotnost vodní páry v g/m^3 ,

M hmotnost vodní páry, kterou by obsahoval stejný objem vzduchu, kdyby byl při stejné teplotě a tlaku vodními parami nasycen v g/m^3 .

Měrná vlhkost vzduchu

Měrná vlhkost vzduchu udává hmotnost vodní páry m_{H_2O} připadající na 1 kg suchého vzduchu m. [5],[6]

Měrná vlhkost vzduchu:

$$x = \frac{m_{H_2O}}{m} \cdot 100 [\%] \quad (4)$$

kde x je měrná vlhkost vzduchu v %,

m_{H_2O} hmotnost vodní páry v kg,

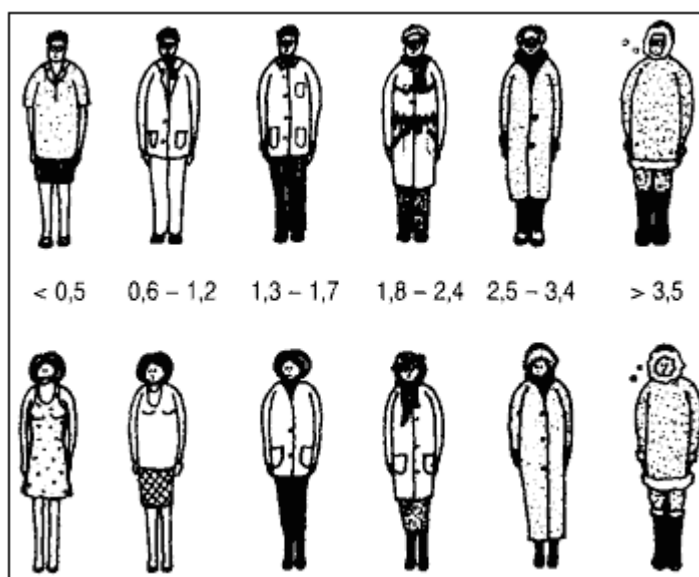
m hmotnost suchého vzduchu v kg.

Tepelný odpor oděvu

Tepelné parametry oděvu výrazně ovlivňují tepelnou bilanci organismu. Parametry jsou zahrnuty v normě ČSN EN ISO 7730. Oblečení plní funkci tepelné izolace mezi pokožkou člověka a okolním vzduchem. Hodnota izolace oblečení je tak jako hodnota metabolismu důležitým osobním faktorem, který ovlivňuje stanovení optimální teploty interiérového vzduchu pro zajištění tepelné pohody a zdraví uživatelů interiéru. Izolace oblečení se vyjadřuje jednotkou clo. [7],[8]

Tab. 3: Ukázka hodnot tepelných odporů oděvu

Druh oděvu	I [clo]	R [m·k/W]
krátké kalhoty, krátký rukáv, ponožky, boty	0,5	0,080
oblek, košile dlouhý rukáv, ponožky, boty	1	0,155
oblek, košile dlouhý rukáv, ponožky, boty, plášť, čepice, rukavice	2	0,310



Obr. 2: Izolace oblečení v jednotkách clo

Intenzita činnosti

Intenzita činnosti je zahrnuta v normě ČSN EN ISO 7730. Naš organismus nepotřebuje energii jen na pohybovou aktivitu, ale energie je vydávána, i když spíme. Všechny děje probíhající v našem těle totiž potřebují energii. Při měření energetického výdeje se používá jednotky MET neboli tzv. metabolický ekvivalent. [2],[9]

- **Bazální metabolismus** je minimální energetická potřeba pro udržení základních fyziologických.
- **Klidový metabolismus** je přibližně o 10% vyšší než základní metabolismus. Mluví o energii, kterou vydáváme v klidových podmínkách (spánek, leh, sed).
- **Pracovní metabolismus** už hovoří o energii, kterou vydáváme při různých činnostech, ať už běžných anebo sportovních. [2],[9]

Energetický výdej se stanoví měřením nebo orientačně pomocí srdeční frekvence.

Tepelný výkon člověka dělíme:

- Citelná část – přenos tepla z povrchu těla
- Vázaná část – přenos tepla vlhkostí

Tab. 4: Tepelný výkon člověka

Činnost	Stupeň aktivity	M[met]	P[W/m ²]	P[W]
Uvolněný sed	1	1	58	100
Stoj	2	1,4	81	145
Středně těžká práce	3	2	116	200
Těžká tělesná práce (sportovní aktivita)	4	2,8	165	300

Tepelný zisk od člověka lze spočítat:

$$Q_e = i_e \cdot 6,2 \cdot (36 \cdot \theta_i) [W] \quad (5)$$

kde Q_s je tepelný zisk od lidí ve W,

i_e přepočítaný počet lidí,

θ_i teplota v interiéru ve °C.

Přepočtený počet lidí:

$$i_e = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m \quad (6)$$

kde i_e je přepočítaný počet lidí,

i_z počet žen,

i_d počet dětí,

i_m počet mužů.

2.1.2.4 Pohoda prostředí

Teplená pohoda může být hodnocena i dalšími parametry.

Index PMV

PMV(Predicted Mean Vote) je ukazatel, který předpovídá střední tepelný pocit na základě velké skupiny osob, která hodnotila svůj pocit pomocí sedmibodové stupnice tepelných pocitů (Tab. 5) založená na tepelné rovnováze lidského těla. Tepelná rovnováha nastává, když se vnitřní tepelná produkce těla rovná tepelné ztrátě v daném prostředí. [10, s. 8-9]

$$PMV = [0,303 \cdot e^{-0,036 \cdot M} + 0,028] \cdot L [-] \quad (7)$$

kde ***PMV*** je předpověď středního tepelného pocitu,
M energetický výdej člověka ve W,
L rozdíl energetického výdeje a odvedeného tepla.

*Tab. 5: Sedmibodová stupnice
tepelných pocitů*

+3	Horko
+2	Teplo
+1	Mírné teplo
0	Neutrální
-1	Mírné chladno
-2	Chladno
-3	Zima

PMV lze vypočítat pro různé kombinace metabolismu, izolace oděvu, teploty vzduchu, střední radiační teploty, rychlosti proudění vzduchu a vlhkosti vzduchu. [10, s. 8-9]

PPD

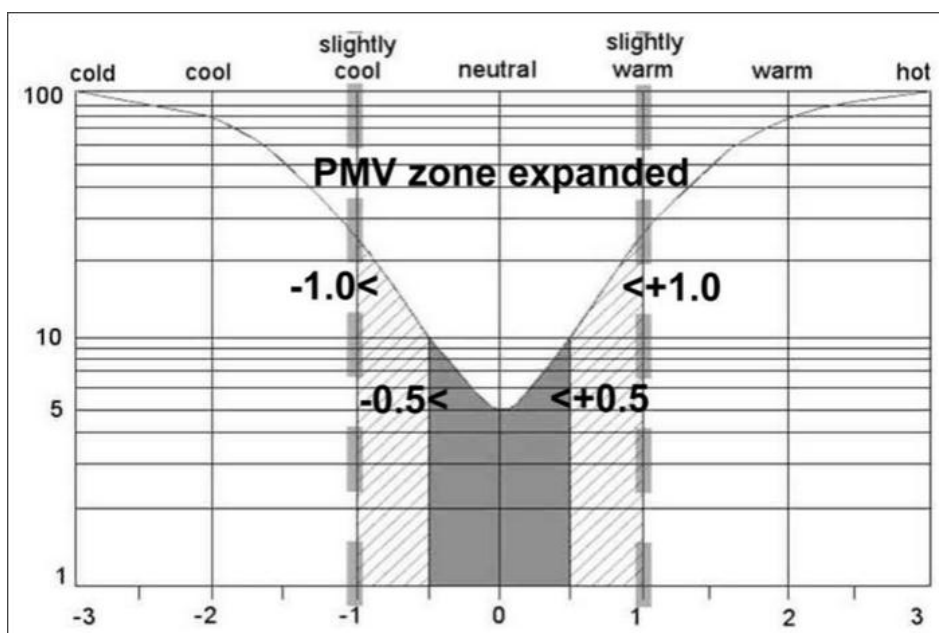
PPD(Predicted Percentage of Disappointed) je ukazatel stanovující kvantitativní předpověď procenta osob nespokojených s tepelným prostředím, které pociťují jako příliš chladné nebo příliš teplé.

Je-li určena hodnota PMV, vypočítá se PPD:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2} \quad (8)$$

kde **PPD** je procento podílu nespokojených lidí,

PMV předpověď středního tepelného pocitu.



Obr. 3: PPD jako funkce PMV

2.2 Hygienické parametry

2.2.1 Výměna vzduchu

Základním prostředkem k zajištění požadované kvality vzduchu ve vnitřním prostředí je větrání, které má zásadní vliv na zdraví a pohodu přítomných osob. V souvislosti s rostoucí cenou energií je v současné době při výstavbě obytných budov kladen důraz především na tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí. Na výplně otvorů (okna, dveře) jsou navíc kladeny velmi vysoké nároky z hlediska neprůvzdušnosti. V důsledku těchto skutečností nelze přirozené větrání infiltrací okenními spárami a netěsnostmi v obvodovém plášti použít pro trvalé větrání budov s novými a rekonstruovanými okny. Pro optimální podmín-

ky je potřeba dodávat do prostředí takový vzduch, ve kterém koncentrace oxidu uhličitého nepřekračuje 0,1% v celkovém objemu prostředí. [11, s. 24-25],[12],[13]

Přívod venkovního vzduchu je definován intenzitou větrání (nelze zaměňovat za intenzitu výměny vzduchu), která vyjadřuje poměr objemového průtoku přiváděného čerstvého, venkovního vzduchu k objemu vnitřního větraného prostoru. [11, s. 24-25],[12],[13]

Intenzita větrání:

$$n = \frac{\dot{V}_E}{V} [h^{-1}] \quad (9)$$

kde n je intenzita větrání v h^{-1} ,
 \dot{V}_E objemový tok větracího vzduchu v m^3/h ,
 V vnitřní objem místnosti v m^3 .

Minimální množství přiváděného vzduchu:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_{škod}}{k_I - k_A} [m^3/h] \quad (10)$$

kde \dot{V} je minimální množství přiváděného vzduchu v m^3/h ,
 $\dot{m}_{škod}$ hmotnostní tok vznikajících škodlivin v g/h ,
 k_I koncentrace odváděného vzduchu v g/m^3 ,
 k_A koncentrace přiváděného vzduchu v g/m^3 .

Základním požadavkem je zajištění trvalého přívodu venkovního vzduchu s minimální intenzitou větrání $0,3 h^{-1}$ v obytných prostorech (pokoje, ložnice, apod.) a kuchyních. Pro vyšší požadovanou kvalitu vnitřního vzduchu se doporučuje, intenzita větrání $0,5$ až $0,7 h^{-1}$. [11, s. 24-25],[12],[13]

2.2.2 Koncentrace škodlivin

Každé ovzduší je svým způsobem znečištěné. Jedná se o produkty biologických nebo technologických procesů. Tyto látky mohou být v ovzduší obsaženy v tuhé, kapalné nebo plynné formě. Konkrétně se může jednat o prachové částice, kouř, páry, aerosoly nebo bakterie. Při vyšších koncentracích se musí zavádět systém nuceného větrání. Je snaha odvádění nahromaděných škodlivin z ovzduší a přívod čerstvého vzduchu z vnějšího prostředí. [14],[15]

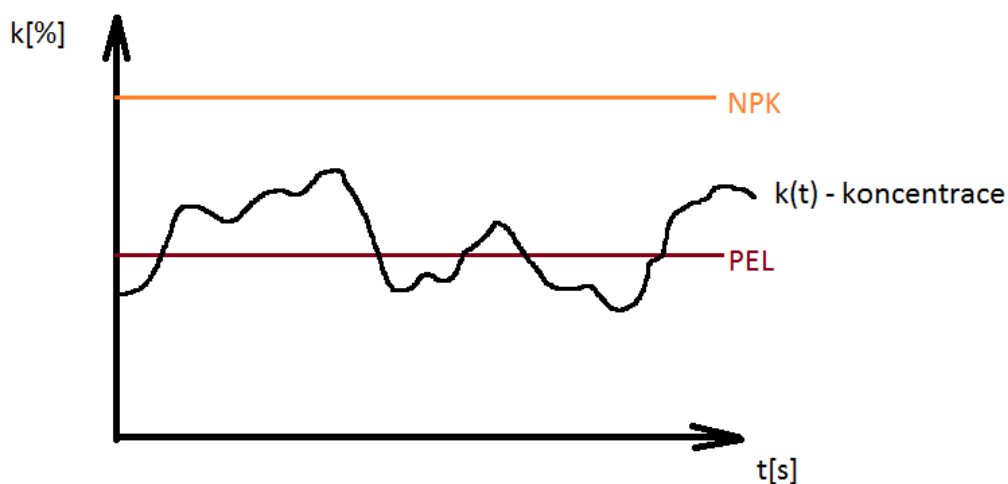
Pro správnou regulaci výměny škodlivin nám slouží indexy NPK a PEL.

2.2.2.1 NPK

NPK - nejvyšší přípustná koncentrace je taková koncentrace chemické látky, které nesmí být zaměstnanec v žádném úseku směny vystaven. [14],[15]

2.2.2.2 PEL

PEL - přípustný expoziční limit - je celosvětově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž mohou být podle současného stavu znalostí vystaveni zaměstnanci při osmihodinové pracovní době, aniž by u nich došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jejich pracovních schopností a výkonnosti. [14],[15]



Obr. 4 : Ukázka NPK a PEL

2.3 Akustické parametry

Akustika je obor fyziky, který se zabývá studiem zvuku. Zvukem rozumíme uspořádaný kmitavý pohyb částic prostředí, kterým se zvuk šíří – např. molekul plynu, kapaliny nebo atomů pevné látky. Zvuk můžeme také popsat jako mechanické podélné vlnění. Na rozdíl od elektromagnetického vlnění se mechanické vlnění nemůže šířit vakuem. Pouze v pevném skupenství se může zvuk šířit i jako vlnění příčné (molekuly prostředí mají výchylky od střední polohy kolmo ke směru šíření vlny). [16],[17]

Akustika staveb se zabývá zejména ochranou před nadměrným hlukem do okolí nebo z okolí, vibracemi a zajištěním optimálních akustických vlastností prostorů s ohledem na

jejich užívání. Proto se stavební akustika, která je součástí stavební fyziky, snaží vybírat takový stavební materiál, který zamezí nežádoucímu šíření hluku. [16],[17]

Hluk ze zdroje uvnitř budovy, kterým bývá nejčastěji činnost člověka a činnost technických zařízení, se šíří vzduchem nebo konstrukcemi.

- Zvuk šířený vzduchem - V případě hluku šířeného vzduchem jde o mluvenou řeč, hudbu apod.
- Zvuk šířený konstrukcemi - Hluk šířený konstrukcemi vzniká mechanickým impulsem na samotnou konstrukci - chůzí, činností člověka, pádem předmětů, přenosem vibrací od strojních zařízení apod. Hovoříme pak o kročejovém zvuku.

Hluk je faktor, který může negativně působit na životní prostředí. Při dlouhodobém působení vysokých úrovní nám může nenávratně poškodit sluch. [16],[17]

2.3.1 Akustický tlak

Kmitají-li v důsledku šíření zvukové vlny molekuly daného prostředí, např. molekuly vzduchu nebo vody, pak v místě své polohy vyvolávají malé tlakové změny, které nazýváme akustickým tlakem. Celkový tlak v daném místě je dán součtem klidového a akustického tlaku. Akustický tlak je ve fázi s akustickou rychlostí. [17]

Maximální hodnota akustické tlakové změny je dána vztahem:

$$p_{max} = \rho \cdot c \cdot v_{max} [Pa] \quad (11)$$

kde	p_{max}	je maximální hodnota akustické tlakové změny v Pa,
	ρ	hustota prostředí v kg/m ³ ,
	c	rychlost světla (299 792 458 m/s) v m/s,
	v_{max}	maximální hodnota okamžité rychlosti v m/s.

2.3.2 Intenzita zvuku

Ze zdroje zvuku o určitém akustickém výkonu P se zvuková energie šíří prostředím do okolí. Intenzita zvuku je energie zvukového vlnění, která projde za dobu 1s plochou 1m^2 orientovanou kolmo na směr šíření zvuku. [17]

Intenzita zvuku:

$$I = \frac{P}{S} [W/m^2] \quad (12)$$

kde I je intenzita zvuku ve W/m^2 ,

P akustický výkon ve W ,

S obsah plochy v m^2 .

Prahová (nejnižší) intenzita zvuku o frekvenci 1 kHz je taková intenzita, kterou zdravé lidské ucho již slyší. Její hodnota je $I_0 = 10^{-12} W.m^{-2}$ a nazýváme ji referenční intenzitou zvuku pro lidské ucho. Odpovídá jí ve vzduchu efektivní akustický tlak $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} Pa$, který pokládáme též za referenční hodnotu. [17]

2.3.3 Hladina intenzity zvuku

Nejtišší zvuk, který můžeme slyšet při frekvenci 1 kHz , má intenzitu asi $10\text{--}12\text{ W.m}^{-2}$. Naopak nejsilnější zvuky, které již mohou způsobit bolest, mají intenzitu řádově 1 W.m^{-2} . Mezi nejslabším a nejsilnějším zvukem je tedy v intenzitě rozdíl dvanácti řádů – poměr intenzit je 1 miliarda. Zavádí se proto hladina intenzity zvuku v relativních jednotkách, v belech (B) nebo decibelech (dB). Jsou to jakoby jednotky rozdílu, 1 B odpovídá poměru intenzit zvuku 1:10. Zvýšení hladiny intenzity zvuku o 1dB znamená zvýšení intenzity zvuku asi o 26 %, což je právě nejmenší rozdíl, který zdravé ucho ještě postřehne. [17]

Intenzitám zvuku I registrovaným lidským sluchovým orgánem v rozmezí $10\text{--}12\text{ W.m}^{-2}$ až 10 W.m^{-2} přiřazujeme hladiny intenzity zvuku L v rozmezí $0\text{--}130\text{ dB}$. [17]

Hladina intenzity v belech je určena dekadickým logaritmem poměru intenzity, jejíž hladinu určujeme, k určité intenzitě I_0 , kterou bereme za základ (nulovou hladinu). [17]

Hladina intenzity:

$$L = \text{Log} \frac{I}{I_0} [B] \quad (13)$$

kde L je hladina intenzity zvuku v B,
 I intenzita zvuku ve W/m^2 ,
 I_0 intenzita zvuku (nulová hladina) ve W/m^2 .

resp.

$$L = 10 \cdot \text{Log} \frac{I}{I_0} [dB] \quad (14)$$

kde L je hladina intenzity zvuku v dB
 I intenzita zvuku ve W/m^2 ,
 I_0 intenzita zvuku (nulová hladina) ve W/m^2 .

Hladinu intenzity můžeme ekvivalentně vyjádřit i pomocí akustického tlaku a jeho prahové hodnoty p_0 :

$$L = 20 \cdot \text{Log} \frac{p}{p_0} [dB] \quad (15)$$

kde L je hladina intenzity zvuku v dB,
 p akustický tlak v Pa,
 p_0 akustický tlak (prahová hodnota) v Pa.

2.4 Osvětlení

Jelikož lidé tráví v budovách až 90% svého času, je potřeba místnosti patřičně osvětlovat. Správné osvětlení povzbuzuje náladu a motivuje člověka, k dobrému odvádění své práce. Navíc osvětlení snižuje riziko chyb a pracovních úrazů. [16, s. 18-20],[18],[19]

Požadovaná úroveň osvětlení je nezávislá na ročním období. Přesnou návrhovou hladinu osvětlenosti můžeme zajistit denním světlem, umělým osvětlením, nebo kombinací obou.

Z důvodů ochrany zdraví, komfortu a z energetických důvodů je ve většině případů dávána přednost dennímu světlu (i v kombinaci s přídavným osvětlením), před umělým osvětlením. Samozřejmě to závisí na mnoha vlivech, jakými jsou běžná doba užívání, autonomie (časový úsek při obsazenosti, během kterého je dostatek denního světla), umístění budovy (zeměpisná šířka), množství hodin s denním světlem v průběhu léta a zimy. [16, s. 18-20],[18],[19]

- Přírozené osvětlení – Jedná se o všechno světlo ze slunečního záření, které přímo dopadá do objektu nebo jde o světelné záření, které se šíří a rozptyluje v Zemské atmosféře.
- Umělé osvětlení – To této kategorie spadají různé žárovky, zářivky nebo LED osvětlení. Jsou to zdroje světla, které jsou tvořeny elektrickými komponenty.
- Sdružené osvětlení – Kombinace přírodního osvětlení a umělého osvětlení.

3 VNĚJŠÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Vnějšími klimatickými podmínkami rozumíme parametry vnějšího vzduchu v závislosti na čase. Pro budovy je nejdůležitější složení vzduchu, průběh teploty a vlhkosti vzduchu, proudění vzduchu a sluneční záření. Tyto hodnoty závisejí na zeměpisné šířce, nadmořské výšce, vzdálenosti od mořského pobřeží, vegetaci v příslušné oblasti atd.

Vnější klimatické podmínky:

- Výpočtové
- Návrhové
- Skutečné

Řídí se dle ČSN 730540-3 (Tepelná ochrana budov) a ČSN EN 15251.

3.1 Teplota vnějšího vzduchu

Teplota venkovního vzduchu v blízkosti povrchu země závisí na několika faktorech: na intenzitě sluneční radiace, absorpci radiace povrchem, proudění vzduchu, zeměpisné poloze, nadmořské výšce, roční i denní době. S rostoucí výškou nad povrchem země teplota vzduchu klesá. Pro dimenzování otopných soustav se používají výpočtové teploty odvozené z extrémních hodnot dle dlouhodobého pozorování. [16],[20]

3.1.1 Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období

Se stanoví jako závislost teplotní oblasti a nadmořské výšky v místě budovy.

$$\theta_e = \theta_{e,100} + \Delta\theta_e \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (16)$$

kde	θ_e	je návrhová teplota venkovního vzduchu ve $^\circ\text{C}$,
	$\theta_{e,100}$	základní návrhová teplota venkovního vzduchu v příslušné teplotní oblasti zeměpisně vymezené (Najdeme v normě: ČSN 730540-3 (Tepelná ochrana budov) příloha H.1), určené pro nadmořskou výšku 100m.n.m ve $^\circ\text{C}$,
	$\Delta\theta_e$	výškový teplotní gradient pro danou teplotní oblast podle tabulky (7), který se pro místo budovy s nadmořskou výškou h v K.

Výškový teplotní gradient pro danou teplotní oblast:

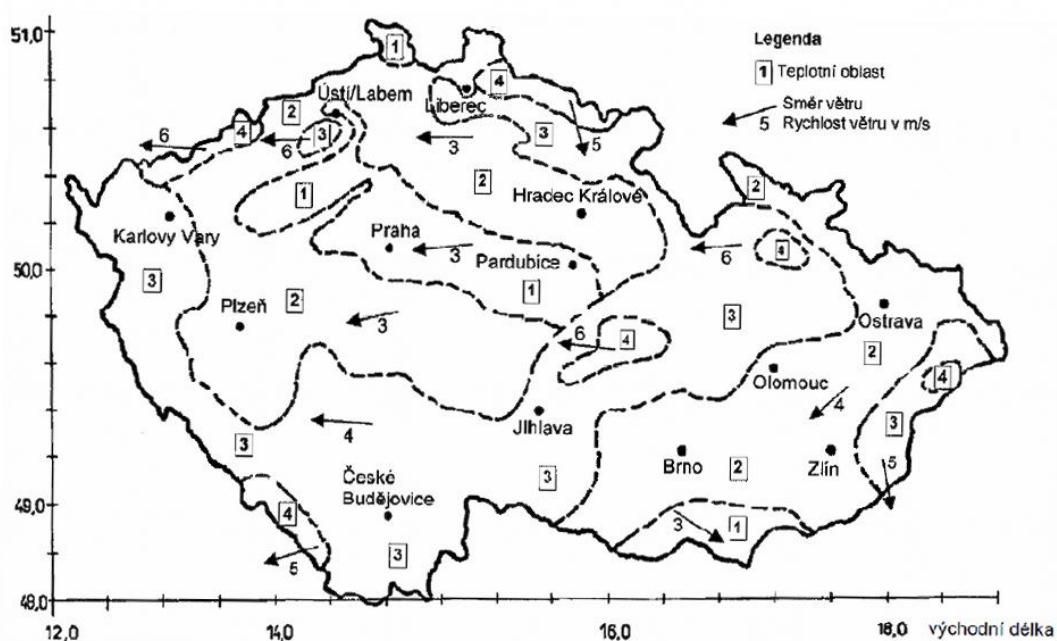
$$\Delta\theta_e = \Delta\theta_{e,0} \cdot \frac{h-100}{100} \text{ [K]} \quad (17)$$

kde $\Delta\theta_{e,0}$ je základní teplotní gradient pro danou teplotní oblast
z tabulky(4) v K,

h nadmořská výška místa budovy v m.

Tab. 6: Teplotní oblasti České republiky v zimním období, jejich průměrná nadmořská výška, základní návrhová teplota venkovního vzduchu a teplotní gradient.

Teplotní oblast	Průměrná nadmořská výška v teplotní oblasti h_m [m.n.m]	Základní návrhová teplota venkovního vzduchu pro 100 m.n.m $\theta_{e,100}$ [°C]	Základní teplotní gradient nad 100 m.n.m $\theta_{e,0}$ [K]
1	240	-12	-0,5
2	320	-14	-0,3
3	540	-16	-0,2
4	820	-18	-0,2



Obr. 5 : Teplotní oblasti České republiky

3.1.2 Návrhová teplota venkovního vzduchu v letním období

Návrhová teplota venkovního vzduchu Θ_{em}^* ,se stanoví podle místa budovy a je rovna:

- $\Theta_{em}^* = 20,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ v letním teplotní oblasti A;
- $\Theta_{em}^* = 18,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ v letní teplotní oblasti B.

Teplotní oblast B se nachází na území Moravskoslezského kraje a je zeměpisně vymezena státními hranicemi mezi obcemi Horní Lideč a Třinec a dále spojnicemi mezi městy Třinec, Valašské Meziříčí a Horní Lideč. Teplotní oblast A je statní území České republiky. [16],[20]

3.2 Tlak vzduchu

Tlak vzduchu (atmosférický tlak) je síla, která působí v daném místě atmosféry kolmo na libovolně orientovanou plochu jednotkové velikosti (1 m²), je vyvolán tíhou vzduchového sloupce sahajícího od hladiny moře (nebo od libovolné jiné sledované výškové hladiny), ve které se tlak zjišťuje, až k horní hranici atmosféry. Tlak vzduchu se měří v pascálech (Pa) nebo jejich násobcích, např. hektopascálech (1 hPa = 100 Pa). Na velikost atmosférického tlaku má vliv teplota vzduchu, obsah vodní páry v atmosféře, nadmořská výška a zeměpisná šířka. Pro vzájemné porovnávání se používá tlak redukovaný na hladinu moře. Tento tlak je průměrně 1013,25 hPa (tzv. normální atmosférický tlak). [21]

3.3 Vlhkost vnějšího vzduchu

Návrhovou relativní vlhkost vnějšího vzduchu lze podle ČSN 730540-3 stanovit ze vztahu.

$$\varphi_e = \frac{93 \cdot \Theta_e - 3153,5}{\Theta_e - 39,17} [\%] \quad (18)$$

Kde Θ_e je návrhová teplota venkovního vzduchu v rozmezí od -21 °C do 25 °C ve °C.

3.4 Vítr

Vítr je základní meteorologický prvek popisující pohyb vzduchu v určitém místě atmosféry v daném časovém okamžiku vzhledem k zemskému povrchu. Za vítr se považuje jen horizontální složka vektoru větru. Určuje se směr a rychlost. [22]

Směrem větru se rozumí směr, odkud vítr vane. Udává se obvykle v úhlových stupních (např.: 90° = východní vítr, 180° = jižní vítr, 270° = západní vítr, 360° = severní vítr, 0° = bezvětří atp.). [22]

Rychlost větru je vzdálenost, kterou urazí pohybující se vzduch za jednotku času, nejčastěji se udává v metrech za sekundu.

Vítr výrazně ovlivňuje potřebu tepla pro vytápění místností, protože vnější vzduch vnikající do místností netěsnými okny (infiltrací) je nutné zahřívat. [22]

Pro vytápění jsou zpravidla důležité zejména vyšší rychlosti větru v zimním období, protože podle nich můžeme určit zvýšenou potřebu tepla v těch místnostech, které jsou ovlivněny polohou, vzhledem ke směru těchto větrů. [22]

3.5 Sluneční záření

Záření je vysílání a přenos energie ve formě elektromagnetických vln nebo hmotných částic. Sluneční záření, které po průchodu atmosférou dopadá na zemský povrch, má spektrální rozsah jen od $\lambda = 280$ nm do $\lambda = 3000$ nm. Záření s kratší a delší vlnovou délkou se v atmosféře vlivem pohltivosti úplně eliminují. Sluneční záření je jeden z hlavních a důležitých zdrojů energie tepla a světla. Intenzita slunečního záření se udává jako solární konstanta. Pohybuje se v hodnotách od 1340 W/m^2 do 1380 W/m^2 . Sluneční energie se do budov a objektů dostává konvekcí a radiací skrz stěnové konstrukce a prosklené plochy. Množství slunečního záření dopadající na objekt je závislé na orientaci a geografické poloze domu a také na azimutu Slunce. V některých oblastech je důležitým faktorem i znečištění oblohy. [20, s. 26, s. 69]

4 STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍ PARAMETRY A VLASTNOSTI UDOVY

Tepelně technické požadavky zohledňují šíření tepla, vlhkosti a vzduchu konstrukcemi, místnostmi a budovami. Dodržení tepelně technických požadavků zabraňuje vzniku tepelně technických vad a poruch budov, ovlivňujeme tepelnou pohodu uživatelů a požadovaný stav vnitřního prostředí. Po dobu ekonomicky přiměřené životnosti konstrukcí a budov se požaduje dodržení tepelně technických požadavků, a to za předpokladu běžné údržby a při působení běžně předvídatelných vlivů. [23 s. 7]

4.1 Šíření tepla konstrukcí

Šíření tepla v konstrukci souvisí přímo se zkoumáním určitých parametrů budovy, které jsou důležité pro pobyt osob uvnitř budov. Mezi důležité parametry řadíme: teploty vnitřních povrchových konstrukcí, pokles dotykové teploty a také součinitel prostupu tepla konstrukcí. [23 s. 7-11]

4.1.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Konstrukce a styky konstrukcí v prostorách s navrženým vzduchem musí v zimním období za normálních podmínek splňovat v každém místě vnitřního povrchu teplotu tak, aby odpovídala vnitřnímu faktoru f_{Rsi} . [23 str. 7-11]

Je potřeba splnit podmínku:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} [-] \quad (19)$$

kde $f_{Rsi,N}$ je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu stanovená podle vztahu:

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} [-] \quad (20)$$

kde $f_{Rsi,cr}$ je kritický teplotní faktor vnitřního povrchu stanoven:

$$f_{Rsi,cr} = 1 - \frac{237,3 + 2,1 \cdot \theta_{ai}}{\theta_{ai} - \theta_{ex}} \cdot \frac{1}{\frac{1,1 - 17,269}{\ln \frac{\varphi_{i,r}}{\varphi_{si,cr}}}} [-] \quad (21)$$

kde θ_{ai} je návrhová teplota vnitřního vzduchu podle užívání teploty

(ČSN 73 0540-3) ve $^{\circ}\text{C}$,

θ_{ex}	návrhová teplota prostředí přilehlého k vnější straně konstrukce stanovená podle(ČSN 73 0540-3) ve $^{\circ}\text{C}$,
$\varphi_{i,r}$	relativní vlhkost vnitřního vzduchu v %,
$\varphi_{si,cr}$	kritická vnitřní povrchová vlhkost v %.

Parametr f_{Rsi} lze jednodušeji určit ze vztahu:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e} [K] \quad (22)$$

kde	θ_{si}	je vnitřní povrchová teplota v K,
	θ_e	teplota venkovního vzduchu K,
	θ_{ai}	návrhová teplota venkovního vzduchu K.

Vnitřní povrchové teploty θ_{si} a jim odpovídající tepelný faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} se obvykle ověřují v kritických detailech stavebních konstrukcí, kterými jsou například tepelné mosty v konstrukcích a tepelné vazby mezi konstrukcemi. U výplní otvorů a lehkých obvodových plášťů se splnění požadavků ověřuje na řezu lineární tepelnou vazbou (např. rámem se zasklením v místě ostění). Ověřuje se vždy nejnižší zjištěná vnitřní povrchová teplota a jí odpovídající nejnižší teplotní faktor vnitřního povrchu. [23 s. 7-11]

4.1.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot jednotlivých povrchů o 1 K. Součinitel je celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů. [23],[24] Součinitel prostupu tepla se vypočte buď pomocí součinitele tepelné vodivosti a tloušťky konstrukce rovnice (23), nebo pomocí tepelných odporů rovnice (22).

$$U = \frac{1}{(R_i + \sum R_N + R_e)} [W/(m^2 \cdot K)] \quad (23)$$

kde	U	je součinitel prostupu tepla dané konstrukce ve $W/(m^2 \cdot K)$,
	R_i	tepelný odpor při přestupu na vnitřní straně ve $(m^2 \cdot K)/W$,
	R_N	tepelný odpor jednotlivých vrstev ve $(m^2 \cdot K)/W$,

R_e tepelný odpor při přestupu na vnější straně ve $(m^2 \cdot K)/W$.

Určení pomocí součinitele tepelné vodivosti a tloušťky konstrukce:

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e}\right)} [W/(m^2 \cdot K)] \quad (24)$$

kde U je součinitel prostupu tepla dané konstrukce ve $W/(m^2 \cdot K)$,
 h_i součinitel prostupu tepla na vnitřní straně ve $W/(m^2 \cdot K)$,
 h_e součinitel prostupu tepla na vnější straně ve $W/(m^2 \cdot K)$,
 d tloušťka jednotlivých vrstev konstrukce v m,
 λ součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev konstrukce ve $W/(m \cdot K)$.

Součinitel prostupu tepla U a tepelný odpor konstrukce R se stanoví pro podmínky ustáleného šíření tepla při zimních návrhových okrajových podmínkách. Vliv tepelných mostů v konstrukci lze zanedbat, pokud jejich souhrnné působení je menší než 5 % součinitele prostupu tepla vypočteného s vlivem tepelných mostů. [23],[24]

Tab. 7: Vybrané doporučené a návrhové hodnoty součinitele tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla $[W/(m^2 \cdot K)]$		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Dveřní výplň otvorů z vytápěného do venkovního prostoru (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	0,7	0,5

4.1.2.1 Průměrný součinitel prostupu tepla

Stavebně energetické vlastnosti budov v zimním období se hodnotí s pomocí průměrného součinitele prostupu tepla. Součinitel vyjadřují vliv samotného stavebního řešení na potřebu energie na vytápění – nezohledňují tedy žádné nejisté faktory, jako je chování uživatelů či vliv klimatických podmínek. [23]

Hodnocená budova (nebo její ucelená část - zóna) musí, splňoval podmínku:

$$U_{em} \leq U_{em,N} [W/(m^2 \cdot K)] \quad (25)$$

kde U_{em} je průměrný součinitel prostupu tepla ve $W/(m^2 \cdot K)$,
 $U_{em,N}$ požadovaný součinitel prostupu tepla ve $W/(m^2 \cdot K)$.

Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ se stanovuje pro budovy s převážující vnitřní návrhovou teplotou od 18 do 22 °C ze vztahu:

$$U_{em,N} = \frac{\sum U_{Nj} \cdot A_j \cdot b_j}{\sum A_j} + 0,02 [W/(m^2 \cdot K)] \quad (26)$$

kde $U_{em,N}$ je požadovaný součinitel prostupu tepla ve $W/(m^2 \cdot K)$,
 U_{Nj} požadovaný součinitel prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce ve $W/(m^2 \cdot K)$,
 A_j plocha j-té teplosměnné konstrukce [m^2],
 b_j činitel teplotní redukce j-té teplosměnné konstrukce [-].

- pro výplně otvorů se neuplatní dříve používané zvýšení činitele **b** o 15 %
- pokud součet průsvitných ploch tvoří více než 50 % plochy teplosměnné části obvodových stěn budovy (neprůsvitných i průsvitných, přilehlých k venkovnímu prostředí), započte se na 50 % plochy teplosměnné části obvodových stěn budovy odpovídající požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U_{Nj} výplní otvorů a ve zbytku se uvažuje požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U_{Nj} neprůsvitného obvodového pláště[23]
- pro budovu s lehkým obvodovým pláštěm se při stanovení $U_{em,N}$ použije pro neprůsvitné výplně požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěny a pro průsvitné výplně požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro výplně otvorů (okna) ve vnější stěně.[23]

Pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou mimo interval 18 až 22 °C se používá pro stanovení požadované hodnoty vztah:

$$U_{em,N} = U_{em,N,20} \cdot \frac{16}{\theta_{im} - 4} [W/(m^2 \cdot K)] \quad (27)$$

kde $U_{em,N}$ je požadovaný součinitel prostupu tepla v $W/(m^2 \cdot K)$,
 $U_{em,N,20}$ požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla ze vztahu (25) v $W/(m^2 \cdot K)$,
 θ_{im} převažující návrhová teplota budovy či zóny.

V případě změn staveb se povinnost splnění požadavku (viz rovnice 25) vztahuje pouze na nově vzniklé ucelené části budovy, které je možné považovat za samostatné zóny budovy v souladu s ČSN EN ISO 13790. [23]

4.2 Šíření vlhkosti v konstrukci

Vodní pára se snaží velkým rozdílem tlaků proniknout konstrukcí. Pokud jí pronikne velké množství, může začít kondenzovat v konstrukci. Pokud nestačí v letním období vysychat, začne se v konstrukci hromadit a může způsobovat vážné problémy. Ohrožením požadované funkce budovy je obvykle podstatné zkrácení předpokládané životnosti konstrukce, snížení vnitřní povrchové teploty konstrukce vedoucí ke vzniku plísní, objemové změny a výrazné zvýšení hmotnosti konstrukce mimo rámec rezerv statického výpočtu, zvýšení hmotnostní vlhkosti materiálu na úroveň způsobující jeho degradaci. [23, s. 21]

Tyto problémy mohou vést až k destrukci domu, zejména pokud se jedná o dřevostavbu. Proto je nutné na vnitřní stranu konstrukce dávat takové materiály, které pronikání vodní páry zabrání a naopak na vnější povrch konstrukce materiály s velkou tepelně izolační schopností a velkou prostupností pro vodní páru. [23, s. 21]

Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce M_c , mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce. [23, s. 21]

$$M_c = 0 [kg/(m^2 \cdot rok)] \quad (28)$$

kde M_c je roční množství zkondenzované vodní páry v $kg/(m^2 \cdot rok)$.

Pro stavební konstrukci, u které kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce neohroží její požadovanou funkci, se se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_c . [23, s. 21]

Tak aby splňovalo podmínku:

$$M_c \leq M_{c,N} \text{ [kg/(m}^2 \cdot \text{rok)]} \quad (29)$$

kde M_c je roční množství zkondenzované vodní páry v kg/(m²·rok),

$M_{c,N}$ maximální hodnota ročního množství zkondenzované vodní páry v kg/(m²·rok).

4.2.1 Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce

Ve stavební konstrukci s přípustnou omezenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce, nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry zbýt žádné zkondenzované množství vodní páry které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. [23, str. 21-22]

Musí tedy být splněna podmínka:

$$M_c \leq M_{ev} \text{ [kg/(m}^2 \cdot \text{rok)]} \quad (30)$$

kde M_c je roční množství zkondenzované vodní páry v kg/(m²·rok),

M_{ev} roční množství vypařitelné zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce v kg/(m²·rok).

4.3 Tepelná stabilita místnosti

Mění se v závislosti na období. Udává teplotu ve [°C] která, říká o kolik, stupňů smí poklesnout teplota v místnosti, pokud se nevytápí.

4.3.1 Pokles výsledné teploty v zimním období

Požaduje se, aby kritická místnost (vnitřní prostor) na konci doby chladnutí t vykazovala pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\Theta_v(t)$, podle vztahu:

$$\Delta\Theta_v(t) \leq \Delta\Theta_{v,N}(t) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (31)$$

kde $\Delta\Theta_v(t)$ je výsledná teplota ve ⁰C,

$\Delta\Theta_{v,N}(t)$ požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty v místnosti podle tabulky (8) ve ⁰C.

Tab. 8: Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období

Druh místnosti (prostoru)	Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\Theta_{v,N}$ [$^{\circ}\text{C}$]
S pobytem lidí po přerušení vytápění: -Při vytápění radiátory, sálavými panely a teplo-vzdušně	3
-při vytápění kamny a podlahovým vytápěním	4
Bez pobytu lidí po přerušení vytápění: -při přerušení vytápění topnou přestávkou: -budova masivní	6
-budova lehká	8

Toto hodnocení předpokládá, že výkon otopné soustavy v době chladnutí je nulový.

Kritickou místností je obvykle místnost s nejvyšším průměrným součinitelem prostupu tepla konstrukcí místnosti. Často je to rohová místnost pod střechou. [23]

4.3.2 Tepelná stabilita místnosti v letním období.

Kritická místnost (vnitřní prostor) musí vykazovat nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti v letním období podle vztahu:

$$\Theta_{ai,max} \leq \Theta_{ai,max,N} \text{ [}^{\circ}\text{C]} \quad (32)$$

kde $\Theta_{ai,max,N}$ je požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období stanovená podle tabulky (9). ve $^{\circ}\text{C}$,

$\Theta_{ai,max}$ nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období ve $^{\circ}\text{C}$.

Tab. 9 : Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období

Druh budovy		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\Theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní		27
Ostatní z vnitřním zdrojem tepla	-do 25 W/m ³ včetně	29,5
	-nad 25 W/m ³	31,5
U obytných budov je možné připustit překročení požadované hodnoty nejvíce o 2 °C na souvislou dobu nejvíce 2 hodin během dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí		

Hodnocení se provádí bez započtení vnitřních zisků v místnosti.

Jako kritickou místnost se volí místnost s největší plochou přímo osluněných výplní otvorů orientovaných na Z, JZ, J, JV nebo V. Hodnocení se provádí bez započtení vnitřních zisků v místnosti. [23, str. 26]

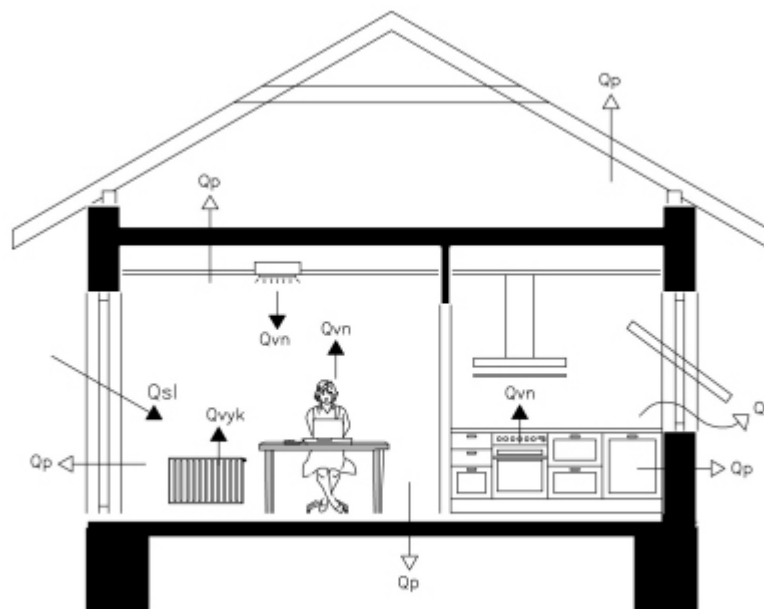
Navrhovat chlazení budov se doporučuje pouze v takových případech, kdy prokazatelně nelze stavebním řešením docílit splnění požadavků.

Budova vybavená strojním chlazením musí splnit podmínku nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Theta_{ai,max,N} \leq 32$ °C, přičemž se do výpočtu pro tento účel nezahrnuje ani chladicí výkon klimatizace ani tepelné zisky od technologických zařízení a kancelářského vybavení. Nesplnění požadavku se připouští výjimečně, prokáže-li se, že jeho splnění není technicky možné nebo ekonomicky výhodné s ohledem na životnost budovy a její provoz. [23, s. 27]

4.4 Tepelná ztráta budovy

Tepelná ztráta tepla na vytápění je okamžitá hodnota tepelné energie (přesněji tepelný tok), která z domu uniká prostupem tepla, zářením skrz průsvitné konstrukce a větráním. Tuto hodnotu je nutné počítat vždy na extrémní podmínky. [25],[26],[27, s. 18]

Je sice pravda, že se u nás občas vyskytují i větší mrazy, ale akumulční schopnosti domu a jeho vybavení tyto extrémní výchyly přenesou. Na tepelné ztráty musí být naddimenzována otopná soustava a tepelný zdroj na vytápění. [25],[26],[27, s.18]



Obr. 6 : Tepelné ztráty a zisky budovy

Na obrázku (6) jsou zobrazeny ztráty tepla přechodem přes stěnu, okno, strop, střechu, podlahu (Q_p), větráním (Q_v) a zisky slunečním zářením (Q_{sl}), vytápěcím systémem (Q_{vyk}), vnitřními zdroji – osvětlení, lidé, spotřebiče (Q_{vn}).

Tepelná ztráta objektu se stanovuje součtem tepelných ztrát prostupem a tepelných ztrát větráním v jednotlivých místnostech. [27 s. 18]

Tepelná ztráta objektu:

$$\phi_i = \sum \phi_{T,i} + \sum \phi_{V,i} [W] \quad (33)$$

kde:

ϕ_i	je tepelná ztráta objektu ve W,
$\phi_{T,i}$	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla v místnosti ve W,
$\phi_{V,i}$	návrhová tepelná ztráta větráním tepla v místnosti ve W.

4.4.1 Tepelný odpor konstrukce R [(m².K)/W]

Záleží na síle materiálu a jeho vlastnostech, tedy tepelné vodivosti [W/(m.K)]. Čím je tepelný odpor větší, tím méně nám uniká tepla. Pokud je těchto vrstev více, jejich jednotlivé tepelné odpory se sčítají. K tepelnému odporu jednotlivých vrstev je ještě nutné připočítat součinitele přestupu tepla na vnitřní a vnější straně, protože nepohyblivá vrstvička vzduchu na povrchu konstrukce představuje určitý tepelný odpor. Jeho velikost závisí na rychlosti proudění vzduchu okolo konstrukce. [25],[26],[27, s.18]

4.4.2 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta prostupem stanovuje, kolik tepla unikne vedením a prouděním přes konstrukce obklopující danou místnost. Hodnota tepelné ztráty je závislá na součiniteli prostupu tepla konstrukcí, ploše ochlazované konstrukce a na vnější návrhové teplotě. [27 s. 18]

Stanoví se jako:

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (34)$$

kde:	$\phi_{T,i}$	je návrhová tepelná ztráta prostupem ve W,
	$H_{T,ie}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí ve W/K,
	$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem ve W/K,
	$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy ve W/K,
	$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedícího prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu ve W/K,
	$\theta_{int,i}$	vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru,
	θ_e	venkovní výpočtová teplota.

4.4.3 Tepelné ztráty do venkovního prostředí

Součinitel tepelné ztráty z vytápěného vnitřního prostoru do vnějšího prostředí $H_{T,je}$ zahrnuje všechny stavební části a lineární tepelné mosty, které oddělují vytápěný prostor od venkovního prostředí, jako jsou stěny, podlaha, strop, dveře, okna. [27, s. 18]

Lze jej vypočítat:

$$H_{T,je} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_I \Psi_I \cdot l_I \cdot e_I \quad [W/K] \quad (35)$$

kde:	$H_{T,je}$	je součinitel tepelné ztráty z vytápěného vnitřního prostoru do vnějšího prostředí ve W/K,
	A_k	plocha stavební části (t) v m ² ,
	e_k, e_I	korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických jevů jako je různé oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly, rychlost větru a teplota, pokud tyto vlivy nebyly uvažovány při stanovení součinitele prostupu tepla,
	U_k	součinitel prostupu tepla stavební části (k) v W/m ² ·K,
	l_I	délka lunárních tepelných mostů (I) mezi vnitřním a venkovním prostředím v m,
	Ψ_I	činitel lunárního prostupu tepla lunárního tepelného mostu v W/m·K.

4.4.4 Tepelná ztráta nevytápěným prostorem

Je-li mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím nevytápěný prostor. [27, s. 19]
Návrhový součinitel tepelné ztráty prostupem tepla $H_{T,iue}$ z vytápěného prostoru do venkovního prostředí se vypočítá:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_I \Psi_I \cdot l_I \cdot b_u \quad [W/K] \quad (36)$$

kde	$H_{T,iue}$	je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí ve W/K,
-----	-------------	--

A_k	plocha stavební části (t) v m ² ,
U_k	součinitel prostupu tepla stavební části (k) ve W/m ² ·K,
b_u	teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty,
Ψ_I	činitel lunárního prostupu tepla lunárního tepelného mostu (I) ve W/m·K,
l_I	délka lunárních tepelných mostů mezi vnitřním a venkovním prostředím v m.

4.4.5 Tepelné ztráty do přilehlé zeminy

Tepelné ztráty podlahami a základovými stěnami a přímým nebo nepřímým stykem s přilehlou zeminou závisí na více činitelích. Zahrnují plochu a obvod podlahové desky, hloubku podzemního podlaží pod úroveň zeminy, tepelné vlastnosti zeminy. [27, r. 20]

Tepelné ztráty do přilehlé zeminy:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad [W] \quad (37)$$

kde $H_{T,ig}$ je tepelná ztráta podlahami a základovými stěnami a přímým nebo nepřímým stykem s přilehlou zeminou ve W,

f_{g1} korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty. Tato hodnota je určena jako národní. Nejsou-li stanoveny národní hodnoty, použije se základní hodnota $f_{g1}=1,45$,

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

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} + \theta_e} \quad (38)$$

A_k je plocha stavební části (t) v m²,

$U_{equiv,k}$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části (k) stanoven podle typologie podlahy v $W/m^2 \cdot K$,
G_W	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody. Tento vliv se musí uvažovat, je-li vzdálenost mezi předpokládanou vodní hladinou spodní vody a úrovní podlahy podzemního podlaží menší než 1m.

4.4.6 Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

Vyjadřuje tok tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěné na výrazně odlišnou teplotu. Může to být sousední místnost uvnitř funkční části budovy, nebo nevytápěná místnost v sousedící funkční části budovy. [27, s. 25]

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k [W] \quad (39)$$

kde $H_{T,ij}$ je tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách ve W,

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

$$f_{ij} = \frac{\Theta_{int,i} - \Theta_{vytápěného\ sousedního\ prostoru}}{\Theta_{int,i} - \Theta_e} \quad (40)$$

A_k je plocha stavební části (t) $[m^2]$,

U_k součinitel prostupu tepla stavební části (k) $[W/m^2 \cdot K]$.

4.4.7 TechCON

Program RAUCAD (TechCON) nabízí komplexní vypracování projektu, a to od výpočtu tepelných ztrát, zpracování projektové dokumentace ve 2D a 3D prostoru, dimenzování otopných soustav, hydraulické vyregulování otopných soustav, výpočet podlahového vytápění až po specifikaci prvků současně s celkovou cenovou kalkulací. [28]

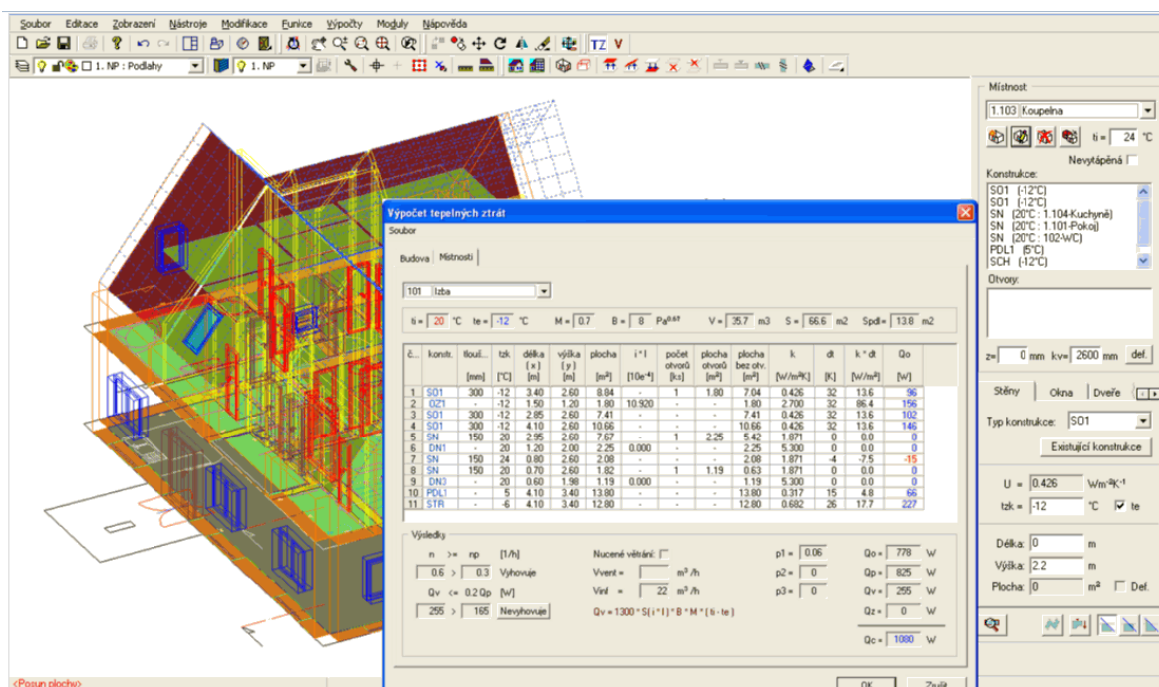
RAUCAD (TechCON) sdružuje dva druhy softwarových produktů - výpočtový program a CAD systém - do jediného komplexního celku, což kromě výrazného zjednodušení a urychlení práce, snižuje také investice do softwarového vybavení.[28]

Program obsahuje, 4 nezávislé moduly:

- výpočet tepelných ztrát
- výpočet podlahového vytápění
- výpočet soustavy otopných těles
- specifikace materiálu a cenová kalkulace

4.4.7.1 Modul - tepelné ztráty budov

Pomocí RAUCADu (TechCONu) a modulu pro tepelné ztráty přesně a bez nejmenších problémů vypočítáte tepelné ztráty staveb s komplikovanými půdorysnými křivkami, podkrovními místnostmi s členitou střechou i nevytápěných místností. Program automaticky vyhodnocuje místnosti pod zadanou konstrukcí podlahy a přepočítá tepelné zisky, případně ztráty do aktuální místnosti. V porovnání s běžnými tabulkovými programy na výpočet tepelných ztrát budov TechCON výrazně zjednodušuje a urychluje práci. Výpočet tepelných ztrát lze počítat jak dle normy ČSN 06 0210, tak dle nové normy ČSN EN 12831 postup výpočtů viz kapitola: 4.4 Tepelná ztráta budovy. [28]



Obr. 7: Výpočet tepelných ztrát v programu TechCON

4.5 Teplená ztráta větráním

Z hygienických důvodů je potřeba zajistit dostatečné větrání daného objektu. Návrhové tepelné ztráty větráním se zjistí:

$$\phi_{V,i} = \frac{\dot{V}_{min,i}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (41)$$

kde $\phi_{V,i}$ je návrhová tepelná ztráta větráním ve W,
 $\dot{V}_{min,i}$ minimální množství vzduchu (i) v m³/s,
 ρ hustota vzduchu při $\theta_{int,i}$ ve kJ/kg·K,
 c_p měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$ ve J/(kg¹K¹)
 $\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) ve °C,
 θ_e výpočtová venkovní teplota vytápěného prostoru (i) °C.

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i [m^3/s] \quad (42)$$

kde: $\dot{V}_{min,i}$ je minimální množství vzduchu (i) ve m³/s,
 n_{min} minimální intenzita výměny venkovního vzduchu v h⁻¹,
 V_i objem vytápěné místnosti (i) m³.

Tab. 10 : Minimální intenzita výměny vzduchu [27, s. 64]

Druh místnosti	$n_{min} [h^{-1}]$
Obytná místnost	0,5
Kuchyně nebo koupelna s oknem	1,5
Kancelář	1,0
Zasedací místnost, učebna	2,0

5 SYSTÉMY PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU

Pro dosažení vhodného vnitřního prostředí je potřeba volit správná zařízení. Pro volbu vhodných systémů pro techniku prostředí je důležité uvážit všechny aspekty, jako jsou požadavky investora, dostupnost zdrojů, akumulací parametry budovy, druh budovy tak i vnější klimatické podmínky. [36]

5.1 Otopná soustava

5.1.1 Kotelny

5.1.1.1 Rozdělení kotlen:

- Malé Výkon < 50 kW
- Střední Výkon < 350 kW
- Velké Výkon \geq 350 kW

Rozdělení kotlů podle paliva:

- Tuhá paliva (biomasa- dřevo, uhlí, pelety),
- Kapalná (olej, nafta),
- Plynná,
- Elektrokotle,
- Alternativní zdroje (slunce, vítr, voda).

Podle pracovního média se kotelny dělí na:

- Teplovodní (s teplotou vody do 115°C),
- Horkovodní (s teplotou vody nad 115°C),
- Parní.

Podle použitého materiálu:

- Ocelové
- Litinové článkové
- Jiné, kombinace materiálů, speciální materiály

Podle odvodu spalin:

- Do komína, kouřovodu s funkcí komína

- Na (venkovní fasádu) nebo nad střechu

Plynové kotle dělíme podle provozu:

- Klasické (teplota zpětné vody do kotle nemá poklesnout pod 60 °C)
- Nízkoteplotní (teplota vody na kotli nesmí poklesnout pod 50/40 °C)
- Kondenzační (mezi cca 10 až 50% pevná výkonový stupeň, pak do 100% spojitě)

5.1.1.2 Emisní třídy kotlů:

Emisní třída dle ČSN EN 303-5 je kotli přiřazena na základě výsledků spalovacích a dalších zkoušek před uvedením na trh a udává jeho technologickou vyspělost. Nejvyšší stupeň je 5., nejnižší 1. Vedle tvorby škodlivých emisí se posuzuje i účinnost, bezpečnost a efektivita. Čím vyšší číslo emisní třídy, tím lepší výsledky a lepší kotel.[36]

Emisní třída tedy vypovídá o tom, do jakého limitu emisí a do jaké maximální účinnosti se kotel vešel za ideálních podmínek ve zkušebně. Jeho reálné emise však může při provozu ovlivňovat instalace, údržba nebo kvalita paliva. [36]

dodávka paliva	palivo	CO [mg/m ³ při 10 % O ₂]			minimální účinnost [%]			CO [mg/m ³ při 10 % CO]
		třída 1	třída 2	třída 3	třída 1	třída 2	třída 3	ATMOS C18S
ruční	biologické (biomasa)	25000	8000	5000	51-57	61-67	71-77	neměřeno
	fosilní (uhlí)	25000	8000	5000				615
samočinná	biologické	15000	5000	3000				-
	fosilní	15000	5000	3000				-

Obr. 8: Emisní třídy kotlů

5.1.1.3 Návrh kotelen:

Při stavebním řešení kotelen na tuhá paliva je potřeba řešit:

- Napojení na odvod spalin (komín),
- Skladování paliva a jeho dopravu ke zdroji,
- Přívod spalovacího vzduchu,
- Větrání (výměna vzduchu) 4-6x na hodinu,

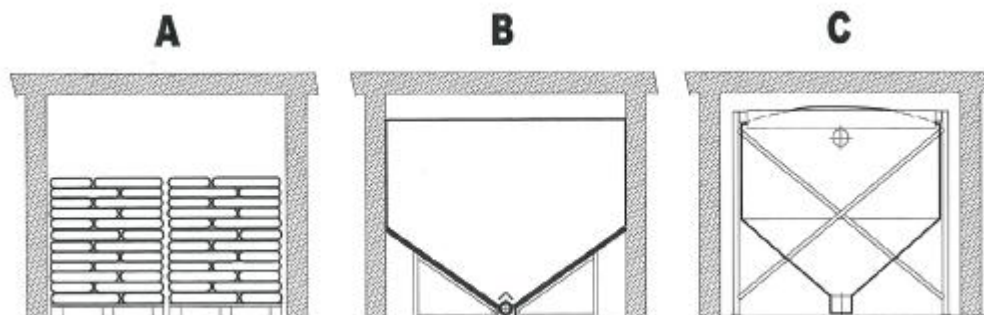
- Zajištění proti zatopení- podlahová výpusť v kotelně (kotle jsou kvůli zajištění proti přetopení vybaveny výměníkem napojeným na vodovod),
- Obtěžování ostatních částí objektu provozem (např. hluk, znečištění,...).

5.1.1.4 Skladové hospodářství

Obecně platí pro plánování skladového hospodářství pravidlo, že by měla být minimalizována potřeba doplňování paliva v průběhu topné sezóny, kdy jsou ceny paliv nejvyšší. Prostor pro skladování by tak měl být v maximální možné míře schopen pokrýt roční spotřebu paliva. Výjimkou jsou piliny a štěpka s vlhkostí nad 25 %. Pokud není zajištěno intenzivní větrání, začíná toto palivo po určité době degradovat a plesnivět. Vedle snižování výhřevnosti to přináší i zdravotní nebezpečí od spór a plísní a také možnost samovznícení. Proto se nemají skladovat v obytných prostorech, kde je kotelna přímo v domku. Nedoporučuje se předzásobení delší než na dva měsíce. Pro potřeby projektování skladového hospodářství lze pro naše klimatické podmínky, kvalitu domácích paliv a účinnost zdrojů tepla s dostatečnou přesností stanovit roční potřebu paliva pro vytápění a ohřev TV na 1 kW projektovaného výkonu zdroje. [36 s. 67-68]

Tab. 11: Roční potřeba paliva na 1kW projektovaného výkonu zdroje

	H_m [kg]	H_v [m ³ /kW]
Piliny, $w < 30\%$, automatický kotel	820	5,5 (prms)
Štěpka, $w < 30\%$, automatický kotel	820	3,6 (prms)
Dřevo, $w < 20\%$, zplynovací kotel	735	1,5 / 2,5 (prm)
Brikety, zplynovací kotel	610	1,0 (prm)
Pelety. Automatický kotel	520	0,8 (prms)
*tvrdé dřevo/ měkké dřevo		

Skladování zásob:*Obr. 9 : Základní typy skladů pelet*

Varianta A - skladování v pytlích je u nás zatím nejrozšířenější, vzhledem k fyzické manipulaci s pytli při přikládání by měl být sklad co nejbližší ke kotli, nevyžaduje úpravu skladu, prostorová využitelnost skladu je do 60 %. [36 s. 67-68]

Varianta B - skladování ve vyspárovaných skladech, skladová místnost je vyspárována pod úhlem 35 až 40° do sběrného žlabu, ve kterém je umístěn buď vynášecí šnek šnekového dopravníku pelet, nebo sběrné sondy pneumatického dopravníku, prostorová využitelnost je do 70 %. [36 s. 67-68]

Varianta C - skladování v zásobnících, velkoobjemové vaky o objemu 2 až 10 m³ jsou vyrobené ze speciální antistatické textilie vyspárované do sběrného místa, ve kterém je umístěná sběrná sonda pro pneumatický, či šnekový podavač. Sklad není zapotřebí stavebně upravovat, ale objemová využitelnost je do 45 %. [36, s. 67-68]

Uvedme si základní výpočtové vztahy nutné pro návržení vhodného způsobu skladového hospodářství.

Stanovení roční potřeby paliva:

$$M = Q_v \cdot H_m [t] \quad (43)$$

kde	M	je roční spotřeba paliva v t,
	Q_v	požadovaný výkon zdroje v kW,
	H_m	roční potřeba paliva na 1kW projektovaného výkonu zdroje v t/kW.

Velikost skladovacího prostoru:

$$V = Q_v \cdot H_v [m^3] \quad (44)$$

kde	V	je velikost skladového prostoru v m ³ ,
	Q_v	požadovaný výkon zdroje v kW,

H_v roční spotřeba skladového prostoru na 1kW projektovaného výkonu zdroje v m³/kW.

Velikost skladového prostoru je nutné zredukovat podle prostorové využitelnosti skladu. [36 s. 67-68]

Podle jednotlivých způsobů skladování:

$$V_R = \frac{V \cdot 100}{n_{sk}} [m^3] \quad (45)$$

kde V_R je redukovaný objem skladu v m³,
 V velikost skladového prostoru v m³,
 n_{sk} objemová využitelnost skladu v % v tabulce (11).

5.1.1.5 Přívod a větrání kotelen

- Přívod pro splování

Do místnosti (kotelny), kde bude kotel instalován, musí být zajištěn trvalý přívod vzduchu pro spalování a větrání prostoru. Spotřeba vzduchu činí cca 3,5 m³.h⁻¹ na 1 kW výkonu kotle. Pro dimenzování otvorů pro přívod vzduchu a odvětrání kotelny je základním vodítkem rychlost proudění vzduchu v otvorech cca 0,5 - 1 m/sec. Výpočtem pak vychází 0,001 - 0,002 m² na 1 kW výkonu kotle. Minimální součtová velikost obou otvorů je 0,015 m². Optimální je provedení jednoho otvoru u podlahy a druhého u stropu kotelny. Vypočtená hodnota pro jejich velikost je pak rozdělena rovnoměrně na oba otvory.

Větrání kotelny je nutno dimenzovat také s ohledem na vývin tepla z provozu kotle a strojního zařízení kotelny, v návaznosti na tepelnou ztrátu místnosti.

- Větrání

Větrání (výměna vzduchu) je stanovena na 4-6x na hodinu.

5.1.2 Otopná soustava

Otopnou soustavu definujeme jako zařízení objektů obsahující zdroj tepla, potrubní síť, armatury, otopná tělesa atd. Zařízení jsou určena pouze pro vytápění. Z toho vyplývá, že jde o vnitřní zařízení, tedy spotřebitelskou část.

V souvislosti se zásobováním teplem se setkáme ještě s dalšími soustavami, především ohřívací soustavou, jež je určená pouze pro ohřev vzduchu či teplé vody. Podobným pojmem je tepelná soustava, což je soustava, ve které se vyrábí teplo a odtud se dopravuje sítí ke konečnému spotřebiteli. [30]

Otopná soustava se skládá ze:

- **zdroje tepla:** Jsou jimi především kotle, tepelná čerpadla a solární systémy.
- **rozvodu tepla:** Jedná se o potrubní síť, což je soustava potrubí, kterou je teplo vedené. Způsoby propojení otopných těles se liší.
- **spotřebiče tepla:** Patří sem různá otopná tělesa (desková, článková, trubková, konvektory).

Dělení otopných soustav podle látky

Otopné soustavy (OS) je možné dělit podle různých kritérií. Hlavním dělením je především podle teplonosné látky. Podle tohoto kritéria rozdělujeme otopné soustavy na:

Teplovodní otopné soustavy

Teplovodní otopné soustavy se využívají nejvíce. Jejich teplonosnou látkou je teplá voda mající maximální teplotu do 110°C. Výhodu vodní otopné soustavy je její velká teplotní kapacita, ale i snadnost regulace, a to i v místě spotřeby. Nevýhodami teplovodních OS je, že mohou při nízkých teplotách zamrzat a dochází také ke korozi kovových částí soustavy rovněž, pokud chcete, aby OS rychle reagovala na změnu klimatických podmínek, potřebujete čerpadlo. [30]

Horkovodní otopné soustavy

V těchto otopných soustavách se pracuje s teplotami vody nad 110°C. Z důvodu vysoké teploty se nevyužívají pro vytápění obytných budov. Mohlo by to být nebezpečné.

Hodí se pro větší objekty, především průmyslové. Své využití má při dálkové přenosu tepla v soustavách centralizovaného zásobování tepla nebo soustavách dálkového vytápění.

Od teplovodních soustav se liší větším důrazem na dostatečný tlak ve všech jejích částech. Na rozdíl od teplovodních soustav je nutné používat pouze uzavřený systém s tlakovou expanzní nádobou a zabezpečovací zařízení musí mít pojistné ventily. [30]

Parní otopné soustavy

Hodí se pro větší objekty, hlavně průmyslové. Volí se do objektů s přerušovaným vytápěním. Na rozdíl od teplovodních soustav zde nevádí pokles teploty pod bod mrazu. Nedochozí k zamrznutí OS. Teplonosnou látkou je tu pára, která vzniká ohřevem vody v kotli. Pára se pohybuje v topných tělesech díky jejímu rozpínání. Poté páru kondenzuje a vrací se do kotle samospádem či přečerpáním. [30]

Parní otopné soustavy dále dělíme především podle tlaku teplonosné látky. Rozlišujeme OS:

- a) nízkotlaké (do 150 kPa)
- b) středotlaké (do 900 kPa)
- c) vysokotlaké (od 900 kPa)
- d) podtlakové (do 100 kPa).

Teplovzdušné otopné soustavy

Teplonosnou látkou v teplovzdušných soustavách je ohřátý vzduch na požadovanou teplotu. K tomu se často používá zařízení pro větrání. Hlavními výhodami jsou nízké provozní teploty vzduchu či možnost směřování proudu teplého vzduchu. Díky nastavení vám postačí jedno zařízení na vytápění i větrání. Využijete tak rekuperace vzduchu. Nedochozí tu k zamrznutí soustavy po přerušeném provozu a tato OS se rychle uvádí do provozu. [30]

Nevýhodou této soustavy je malá měrná tepelná kapacita vzduchu a velký objem. Mezi další nevýhody patří víření prachu, závislost na elektrické energii, větší hlučnost a nerovnoměrné rozmístění tepla v místnosti. [30]

Dělení otopných soustav podle oběhu

Přirozený oběh

Přirozený oběh je dán rozdílnou teplotou a hustotou teplé a chladné tekutiny. Díky své samočinnosti je tak provoz bezpečnější. Jsou zde i nižší pořizovací náklady. Nepotřebuje totiž oběhové čerpadlo. Samotné trubky jsou ale u přirozeného oběhu dražší a doba roztopení systému je delší. Hodí se proto spíše do menších objektů. [30]

Nucený oběh

V nuceném oběhu je zapotřebí pro správný koloběh média v tepelné soustavě využít čerpadla.

5.1.3 Stanovení tepelného výkonu zdroje tepla

Zařízení pro výrobu a rozvod tepla musí být dimenzováno tak, aby pokrylo návrhový tepelný výkon a tepelné požadavky ohřevu vody a dalších soustav pro ohřev. [32, str. 14]

Je-li celková dodávka tepla zabezpečena více než jedním zdrojem tepla, musí se zvážit tato hlediska:

- Tepelný výkon;
- Různá provozní období, jako je léto a zima;
- Různé provozní podmínky, jako je vytápění nebo ohřev vody;
- Provozní požadavky, jako je pohotovostní (rezervní) stav.

Výkon zařízení pro výrobu a rozvod tepla se vypočítá následujícím způsobem:

$$\Phi_{SU} = f_{HL} \cdot \Phi_{HL} + f_{DHW} \cdot \Phi_{DHW} + f_{AS} \cdot \Phi_{AS} [kW] \quad (46)$$

kde	Φ_{SU}	je návrhový tepelný výkon zdroje tepla v kW,
	f_{HL}	návrhový součinitel pro tepelný výkon,
	Φ_{HL}	návrhový tepelný výkon pro vytápění v kW,
	f_{DHW}	návrhový činitel pro ohřev vody,
	Φ_{DHW}	návrhový tepelný výkon pro ohřev vody,
	f_{AS}	návrhový činitel pro soustavy pro ohřívání,
	Φ_{AS}	návrhový tepelný výkon soustav pro ohřívání v kW.

Návrhové činitele musí být stanoveny individuálně podle národních předpisů.

Výše uvedený vztah lze také interpretovat jako:

$$\Phi_V = \Phi_P + \Phi_{VE} + \Phi_{TV} [W] \quad (47)$$

kde	Φ_V	je tepelný výkon zdroje tepla ve W,
	Φ_P	tepelný výkon vyrovnávající tepelné ztráty prostupem ve W,
	Φ_{VE}	tepelný výkon vyrovnávající ztráty větráním ve W,
	Φ_{TV}	tepelný výkon potřebný na přípravu a distribuci teplé vody ve W.

5.1.3.1 Příprava teplé vody

Zařízení pro ohřívání vody má být navrženo a vybaveno tak, aby teplota TV v místě odběru (na výtoku u uživatele v objektech) dosahovala teplotu 50-55°C, výjimečně 45-60°C. Jinou teplotu TV je možno volit se zdůvodněním zejména u technologických odběrů.

Zařízení pro ohřívání teplé vody musí být navrženo a provedeno tak, aby bylo přístupné pro obsluhu, snadno čistitelné a jednotlivé části snadno vyměnitelné a aby mohla být kontrolována bezpečnostní výstroj. [31, s. 9-10]

K zamezení tvorby bakterií se doporučuje u zásobníkových ohřevů v bezpodmínečně nutných případech na přechodnou dobu periodicky zvyšovat teplotu TV nejméně na 70°C. Dobu periody určí zadavatel. Během zvýšené teploty musí být zajištěno, že nemůže dojít k opaření uživatelů. [31, s. 9-10]

- Způsoby ohřevu

a) Podle způsobu předávání tepla:

- 1) Ohřívání přímé, při němž se ohřívání děje směřováním vody s vodní parou, nebo horkou či teplou vodou
- 2) Ohřívání nepřímé, při němž se ohřívání děje prostupem tepla dělicí stěnou

b) Podle místa ohřevu:

- 1) Ohřívání místní, při němž se ohřívá voda v místě odběru zpravidla pro jeden, případně pro více výtoků

- 2) Ohřívání ústřední, při němž se voda ohřívá v domovní či okrskové kotelně nebo v domovní úpravě parametrů
- c) Podle konstrukce zařízení:
- 1) Ohřívání zásobníkové (akumulační), při němž se ohřívá voda do zásobníku, slouží k vyrovnání množství ohřáté a odebrané TV během určitého časového období
 - 2) Ohřívání průtočné, při němž se voda ohřívá v průtočném ohřivači pouze při jejím průtoku
 - 3) Ohřívání smíšené, kde je ohřívání průtočné doplněné zásobníkem TV pro pokrytí krátkodobých odběrových špiček nepřesahující zpravidla rozmezí 20 až 60 minut.
- d) Podle množství ohřevu z různých zdrojů tepla:
- 1) Ohřívání jednoduché, při němž je teplo dodáváno z jednoho zdroje tepla
 - 2) Ohřívání kombinované, při němž může být voda v jenom a téže ohříváku ohřívána různými zdroji tepla
- e) Podle provozního tlaku:
- 1) Beztlaké
 - 2) Tlakové

Veškeré výpočty vycházejí z předpokladu teploty studené vody $\Theta_1=10^\circ\text{C}$ a z teploty TV před výtokovou armaturou $\Theta_2=55^\circ\text{C}$. [31, s. 9-10]

Stanovení potřeby TV

Potřeba TV se stanovuje z několika základních částí potřebných pro obvyklý život člověka a to z mytí osob, mytí nádobí, úklidu.. [31, s. 12]

Potřeba TV pro mytí osob V_o v dané periodě se stanoví ze vztahu:

$$V_o = n_i \cdot \sum V_d \text{ [m}^3\text{]} \quad (48)$$

kde	V_o	je potřeba TV pro mytí osob v dané periodě v m^3 ,
	n_i	počet uživatelů,
	V_d	objem dávky (v příloze C [31]) v m^3 .

Potřeba teplé vody na mytí nádobí V_j v dané periodě se stanoví:

$$V_j = n_j \cdot V_d [m^3] \quad (49)$$

kde V_j je potřeba TV pro mytí nádobí v dané periodě v m^3 ,
 n_j počet uživatelů,
 V_d objem dávky (v příloze C [31]) v m^3 .

Potřeba TV pro úklid a mytí podlah V_u v dané periodě se stanoví:

$$V_u = n_u \cdot V_d [m^3] \quad (50)$$

kde V_u je potřeba TV pro úklid a mytí podlah v dané periodě v m^3 ,
 n_u počet uživatelů,
 V_d objem dávky (v příloze C [31]) v m^3 .

Celková potřeba TV V_{2p} v dané periodě se stanoví:

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u [m^3] \quad (51)$$

kde V_{2p} je celková spotřeba TV v m^3 ,
 V_o potřeba TV pro mytí osob v dané periodě v m^3 ,
 V_j potřeba TV pro mytí nádobí v dané periodě v m^3 ,
 V_u potřeba TV pro úklid a mytí podlah v dané periodě v m^3 .

Stanovení potřeby tepla

Potřeba tepla odebraného z ohřívače v TV během jedné periody Q_{2p} se stanoví ze vztahu:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} [kWh] \quad (52)$$

kde Q_{2p} je teplo dodané ohřívačem do TV během periody v kWh,
 Q_{2t} teoretické teplo odebrané z ohřívače v době periody v kWh,
 Q_{2z} teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV v době periody v kWh.

Teoretické teplo odebrané u ohřívače v době periody Q_{2t} se stanoví ze vztahu:

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2p} \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad (53)$$

kde Q_{2t} je teoretické teplo odebrané z ohřívače v době periody

	v kWh,
c	měrná tepelná kapacita vody v J/(kg·K),
V_{2p}	celková spotřeba TV v m ³ ,
θ_2	teplota výstupní vody na armatuře v °C,
θ_1	teplota vstupní vody do zásobníku v °C.

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \text{ [kWh]} \quad (54)$$

kde	Q_{2z}	je teplo ztracené při ohřevu a distribuci v kWh,
	Q_{2t}	teoretické teplo odebrané z ohříváče v době periody v kWh,
	z	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV.

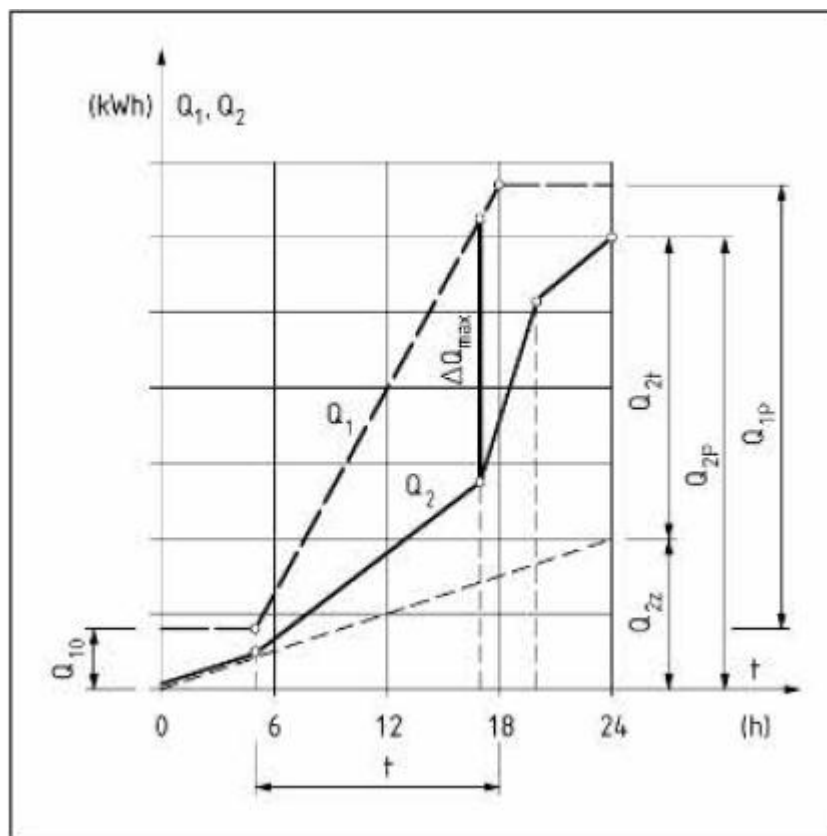
Teplo dodané ohříváčem do TV během periody se rovná teplu odebranému z ohříváče TV během periody. [31, str. 13]

$$Q_{1p} = Q_{2p} \quad (55)$$

kde	Q_{1p}	je tepelný výkon zdroje tepla v kWh,
	Q_{2p}	teplo dodané ohříváčem do TV během periody v kWh.

Křivka odběru teplé vody

Celé množství vody, které užíváme, není po celý den stejné a je odebíráno nerovnoměrně. Proto je nutné rozdělit periodu ohřívání na denní úseky, pro které se stanoví dílčí potřeba tepla. Jednotlivé části (denní úseky) nám stanovují, kolik tepla se v tomto úseku spotřebuje. Jednotlivé úseky se stanovují podle nároků domu a jsou vyhodnoceny jako křivka poměrného odběru (Obr. 10). [31, s. 15]



Obr. 10: Příklad křivky dodávky a odběru tepla při ohřevu vody se zásobníkem a denní rozložení odběru TV.

Stanovení objemu zásobníku

Objem zásobníku se stanoví pomocí křivek dodávky tepla a odběru tepla (ukázka na Obr. 10). Z této křivky je potřeba stanovit největší rozdíl odebíraného tepla. Ten představuje nutnou zásobu tepla, ze které se stanoví velikost zásobníku V_z . [31, s. 14]

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} [m^3] \quad (56)$$

kde	V_z	je objem zásobníku v m^3 ,
	ΔQ_{max}	největší možný rozdíl tepla (Obr. 11) v kWh,
	c	měrná tepelná kapacita vody v kWh/($m^3 \cdot K$),
	θ_1	teplota studené vody v $^{\circ}C$,
	θ_2	teplota teplé vody v $^{\circ}C$.

Stanovení tepelného výkonu pro ohřev

Je to výkon, který je potřeba započítat a uvažovat při dimenzování výkonu zdroje tepla. [31, s. 14]

Pro ohřev se zásobníkem:

$$\Phi_{1n} = \frac{Q_{1p}}{t} [kW] \quad (57)$$

kde Φ_{1n} je jmenovitý tepelný výkon ohřevu v kW,

Q_{1p} teplo dodané ohřívačem do TV v kWh,

t čas v h.

Pro průtočný ohřev:

$$\Phi_{1n} = \sum (n_v \cdot q_v) \cdot s [kW] \quad (58)$$

kde Φ_{1n} je jmenovitý tepelný výkon ohřevu v kW,

n_v počet výtokových zařízení,

q_v tepelný výkon přítoku jednoho výtokového zařízení v kW,

s součinitel současnosti.

5.1.4 Rozvody tepla

Rozvod tepla musí být navržen tak, aby dodával teplo jak otopným plochám, tak i, je-li to nutné, soustavám pro ohřívání.

Návrh rozvodu tepla včetně připojených okruhů musí umožnit hydraulické seřízení.

Musí se věnovat pozornost oddělení okruhů pro různé otopné plochy, požadavkům na zónování budov a vstupní teplotě a teplotním rozdílům každé jednotlivé otopné plochy. [32, s. 14]

Potrubí se vyrábí z různých materiálů a je důležité, aby splňovala základní vlastnosti, kterými je ochrana před poškozením, nepropustnost, malá tepelná ztráta, pevnost atd. V případě přenosu tepelné energie, musí být potrubí přizpůsobeno tak, aby nedocházelo ke ztrátě přenášeného tepla do okolí. [33]

Potrubí teplovodního vytápění

Úkolem potrubí u teplovodního vytápění je cirkulace vody v okruhu zdroj tepla – otopné těleso – zdroj tepla. Potrubí se skládá z ležatého potrubí, stoupacího potrubí a přípojovacího potrubí, na které se napojují otopná tělesa. [33]

5.1.4.1 Základní parametry potrubních rozvodů

U potrubních rozvodů se zkoumá několik základních parametrů. Těmi hlavními jsou:

- **jmenovitá světlost:** Jde o údaj, pro jednotné označování velikosti komponentů. Týká se to především vnitřního a vnějšího průměru, tloušťky stěn, délky trubky či průměru závitů měřeného v závitových ocelových trubkách.
- **jmenovitý tlak:** Označuje se tak skupina pracovních přetlaků. Jsou odstupňovány podle skupiny pracovních teplot.
- **pracovní teplota:** Tímto pojmem označujeme maximální dovolenou trvalou teplotu, která může působit na materiál potrubí.
- **montážní teplota:** Je to minimální teplota, při které ještě může být s materiálem manipulováno.
- **délková roztažnost:** Je to jev, při kterém vlivem teploty dochází ke změně délky tělesa. U většiny látek platí, že čím je větší teplota, tím se více rozpínají. To je dáno rychlejším pohybem molekul v nich.
- **životnost:** Určuje, jak dlouho materiál vydrží.
- **odolnost materiálu proti korozi:** Je různá. Způsobuje ji působení vody na kovy. Lze ji úpravami omezit, ale úplně zabránit jí nelze. [33]

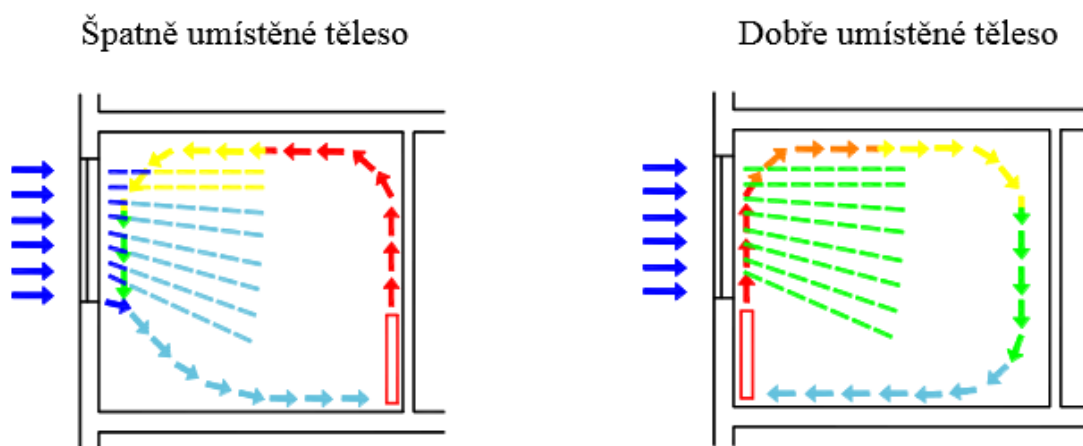
5.1.5 Spotřebiče tepla

Spotřebiče tepla se vyskytují pod známějším názvem jako otopná tělesa. Jsou další významnou částí otopné soustavy.

a) Umístění:

Svou roli při návrhu otopných těles hraje i jejich správné umístění v prostoru. Správný prostor pro umístění otopného tělesa je pod okno či k ochlazované obvodové stěně s cílem zajištění optimálního tepelného komfortu a vyšších úspor tepla. Chladné plochy způsobují nepohodu svým chladným sáláním a druhotně tím, že u nich vznikají chladné dolů padající

konvekční proudy vzduchu.



Obr. 11: Správné umístění otopných těles.

Tyto proudy působí v oblasti nad podlahou lokální tepelnou nepohodu. Při nevhodně umístěném otopném tělese na neochlazované stěně bude spotřeba tepla vyšší. [37]

Pro omezení padajících chladných proudů od okenní plochy a od infiltrace je nutné umístit otopné těleso vždy pod okno a délku otopného tělesa volit pokud možno stejnou jako délku okna.

Nejvhodnější umístění tělesa v místnosti je vždy pod okno nebo k ochlazované stěně. Jestliže umístíme těleso na neochlazovanou boční stěnu nebo na protilehlou stěnu změní se rozložení teplot v prostoru a také výkon tělesa. [37]

b) Rozdělení otopných těles:

a) Článeková otopná tělesa

Jedná se o tělesa složená z jednotlivých článků, bez ohledu na jejich tvar. Jsou vyráběna z různých materiálů a různým technologickým postupem jako je např. lisování plechů, odlévání a tlakové lití. Nejčastěji používaným materiálem pro výrobu článkových těles je ocelový plech, litina a slitiny hliníku. [35]

Jednotlivé články se spojují do souprav buď závitovými vsuvkami s pravým a levým závitem nebo svařováním. Jednotlivé články se spojují u litinových článkových otopných těles vsuvkami. U ocelových článkových otopných těles se spojují vsuvkami svařované soupravy s počtem 3, 4, 5, 7 a 10 článků. Do obchodní sítě jsou tělesa dodávána ve skladebních celcích či v konečné velikosti, která je dána výrobní řadou. [35]

- Odlitky ze šedé litiny
- Tělesa ze slitiny hliníku

- **Výlisky z ocelových plechů**

b) Desková otopná tělesa

Desková otopná tělesa dnes patří mezi nejčastěji používaná tělesa. Za desková otopná tělesa pokládáme souvislé hladké desky popř. se zvětšením povrchu zvlněním nebo konvekčním plechem v různém montážním uspořádání. Za deskové těleso však nelze pokládat těleso vyskládané z jednotlivých článků přesto, že výsledný výrobek vykazuje tvar desky. Základní částí je horní rozvodná a dolní sběrná komora situovaná ve směru délky tělesa, obvykle stejného neproměnného průřezu. Obě komory spojují prolisy tvořící kanálky. Celé těleso tak tvoří dvě prolisované desky z ocelového plechu, které jsou po obvodě švově svařeny a mezi jednotlivými kanálky jsou svařeny bodově. Pro připojení na potrubní rozvod mají tělesa buď osový, nebo boční výstup se závitem. V případě tzv. kompaktního provedení mají tělesa zabudovanou propojovací garnituru s ventilovou vložkou nebo přímo s ventilem s napojením spodem vlevo, vpravo či uprostřed. [35]

Desková tělesa dělíme na:

- Jednoduchá
- zdvojená
- ztrojená

Mají malý vodní obsah, což umožňuje rychlou reakci na regulační zásah a rovněž tak mají i nižší hmotnost než tělesa článková.

c) Trubková otopná tělesa

Podstatou řešení trubkových těles jsou rozvodné a sběrné komory, navzájem spojené řadou trubek menších průřezů. Trubky jsou kruhového, čtvercového, obdélníkového či obecně kombinovaného průřezu. Trubky bývají uspořádány různým způsobem. Nejčastěji se vyskytují ve tvaru: [35]

- Meandru
- registru s vodorovnými trubkami
- registru se svislými trubkami.

Registr se svislými trubkami se uspořádáním svého vnitřního prostoru podobá tělesům článkovým a deskovým. Přestupní plocha registru s vodorovnými trubkami může být optimálně využita teprve tehdy, je-li průtok teplotnosné látky vhodným způsobem usměrněn

bud' to optimálním napojením tělesa nebo vnitřními přepážkami. Trubky, nejčastěji ocelové či měděné mohou být hladké, profilované do nejrůznějších tvarů či na vnější straně opatřeny rozšířenou přestupní plochou. [35]

V posledních letech si vydobyla jakousi vlastní samostatnou pozici trubková koupelnová otopná tělesa. Jsou určena k vytápění a současnému sušení textilií převážně v koupelnách, ale i šatnách, umývárkách apod. Ve většině případů je jejich řešení prakticky shodné s registry s vodorovnými trubkami. Mnoho typů se však liší různým prohnutím trubek ve vodorovné, ale i svislé rovině. Z důvodů estetických a praktických jsou tato tělesa doplňována zrcadly a různými držáky na užité předměty. [35]

d) Konvektory

Konvektor je otopné těleso, které sdílí teplo do vytápěného prostoru převážně konvekcí. Skládá se obvykle z výměníku tepla a skříně, opatřené v horní části výdechovou mřížkou. Konvektory jsou pojmenovány podle toho, kde je umístěn otopný článek (výměník tepla). [35]

Konvektory tak lze rozdělit na:

- skříňové

Ty jsou dodávány jako celek, část jejich skříně může tvořit stěna stavební konstrukce nebo zařízení interiéru.

- soklové

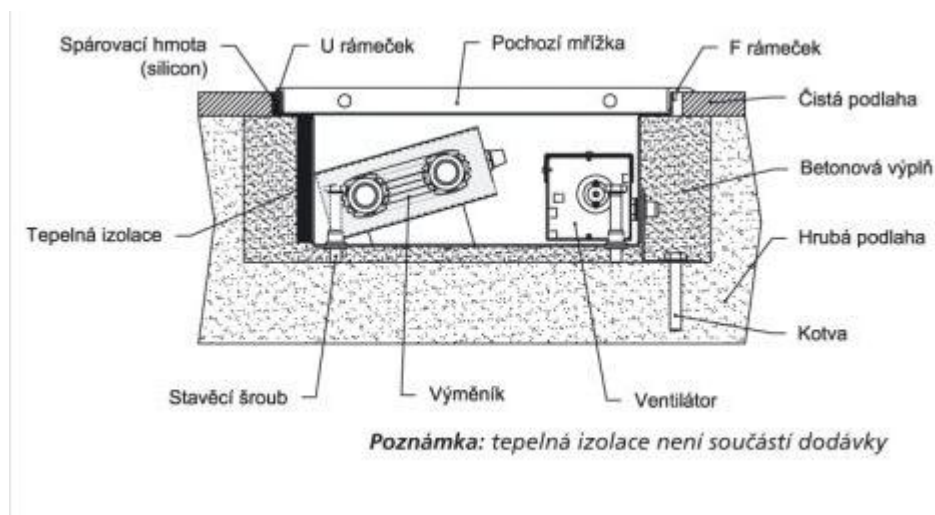
kteřé jsou situovány ve vytápěném prostoru u podlahy s nízkou skříní. Jelikož jsou umístovány pod nízký parapet průběžně v jeho plné délce, jsou často nazývány jako pod parapetní.

- zapuštěné

mají skříně v podobě součásti stavby. Je to většinou podlaha, kdy je žebrovka uložena v kanálu v podlaze pod oknem a zakrytá nášlapnou krycí rohoží. V tomto případě se jedná o podlahový konvektor. Stejně tak rozeznáváme i konvektor stropní. Tyto konvektory jsou často, vzhledem ke zvětšení jejich malého tepelného výkonu, opatřeny nuceným vybíjením tepla pomocí ventilátoru. [35]

Jak je z popisu a rozdělení jednotlivých typů patrné, mohou být konvektory podle svého řešení osazovány buď těsně na obvodovou stěnu, nebo v její blízkosti na stojánky. Některé typy se umísťují i přímo do stavební konstrukce, např. do zdi a do podlahy. Úkolem výměníku je převést dodané teplo teplonosnou látkou do vytápěného prostoru přes okolo proudící vzduch. Pohyb vzduchu probíhá buď díky přirozenému vztlaku či díky prá-

ci ventilátoru. Konstrukční řešení výměníku tak bývá různé. Většinou se vyskytují výměníky tepla trubkové, kde trubky jsou převážně kruhového průřezu. Používají se však i trubky eliptické či zploštělé.[35]



Obr. 12: Ukázka složení konvektoru

5.1.6 Výpočet otopné soustavy

Hydraulický výpočet potrubní sítě se dnes běžně provádí tak, že topný okruh se rozloží na jednotlivé potrubní úseky. Potrubní úsek je ta část potrubí, kde je hmotnostní průtok teplosnosné pracovní látky v potrubí konstantní.

Výpočet hmotnostního průtoku:

$$M = \frac{Q_{OT} \cdot 3600}{c \cdot (\theta_p - \theta_z)} \text{ [kg/h]} \quad (59)$$

kde	<i>M</i>	je hmotnostní průtok v kg/h,
	<i>Q_{OT}</i>	výkon otopného tělesa ve W,
	<i>c</i>	měrná tepelná kapacita vody v J/(kg·K),
	<i>θ_p</i>	teplota přívodní vody ve °C,
	<i>θ_z</i>	teplota zpáteční vody ve °C.

Každý úsek vykazuje tlakové ztráty:

- třením
- vřazenými (místními) odpory

Třením:

$$R \cdot l = \Delta p_{\lambda} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (60)$$

kde	Δp_{λ}	je tlaková ztráta třením v Pa,
	R	měrná ztráta třením v Pa/m,
	l	délka potrubí v m,
	w	rychlost proudění vody v potrubí v m/s,
	d	vnitřní profil potrubí v m,
	ρ	hustota vody v J/(kg·K),
	λ	součinitel třením.

Vřazenými (místními) odpory:

$$Z = \Delta p_{\xi} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (61)$$

kde	Δp_{ξ}	je tlaková ztráta vřazenými odpory v Pa,
	ξ	součinitel místního odporu,
	w	rychlost proudění v potrubí v m/s,
	ρ	hustota vody v J/(kg·K).

Celková tlaková ztráta:

$$\Delta p = \Delta p_{\xi} + \Delta p_{\lambda} \text{ [Pa]} \quad (62)$$

kde	Δp	je celková tlaková ztráta v Pa,
	Δp_{ξ}	tlaková ztráta vřazenými odpory v Pa,
	Δp_{λ}	tlaková ztráta třením v Pa.

5.1.7 Akumulační nádrže:

Zásobníky tepla se používají v malých vytápěcích soustavách o tepelných výkonech 20 až 40 kW s kotli na tuhá paliva (uhlí a dřevo). Od těchto vytápěcích soustav se očekává, že budou pracovat i po odstavení zdroje tepla. Uvedené kotle jsou již vybavovány ventilátorem spalovacího vzduchu, který umožňuje udržovat tepelný výkon kotle na stálé zvolené hodnotě po delší dobu, která je dána zásobou paliva v kotli. Z hlediska vysoké účinnosti kotle je nejvýhodnější, když bude výkon kotle udržován na jmenovité hodnotě. Kotle pro

uvedené vytápěcí soustavy se většinou navrhují na tepelný výkon podstatně větší než je potřebný výkon soustavy. Rozdílný časový průběh dodávky a odběru tepelného výkonu musí být potom vyrovnáván zásobníkem tepla. Pokud má soustava se zásobníkem tepla pracovat s minimálními požadavky na obsluhu, musí být řízení dodávky a odběru tepla zajišťováno kvalitním programovacím řídicím systémem, který navíc přispěje ke kvalitě vytápění z hlediska udržování tepelné pohody při minimální spotřebě energie.[36 s. 206-212]

Poměrný výkon pro nabíjení zásobníku:

$$q_z = \frac{\tau_{vj}}{\tau_{nj}} [-] \quad (63)$$

kde q_z je poměrný výkon pro nabíjení zásobníku v –,
 τ_{vj} výpočtová doba vybíjení zásobníku v h,
 τ_{nj} výpočtová doba nabíjení zásobníku v h.

Tepelný výkon pro nabíjení zásobníku:

$$Q_{zj} = q_z \cdot Q_{sj} [kW] \quad (64)$$

kde Q_{zj} je tepelný výkon pro nabíjení zásobníku v kW,
 Q_{sj} výpočtový tepelný výkon vytápěcí soustavy v kW,
 q_z poměrný výkon pro nabíjení zásobníku v –,

Potřebný tepelný výkon kotle:

$$Q_{kj} = Q_{sj} + Q_{zj} [kW] \quad (65)$$

kde Q_{kj} je potřebný výkon kotle v kW,
 Q_{zj} tepelný výkon pro nabíjení zásobníku v kW,
 Q_{sj} výpočtový tepelný výkon vytápěcí soustavy v kW,

Potřebný objem zásobníku:

$$V_z = \frac{Q_{zj} \cdot \tau_{nj}}{c \cdot (\Theta_{nj} - \Theta_{zj})} [m^3] \quad (66)$$

kde V_z je potřebný objem zásobníku v m³,
 c měrná tepelná kapacita vody v kWh/m³,

θ_{nj}	výpočtová teplota nabíjecí vody ve °C,
θ_{2j}	výpočtová teplota zpětné vody ve °C.

Poměrný tepelný výkon potřebný pro vytápění:

$$a = \frac{\theta_{ij} - \theta_e}{\theta_{ij} - \theta_{ej}} [-] \quad (67)$$

kde	a	je poměrný tepelný výkon pro vytápění ve –,
	θ_{ij}	výpočtová vnitřní teplota ve °C,
	θ_e	venkovní teplota ve °C,
	θ_{ej}	výpočtová venkovní teplota ve °C.

Doba nabíjení zásobníku:

$$\tau_n = \frac{\tau_{nj} \cdot q_z}{1 + q_z - a} [h] \quad (68)$$

kde	τ_n	je doba nabíjení zásobníku v h,
	τ_{nj}	výpočtová doba nabíjení zásobníku v h,
	q_z	poměrný výkon pro nabíjení zásobníku v –,
	a	poměrný tepelný výkon pro vytápění ve –.

Teplotní součinitel:

$$b = \frac{\theta_{nj} - \theta_2}{\theta_{nj} - \theta_{2j}} [-] \quad (69)$$

kde	b	je teplotní součinitel v –,
	θ_2	teplota zpětné vody při teplotě t_e ve °C,
	θ_{nj}	výpočtová teplota nabíjecí vody ve °C,
	θ_{2j}	výpočtová teplota zpětné vody ve °C.

Teplotní součinitel:

$$s = \frac{b}{a} [-] \quad (70)$$

kde	s	je teplotní součinitel v –,
	a	poměrný tepelný výkon pro vytápění ve –,
	b	teplotní součinitel v –.

Doba vybíjení zásobníku:

$$\tau_v = \tau_{nj} \cdot q_z \cdot s \text{ [h]} \quad (71)$$

kde	τ_v	je doba vybíjení zásobníku v h,
	s	teplotní součinitel v –,
	τ_{nj}	výpočtová doba nabíjení zásobníku v h,
	q_z	poměrný výkon pro nabíjení zásobníku v –.

5.1.8 Zabezpečovací zařízení vodních tepelných soustav

Každý zdroj tepla musí být vybaven neuzavíratelně připojeným pojistným zařízením. Každá tepelná soustava musí být vybavena expanzním zařízením, které zpracuje změny objemu vody v soustavě, a to bez nedovoleného zvýšení přetlaku a bez zbytečných ztrát oběhové vody. Pojistné a expanzní zařízení musí být chráněno proti zamrznutí. Pokud pojistnému potrubí s nádobou hrozí zamrznutí, musí být do pojistného místa osazen i pojistný ventil. U soustav vertikálně rozdělených na více pásem z důvodů tlakové odolnosti použitých prvků, musí být každé pásmo vybaveno samostatným expanzním zařízením.[36 s. 138-145]

5.1.8.1 Pojistné zařízení

Pojistné zařízení musí být připojeno na zdroj tepla v pojistném místě. Dále musí být do pojistného místa osazen teploměr a tlakoměr, snímač teploty, případně snímač přetlaku a nedostatku vody. V pojistném místě nesmí být uzavírací armatura a zúžení potrubí. Na pojistném potrubí zdroje tepla mohou být osazeny pouze takové armatury, které za všech provozních stavů dovolují spojení zdroje tepla s pojistným zařízením či s atmosférou (na př. zpětné či střídací armatury), a které mají DN stejný jako je DN pojistného potrubí. Průměr společného potrubí musí být stanoven tak, aby pojistné potrubí přeneslo výkon daný součtem výkonů všech zdrojů tepla. [36 s. 138-145]

Výpočet pojistného zařízení vychází ze základního předpokladu, že pojistné zařízení musí spolehlivě a bezpečně odvést ze zdroje tepla pojistný výkon. Pojistný výkon je dán:

Pro výměník tepla:

$$Q_p = 2 \cdot Q_n \text{ [kW]} \quad (72)$$

kde	Q_p	je pojistný výkon v kW,
	Q_n	jmenovitý výkon zdroje tepla v kW.

Pro ostatní zdroje tepla:

$$Q_p = Q_n \text{ [kW]} \quad (73)$$

kde Q_p je pojistný výkon v kW,
 Q_n jmenovitý výkon zdroje tepla v kW.

Pojistný průtok:

Pro vodu:

$$m_p = Q_p \text{ [kg/h]} \quad (74)$$

kde Q_p je pojistný výkon v kW,
 m_p pojistný průtok v kg/h.

Pro páru:

$$m_p = 10^3 \cdot \frac{Q_p}{r} \text{ [kg/h]} \quad (75)$$

kde m_p je pojistný průtok v kg/h,
 Q_p pojistný výkon v kW,
 r výparné teplo při otevíracím přetlaku pojistného ventilu
v Wh/Kg.

Pro výpočet a umístění pojistných ventilů platí ČSN 13 4309. Průřez sedla pojistného ventilu se stanoví ze vztahů: [36 st.138-145]

Pro vodu:

$$S_0 = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_{ot}}} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (76)$$

kde S_0 je průřez sedla pojistného ventilu v mm²,
 Q_p pojistný výkon v kW,
 α_v výtokový součinitel pojistného ventilu,
 p_{ot} otevírací přetlak pojistného ventilu v kPa.

Pro páru:

$$S_0 = \frac{Q_p}{\alpha_v \cdot K} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (77)$$

kde S_0 je průřez sedla pojistného ventilu v mm²,

K	konstanta závislá na stavu syté vodní páry při p_{ot} v kW/mm ² ,
Q_p	pojistný výkon v kW,
α_v	výtokový součinitel pojistného ventilu.

Pro redukční vodní zařízení:

$$S_0 = 20 \cdot k_{v \max} \cdot \frac{\sqrt{\frac{p_0}{p_1} - 1}}{\alpha_v} [mm^2] \quad (78)$$

kde	S_0	je průřez sedla pojistného ventilu v mm ² ,
	$k_{v \max}$	jmenovitý průtok redukčním ventilem při plném otevření v m ³ /h,
	p_0	výpočtový přetlak před redukčním zařízením v kPa,
	p_1	výpočtový přetlak za redukčním zařízením v kPa,
	α_v	výtokový součinitel pojistného ventilu.

Pro pojistná zařízení mohou být použity pouze typy pojistných ventilů, které prošly typovou zkouškou, a které mají potřebné parametry uvedeny v průvodním listě. [36 st.138-145]

Vnitřní průměr pojistných potrubí (mm) se stanoví ze vztahů:

Pro případ, že se potrubím odvádí voda:

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} [mm^2] \quad (79)$$

kde	d_v	je vnitřní průměr pojistného potrubí v mm,
	Q_p	pojistný výkon v kW.

Pro případ, že se potrubím odvádí pára, resp. Směs

$$d_p = 15 \cdot 1,4 \cdot \sqrt{Q_p} [mm^2] \quad (80)$$

kde	d_p	je vnitřní průměr pojistného potrubí v mm,
	Q_p	pojistný výkon v kW.

5.1.8.2 Ochrana proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku

Ochrana zdroje tepla, případně soustavy, proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku musí být navržena tak, aby odvedla množství teplotnosné látky, které by vzniklo provozem zdroje tepla bez odběru tepla, případně při dopouštění vody do soustavy. Může být provedena buď hydrostaticky, tj. sloupcem vody v pojistném potrubí zakončeném nádobou, nebo

pojistným ventilem. Je dovoleno oba způsoby kombinovat, zejména v těch případech, kdy hrozí nebezpečí zamrznutí. Zdroje tepla se zařazují do čtyř skupin podle skupenství vody, které by odcházelo ze zdroje tepla a z pojistného zařízení v případě, že by zdroj pracoval bez odběru tepla. Dimenzování částí pojistného zařízení se provádí s ohledem na skupenství vody, které vstupuje a vystupuje z pojistného zařízení při uvedeném stavu.

Každý zdroj tepla musí být vybaven alespoň jedním pojistným ventilem chránícím soustavu proti překročení nejvyššího provozního přetlaku. Jestliže není zdroj tepla dodáván s pojistným ventilem, musí být instalován v zařízení co nejbližze zdroji tepla. Při použití více pojistných ventilů musí mít nejmenší ventil kapacitu nejméně 40 % z celkového pojistného výkonu. Pojistný ventil musí být navržen na celkový přetlak vzniklý v zařízení nebo jeho části. Dále musí: [36 s. 138-145]

- být v souladu s požadavky pro EN 1268-1, s nejmenším rozměrem DN 15,
- otevřít při přetlaku nepřesahujícím nejvyšší návrhový přetlak soustavy a být navržen tak, aby nejvyšší provozní přetlak nebyl překročen o více než 10 %,
- být namontován tak, aby tlaková ztráta v přívodním potrubí nepřekročila 3 % a tlaková ztráta ve výfukovém potrubí byla nižší než 10 % nastaveného přetlaku pojistného ventilu.

U pojistného potrubí za pojistným ventilem nesmí být zmenšován vnitřní průměr. Pojistné ventily musí být umístěny v přístupném místě a to buď na zdroji tepla, nebo v jeho těsné blízkosti na výstupním potrubí ze zdroje tepla. Vhodnou montáží je nutno zajistit odvod uvolněné teplonosné látky pojistným ventilem bezpečně pro okolí, přičemž voda by měla být v bezpečné vzdálenosti svedena trubkou pojistného ventilu do odvodnění. [36 s. 138-145]

Existují-li další zdroje tepla zásobující soustavu, např. sluneční okruhy, musí se uplatnit jejich zvláštní požadavky na bezpečnost. Jestliže provozní přetlak v soustavě překročí daný mezní přetlak, nebo v případě přerušení dodávky pomocné energie, omezovač přetlaku musí uzavřít dodávku paliva nebo tepla a nesmí umožnit automatické obnovení provozu. Tlakový omezovač musí být tak nastaven tak, aby byl uveden do činnosti dříve než pojistné ventily. Soustavy zásobované z výměníků tepla nemusí mít omezovače přetlaku. [36 s. 138-145]

5.1.8.3 Ochrana proti překročení dovolené teploty

Ochrana zdroje tepla a soustavy proti překročení dovolené teploty musí pracovat tak, aby při překročení dovolené teploty byla automaticky odstavena dodávka energie do zdroje tepla. Aby nebyla překročena dovolená teplota vody, musí být: [36 s. 138-145]

- u výměníků tepla a ohříváčů vody nepřímo vytápěných parou o přetlaku vyšším než 70 kPa nebo horkou vodou a u směšovacích zařízení instalováno automatické omezovací zařízení (kromě regulace teploty), které prostřednictvím uzávěru na přívodním potrubí ohřívací látky uzavře při překročení dovolené teploty další přívod tepla; zařízení musí být navrženo tak, aby uzavřelo i při výpadku elektrické energie; uzávěr může být společný pro celou předávací stanici,
- u vodních kotlů na pevná paliva instalováno automatické omezovací zařízení, které při překročení dovolené teploty samočinně vypne pohon roštů a vzduchových i spalínových ventilátorů,
- u ostatních kotlů instalováno automatické omezovací zařízení, které při překročení dovolené teploty přeruší přívod paliva nebo energie.

Nastavení dovolené teploty musí být snadno kontrolovatelné a musí být zajištěno proti snadnému přestavení. Dovolená teplota musí být vyznačena červenou ryskou na teploměrech. Uzávěr může být na každém zdroji tepla nebo může být společný pro celou stanici. [36 s. 138-145]

Vodní kotle na pevná paliva s ruční obsluhou a s oběhovými čerpadly musí mít tato čerpadla osazena na zpátečce a musí být vybaveny dusívkou napojenou na regulátor tahu nebo zařízením, které odstaví umělý přívod spalovacího vzduchu. Pro případ výpadku oběhového čerpadla musí být vybaveny zařízením, které je schopno chladit kotel odparem vody do páry po dobu alespoň 3 hodin. Je-li obsluha přítomna v kotelně trvale, postačí chlazení kotle po dobu 0,5 hodiny. U soustav s nuceným oběhem a s expanzním zařízením pracujícím na principu hydrostatického tlaku, se pro chlazení kotlů kromě jejich objemu může využít také vodní objem těchto částí soustavy: [36 s. 138-145]

- části, která je od výstupního hrdla kotle výše než 8 m,
- části, která je nad výstupním hrdlem kotle a je na nejvyšším místě vybavena přivzdušněním o průtoku, který je nejméně roven chladicímu přítoku.

Zařízení pro chlazení kotle musí dodávat do kotle přítok vody ve výši alespoň:

$$m_{chl} = 1,5 \cdot Q_n \text{ [kg/h]} \quad (81)$$

kde m_{chl} je přítok vody v kg/h,
 Q_n jmenovitý výkon kotle v kW.

Objem vody:

$$V_{chl} = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot Q_n \text{ [m}^3\text{]} \quad (82)$$

kde V_{chl} je objem vody chladicího zařízení v m³,
 Q_n jmenovitý výkon kotle v kW.

5.1.8.4 Expanzní zařízení

Expanzní zařízení se rozdělují podle zdroje přetlaku, kterým může být:

- hydrostatický tlak (svislé potrubí s nádobou),
- expanzní čerpadlo s expanzní (přepouštěcí) armaturou,
- přetlak plynového nebo parního polštáře působícího buď přímo na vodní hladinu soustavy nebo přes membránu či vak s konstantním či proměnným množstvím plynu. [41],[42],[36 s. 138-145]

Tlakové expanzní nádoby se vzduchovým polštářem bez membrány či vaku se nedoporučují. Oběhovou vodu o vyšším přetlaku, např. z primárního okruhu (PO), nelze použít pro udržování přetlaku v sekundárním okruhu (SO), neboť při přepouštění z PO do SO a dále ze SO do odpadu dochází ke ztrátě vody. Primární vodu lze použít pro doplňování (krytí drobných úbytků vody) do SO s expanzním zařízením. U tlakových expanzních nádob s membránou či s vakem a s děrovaným opěrným dnem, u kterých je vodní objem omezen hodnotou V_v , se musí ještě zkontrolovat, zda expanzní objem $V_e \leq V_v$. Expanzní zařízení může být napojeno na libovolnou část soustavy. Expanzní zařízení může být využito i jako zařízení pojistné, pokud toto zařízení bude navrženo podle ustanovení pro pojistná zařízení. Přepadové potrubí otevřené expanzní nádoby musí být svedeno na kontrolované místo a musí mít průměr nejméně takový, jako má: [41],[42],[36 s. 138-145]

- pojistné potrubí, pokud je do nádoby zavedeno,
- expanzní potrubí, pokud nádoba není součástí pojistného zařízení.

Při použití expanzního čerpadla s tlakovým přínosem větším než je nejvyšší dovolený přetlak, musí být v expanzním bodě osazen pojistný ventil, dimenzovaný na výkon expanzního čerpadla a tlakoměr s vyznačením provozních přetlaků. [41],[42],[36 st.138-145]

Expanzní objem nádrže:

$$V_e = \frac{1,3 \cdot V_0 \cdot n}{\eta} [m^3] \quad (83)$$

kde	V_e	je expanzní objem v m^3 ,
	V_0	objem vody v soustavě ve studeném stavu v m^3 ,
	n	součinitel zvětšení objemu viz tabulka (12),
	η	stupeň využití expanzní nádoby.

Nejnižší přetlak soustavy - přetlak, při kterém je zajištěno plné zavodnění soustavy a je zamezeno odpařování vody ve všech místech soustavy, za všech pracovních stavů:

$$p_{d,dov} = (1,1 \text{ až } 1,3) \cdot \frac{h \cdot \rho_v \cdot g}{1000} [kPa] \quad (84)$$

kde	p_{ddov}	je nejnižší dovolený přetlak v kPa,
	h_s	výška nejvyššího bodu soustavy k manometrické rovině v m,
	h	rezerva výšky vodního sloupce v m (viz. Obr. 13),
	ρ_v	hustota vody v kg/m^3 ,
	g	zemské zrychlení v m/s.

Nejnižší pracovní přetlak soustavy:

$$p_d - \text{volíme tak, aby } p_d > p_{d,dov} [kPa] \quad (85)$$

kde	p_d	je nejnižší pracovní přetlak soustavy v kPa,
	p_{ddov}	nejnižší dovolený přetlak v kPa (viz rovnice 84).

Pokud se výpočet týká nástřešní kotelny, kde nemáme zajištění přetlak vodního sloupce, zadejte hodnotu nejnižšího pracovního přetlaku v rozmezí 30 až 80 kPa [41],[42],[36 st. 138-145]

Maximální pracovní přetlak $p_{h,dov}$ -otevírací přetlak pojistného ventilu

$$p_{h,dov} - \text{volíme tak, aby } p_k > p_{h,dov} [kPa] \quad (86)$$

kde	$p_{h,dov}$	je maximální pracovní přetlak v kPa,
	p_k	maximální konstrukční přetlak v kPa (viz rovnice 87).

Maximální konstrukční přetlak:

$$p_k = p_{rx} + (g \cdot h_{MR}) [kPa] \quad (87)$$

kde	p_k	je maximální konstrukční přetlak v kPa,
	p_{rx}	minimum z konstrukčních přetlaků jednotlivých komponentů otopné soustavy v kPa,
	g	zemské zrychlení v m/s,
	h_{MR}	je výška od paty kotle po pojistný ventil v m.

Stupeň využití expanzní nádoby:

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}} [-] \quad (88)$$

kde	η	je stupeň využití expanzní nádoby v –,
	$p_{h,dov,A}$	nejvyšší dovolený absolutní tlak ($p_{h,dov,A} = p_{h,dov} + p_B$) v kPa,
	p_B	barometrický tlak v kPa,
	$p_{d,A}$	hydrostatický absolutní tlak ($p_{d,A} = p_d + p_B$) v kPa,
	p_d	nejnižší pracovní přetlak soustavy v kPa.

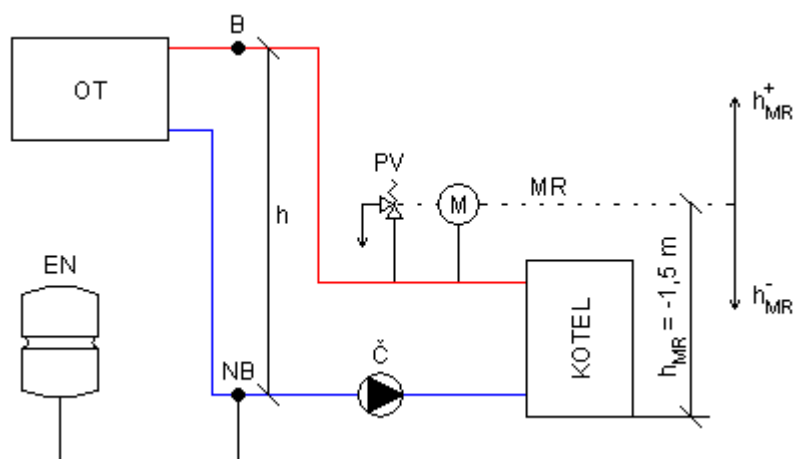
Vodní objem otopné soustavy - je součtem vodních objemů jednotlivých součástí otopné soustavy (kotel, potrubí, otopná tělesa, ostatní zařízení)

$$V = V_k + V_p + V_{OT} + V_{ost} [l] \quad (89)$$

kde	V	je vodní objem otopné soustavy v l,
	V_k	vodní objem kotle v l,
	V_p	vodní objem potrubních rozvodů v l,
	V_{OT}	vodní objem otopných těles v l,
	V_{ost}	vodní objem ostatních zařízení v otopné soustavě v l.

Tab. 12: Hodnoty součinitele zvětšení objemu

$\Delta t = t_{\max} - 10 [K]$	20	30	40	45	50	55	60	65	70
$n [-]$	0,00 401	0,0074 9	0,0116 9	0,0141 3	0,0167 2	0,0194 9	0,0224 3	0,0255 1	0,0286 3
$\Delta t = t_{\max} - 10 [K]$	75	80	85	90	95	100	105	110	115
$n [-]$	0,03 198	0,0355 3	0,0391 6	0,0431 3	0,0470 4	0,0511 2	0,0552 9	0,0599 1	0,0643 5



Obr. 13: Parametry pro výpočet expanzní nádrže

Průměr expanzního potrubí:

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} [mm] \quad (90)$$

kde d_v je průměr expanzního zařízení v mm,
 Q_p tepelný výkon zdroje tepla v kW.

Skutečný nejvyšší pracovní přetlak:

$$p_h = \frac{p_d \cdot V_l + 100 \cdot V_e}{V_l - V_e} [kPa] \quad (91)$$

kde p_h je skutečný pracovní přetlak v kPa,
 p_d nejnižší pracovní přetlak v kPa,

V_l	objem zvolené expanzní nádoby v l,
V_e	expanzní objem v l.

Expanzní objem:

$$V_e = 1,3 \cdot V \cdot n \text{ [l]} \quad (92)$$

kde	V_e	je expanzní objem nádoby v l,
	V	celkový objem vody v otopné soustavě v l,
	n	součinitel zvětšení objemu viz (Tab.12).

Provozní přetlak soustavy:

$$p_s = \frac{p_d + p_h}{2} \text{ [kPa]} \quad (93)$$

kde	p_s	je pracovní přetlak soustavy v kPa,
	p_h	skutečný pracovní přetlak v kPa,
	p_d	nejnižší pracovní přetlak v kPa.

5.1.9 Solární systém:

Dimenzováním solárních soustav se obecně rozumí určení plochy a počtu solárních kolektorů. Z plochy solárních kolektorů se pak odvíjí návrh dalších prvků solární soustavy, tj. dimenzí potrubí, objem expanzní nádoby, typ oběhového čerpadla, atd. [36 str. 114-122]

Solární soustavy je možné obecně rozdělit podle účelu:

- příprava teplé vody,
- kombinované soustavy pro vytápění a přípravu teplé vody,
- ohřev bazénové vody,
- průmyslové aplikace (technologie, procesní teplo),
- chlazení a klimatizace,
- sezónní akumulace tepla.

Plocha solárních kolektorů se určuje pro referenční denní období, ve kterém je požadováno pokrytí potřeby tepla solární soustavou. U solárních soustav se stanovuje denní potřeba tepla Q_p , denní dávka sluneční energie $H_{T,den}$ na 1 m² uvažované plochy kolektoru o určitém sklonu a orientaci, průměrná účinnost solárního kolektoru η_k během daného dne, denní měrný tepelný zisk q_k z 1 m² kolektoru pro pokrytí potřeby tepla a následně potřebná

plocha solárních kolektorů A_k . Hodnoty $H_{T,den}$, $H_{T,den,teor}$, $G_{T,stř}$ pro různé sklony a orientace uvažované plochy a různé oblasti je možné nalézt v tabulkách. [36 s. 114-122]

Skutečná denní dávka ozáření plochy je dána vztahem:

$$H_{T,den} = \tau_r \cdot H_{T,den,teor} + (1 - \tau_r) \cdot H_{T,den,dif} \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{den)]} \quad (94)$$

kde $H_{T,den}$ je skutečná denní dávka ozáření plochy v kWh/(m²·den),
 τ_r poměrná doba slunečního svitu,
 $H_{T,den,teor}$ hodnota energie přímého slunečního záření dopadlou během dne bez jakékoli oblačnosti na danou plochu v kWh/(m²·den),
 $H_{T,den,dif}$ denní dávka difúzního slunečního ozáření v kWh/(m²·den),.

Poměrná doba slunečního svitu τ_r (-) se určuje z dlouhodobých průměrů na základě skutečné doby slunečního svitu, tedy doby s přímým slunečním zářením. Měří se slunoměrem nebo dvojicí pyranometrů a vyhodnocuje se $\tau_r = \tau_{skut} / \tau_{teor}$. Skutečná doba slunečního svitu je závislá na ročním období s charakteristickou oblačností. V ČR se hodnoty τ_{skut} pohybují v rozmezí od 1700 do 2200 h/rok. Odpovídají zhruba roční době provozu solárních soustav. Měsíční hodnoty poměrné doby slunečního svitu τ_r jsou pro různá města ČR tabelovány. [36 str. 114-122]

Měrný tepelný zisk z kolektoru:

$$q_k = \eta_k \cdot H_{T,den} \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{den)]} \quad (95)$$

Kde q_k je denní tepelný zisk z kolektoru v kWh/(m²·den),
 η_k průměrná denní účinnost solárního kolektoru,
 $H_{T,den}$ skutečná denní dávka ozáření plochy v kWh/(m²·den).

Účinnost solárního kolektoru se stanoví z rovnice:

$$\eta_k = \eta_0 - a_1 \cdot \left(\frac{t_m - t_e}{G} \right) - a_2 \cdot \frac{(t_m - t_e)^2}{G} [-] \quad (96)$$

Kde η_k je účinnost solárního kolektoru,
 η_0 hodnota optické účinnosti,
 a_1 lineární součinitel tepelné ztráty v W/(m²·K),
 a_2 kvadratický součinitel tepelné ztráty v W/(m²·K),
 t_m střední teplota teplotonosné látky v kolektoru ve °C,
 t_e teplota vzduchu v okolí kolektoru ve °C,

G sluneční ozáření přední strany kolektoru.

Parametry solárního kolektoru, tzn. hodnotu optické účinnosti η_o (-), lineárního součinitele tepelné ztráty a_1 (W/(m² · K)) a kvadratického součinitele tepelné ztráty kolektoru a_2 (W/(m² · K)), by měl poskytnout výrobce nebo dodavatel kolektoru. [36 s. 114-122]

Plocha solárních kolektorů A_k (m²) se stanoví pro zvolené charakteristické období, ve kterém chceme zajistit pokrytí potřeby tepla Q_{pc} energetickým ziskem z kolektoru Q_k podle vztahu:

$$A_k = \frac{Q_{pc}}{q_k} = \frac{(1 + p) \cdot Q_p}{\eta_k \cdot H_{T,den}} [m^2] \quad (97)$$

Kde	A_k	je plocha solárních kolektorů v m ² ,
	Q_p	tepelný výkon zdroje tepla v kW,
	η_k	účinnost solárního kolektoru,
	$H_{T,den}$	skutečná denní dávka ozáření plochy v kWh/(m ² ·den).

Počet solárních kolektorů se stanoví prostým vydělením vypočtené celkové plochy plochou jednoho kolektoru a výsledek se zaokrouhlí na celé číslo. U malých soustav do 5 kolektorů, kdy zaokrouhlení může činit desítky procent celkové plochy, je nutné uvážit, zda zaokrouhlovat směrem nahoru, pokud máme zajištěno využití vzniklých přebytků, nebo směrem dolů. [36 s. 114-122]

5.2 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE

Elementární funkcí větrací techniky je zabezpečení výměny vzduchu v prostoru. Větrání uzavřených prostor je výměna vnitřního vzduchu za vnější (venkovní). Tato výměna může probíhat v pravidelných časových intervalech, nebo může probíhat i dlouhodobě po celou dobu provozu (trvalé větrání). Časový interval provozu větrání se řídí podle výskytu škodlivin tak, aby byly vždy dodrženy přijatelné úrovně.

Kvalita vnitřního vzduchu

Pro samotnou kvalitu vnitřního vzduchu neexistuje žádný ukazatel, jediná možnost zůstává ve sledování požadovaného průtoku větracího vzduchu nebo množství koncentrace CO₂.

Na kvalitu vnitřního vzduchu má velký vliv lidská činnost, jako přítomnost bioodpadu,

kouření, nadměrná koncentrace osob, ovšem v nemalé míře přispívají i stavební prvky budovy, jako je vybavení budovy a samotný systém techniky prostředí – HVAC (vytápění, větrání a klimatizace). Požadavek na větrání vychází ze zdravotních a komfortních kritérií stanovených normou ČSN EN 15251. Zdravotní požadavky jsou většinou dodrženy sníženou koncentrací zdrojů škodlivin, komfortní požadavky více souvisejí s vnímanou kvalitou vzduchu. [38],[39],[40]

Druhy zařízení:

- Zařízení větrací
- Zařízení klimatizační
- Zařízení účelové
- Zařízení pro odsávání plynů, par a prachu

5.2.1 Větrací zařízení

- Přirozené

uplatňuje se v provozech s přebytkem tepla, kde se spíše i z ekonomických hledisek upřednostňuje přirozené větrání před nuceným

- Nucené

vyvoláno mechanicky pomocí ventilátorů, řešíme přívod nebo odvod vzduchu

- Bez úpravy vzduchu
- S částečnou úpravou vzduchu
- S úplnou úpravou vzduchu
- Kombinované:

Kde výměna vzduchu se zajišťuje z části nuceným a z části přirozeným způsobem.

Přirozené větrání

Pohyb a výměnu vzduchu vyvolávají přirozené podněty rozdíl hustot vzduchu. Při běžném užívání budovy se vytvářejí tlakové rozdíly a tím i podmínky pro pohyb a výměnu vzduchu. U tohoto větrání není zapotřebí energie, z tohoto důvodu se jedná o nejekonomičtější druh větrání.

Rozlišujeme dva typy přirozeného větrání:

Přirozené větrání vyvolané gravitační silou,**Přirozené větrání vyvolané silou větru.**

Mezi druhy přirozeného větrání patří:

- **infiltrace** – do budovy čerstvý vzduch proniká spárami oken a dveří působením gravitační síly a větru. Jedná se o nekontrolovatelné, nežádoucí a co do intenzity nestálé větrání
- **aerace** – průtokem vzduchu větranými místnostmi zabezpečuje odvod škodlivin, nejčastěji se využívá v průmyslu, lze jej regulovat (např. v podlaze průmyslové haly je umístěn kanálek, kterým se přivádí čerstvý vzduch a pomocí střešního světlíku se vnitřní vzduch odvádí)
- **šachtové větrání** – používá komínový efekt, kdy je větrací otvor v místnosti zaústěn do speciální svislé šachty, kterou se vzduch odvádí nad střechu budovy, šachta je zakončena tzv. samotahovou hlavicí, která zvyšuje účinnost za větru (účinnost šachty při bezvětrí je velice nízká), nejčastěji se navrhuje u WC, koupelen a místností ve středu obytné budovy. [38],[39],[40]
- **větrání okny (provětrávání)** – běžný způsob větrání, není vhodné u průmyslových zón a městských zástaveb, jelikož se s neupraveným vzduchem přenáší i vnější hluk (v tomto případě je výhodnější nucené větrání), energeticky úsporné při dodržení hlavních zásad (větrat krátce, často a velkými otvory). [38],[39],[40]

Nucené větrání

K nucenému větrání je pro dopravu vzduchu zapotřebí mechanická práce ventilátoru poháněného elektromotorem, je tedy vždy zapotřebí elektrická energie, čímž se nucené větrání stává energeticky a ekonomicky nákladnější, než přirozené větrání. Vzduch je rozváděn do místností pomocí speciálního potrubí (vzduchovodu), pomocí ventilátoru pak lze překonat jeho hydraulický odpor (tlakové ztráty), který se zvětšuje s rozlehlostí větraného objektu a členitostí sítě vzduchovodů. Odpor vzduchovodů se zvětšuje také přidáním zařízení na úpravu vzduchu (zvlhčovačů, filtrů, výměníků tepla apod.). Podle využití prvků na úpravu vzduchu se nucené větrání dělí na:

- větrání bez úpravy vzduchu,
- větrání s částečnou úpravou vzduchu (teplovzdušné větrání)
- nucené větrání s kompletní úpravou vzduchu (klimatizace).

Nejčastější nucené větrání je takové, kdy nuceně přivádíme i odvádíme vzduch z místnosti. V tomto případě mohou nastat 3 případy větrání, ve kterých je důležitým prvkem vzniklý tlak v místnosti: [38],[39],[40]

- **rovnotlaké větrání** – množství přiváděného vzduchu je v rovnováze s odváděným vzduchem
- **přetlakové větrání** – do místností je přiváděno více vzduchu, než se odvádí použitého vzduchu z prostoru, kde je potřeba zabránit vniknutí neupraveného vzduchu do větrané místnosti ze sousedních prostorů (např. operační sály, výrobní elektronických součástek apod.) ventilátorem se do místnosti vhání čerstvý vzduch, znečištěný vzduch je pak přirozeně vytlačován pryč z místnosti díky netěsnostem spár oken a dveří, popř. vsazenými mřížkami, či přetlakovými klapkami.
- **podtlakové větrání** – z místnosti se odvádí více vzduchu, než se do ní přivádí využíváme u provozů, kde chceme zabránit úniku znečištěného vzduchu do okolních prostor (v průmyslových provozech, laboratořích pro práci s nebezpečnými látkami, kuchyních, jídelnách, sociálních zařízeních apod. ventilátorem se odvádí vzduch z místnosti, kde vlivem mírného podtlaku dochází opět za pomoci spár, speciálních otvorů či podtlakových klapek k nasávání vzduchu z okolního prostoru. [38],[39],[40]

5.2.2 Zařízení klimatizační

- Nízkotlaké:
(nízko rychlostní) které se navrhuje do vnitřních prostor nebo pro větší počet místností se stejnými požadovanými teplotami a relativními vlhkostmi a s přibližně stejnou tepelnou zátěží a tepelnými ztrátami. [38],[39],[40]
- Vysokotlaké:
(vysokorychlostní) používané pro budovy, ve kterých nelze zvládnout mikroklimatické podmínky jiným způsobem s ohledem na provedení stavby, nadměrným ziskům tepla z oslnění atd.
- Jednotkové:
Které se navrhuje tam, kde by bylo neekonomické použít ústředního zařízení.

Klimatizační zařízení jsou zařízení, která jsou určena pro nucené větrání a jsou schopna vykonávat základní psychometrické funkce (ohřev, chlazení, zvlhčování a odvlhčování). Jejich primárním úkolem je: [38],[39],[40]

- přivádět a odvádět vzduch z místnosti (snižovat tak obsah škodlivin v prostoru)
- odvádět teplo (snižovat tepelnou zátěž) a kompenzovat tepelné ztráty
- zabezpečovat vhodné mikroklima (jednak teplotní, ale i vlhkostní)
- udržovat v budově vyvážený tlak, aby nedocházelo k nežádoucí výměně vzduchu

Klimatizační zařízení jsou nejčastěji variabilně sestavené stavebnicové jednotky z několika dílů podle potřeby na úpravu klimatizovaného prostoru. Jako kompaktní celek pak mohou vykonávat požadované funkce. Z konstrukčního hlediska rozeznáváme klimatizační zařízení:

- **jednotkové (interiérové)** – kompaktní klimatizační zařízení, které může být vestavné, skříňové, parapetní, podstropní, okenní apod.
- **centrální (ústřední)** – pro větší budovy, umísťují se ve strojovnách, technických podlažích či na střeších

Centrální (ústřední) klimatizační zařízení

U tohoto klimatizačního zařízení probíhá úprava vzduchu centrálně z klimatizační jednotky a následně se rozvádí do jednotlivých místností již upravený vzduch. [38],[39],[40]

Komorové (zděné) klimatizační jednotky

Jedná se většinou o cihlově sestavené, případně betonové či plechové komory, jejichž stěny mají vestavěné prvky pro úpravu vzduchu. Jejich použití je výjimečné, uplatňují se hlavně u vyšších průtoků upravovaného vzduchu (více než 100 000 m³/h).

Kompaktní (blokové) klimatizační jednotky

Tyto jednotky jsou sestaveny z jednoho celku, ovšem mají omezené možnosti změny funkcí. Pro chlazení vzduchu je možné využít vodní chladič s přívodem chladicí vody nebo vypařovací chladič s přívodem chladiva z vlastní kompresorové chladicí jednotky. Ohřev vzduchu může probíhat pomocí elektrického, teplovodního nebo parního ohříváče. Vlhčení se provádí vodním nebo parním zvlhčovačem. Jednotky lze v každém případě ještě dovybavit filtračními částmi nebo výměníkem pro zpětné získávání tepla. [38],[39],[40]

Sestavné klimatizační jednotky

Jde o jednotky v centrálních strojovnách vzduchotechniky, které jsou složeny hlavně ze směšovací a filtrační komory, komory ohříváče a chladiče, rekuperační komory pro zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu, vlhčící komory s pračkou vzduchu či parním zvlhčovačem, ventilátorové komory. [38],[39],[40]

Jednotkové (interiérové) klimatizační zařízení

Jednotkové, nebo také interiérové či decentrální klimatizační zařízení jsou jednoduché kompaktní jednotky sestavené z funkčních celků podle toho, jakou od nich očekáváme funkci. Jsou to průmyslově vyráběné celky určené pro instalaci přímo do větraných prostorů. Jednotkové klimatizační jednotky mohou pracovat s oběhovým vzduchem nebo se směsí oběhového a čerstvého (vnějšího) vzduchu. Podle umístění v prostoru dělíme interiérové klimatizační zařízení na nástřešní, nástěnné (podstropní), skříňové (vertikální), podokenní (horizontální) a indukční. Interiérové klimatizační zařízení mohou být provedeny formou **mobilního zařízení** (mobilní klimatizační jednotka), které se umístí kamkoli do prostoru, nebo častěji v podobě **pevně umístěné jednotky** (v podhledu pod stropem, nad oknem, na stěně, ve speciální instalační skříni apod.), kde je nutné přivést kromě elektrické energie (kromě indukční klimatizace, která elektrickou energii nepotřebuje) také rozvody teplé i studené vody, popřípadě přípojku plynu (u speciálních výhřevných klimatizačních jednotek). Výhodou interiérových jednotek je jejich kompaktnost, možnost snadné regulace, nižší náklady na instalaci, možnost instalace přímo do řešených prostorů a především schopnost pracovat bez centrální strojovny VZT a také nenutnost vzduchových rozvodů. Nevýhodami jsou omezený výkon, menší variabilita distribuce vzduchu v místnosti a zvýšená hlučnost. [38],[39],[40]

- ***Indukční jednotky***

Jedná se o koncové prvky vysokotlakého klimatizačního zařízení, které se umísťují pod okenní parapety. [38],[39],[40]

- ***Ventilátorové (FCU) jednotky***

Ventilátorově – konvektorové jednotky (tzv. fancoil unit, FCU) pracují na principu nasátí vzduchu z místnosti, jeho upravení a následném vypuštění zpět do místnosti přes vodní výměník (konvektor). [38],[39],[40]

- ***Dělené (split) klimatizační jednotky***

Hlavním znakem dělených (split) jednotek je složení jednotky ze dvou či více částí, kdy vnitřní (kazetová, podstropní, nástěnná nebo parapetní) jednotka je umístěna uvnitř klimatizovaného prostoru a je spojena potrubím obsahující chladivo se samotnou venkovní jednotkou. Venkovní jednotka (umístěná vně budovy, nejčastěji na střeše, popř. na stěně budovy) obsahuje kompresor a kondenzátor. [38],[39],[40]

5.2.3 Zařízení účelová

Obsahují vzduchové sprchy, vzduchové clony, odmlžování, havarijní větrání, požární větrání apd.

Vzduchové sprchy se navrhují pro teplá a horká pracoviště ke snížení účinků sálavého tepla, případně k místní ochraně před škodlivinami.

Vzduchové clony se navrhují tam, kde je nutno oddělit jednu část větraného prostoru od druhého u hlediska hygienického, technologického nebo teplotních rozdílů. [38],[39],[40]

5.3 Části vzduchotechnických systémů

5.3.1 Ventilátory

Ventilátory tvoří základní prvek nuceného větrání. Obecně patří ventilátory mezi lopatkové stroje a jejich úkolem je doprava a stlačování tekutin. Jejich primárním úkolem v oblasti vzduchotechniky je překonávání tlakových ztrát, které vznikají ve vzduchovodech jednak díky samotné složitosti členění, ale také kvůli zařízením pro úpravu vzduchu, které do vzduchových systémů přidáváme. Pro větrací a klimatizační zařízení se volí velikost ventilátor a typ tak, aby pracoval v poli největší účinnosti a splňoval optimální podmínky s ohledem na požadovanou hlučnost zařízení. S ohledem na bezpečnost se doporučuje umístit ventilátory v uzavíratelných prostorách snadno přístupných obsluze.

Ventilátory dělíme podle různých kritérií, důležité je dělení podle směru průtoku vzduchu oběžným kolem: [38],[39],[40]

- **axiální** – vzduch proudí ve směru osy rotace oběžného kola
- **radiální** – pomocí lopatek ventilátoru se v axiálním směru (ve směru osy rotace oběžného kola) nasává vzduch, ten se pak vytlačuje ve směru kolmém na směr rotace
- **diagonální** – vzduch proudí do ventilátoru v axiálním směru, ovšem nevytláče se ve směru kolmém jako u radiálního ventilátoru, ale ve směru proudění oproti ose menším než 90°
- **diametrální** – směr proudění vzduchu leží v rovině kolmém na osu rotace, vzduch prochází kvůli urychlení lopatkovou mříží dvakrát

Podle dopravního tlaku dělíme ventilátory na:

- **nízkotlaké** – do 1 kPa

- **středotlaké** - 1 až 3 kPa
- **vysokotlaké** – nad 3 kPa

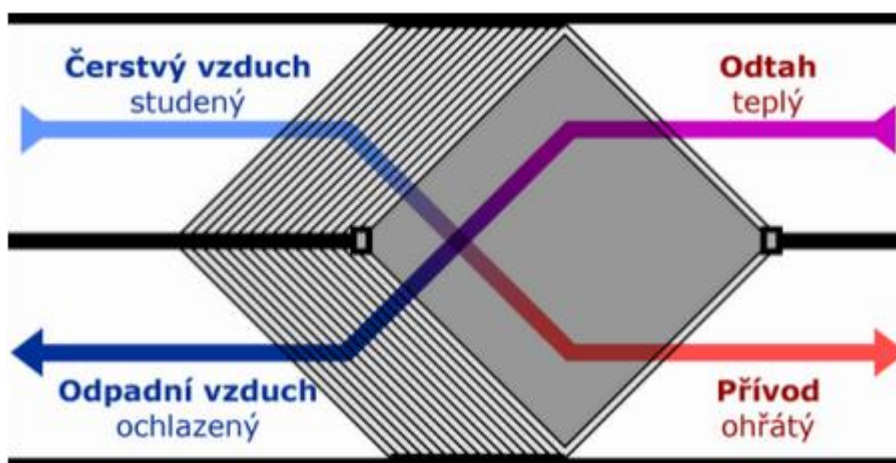
5.3.2 Výměníky tepla

Mezi výměníky tepla se řadí ohřívače a chladiče, které slouží na změnu teploty vzduchu. Výměník je zařízení, v němž teplejší vzduch odcházející z místnosti předá část své teploty čerstvému vzduchu přicházejícímu do místnosti. To vše se děje bez vzájemného promíšení obou tekutin v případě povrchových výměníků (rekuperační a regenerační), ale i se vzájemným mícháním obou tekutin – kontaktní výměník (směšovací). Mezi výměníky lze kromě ohřívačů a chladičů zařadit kondenzátory a výparníky. U chladičů a ohřívačů vzduchu se rozlišují tři základní druhy výměníků tepla: [38],[39],[40]

- **rekuperační** – přenos energie se uskutečňuje stěnou výměníku, která obě tekutiny odděluje
- **směšovací** – např. sprchové komory, zde nastává přenos tepla mezi tekutinami jejich bezprostředním stykem, teplosměnnou plochou (přenosovým povrchem) bývá např. povrch vodních kapek, které se odpařují v proudu vzduchu
- **regenerační (entalpické)** – tepelně-akumulační výplň výměníku je střídavě (v určitých časových intervalech) ve styku s ochlazovaným a ohříváním vzduchem

Podle toku tekutin rozlišujeme navíc tři druhy výměníků, a to:

- **souproudý** výměník – obě tekutiny proudí paralelně a souběžně
- **protiproudý** výměník – tekutiny proudí paralelně, ale míjejí se proti sobě
- **křížový** výměník – tekutiny se vzájemně setkávají v příčných směrech



Obr. 14: Deskový rekuperační výměník tepla

5.3.3 Vlhčící zařízení

Vlhčící zařízení zkvalitňují vnitřní prostředí (a tím i tepelnou pohodu) v klimatizovaném prostoru, ve kterém se vlivem vytápění vlhkostní podmínky zhoršují. Nejčastěji se setkáváme s vlhčením pomocí odpařovacích nádob na otopných tělesech, přitom tento způsob je zcela nevyhovující, a to jednak kvůli nízké účinnosti, ale i hygienickým požadavkům, neboť málokdo doplňuje a pravidelně nádobu na odpařování čistí. Z takového zařízení se pak stává líheň na bakterie a plísň. Při strojním vlhčení je důležité desinfikovat zvlhčený vzduch např. pomocí UV lampy, nebo speciálními filtry. Vzduch můžeme vlhčit pomocí tří základních způsobů: [38],[39],[40]

- **přímo ve větraném prostoru** (jednotkovými zvlhčovači nebo soustavou dýz) o nízké investiční i provozní náklady, lze přivést více vlhkosti než ústředním zařízením
- **v přívodních vzduchovodech** (kanálovými jednotkami) o všude tam, kde nelze umístit vlhčící zařízení přímo do větraného prostoru (kvůli konstrukčnímu omezení)
- **v klimatizačních jednotkách** (pomocí speciálních zvlhčovacích prostředků – vodní pračky, parní zvlhčovače) - vhodné pro centrální úpravu vzduchu ve větších budovách. [38],[39],[40]

Zvlhčovací zařízení:

- **Vodní zvlhčovače** – vlhčení vodou (adiabatický proces), několik druhů, např.:
 - o **hladinové** - mají nízký výkon, jsou závislé na rychlosti průtoku a teplotě vzduchu nad odpařovaným povrchem, teplotě samotné odpařované vody
 - o **kotoučové odpařovače** - s nasákavými kotouči, kde spodní část je namočená ve vodě a vrchní část vyčnívá do proudu vzduchu
 - o **deskové odpařovače** – využívají se u teplovzdušného vytápění, kde se z keramických odpařovacích desek zvlhčuje vzduch ve vzduchovodu
 - o **blánové (pračky vzduchu)** - zvlhčovače s nehybnými nebo naopak otáčivými vložkami (vlhkými filtry)
 - o **pneumatické rozstříkovače a rozprašovače** – sprchové komory, dýzy umísťují se většinou před vyústky přiváděného vzduchu, nebo také přímo do prostoru). [38],[39],[40]

- **Parní zvlhčovače** – vlhčení parou (izotermický proces), pára je přivedena většinou z centrálního zdroje (parní generátor) nebo vlastního zdroje páry, energeticky velmi náročné, jednoduchá regulace, prostorově nenáročné.
- **Ultrazvukové zvlhčovače**-ultrazvukové zvlhčovače vzduchu využívají působení ultrazvukového vysokofrekvenčního oscilátoru, který rozbíjí vodu na mikroskopické kapky a s pomocí ventilátoru je vytlačuje do vzduchu, kde se mění na vodní páru. [38],[39],[40]

5.3.4 Filtry

Filtrování atmosférického vzduchu patří mezi základní způsoby, jak udržet čistotu vnitřního ovzduší na žádané hodnotě. Vzduchové filtry jsou nepostradatelnou součástí odsávacích systémů v klimatizačních systémech, kde navrhujeme zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu rekuperací. Základ všech filtrů tvoří vláknitá filtrační vrstva, přes kterou vzduch prochází. [38],[39],[40]

U filtrů nás zajímá jeho **účinnost** (účinek odlučovacích schopností filtru na odlučování nečistot a příměsí ve vzduchu) a **tlaková ztráta** filtru (roste se zanášením filtru nečistotami, proto je důležité udržovat filtry neustále čisté). [38],[39],[40]

5.3.5 Vzduchotechnické potrubí (vzduchovody)

Vzduchovody tvoří členitou distribuční síť, na níž je ve velké míře závislá celá funkce větracího aklimatizačního zařízení. Slouží pro přívod a odvod vzduchu určeného k větrání nebo klimatizaci, a také k odvodu vnitřního vzduchu z místnosti. Spolu s koncovými elementy tvoří podstatnou část investičních nákladů. Důležité je správné projektování rozvodů a dimenzování jejich tlakových ztrát. Konstrukci vzduchovodů lze rozdělit také do dvou hlavních kategorií, a to: [38],[39],[40]

- **vnořené do konstrukce budovy** – zděné nebo betonové kanály jako součásti budov, větší rozměry, vnitřní stěny z hladké nedrobivé omítky, důležité dodržení technologických postupů (složitě se opravují), průřezný profil (minimálně 0,5x0,5 m)
- **oddělené od stavebních konstrukcí** – z pozinkovaného plechu (životnost 20 až 25 let), zavěšené na konstrukci budovy (pod stropy, na stěnách apod.). [38],[39],[40]
 - o **čtyřhranné** – lepší přizpůsobení stavbě
 - o **kulové** – při stejném průřezu má menší obvod, proto je spotřeba materiálu menší, méně se zanášejí, vyrábí se ze svitkového plechu SPIRO

U vzduchovodů je při návrhu potřeba dodržovat:

- **rychlost vzduchu v potrubí** – neměla by překročit 6 – 8 m/s, v odbočkách 3 - 5 m/s
- **dimenzování na stálý statický tlak v celém potrubí** – zabráníme další nutné regulaci
- **tepelnou izolaci** – zabrání změně teploty upraveného vzduchu a zamezí kondenzaci
- **spádování** – důležité pro odvod kondenzátu
- **ochranné nátěry** – zvyšují obranu proti korozi v agresivních podmínkách
- **správné vyztužení a uchycení** – zabraňuje přenášení vibrací a deformaci vzduchovodů

Nezbytné součásti vzduchovodů tvoří:

- **TVAROVÉ KUSY** – pro spojení vzduchovodů, způsobují změnu rychlosti proudění vzduchu, charakteristické jsou koeficientem místního odporu (důležité pro návrh takových ztrát). [38],[39],[40]
 - o **kolena, oblouky, rozbočky** – každé jsou specifické svým místním odporem
- **REGULAČNÍ PRVKY** – svou konstrukcí způsobují změnu průtoku vzduchu
 - o **regulační klapky** – otáčením listových klapek v potrubí se mění průtok vzduchu
 - o **škrticí klapky a clony** – představují regulovatelný místní odpor (lze tak regulovat celkový hydraulický odpor v části vzduchovodu)
 - o **expanzní komory** – součásti vysokotlakých rozvodů vzduchovodů, slouží ke snížení tlaku části vzduchovodu na požadovanou hodnotu
 - o **směšovací komory** – zde se míchá vzduch se dvěma rozdílnými teplotami na žádanou hodnotu
 - o **protipožární klapky** – montují se do vzduchovodů, které procházejí dvěma požárními úseky, primární funkcí je uzavřít přívod vzduchu
- **KONCOVÉ PRVKY** – zabezpečují správnou funkci větracích zařízení

Podle hlavní funkce, kterou plní, se dělí na dvě hlavní kategorie:

- **NASÁVACÍ A VÝFUKOVÉ PRVKY** – určené pro zakrytí nasávacích či výfukových otvorů. [38],[39],[40]
 - o **proti dešťové žaluzie** – chrání výfuk vzduchotechnického potrubí před nepříznivými klimatickými podmínkami na vnější straně budovy

o **výfukové hlavice a stříšky** – brání vnikání větru, deště a nečistot do vyústěného svislého potrubí na střeše



Obr. 15: Koncové prvky: proti dešťová žaluzie, výfukové hlavice

- **DISTRIBUČNÍ PRVKY** – určeny pro přívod nebo odvod vzduchu z / do větraného prostoru, zakončují potrubní síť, mají vliv na prostorové proudění vzduchu a na rozdělení teplot v místnosti (dokáží velice ovlivnit tepelnou pohodu). [38],[39],[40]
 - o **vyústky** – mají většinou přestavovatelné lamely, které zajišťují míchání vzduchu se vzduchem v prostoru, mají čtvercovou nebo kruhovou čelní desku, montáž je většinou do mezistropu nebo volně, netradičním řešením jsou **textilní vyústky** (montáž do barů, sportovních hal, restaurací, prodejen)
 - o **anemostaty** – sestaveny z rozšiřujících se prstenců nebo mřížek, které vytvářejí soustředné průduchy pro vzduch; vyfukovaný vzduch proudí všemi směry, většinou mají stavitelné lamely
 - o **štěrbiny** – využití pro komfortní větrání v prostorech s požadovanou velkou výměnou vzduchu (při malých rychlostech)
 - o **dýzy** – vhodné do prostor s velkou výškou (konferenční sály, haly, atria), výdej vzduchu je vysokorychlostní s menším objemovým průtokem (proto mají velký dosah proudu a nízkou hlučnost)
 - o **perforovaný strop** – doporučuje se do nízkých místností, malá rychlost vydaného vzduchu
 - o **talířové ventily** – pro přívod i odvod vzduchu, jsou připojeny na flexibilní potrubí, střední disk umožňuje vyšroubováním regulovat průtok vzduchu
 - o **dveřní mřížky** – průzorové či neprůzorové, montáž do dveří z místností, kde je tlakové větrání (účelem mřížky je vyrovnání tlaku v obou místnostech)

Rychlost proudění vzduchu u distribučních prvků, které jsou zavedeny do zóny s lidmi, by se měla pohybovat maximálně v rozmezí 0,35 až 0,5 m/s. Co se týče maximálních rychlos-

tí ve výústkách, tak u kin může dosahovat rychlost vzduchu z výústek 3 - 5 m/s, v obchodních domech a administrativních budovách je to 5 – 6 m/s, v průmyslových provozech je dovolená nejvyšší rychlost až 10 m/s. [38],[39],[40]



Obr. 16 : Distribuční prvky (výústka, anemostat, ventil, dýza, dveřní mřížka)

6 OBNOVITELNÉ ZDROJE

Obnovitelné zdroje energie jsou přírodní energetické zdroje, které mají schopnost částečné nebo úplné obnovy. Patří mezi ně především sluneční, větrná a vodní energie a biomasa. V některých částech světa lze využít také energii mořského přílivu nebo geotermální energii (energie pocházející z nitra Země). V našich podmínkách má největší potenciál biomasa, sluneční energie, vodní energie, větrná energie.

Sluneční energie

Slunce předává Zemi svou energii ve formě záření. Sluneční záření je základním obnovitelným zdrojem energie a většina energie ostatních obnovitelných zdrojů má svůj původ v energii Slunce. Solární energii lze pomocí solárních, resp. termických a fotovoltaických kolektorů přeměňovat na teplo nebo elektřinu. Sluneční záření využíváme i pasivními metodami bez použití technických zařízení (tzv. solární architektura).

Efektivní využití sluneční energie ovlivňují dva hlavní faktory: intenzita slunečního záření (v tuzemsku je průměrná intenzita slunečního záření 950–1 340 kWh na m² za rok) a doba slunečního záření (v ČR je to v průměru 1 300–1 800 hodin ročně).

Větrná energie

Větrná energie je formou sluneční energie. Vzniká při nerovnoměrném ohřívání Země, což způsobuje tlakové rozdíly v atmosféře, které se vyrovnávají prouděním vzduchu. Energie větru je v dnešní době využívána především k výrobě elektřiny. Existují dva základní druhy větrných elektráren: systémy dodávající elektřinu do rozvodné sítě (grid-on) a systémy nezávislé na rozvodné síti (grid-off).

Pro využívání větrné energie je nejdůležitější veličinou rychlost větru. Lokalita vhodná pro výstavbu větrné elektrárny by měla mít průměrnou rychlost větru minimálně cca 5 m/s. V České republice jsou pro výstavbu větrných elektráren vhodné horské lokality a podle propočtů by 3–4 % celkové roční spotřeby elektřiny mohly být pokryty elektřinou vyrobenou ve větrných elektrárnách.

Vodní energie

Vodní energie vzniká při koloběhu vody na Zemi působením sluneční energie a gravitační síly Země. Vodní energie je využívána pro výrobu elektřiny ve vodních elektrárnách. Pro výrobu elektřiny se využívá proudění vody (kinetická energie – rychlost a spád toku) a tlaku (potenciální energie – gravitace a výškový rozdíl hladin), popř. spolupůsobení těch-

to veličin. Vodní elektrárny jsou v tuzemsku v současnosti mezi obnovitelnými zdroji dominantním zdrojem elektřiny. Významný podíl na tom mají především velké zdroje na tzv. vltavské kaskádě (tři největší elektrárny – Orlik, Slapy a Lipno).

Energie biomasy

Biomasa je hmota organického původu (rostlinná i živočišná). Energie biomasy má původ ve slunečním záření, proto bývá řazena mezi obnovitelné zdroje energie. Pro energetické účely se využívá cíleně pěstovaná rostlinná biomasa (tzv. energetické plodiny) a odpady zemědělské, lesní, popř. potravinářské produkce.

Biomasa může být využita pro výrobu elektřiny a může sloužit k pohonu vozidel. Energii z biomasy lze získat chemickými, popř. bio-chemickými procesy. Základní technologií je spalování. Doplnují ho další technologie, jako jsou zplyňování, pyrolýza, zkapalňování, esterifikace, fermentace, lisování, kvašení aj.

Geotermální energie a energie prostředí

Geotermální energie je tepelnou energií jádra Země. Využívá se ve své základní formě pro vytápění nebo je v geotermálních elektrárnách transformována na energii elektrickou. Geotermální elektrárny fungují na principu suché páry (pára ze země pohání turbínu), mokré páry (voda je přeměněna na páru a ta pohání turbínu) a dále existuje horkovodní systém (zapojení výměníku – voda s nízkou teplotou předá teplo organické kapalině). Řada států využívá geotermální energii k různým účelům, v České republice se geotermální energie používá na vytápění a projekty geotermálních elektráren jsou ve fázi příprav.

Mezi obnovitelné zdroje energie je zvykem zařazovat i energii okolního prostředí (vzduch, voda, půda), kterou lze využívat pomocí tepelného čerpadla. Tepelná čerpadla mohou být součástí ústředního vytápění, teplovzdušného vytápění a klimatizace. Běžně tepelné čerpadlo spotřebuje třetinu až čtvrtinu energie, kterou do systému dodá, což je rozhodující faktor pro úsporný provoz.

6.1 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely využívají jako solární kolektory tepelné a světelné záření k výrobě elektrické energie. Fotony slunečního záření, dopadající na polovodičový přechod PN, svou energií vyřazují z krystalické mřížky elektrony, které se stávají volnými, a tak vzniká elektrický proud.

Fotovoltaický panel se skládá z fotovoltaických článků. Nejvíce rozšířené fotovoltaické panely v současnosti jsou křemíkové. Různým zpracováním křemíku lze vyrobit monokrystalické, polykrystalické a amorfni fotovoltaické články. Monokrystalický článek má tvar černého osmiúhelníku, polykrystalický článek je zbarven modře ve tvaru čtverce. V praxi se používají převážně monokrystalické a polykrystalické panely. Monokrystalické buňky mají větší účinnost než polykrystalické, ale využití plochy modulu není vzhledem k tvaru tak dokonalé. V konečném výsledku jsou oba typy modulů výkonově obdobné. Účinnost polykrystalických modulů je 12-15%. Účinnost monokrystalických modulů je 15-17%. Cena a životnost jsou stejné. Fotovoltaický panel je schopen vyrábět elektrickou energii i bez přímého osvětlení na základě difúzního záření, které je v ČR převládající. Monokrystal dává lepší výsledky při přímém osvětlení, polykrystal při dlouhodobějším difúzním záření, celkový roční úhrn vyrobené energie je srovnatelný s místními odchylkami v řádu procent. [50]

6.2 Návrh fotovoltaického zařízení

Po zjištění disponibilních rozměrů střechy a účinnosti panelu je možné stanovit přibližný instalovaný výkon.

$$P_{FV} = A \cdot \eta \text{ [kW]} \quad (98)$$

Kde	P_{FV}	je instalovaný výkon fotovoltaického zařízení v kW,
	A	využitelná plocha v m ² ,
	η	účinnost fotovoltaického panelu v -, %.

Po stanovení přibližného instalovaného výkonu je potřeba zjistit roční výtěžnost fotovoltaického systému.

$$E_{EL} = H_{solar} \cdot f_{sklon} \cdot P_{FV} \cdot PR \text{ [kWh} \cdot \text{rok]} \quad (99)$$

Kde	E_{EL}	je elektroenergetická výtěžnost v kWh/rok,
	H_{solar}	roční sluneční radiace v kWh/m ² ,
	f_{sklon}	energetický zisk při daném sklonu panelu,
	PR	performance ratio nalezneme v (46, s. 106-111).

Tab. 13: performance ratio fotovoltaiických systémů [46]

Charakteristika systému	Performance ratio
Výborné zařízení, nezastíněné, malé znečištění.	0,85
Dobré zařízení, odvětrávané, nezastíněné.	0,8
Průměrná úroveň zařízení.	0,75
Průměrná úroveň zařízení, vinou špatným odvětráním nebo zastíněním.	0,7
Špatná úroveň zařízení, větší ztráty způsobené zastíněním, znečištěním nebo výpadkem.	0,6
Velmi špatná zařízení s velkým zastíněním a poruchami.	0,5

7 KNX

KNX jako celek je inteligentní systém pro řízení a ovládání elektroinstalace. Systém je decentralizovaný což přináší výhody, kdy při výpadku jedné části zbytek systému pracuje dál. Pomocí sběrníkové technologie propojuje všechny prvky elektrické instalace, díky čemuž jsou schopny spolu přímo komunikovat a ve vzájemných vazbách kontrolovat chod všech technologií v budově.

KNX vznikla jako asociace a byla založena v roce 1999 jako sdružení tří evropských asociací zabývajících se inteligentními aplikacemi pro domy a budovy.

- BCI (Francie) – systém Batibus
- EIB Association (Belgie) – systém EIB
- European Home Systems Association (Nizozemí) – systém EHS

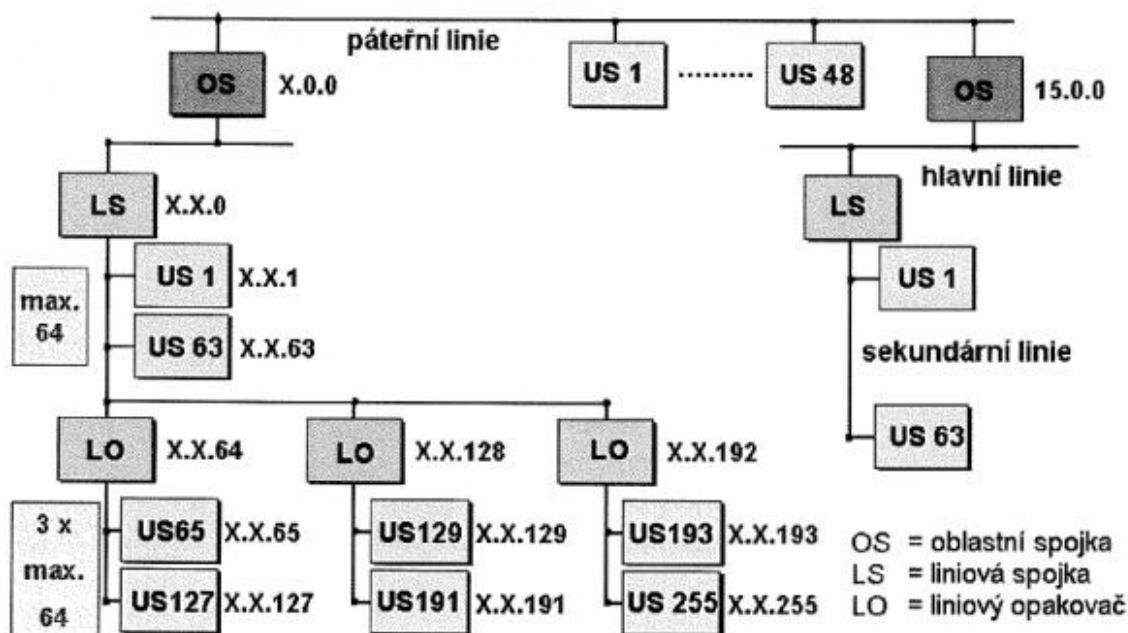
KNX asociace se zavázala poskytovat podporu zmíněným systémům po dobu nezbytně nutnou. Jelikož systém EIB je plně zpětně kompatibilní s KNX, může být většina přístrojů označena dvojím logem a to KNX i EIB. Koncem roku 2003 byl standard KNX odsouhlasen v CENELEC (European Committee of Electrotechnical Standardisation) jako evropská norma pro elektrotechnické systémy pro domy a budovy, jako součást řady norem EN 50090. V roce 2006 byla také odsouhlasena jako celosvětová norma ISO/IEC 14543-3. [47]

7.1 Topologie KNX

Aby si mohli jednotliví účastníci na sběrnici posílat informace, přiřadí se každému zařízení na sběrnici jedinečná adresa, která se nazývá individuální adresa. Tato adresa má tvar např. 1.1.1. První číslice symbolizuje oblast, druhá číslice linii a třetí samotné zařízení. Slouží také ke zjištění umístění na sběrnici. Účastník si vyměňuje informace s kterýmkoli jiným účastníkem pomocí datového telegramu. V datovém telegramu je obsažena skupinová adresa, která se přiřadí jednotlivým skupinovým objektům v zařízení. Každé zařízení může mít několik skupinových objektů, např. skupinový objekt pro spínání světla, skupinový objekt pro stmívání světla, skupinový objekt pro zpětné vazby apod. [48]

Základním seskupením přístrojů na sběrnici vzniká linie. Linie sestává maximálně ze 4 liniových segmentů s maximálně 64 přístroji. Každý segment musí být vybaven napájecím zdrojem. Skutečný počet účastníků závisí na výkonu napájecího zdroje a příkonu jednotli-

vých účastníků. V maximálně 15 oblastech může být připojeno více než 58 tisíc přístrojů. [48]



Obr. 17: Použití spojek v instalaci [48]

Pokud je instalace rozsáhlá, používají se speciální zařízení (spojky), které umožňují propojit jednotlivé části linie a tím zajistit bezproblémovou komunikaci. Tyto spojky propouští jen ty telegramy, které mají být poslány do připojené linie. Tím nedochází ke zbytečnému vytěžování sběrnice. Kdo určí telegramy, které se mají propustit? O to se uživatel nemusí starat, jelikož si to hlídá ETS software automaticky. Podle umístění spojky v topologii zapíše příslušné skupinové adresy do filtrační tabulky. [48]

- *Oblastní spojka – propojení páteřní linie s hlavní linií*
- *Liniová spojka – propojení hlavní linie se sekundární linií*
- *Liniový opakovač – používá se pro rozšíření o další liniový segment*

Oblastní a liniové spojky propouští pouze ty telegramy, které jsou určeny pro průchod, zatímco liniový opakovač propouští všechny telegramy oběma směry. Obsahuje-li instalace více linií, každá z těchto linií musí být vybavena napájecím zdrojem a tlumivkou. KNX je systém otevřený vůči jiným systémům. Přes vhodná rozhraní lze páteřní linii nebo jakoukoliv jinou linii připojit např. na internet.[48]

7.2 Přenosová média KNX

Jak bylo zmíněno, KNX využívá různá média k přenosu potřebných informací, povelů, hlášení apod. mezi jednotlivými komponenty systému.

- TP – twisted pair – kroucená dvojlinka. Klasické metalické vedení. Rychlost přenosu je 9,6 kb/s.
- PL – power line – síťové vedení. Přenos dat po rozvodech elektrické sítě. Rychlost přenosu standardizována na 1,2 kb/s nebo 2,4 kb/s.
- RF – radio frequency – rádiový přenos. Komunikace pomocí rádiového signálu na frekvenci 868 MHz (VKV). Maximální vysílací výkon je 25 mW a přenosová rychlostí je 16,384 kb/s.
- IP komunikace. Komunikace pomocí zaběhnutých standardů jako je Ethernet, Wi-Fi nebo Bluetooth. K přenosu je možné využít sítě LAN nebo Internet.

7.3 Komunikace v KNX

Data se přenášejí symetricky pomocí krouceného páru a vyhodnocují se jako rozdíl napětí mezi oběma vodiči. Vyzařované rušení působí v obou vodičích ve stejné polaritě a proto neovlivní rozdíl napětí signálu. [49]

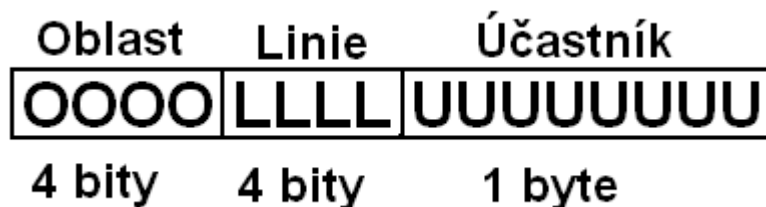
Kolize telegramů

Na každé sběrnici dochází ke kolizi a bude jen na protokolu, jak se s tím vypořádá. I KNX má na to svůj postup, to aby nedocházelo ke snížení průchodnosti dat. Tento postup se skrývá pod zkratkou CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Acces with Collision Avoidance). Tato zkratka řeší kolize dodržením jednoduchého pravidla. Sběrníkové přístroje naslouchají provozu na sběrnici. Pokud přístroj, který vysílá logickou „1“ a detekuje logickou „0“ okamžitě přeruší vysílání a odmlčí se na dobu, kdy detekuje konec přenosu telegramu a opět zkusí telegram odeslat. Tím se zajistí bezpečný přenos telegramu aspoň jednoho přístroje. [49]

Individuální adresa

Každé zařízení v instalaci má přiřazenu individuální adresu, která je v celé instalaci jedinečná. Pro přiřazení individuální adresy slouží programovací tlačítko, které je součástí každého zařízení. Po stisknutí tlačítka je přístroj uveden do stavu, kdy může přijmout individuální adresu. K tomuto úkonu nás vyzve ETS aplikace. Během tohoto stavu svítí pro-

gramovací LED dioda. Individuální adresa slouží hlavně při diagnostice, opravě chyb v instalaci nebo nahrání nového firmware. V běžném provozu instalace je individuální adresa bezvýznamná, protože se komunikuje pomocí skupinových adres. [49]



Obr. 18: Individuální adresa [49]

Skupinová adresa

Pomocí skupinových adres dochází ke komunikaci mezi funkčními bloky jednotlivých přístrojů. Jako příklad uvedeme funkční blok spínač v zařízení tlačítka a spínač v zařízení spínacího aktoru. Oba mají přiřazenu stejnou skupinovou adresu. Po sepnutí tlačítka se odešle telegram s příslušnou skupinovou adresou a s informací obsahující stav sepnuto. Spínací aktor vyhodnotí, že je telegram pro něj (díky stejné skupinové adrese) a provede sepnutí příslušného relé a tím rozsvítí světlo. Existují dvě struktury skupinové adresy, a to 2úrovňová nebo 3úrovňová. Strukturu je možné zvolit při zakládání projektu instalace v ETS. Většinou se volí 3úrovňová struktura kvůli lepší orientaci v projektu, ale není to pravidlo. Skupinová adresa 0/0/0 je určena pro tzv. celoplošná hlášení, (Broadcast) telegramy, které jsou určeny všem účastníkům instalace. [49]

Skupiny se mohou dělit, např.:

- **Hlavní skupina** – přízemí, 1. patro, 2. patro, sklep, garáž, ...
- **Střední skupina** – funkce (osvětlení, topení, zásuvky, ...)
- **Podskupina** – funkce zařízení nebo skupiny zařízení (kuchyň-světla zap/vyp, okna ložnice otevřeno/zavřeno, koupelna světlo zap/vyp atd.)

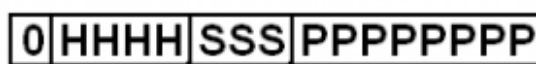
2 úrovňová



Hlavní skupina
4 bity: 0-15

Podskupina
11 bitů: 0-2047

3 úrovňová



Hlavní skupina
4 bity: 0-15

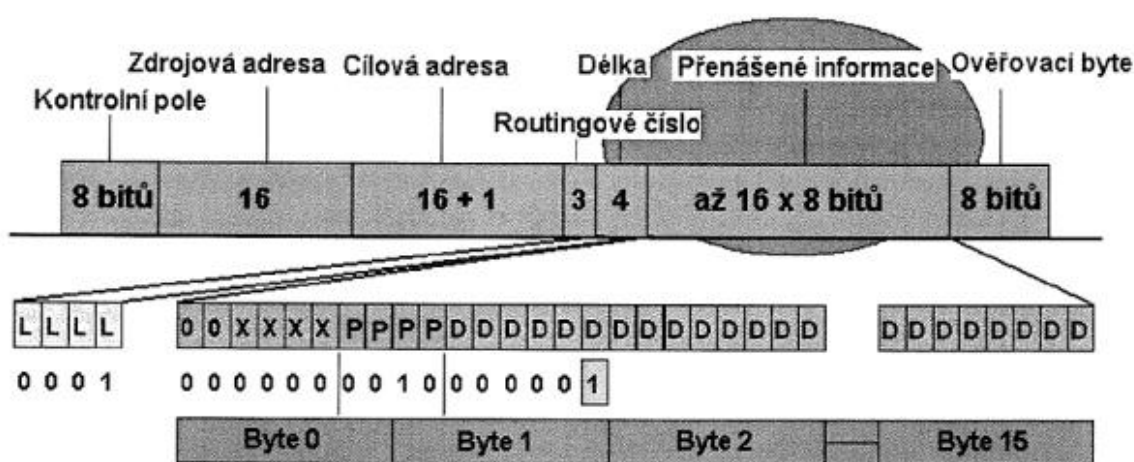
Střední skupina
3 bity: 0-7

Podskupina
8 bitů: 0-255

Obr. 19: Skupinová adresa [49]

Telegram

Základem každé komunikace je telegram. Nesmí chybět zdrojová a cílová adresa, délka telegramu, ověřovací a kontrolní pole a samozřejmě data. Pole vyhrazené pro data může obsahovat až 16 x 8 bitů. Toto pole je určeno pro datové typy, které jsou přesně specifikovány. Datový typ pro spínání, stmívání, topení atd. Speciální částí telegramu je routingové číslo. Toto číslo slouží k zamezení možného obíhání telegramu v nekonečném kruhu v instalaci. Hodnota tohoto čísla se sníží o 1 při každém přenosu telegramu přes liniovou spojku. Jakmile bude hodnota routingového čísla nulová, lze telegram stornovat. [49]



Přenášené informace jsou v uvedeném příkladě udány jako 1 bitový telegram

Legenda

P = Příkaz
D = Data (závisí na datovém typu DPT)
L = Potřebná délka dat (podle typu DPT)
X = hodnota není stanovena

Vybrané příkazy:

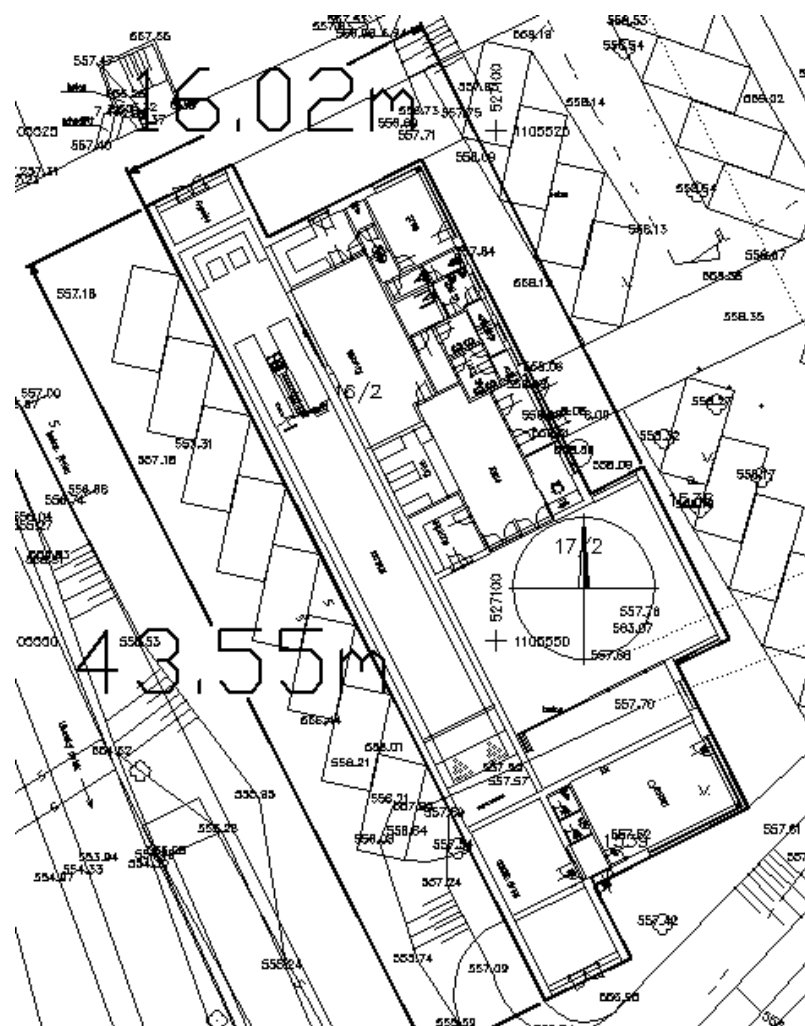
0000 Čist hodnotu
0001 Odpověď na hodnotu
0010 Odeslat (psát) hodnotu
1010 Zapsat do paměti

Obr. 20: Telegram v KNX [49]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 POPIS NAVRHOVANÉ BUDOVY

Pro svou diplomovou práci jsem zvolil objekt multifunkční budovy v obci Nerberčany u Moravského Berouna v Olomouckém kraji. Pro účely diplomové práce byly poskytnuty materiály projektantem. Samotná budova slouží pro více účelové využití jako je rekreace či pobavení. Jedná se o novostavbu situovanou Severo-Západně. Budova je ohraničena z jedné strany vodním tokem a z druhé strany silniční komunikací. Na obrázku (21) je znázorněna situace a hlavní rozměry budovy.



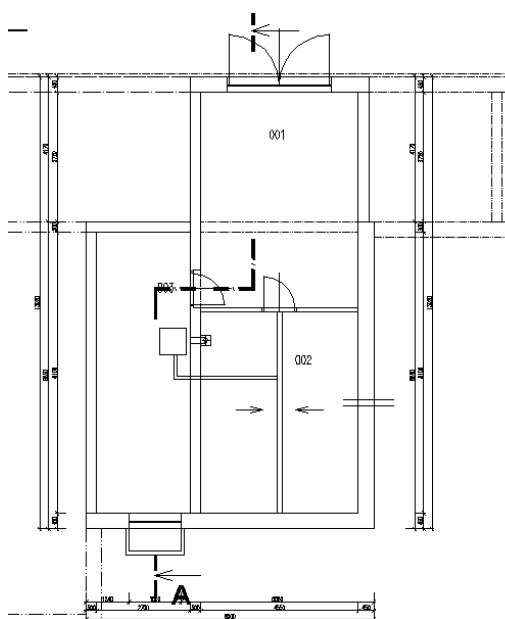
Obr. 21: Rozměry a situace budovy

V práci se budu zabývat systémem pro multifunkční budovu takovým způsobem, aby byla energeticky úsporná, moderní, komfortní a uživatelsky přívětivá a vykazovala dobré parametry pro pohodu pobytu.

Návrh se týká projekce otopné soustavy, vzduchotechniky, elektroinstalace, PZTS, komunikačního zařízení KNX a ekonomického řešení. Zahrnu možnost využití obnovitelných zdrojů energie, které se pro velkou plochu komplexu přímo nabízejí.

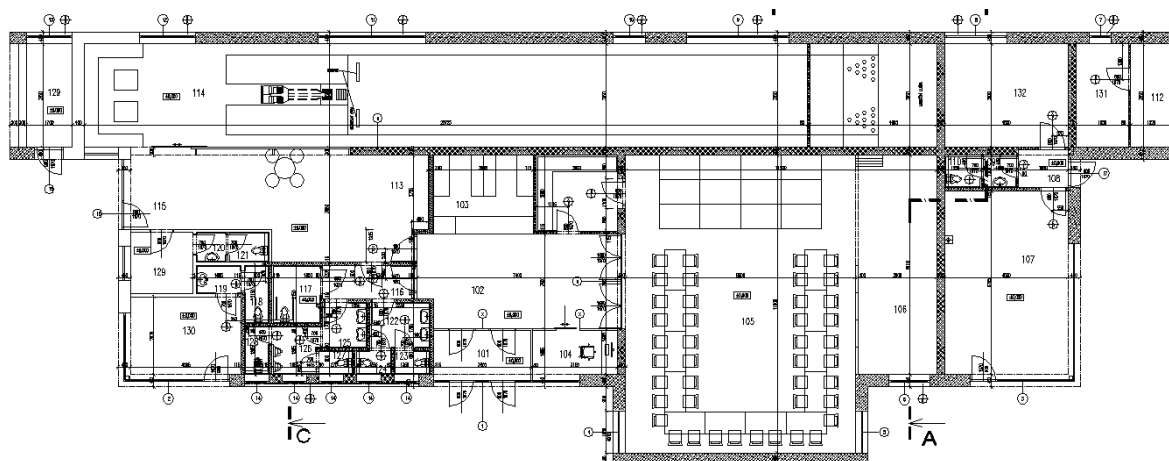
8.1 Konstrukční vlastnosti domu

Multifunkční budova se skládá ze dvou podlaží a to 1. podzemního podlaží a 1. nadzemního podlaží. V 1. podzemním podlaží je umístěno zázemí pro budovu, kde se nachází garáž, sklad a technická místnost. Tato technická místnost slouží k umístění součástí otopné soustavy a sklad k umístění paliva (pelety) jelikož je zvolen kotel na biomasu. 1.PP lze vidět na obrázku (22) a pro bližší seznámení také v elektronické příloze (Příloha 1-Multifunkční budova 1.PP).



Obr. 22: První podzemní podlaží

V 1. nadzemním podlaží multifunkční budovy se nachází pobytový prostor budovy rozložen na několik pomyslných bloků. První blok je obchod se skladem a sociálním zařízením. Druhým blokem je kulturní sál s potřebným zázemím, jako jsou šatna, kuchyňka, foyer, přísálí. Dále objekt obsahuje další pomyslný blok a to je provozovna holičství, kde nalezneme samotné holičství a s ním spojené sociální zařízení. Posledním blokem je kavárna, kde se kromě kavárny nachází i samostatné sociální zařízení jak pro hosty, tak pro zaměstnance a také sklad a bowlingová dráha. Znázornění prostoru nalezneme na obrázku (23) a podrobný náhled na prostor naleznete v elektronické příloze (Příloha 2-Multifunkční budova 1.NP). Kde je náčrt jednotlivých místností i s příslušnou dokumentací a popisem. Pro bližší seznámení s objektem v elektronických přílohách (Příloha 5-Pohled – A, Příloha 6-Pohled – B, Příloha 7-Pohled - C) nalezneme jednotlivé řezy budovou.



Obr. 23: První nadzemní podlaží

V budově se nachází velké množství prosklených částí a dveří. Což poměrně komplikuje stavební posouzení budovy. Celkový soupis všech místností a jejich velikostí nalezneme v příloze (Příloha P I: Seznam místností).

8.2 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky nalezneme v jednotlivých normách pro různá umístění v ČR a je třeba je zohlednit a brát v potaz pro výpočty jednotlivých parametrů budovy či při návrhu vnitřních systémů budovy. Hodnoty okrajových podmínek nalezneme v tabulce níže (Tab. 14)

Tab. 14 : Okrajové podmínky podle norem

Výpočtová venkovní teplota (ČSN 73 0540)	$\Theta_e [^{\circ}\text{C}]$	-17
Průměrná roční teplota v otopném období (ČSN 38 33 50)	$\Theta_{e,m} [^{\circ}\text{C}]$	3
Délka otopného období (ČSN 38 33 50)	d [den]	230
Oblast z intenzivním větrem (ČSN 73 0540)	-[-]	ANO
Vytápěný prostor	$-[\text{m}^2]$	529,6

9 PARAMETRY MULTIFUNKČNÍ BUDOVY

9.1 Součinitel prostupu tepla

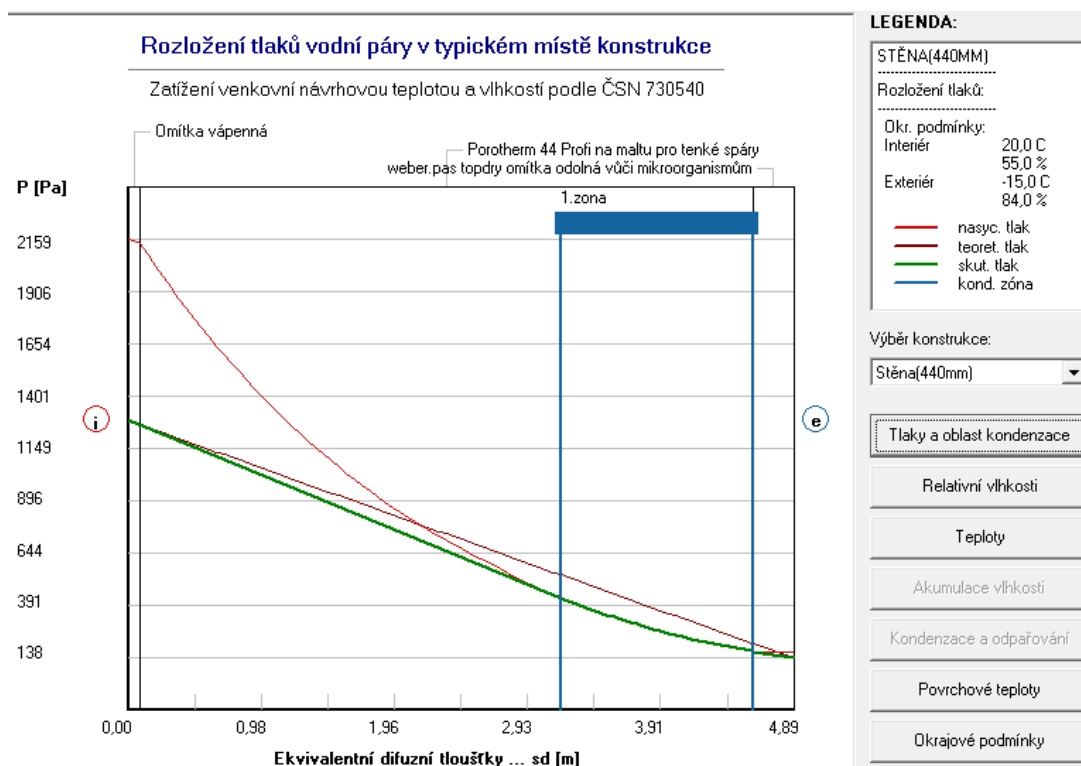
Součinitel prostupu tepla je důležitým kritériem pro posouzení parametrů budovy z různých hledisek. Součinitel je závislý především na skladbě obvodových zdí budovy. Ty musí být navrženy tak aby, nedocházelo ke kondenzaci vodních par v konstrukci a také aby splňovaly tepelně izolační vlastnosti, které popisuje norma ČSN 73 0540 – 2 [23].

Pro posouzení zdiva a samotné konstrukce multifunkční budovy byl použit software od firmy Svoboda software s názvem Stavební fyzika. V tomhle softwaru byla využita část Teplo, která posuzuje konstrukce budovy z hlediska součinitele prostupu tak i kondenzace vodních par.

Dokument se složením jednotlivých částí konstrukce (zdivo, strop, podlahy, okna, dveře) najdete v elektronické příloze (Příloha 3-Konstrukce budovy). Výsledek ze simulačního softwaru najdeme v příloze (Příloha P II: Součinitele prostupu tepla a množství zkondenzované a vypařené vodní páry v jednotlivých konstrukcích.). A také v elektronické příloze (Příloha 4-Komplexní stavební posouzení stavby). Z výsledku hodnocení vyplývá, že budova splňuje veškeré požadavky na tepelnou odolnost popsanou v kapitole (4.1.2) a požadované parametry uvedené v tabulce (7).

9.2 Kondenzace vodní páry

Roční množství zkondenzované vodní páry, která vzniká především působením lidské činnosti ale také technologiemi či venkovními vlivy musí být v obálce budovy nižší než roční množství vodní páry vypařené z konstrukce budovy. Nadměrná vlhkost v konstrukci způsobuje velké množství nežádoucích jevů, jako je zkrácení životnosti konstrukce či napomáhají vzniku plísní, které škodí zdraví. Kontrola byla provedena pomocí simulačního programu Stavební fyzika. Po vyhodnocení výsledků bylo zjištěno, že v konstrukci budovy sice dochází ke kondenzaci vodní páry, ale množství vypařené vodní páry v letním období vysoce přesahuje množství, které vzniklo v zimním období. Z toho vyplývá, že budova splnila požadavky pro kondenzaci vodní páry popsané v kapitole (4.2). Komplexní přehled nalezneme v příloze (Příloha P II: Součinitele prostupu tepla a množství zkondenzované a vypařené vodní páry v jednotlivých konstrukcích.).



Obr. 24: Průběh kondenzace vodní páry ve vnější nosné stěně.

Na obrázku výše (Obr: 24) můžeme vidět, že ve zkoumané části budovy vzniká kondenzace vodní páry (modrá 1.zona) a to spíše na vnější straně konstrukce na obrázku označeno (e) což je relativně dobře, jelikož zde je jednodušší odpařování v letním období. I když v konstrukci vzniká kondenzace vodní páry, programem je zjištěno, že přes letní období se stihne veškerá vlhkost odpařit. Přehled zjištěných výsledků naleznete v elektronické příloze (Příloha 4-Komplexní stavební posouzení stavby).

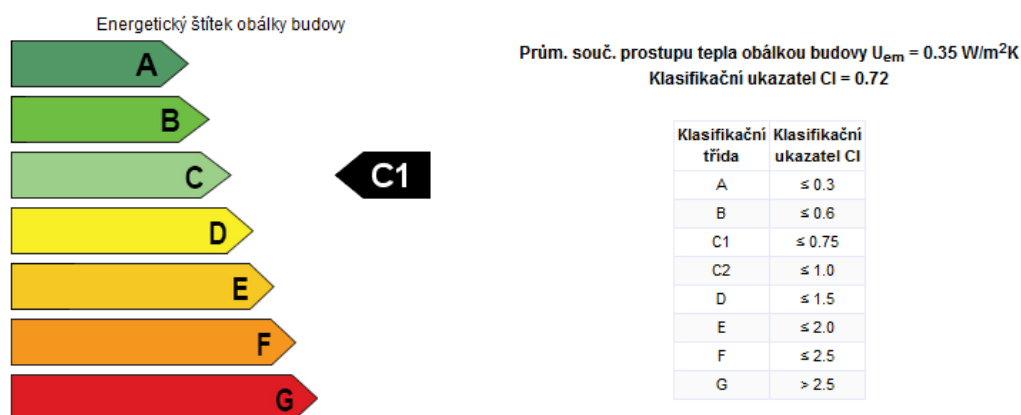
9.3 Tepelné ztráty

Dalším neméně důležitým parametrem budovy jsou tepelné ztráty. Které mají výrazný vliv na finanční prostředky na vytápění, či provoz budovy. Tyto ztráty určuje norma ČSN EN 12831, kde jsou uvedeny postupy výpočtů tepelných ztrát budovy viz. kapitola 4.4. Pro výpočet ztrát byl použit program TechCON který provádí výpočet ztrát pomocí namodelovaného objektu. Po dokončení modelace je potřeba do programu zadat jednotlivé stavební konstrukce (podlahy, stropy, jednotlivé zdi) a uvést u nich jednotlivé součinitele přestupu tepla, které byly dříve zjištěny pomocí programu Stavební fyzika a jeho protokolu. Ostatní konstrukce a jejich parametry potřebné k zhotovení modelu jako jsou (okna, dveře) byly zjištěny pomocí konstrukčního výkresu a jeho rejstříku a posléze potřebné parametry vyhledány v datových souborech na internetu přímo u výrobce. Po vložení a namodelování

budovy včetně vnitřních prostor byl proveden výpočet, pomocí kterého byly stanoveny celkové ztráty budovy na 24 641 W. Podle této hodnoty bylo potřeba provést návrh otopné soustavy pro celý objekt. Výsledné tepelné ztráty jednotlivých místností nalezneme v příloze (Příloha P III: tepelné ztráty v budově).

9.4 Energetický štítek obálky budovy

Při zkoumání jednotlivých stavebních konstrukcí domu musíme zvažovat i stavební otvory, jako jsou dveře, okna či případné tepelné mosty. Musíme zde zahrnout podlaha a strop, které uzavírají celkovou obálku budovy. Po dokončení samotné stavby budovy je konstrukce obálky podrobena testu na tepelné parametry a podle výsledků je budově udělen energetický štítek budovy. Ten ukazuje odolnost budovy proti ztrátě tepla do okolí. Pro samotné posouzení budovy lze využít normu ČSN 73 0540, kde můžeme posoudit hledisko energetické náročnosti. Dnešní projektované nebo rekonstruované domy mají povinnost splnit hodnocení dle kritérií normy nejhůře do třídy C s průměrným součinitelem prostupu tepla $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.



Obr. 25: Energetický štítek multifunkční budovy

Projektovaná multifunkční budova má průměrný součinitel prostupu obálkou budovy $U_{em}=0,35\text{W}/(\text{m}^2/\text{K})$ tedy splnila požadavek na maximální hodnotu $U_{em}=0,5\text{W}/(\text{m}^2/\text{K})$ a získala skupinu C1.

9.5 Stanovení tepelných zisků

Za pomoci softwaru Stavební fyzika a jeho části Stabilita byla zjištěna tepelná stabilita jak v zimním, tak v letním období. Z výsledků vyplývá, že v letním období není potřeba strojního chlazení- tedy teplota v budově nepřesáhla hodnotu 27°C kterou udává norma. I když

se v budově nachází poměrně velké prosklené části, tak chlazení v těchto místnostech není potřeba především díky situaci budovy na světové strany. Situaci budovy najdeme v elektronické příloze (Příloha 18-Situace). Z té vyplývá, že nejvíce je osvětlen prostor bowlingové dráhy, kde investor chlazení požaduje. Zbytek místností s velkými prosklenými plochami je přímému oslunění vystaven minimální dobu a to spíše v odpoledních hodinách.

10 NÁVRH SYSTÉMŮ TECHNIKY PROSTŘEDÍ

V následující kapitole se budeme zabývat tvorbou vhodného prostředí či mikroklimatu v budově. Které tvoříme pomocí otopné soustavy a vzduchotechniky. Pro vytápění byl zvolen kotel na biomasu, konkrétněji na pelety, což bylo zadáno i investorem stavby. Přípravu teplé vody zajišťuje jak kotel, tak solární systém pro ohřev teplé vody. Po budově je rozvedena vzduchotechnika, která je jako otopná soustava rozdělena na oddělené úseky pracující nezávisle na sobě. Vzduchotechnika slouží pro vytápění a odvětrávání objektu. V části budovy kde se nachází bowling, je navrženo strojní chlazení. Zařízení pro otopnou soustavu je umístěno v technické místnosti umístěné v 1. podzemním podlaží. Velké množství vzduchotechniky je vedeno a umístěno v podkroví, kde je dostatečný prostor. V podkroví jsou umístěny i samotné vzduchotechnické jednotky.

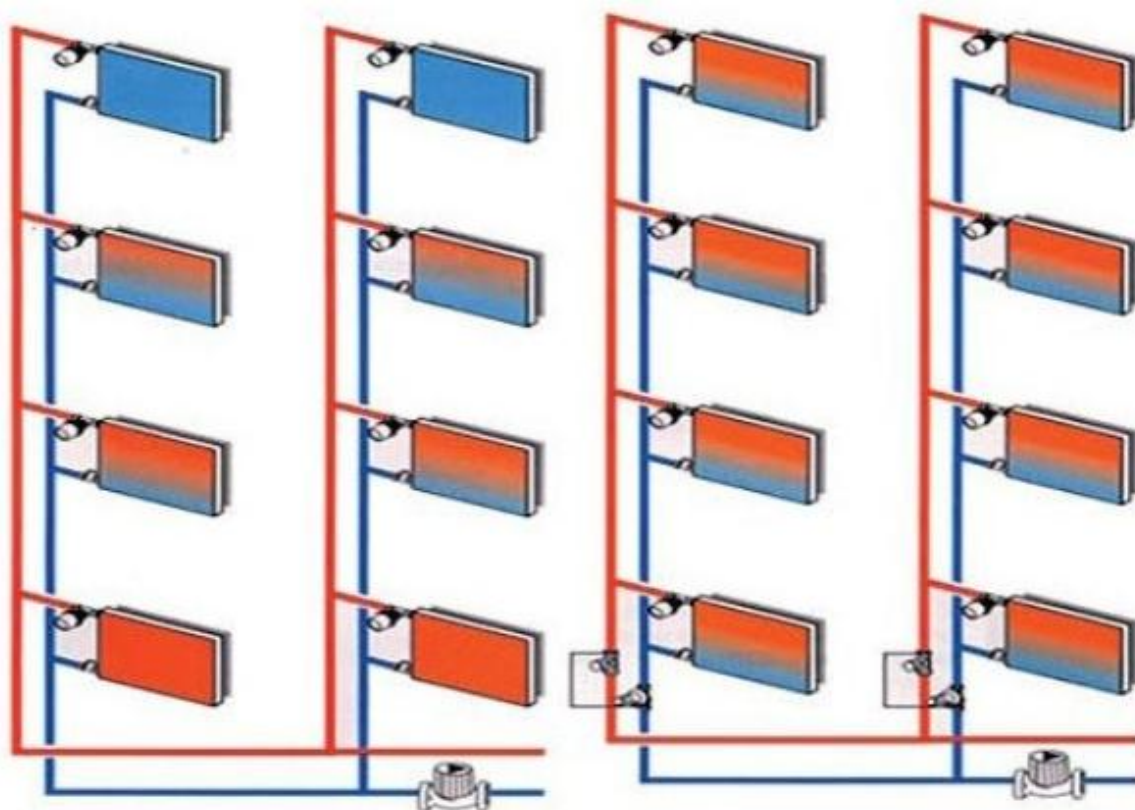
10.1 Otopná soustava

Při návrhu otopné soustavy bylo především dbáno na tepelnou pohodu v objektu a také na požadavky od investora. Základním prvkem soustavy je kombinovaný kotel na dřevo, uhlí a pelety, se zásobníkem na pelety 500l. Kotel je využíván pro vytápění objektu a přípravu teplé vody v kombinaci se solárním systémem. Otopná soustava je navržena jako teplovodní, dvoutrubková, s nuceným oběhem vody, s teplotním spádem 75/55°C. U kotle je zaveden kotlový okruh pomocí trojcestného ventilu tak, aby v kotli nevznikal škodlivý kondenzát vznikající při návratu studené vody do kotle zapříčiňující dřívější poškození kotle. Pro kotel byla navržena a spočítána akumulční nádrž podle kapitoly (5.1.7). především proto, že kotle na biomasu se špatně regulují. Akumulační nádrž byla zvolena 1500 litrů s integrovaným zásobníkem na teplou vodu o kapacitě 180 litrů. Pro soustavu byla vypočtena expanzní nádoba, která je umístěna v technické místnosti spolu s ostatním zařízením pro vytápění. Celá budova je rozdělena na čtyři oddělené části a to Obchod, Holíč, Obecní část, Kavárna. Pro každý okruh je zajištěno samostatné řízení prostředí. V technické místnosti jsou umístěny patřičné armatury pro možnost samostatné regulace a řízení. Jednotlivé části jsou opatřeny měřiči odebraného tepla, pro finanční rozdělení nákladů na vytápění.

10.1.1 Otopná tělesa

Pro systém otopných těles byla zvolena kombinace klasických otopných těles a konvektorů zabudovaných v podlaze a umístěných v blízkosti velkých prosklených ploch.

Jednotlivé umístění otopných těles je voleno podle zásad umisťování otopných těles, které je popsáno v kapitole 5.1.5 tedy pod okny a dispozičního řešení místností pro případ, kdy umístění pod oknem nebylo možné. Otopná tělesa byla vybrána od firmy Korado. Pro rozměrnost objektu je ukázka výkresu v elektronické příloze (Příloha 8-UT-otopná_tělesa). Návrh těles byl proveden podle tepelných ztrát v jednotlivých místnostech a podle velikosti okenních výplní pro zvolený teplotní spád. Jelikož byla, tělesa volena z výrobních řad jejich dimenzace byla navýšena tak, aby odpovídala nejbližší hodnotě tepelných ztrát jednotlivých místností. V prostorách s umyvadly a samostatných toalet v Příloze 8 číslo místností (122, 125) byly zvoleny trubkové okrasné radiátory pro možnost sušení ručníků či dalších věcí. Pro správně nastavení těles v jednotlivých okruzích bylo nutné provedení výpočtů ztrát podle kapitoly (5.1.6) aby bylo možné celý systém hydraulicky vyvážit.



Obr. 26: Vlevo hydraulicky nevyvážený systém / Vpravo hydraulicky vyvážený systém.

Vyvážení bylo docíleno pomocí základního nastavení termoregulační hlavice a regulačním šroubením, kdy hlavice je přímo zabudována v radiátorech s označením VK (ventil kompakt), které byly pro budovu zvoleny. V ostatních případech je třeba ventilovou vložku

dokoupit a namontovat. Naopak regulační šroubení je umístěno v místě připojení na rozvodní potrubí.

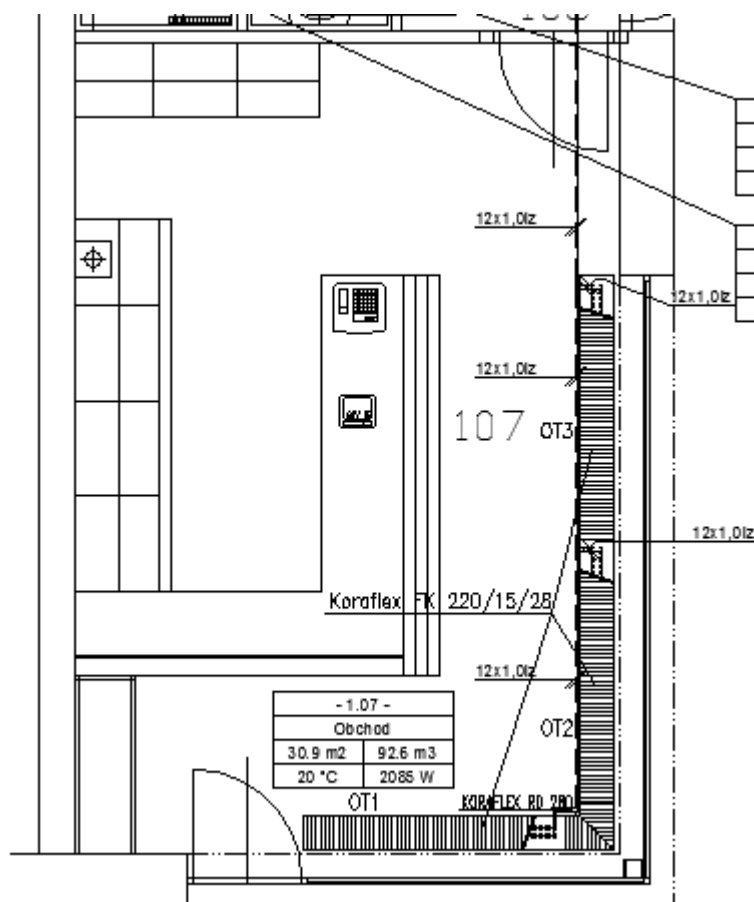
Po dokončení veškerých výpočtů tlakových ztrát bylo provedeno nastavení termoregulačních ventilů jednotlivých větví:

Okruh Obchod:

Tab. 15: Nastavení termoregulační hlavice a regulačního šroubení pro okruh obchodu

Otopné těleso	Tlaková ztráta Δp [Pa]	Doregulovat [Pa]	Nastavení TRH [stupeň hlavice]	Kv TRH [m ³ /h]	Nastavení RŠ [počet otáček šroubováku]	Kv RŠ [m ³ /h]
OT1	3738	0	6	0,98	9	1,35
OT2	3129	609	5	0,52	6	0,79
OT3	2965	773	5	0,51	5	0,6
OT4	1812	1926	2	0,118	2	0,2
OT5	1101	2637	1	0,032	2	0,2
OT6	1032	2706	3	0,23	2	0,2
OT7	1008	2730	2	0,12	5	0,79

Rozložení jednotlivých radiátorů v okruhu či průměry potrubí i jednotlivé druhy otopných těles najdete v příloze (Příloha P V: Otopná tělesa obchod) a teky v elektronické příloze (Příloha 9-UT-otopná_tělesa-Obchod.). Na obrázku (27) je zobrazena pouze část okruhu čítajícího místnosti 107,108,109,110,111,131. Bližší zobrazení nalezneme ve výše uvedených přílohách.



Obr. 27: Otopná soustava Obchod

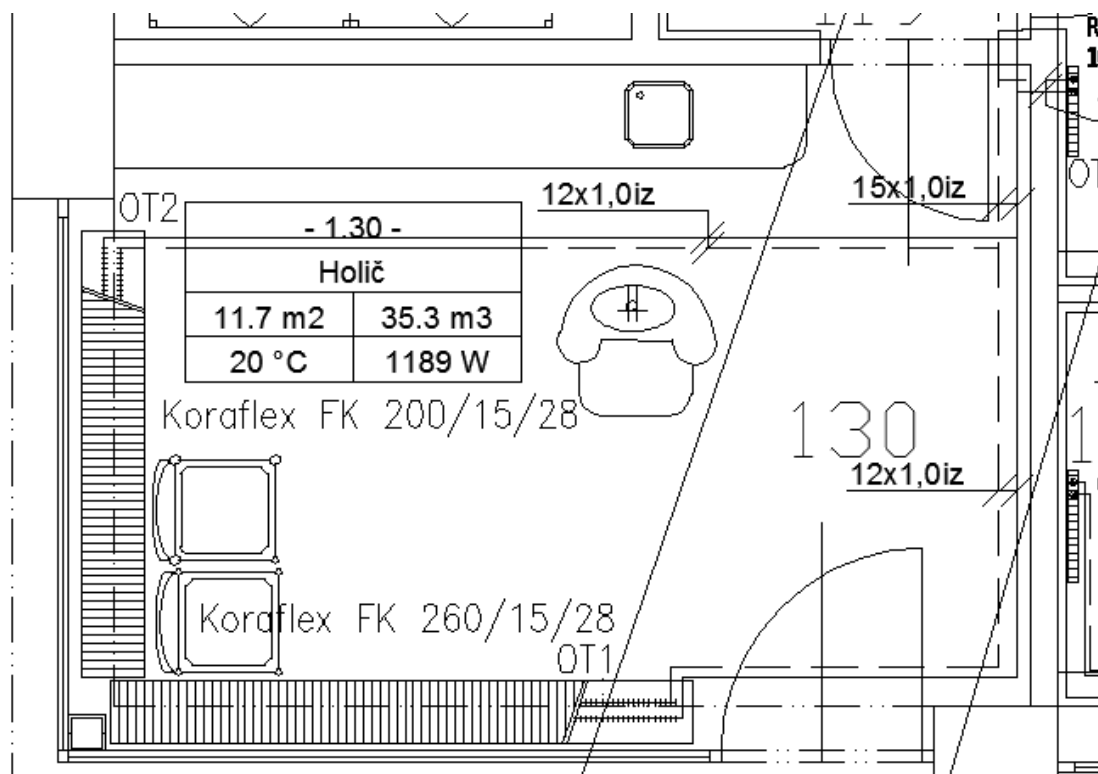
Okruh Holič:

Tab. 16: Nastavení termoregulační hlavice a regulačního šroubení pro okruh holič

Otopné těleso	Tlaková ztráta Δp [Pa]	Doregulovat [Pa]	Nastavení TRH [stupeň hlavice]	Kv TRH [m3/h]	Nastavení RŠ [počet otáček šroubováku]	Kv RŠ [m3/h]
OT1	2908	0	6	0,84	9	1,39
OT2	1131	1777	3	0,269	4	0,43
OT3	1044	1864	2	0,126	5	0,79

Rozložení jednotlivých radiátorů v okruhu, či průměry potrubí i jednotlivé druhy, najdete v příloze (Příloha P VI: Otopná tělesa holič) a taky elektronické podobě v příloze (Příloha 10-UT-otopná_tělesa-Holič). Na obrázku (28) je zobrazena pouze část okruhu. K okruhu

holiče patří místnosti: 118, 119, 130. Bližší zobrazení nalezneme ve výše uvedených přílo-
hách.



Obr. 28: Otopná soustava Holičství

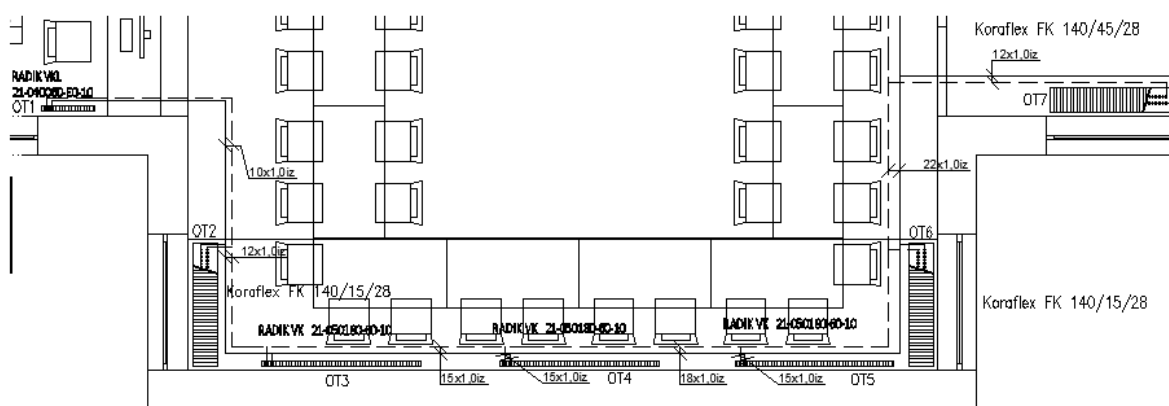
Okruh Obecní část:

Tab. 17: Nastavení termoregulační hlavice a regulačního šroubení pro okruh obec

Otopné těleso	Tlaková ztráta Δp [Pa]	Doregulovat [Pa]	Nastavení TRH [stupeň hlavice]	Kv TRH [m³/h]	Nastavení RŠ [počet otáček šroubováku]	Kv RŠ [m³/h]
OT1	4389	0				
OT2	3984	405	4	0,417	5	0,6
OT3	3983	406	6	0,84	8	1,2
OT4	3688	701	6	0,84	7	1
OT5	3272	1117	6	0,84	6	1079

Otopné těleso	Tlaková ztráta Δp [Pa]	Doregulovat [Pa]	Nastavení TRH [stupeň hlavice]	Kv TRH [m ³ /h]	Nastavení RŠ [počet otáček šroubováku]	Kv RŠ [m ³ /h]
OT6	2951	1438	3	0,294	3	0,31
OT7	2601	1788	4	0,417	4	0,43
OT8	1956	2433	2	0,126	1	0,14
OT9	2192	2197	2	0,126	2	0,2
OT10	2348	2041	3	0,294	5	0,6

Rozložení jednotlivých radiátorů v okruhu, či průměry potrubí i jednotlivé druhy najdete v příloze (Příloha P VII: Otopná tělesa Obec) a taky v elektronické podobě v příloze (Příloha 11-UT-otopná_tělesa-Obecní část). K okruhu Obce patří místnosti: 101, 102, 103, 104, 105, 106, 115. Na obrázku (29) je zobrazena pouze část obecního sálu.



Obr. 29: Otopná soustava Obecní část

Kavárna:

Nastavení termoregulačních hlavíc a regulačního šroubení nalezneme v příloze (Příloha P IV: Nastavení TRH a RŠ v okruhu kavárna).

Rozložení jednotlivých radiátorů v okruhu, či průměry potrubí i jednotlivé druhy pro značnou rozlohu a případnou špatnou čitelnost najdete v elektronické příloze (Příloha 12-UT-otopná_telesa-Kavárna). K okruhu Kavárny patří místnosti: 113, 114, 116, 117, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 132.

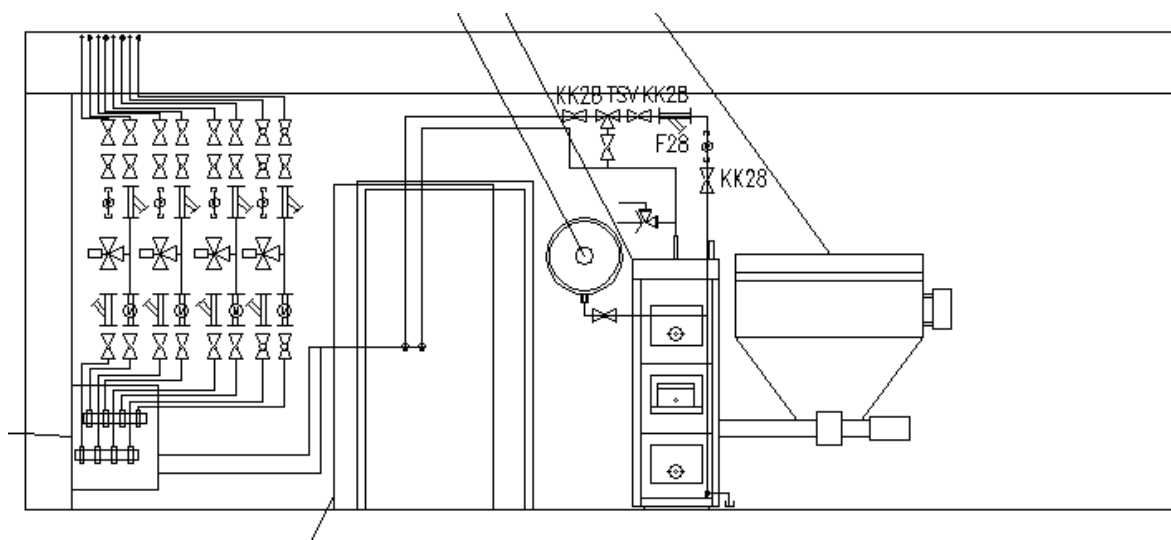
10.1.2 Potrubní rozvody

Pro rozvody vytápění je použito měděné potrubí. Potrubní rozvody jsou v technické místnosti vedeny volně pod stropem, podél zdí. V místnostech na úrovni 1. NP je navrženo vést potrubní rozvody v rámci skladby podlahy. Dilatace potrubí je přirozeně vytvořena kompenzátory tvaru U, L, Z. Doplnění soustavy je prováděno automaticky při poklesu minimálního tlaku v topném systému. Zařízení budou chráněna před možným poškozením či zanesením filtry pro zachycení nečistot z rozsáhlých potrubních rozvodů. Proti prvotnímu poškození výměníků, armatur a čerpadel je potřeba před prvním spuštěním čerpadel potrubí důkladně propláchnout ve smyslu ČSN 06 0310 poté provést zkouškou těsnosti, dilatační a topnou zkoušku za účelem prověření funkce a technických parametrů otopné soustavy. V nejvyšších bodech jsou osazeny odvzdušňovací armatury, v nejnižších místech vypouštěcí kohouty pro možnou manipulaci. Průměry potrubních rozvodů byly voleny podle rychlosti proudění. Pro přípojky k otopným tělesům v rozmezí 0,15-0,6 m/s a v hlavním rozvodním horizontálním potrubí 0,6-1,0 m/s. Potrubní rozvod menší než 10mm nebyl volen z důvodu špatné práce a pevnosti potrubí. Při pracích v objektu by mohlo dojít ke snadnému porušení rozvodu.

10.1.3 Technická místnost

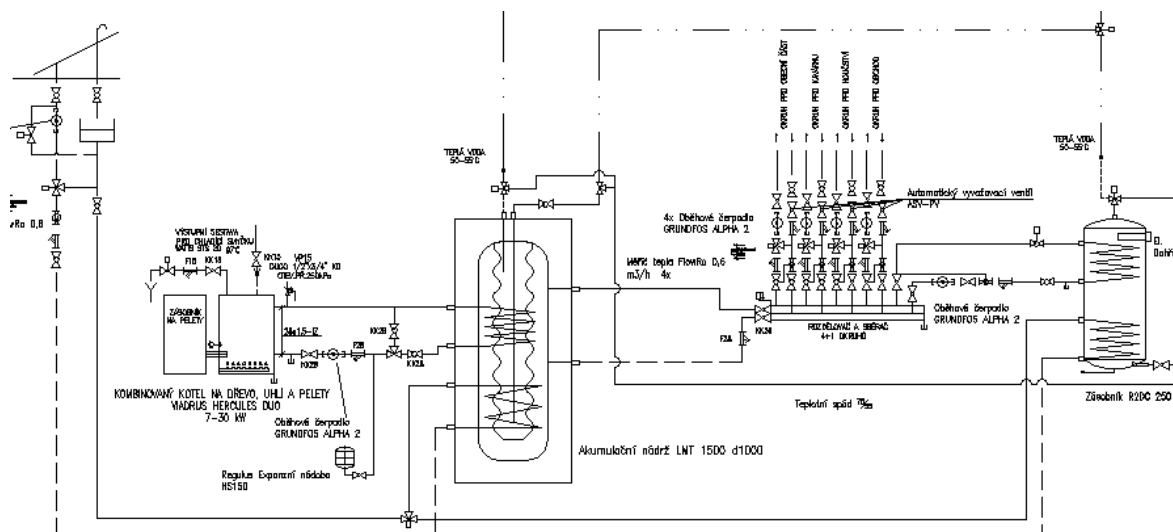
Zdrojem tepla je kombinovaný kotel na tuhá paliva. V automatickém režimu kotel slouží pro spalování dřevních pelet, černého a hnědého uhlí, v ručním režimu lze v kotli spalovat kusové dřevo, uhlí a koks. Kotel je osazen zásobníkem o obsahu 500 litrů. U kotle je zaveden kotlový okruh, který zamezuje vzniku škodlivé kyseliny při kondenzaci vody v kotli. Samotné potrubí a příslušné armatury u kotlové části jsou naddimenzovány o 20% větší výkon, než je součet výkonů všech větví. Kvůli špatné regulaci je ke kotli připojena akumulční nádrž o objemu 1500 litrů a s vnitřním zásobníkem na teplou vodu a objemu 180

litrů. Tento zásobník je připojen na solární kolektory, které zajišťují ohřev teplé užitkové vody. Za Akumulační nádrží je umístěn kombinovaný rozdělovač a sběrač pro 4 okruhy. Za rozdělovačem a sběračem je ještě napojen druhý zásobník na teplou vodu o objemu 250 litrů, který slouží pro předpokládané zvýšení spotřeby teplé vody např. využitím sálu a také pro maximální využití možností solárního systému. Na jednotlivých větvích jsou umístěna čerpadla, která byla zvolena podle hmotnostního průtoku větve a tlakové ztrátě v dané větvi. Bylo zvoleno čerpadlo Grundfos Alpha 2. Tato čerpadla obsahují logiku- kdy si samy podle průtoku a tlakových ztrát samy dokážou najít optimální pracovní bod a tím i případně snížit spotřebu energie. Dále do okruhů jsou vloženy měřiče odebraného tepla FlowRo. U měřičů bylo důležité dodržet minimální ukladňovací délku, aby nedocházelo ke špatnému měření. Na okruzích jsou také umístěny automatické vyvažovací ventily pro korekci tlakových změn v jednotlivých okruzích. Automatické vyvažovací ventily pracují s diferenčním tlakem, který se snaží vyvážit při jakékoliv změně. Návrh zapojení a umístění zařízení najdeme v elektronické příloze (Příloha 13-UT-Technická místnost). A bližší pohledy v elektronických přílohách (14,15). Na obrázku (30) jde vidět rozmístění zařízení v technické místnosti.



Obr. 30: Pohled na technickou místnost

Na obrázku (31) lze pozorovat veškeré zařízení a armatury v prostoru technické místnosti.



Obr. 31: Zařízení v otopné soustavě

Kvůli zvolení kotle na tuhá paliva byl proveden výpočet pro skladové hospodářství, které je blíže popsáno v kapitole (5.1.3.1) a bylo zjištěno množství paliva a velikost skladovacího prostoru potřebného pro uskladnění paliva.

Roční spotřeba paliva:

$$M = Q_v \cdot H_m = 30 \cdot 0,520 = 15,6t$$

Velikost skladovacího prostoru:

$$V = Q_v \cdot H_v = 30 \cdot 0,8 = 24m^3$$

Velikost skladového prostoru je nutné zredukovat podle prostorové využitelnosti skladu:

$$V_R = \frac{V \cdot 100}{n_{sk}} = \frac{24 \cdot 100}{60} = 40m^3$$

Roční spotřeba byla stanovena na 15,6 tun pelet a prostor pro uskladnění paliva po patřičném poskládání stanoven na 40 m³

Tab. 18: Skladové hospodářství

Palivo	Výkon Zdroje Q_v [kW]	H_m [kg]	H_v [m ³ /kW]	M [t]	V [m ³]	n_{sk} [%]	V_r [m ³]
Pelety	30	520	0,8	15,6	24	60	40

Pro bezpečné užívání a splnění podmínek pro používání kotle bylo třeba zajistit přívod větracího a spalovacího vzduchu do prostoru kotelný umístěné v 1.PP. Velikost větracího otvoru pro přívod spalovacího vzduchu byl stanoven podle kapitoly (5.1.1.5) na minimální velikost 0,06m² která bude zajištěna pomocí větracího okna. Větrání místnosti je zajištěno otvíratelným oknem osazeným v obvodové stěně kotelný.

10.1.4 Příprava Teplé vody

Pro přípravu teplé vody byly zvoleny dvě nádrže. Jedna nádrž je integrována v akumulární nádrži o objemu 180 litrů s možností předehřevu pomocí solárních panelů. Tato nádoba pokryje spotřebu teplé vody pro denní potřebu. Druhá nádrž slouží pro případné navýšení potřeby teplé vody, která je známa dopředu. Zásobník je o objemu 250 litrů s možností přepojení solárního systému pro možnost maximálního využití sluneční energie a případným elektrickým ohřevem. Jelikož druhá nádrž zabezpečuje maximální využití sluneční energie, tak výstup teplé vody je připojen přes trojcestný ventil do první nádrže na přívod studené vody. Tím že se urychlí ohřev v první nádrži. Výpočet velikosti zásobníku byl proveden podle kapitoly (5.1.3.1). Pomocí tabulek umístěných v normě ČSN 06 0320 byla stanovena spotřeba na 18,1kWh.

Ztráta na nádrži a distribuci:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 18,1 \cdot 0,5 = 9,05kW/h$$

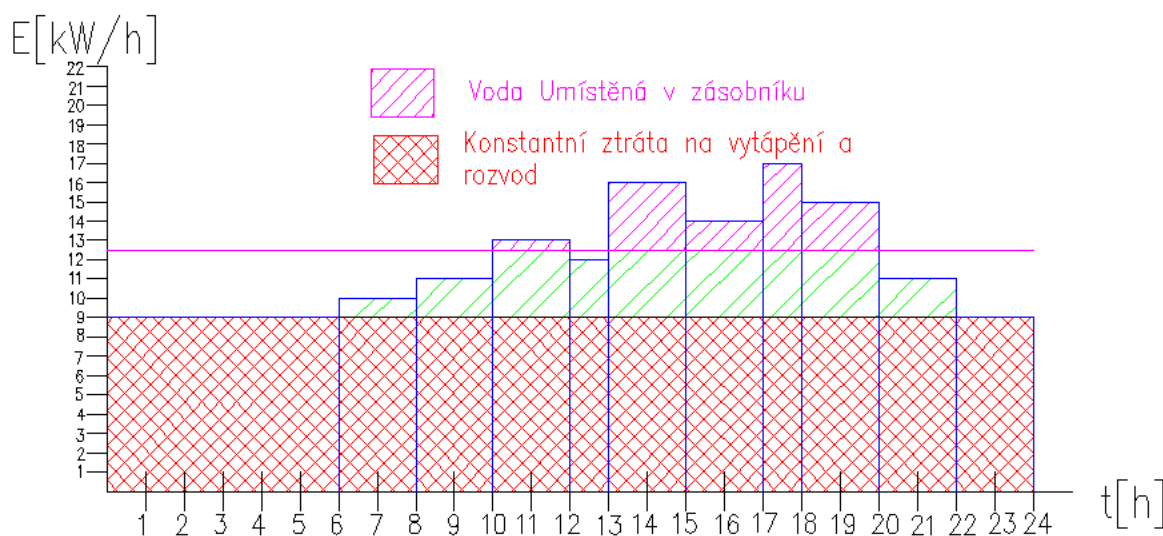
Potřebné teplo během periody od ohříváče:

$$Q_o = Q_{2z} + Q_{2t} = 9,05 + 18,1 = 27,15kWh$$

Výkon pro ohřev teplé vody:

$$Q_{TV} = \frac{Q_o}{t} = \frac{27,15}{24} = 1,13kW$$

Potřebný výkon pro ohřev teplé vody je stanoven na 1,13kW. Dále podle rozložení denní spotřeby vody určíme maximální rozdíl potřebného tepla.



Obr. 32: Stanovení velikosti zásobníku

Které bylo stanoveno na hodnotu $9,4 \text{ kW/h}$. Z daného rozdílu byl stanoven objem zásobníku na teplou vodu.

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)} = \frac{9,4}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 178,6 \text{ litrů}$$

Tedy spotřebu teplé vody pokryje zásobník umístěn v akumulární nádrži o objemu 180 litrů. Z hygienických norem je potřeba vyhřát vodu v zásobníku na minimální hodnotu 80°C aby se v zásobníku netvořily bakterie.

10.1.5 Solární systém

Počet solárních panelů byl určen podle kapitoly (5.1.9), kde se určila potřebná plocha kolektorů potřebných k pokrytí potřebného výkonu $1,13 \text{ kW}$ pro ohřev teplé vody. Výpočet byl proveden v měsících dubnu a září, kdy ještě požadujeme pokrytí potřebného výkonu. Řada parametrů byla odečtena z Topenářské příručky[36] na stranách: 360-369.

Potřebné údaje pro odečtení hodnot z tabulky:

Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 15^\circ$ - jihozápad

Úhel sklonu osluněné plochy $\beta = 40^\circ$

Tab. 19: Parametry pro výpočet solárního systému

Měsíc	$H_{T,den,teor}$ [kWh.m ⁻²]	$H_{T,den,dif}$ [kWh.m ⁻²]	$G_{T,stř}$ [W.m ⁻²]	τ_r	t_{es} [°C]	t_e [°C]
Duben	7,91	1,11	582	0,39	12	8,7
Září	7,06	0,965	568	0,53	18,5	14

Parametry odečtené z datového listu pro solární panel KPS11+

Tab. 20: Výpočtové parametry pro solární panel KPS11+

Lineární součinitel tepelné ztráty a_1 v W/(m ² .K)	Lineární součinitel tepelné ztráty a_2 v W/(m ² .K)	Hodnota optické účinnosti η_0	Plocha kolektoru A v m ²
3,48	0,0056	0,79	2,3

Teplota v zásobníku střední $t_m = 30$ C°

Údaj z výpočtu velikosti zásobníku teplé vody nám stanovil potřebný výkon a to 18,1kW/h.

Skutečná denní dávka ozáření plochy:

Duben:

$$H_{T,den} = \tau_r \cdot H_{T,den,teor} + (1 - \tau_r) \cdot H_{T,den,dif} = 0,39 \cdot 7,91 + (1 - 0,39) \cdot 1,11$$

$$= 3,762 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{den})$$

Září:

$$H_{T,den} = 0,53 \cdot 7,06 + (1 - 0,53) \cdot 0,965 = 4,195 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{den})$$

Účinnost solárního kolektoru:

Duben:

$$\eta_k = \eta_0 - a_1 \cdot \left(\frac{t_m - t_e}{G} \right) - a_2 \cdot \frac{(t_m - t_e)^2}{G}$$

$$= 0,79 - 3,48 \cdot \frac{(30 - 8,7)}{582} - 0,0056 \cdot \frac{(30 - 8,7)^2}{582} = 0,66$$

Září:

$$\eta_k = 0,79 - 3,48 \cdot \frac{(30 - 14)}{568} - 0,0056 \cdot \frac{(30 - 14)^2}{568} = 0,69$$

Denní tepelný zisk z kolektoru:

Duben:

$$q_k = \eta_k \cdot H_{T,den} = 0,66 \cdot 3,762 = 2,48 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{den})$$

Září:

$$q_k = 0,69 \cdot 4,195 = 2,89 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{den})$$

Plocha solárních kolektorů:

Duben:

$$A_k = \frac{Q_{pc}}{q_k} = \frac{(1+p) \cdot Q_p}{\eta_k \cdot H_{T,den}} = \frac{18,1}{2,48} = 7,3 \text{ m}^2$$

Září:

$$A_k = \frac{18,1}{2,89} = 6,26 \text{ m}^2$$

Tedy počet kolektorů je stanoven na počet:

Duben:

$$P_K = \frac{A_k}{A} = \frac{7,3}{2,3} = 3,2 \Rightarrow 4ks$$

Září:

$$P_K = \frac{6,26}{2,3} = 2,7 \Rightarrow 3ks$$

Pro ohřev zásobníku v akumulární nádrži o velikosti 180 litrů je potřeba použít 4 solární kolektory.

10.1.6 Expanzní a pojistné zařízení

Pro zabezpečení otopné soustavy je potřeba provést návrh pojistných zařízení a to především pojistného ventilu a expanzní nádoby s ohledem na normu ČSN 06 8030. V našem případě je potřeba ještě zařadit jeden ochranný prvek a to výstupní sestavu pro chladicí smyčku, která je připojena na kotli. Tahle smyčka se využívá jen u kotlů na biomasu, kde je regulace náročnější. Smyčka chrání kotel před případným přehřátím, kde se po dosažení maximální teploty otevře ventil a kotlem začne proudit studená voda, aby došlo co možná

co k nejrychlejšímu ochlazení kotle. Dalším ochranným prvkem v soustavě je pojistný ventil, kde je potřeba spočítat jeho parametry. Podrobnější popis najdeme v kapitole (5.1.8.1).

Průřez sedla pojistného ventilu:

$$S_{pv} = \frac{2 \cdot Q_p}{a \cdot \sqrt{p_{OT}}} = \frac{2 \cdot 30}{0,444 \cdot \sqrt{250}} = 8,55 \text{ mm}^2$$

Minimální průměr pojistného ventilu:

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{30} = 13,3 \text{ mm} \Rightarrow DN15$$

Pojistný ventil se umísťuje v blízkosti kotle na teplou vodu a do větší výšky než je kotel.

Dalším prvkem, který je potřeba navrhnout je expanzní nádoba. Bližší postup a vysvětlení najdeme v kapitole (5.1.8.4).

Potřebné parametry pro výpočet:

Tab. 21: Parametry pro výpočet expanzního zařízení

Výkon zdroje tepla	Q _p	30 kW
Pracovní teplota		75 °C
Střední teplota topné vody	t _m	65 °C
Nejvyšší pracovní teplota		100 °C
Manometrická rovina	MR	1,5 m nad podlahou
Výška topné soustavy nad MR	h	4 m

Vodní objem otopné soustavy byl určen na V= 1962 litrů.

Nejnižší přetlak soustavy:

$$p_{d,dov} = (1,1 \text{ až } 1,3) \cdot \frac{h \cdot \rho_v \cdot g}{1000} = 1,1 \cdot \frac{4 \cdot 998 \cdot 9,81}{1000} = 43 \text{ kPa}$$

Nejnižší pracovní přetlak soustavy:

$$p_d - \text{volíme tak, aby } p_d > p_{d,dov}$$

Bylo zvoleno $p_d = 80 \text{ kPa}$

Maximální konstrukční přetlak:

$$p_k = p_{rx} + (g \cdot h_{MR}) = 250 + (9,81 \cdot 1,5) = 265 \text{ kPa}$$

Maximální pracovní přetlak $p_{h,dov}$ -otevírací přetlak pojistného ventilu

$$p_{h,dov} - \text{volíme tak, aby } p_k > p_{h,dov}$$

Bylo zvoleno $p_{h,dov} = 250 \text{ kPa}$

Stupeň využití expanzní nádoby:

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}} = \frac{(250 + 100) - (43 + 100)}{250 + 100} = 0,6$$

Expanzní objem nádrže:

$$V_e = \frac{1,3 \cdot V_0 \cdot n}{\eta} = \frac{1,3 \cdot 1962 \cdot 0,02551}{0,6} = 108,35 \text{ litrů}$$

Vyberme tedy expanzní nádobu o velikosti 150 litrů.

Průměr expanzního potrubí:

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{30} = 13,3 \Rightarrow DN15$$

Skutečný nejvyšší pracovní přetlak:

$$p_h = \frac{p_d \cdot V_l + 100 \cdot V_e}{V_l - V_e} = \frac{80 \cdot 150 + 100 \cdot (1962 \cdot 0,02551)}{150 - (1962 \cdot 0,02551)} = 217,65 \text{ kPa}$$

Provozní přetlak soustavy:

$$p_s = \frac{p_d + p_h}{2} = \frac{80 + 217,65}{2} = 148,9 \text{ kPa}$$

Po provedení veškerých potřebných výpočtů byla zvolena expanzní nádoba o objemu 150 litrů a ventil s otevíracím přetlakem 250kPa.

10.2 Vzduchotechnika

Požadavkem investora bylo zajistit v nejvíce obývaných místnostech předepsané hodnoty hygienických výměn vzduchu a pohody prostředí v obsluhovaných prostorech. Větrání bude zabezpečovat nucenou výměnu vzduchu v provozních místnostech a v místnostech hygienického vybavení. Pro výměnu vzduchu bylo nutné dodržet požadované minimum a

to 50 m³/h na osobu. V řešeném objektu budou zajištěny tyto minimální výměny čerstvého vzduchu:

- Kavárna 50 m³/h/os - nekuřácký provoz
- WC 50 m³/h
- Pisoár 25 m³/h

Návrh větrání pro daný prostor vychází ze stavební dispozice, požadavků na pohodu prostředí a technologických požadavků v jednotlivých prostorech zadaných uživatelem. Je uvažováno o větrání prostor kavárny, sálu, bowlingu, skladu a hygienického zázemí. Ostatní místnosti jsou vybaveny otevíratelnými okny a budou větrány přirozeně pomocí otevření oken. Při návrhu je dbáno, aby prostory s odlišnými provozními podmínkami byly od sebe odděleny i po stránce vzduchotechniky. Místa výfuku odpadního vzduchu budou dispozičně situována tak, aby nemohlo dojít ke zpětnému ovlivňování vnitřních prostor. Pro rozvod vzduchu se počítá s nízkotlakým systémem. Třída filtrace přiváděného vzduchu je stanovena na minimálně třídu B (EU 3).

10.2.1 Hygienická zařízení:

Ve veškerých prostorách pro hygienické zařízení je navrženo podtlakové větrání, aby nedocházelo k šíření nežádoucího vzduchu do okolních prostor. Jednotlivá zařízení byla rozdělena podle provozu a jejich spouštění je technologicky odděleno. Byly zvoleny čtyři okruhy pro hygienická zařízení a to okruh holiče, okruh obchodu, okruh zaměstnanci kavárna a okruh veřejné WC kavárna. Při návrhu bylo nutné nejprve spočítat tlakové ztráty v rozvodním potrubí a na jednotlivých armaturách zapojených v okruzích. Náhled na umístění nalezneme v příloze (Příloha P VIII: VZT Sociální zařízení) a také v elektronické příloze (Příloha 19-VZT). Na obrázku (33) můžeme pozorovat část odvětrávání sociálního zařízení.

Okruh obchod:

Tab. 22: VZT obchod

Celková tlaková ztráta: Δp [Pa]	Odsávání:	Ventilátor:	Potrubí:
159,84	Talířový ventil	K 125 XL sileo	Kruhové

Okruh Holič:

Tab. 23: VZT holič

Celková tlaková ztráta Δp [Pa]	Odsávání	Ventilátor	Potrubí
166	Talířový ventil	K 125 XL sileo	Kruhové

Okruh zaměstnanci Kavárna:

Tab. 24: VZT kavárna

Celková tlaková ztráta Δp [Pa]	Odsávání	Ventilátor	Potrubí
149,38	Talířový ventil	K 125 XL sileo	Kruhové

Obchod skald:

Tab. 25: VZT sklad

Celková tlaková ztráta Δp [Pa]	Odsávání	Ventilátor	Potrubí
81	Talířový ventil	K 125 M sileo	Kruhové

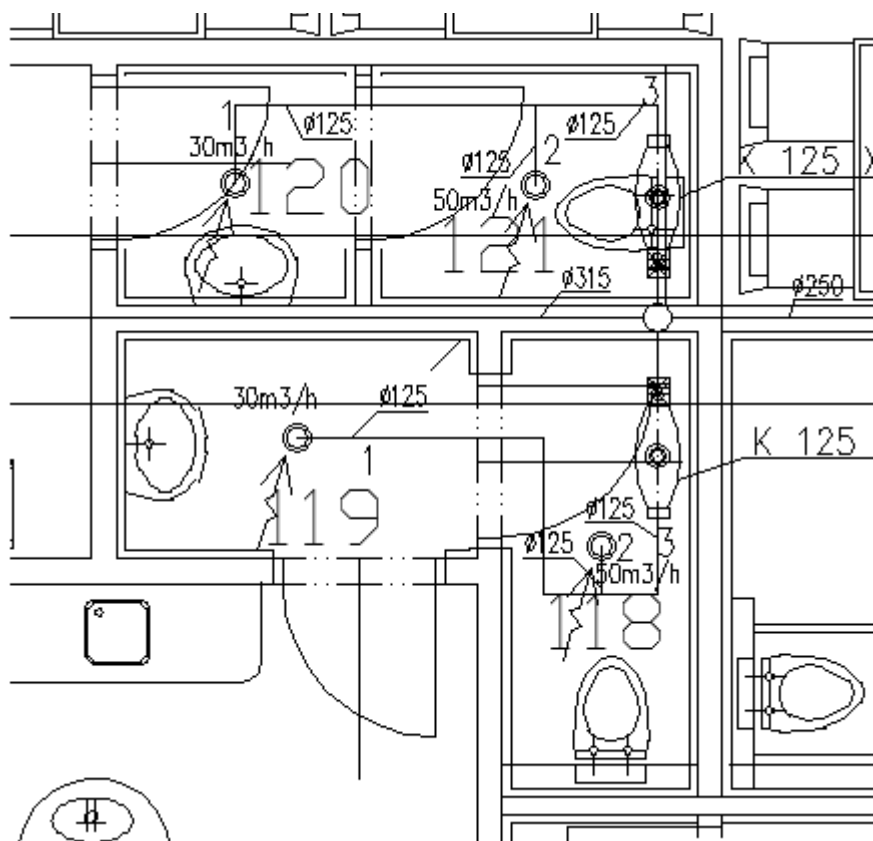
Okruh WC hosté kavárna:

Tab. 26: VZT WC kavárna

Celková tlaková ztráta Δp [Pa]	Odsávání	Ventilátor	Potrubí
676,14	Talířový ventil	KVO 250 EC	Kruhové

Podtlakové větrání hygienického zázemí je zajištěno pomocí potrubních ventilátorů kruhového průřezu s pružným umístěním pro zmenšení šíření hluku. Potrubní ventilátory budou vybaveny zpětnou klapkou, aby nedocházelo k návratu vzduchu. Vzduch je odsáván přes odvodní talířové ventily osazené v podhledu. Přívod odsávaného vzduchu je proveden ze

sousedních místností přes stěnové a dveřní mřížky případně pomocí bezprahových dveří. Odsávané množství vzduchu z WC je odváděno do vnějšího prostředí přes protidešťové mřížky. Pro vyrovnání tlaku je potřebné množství přiváděno do kavárny, která je navržena v přetlaku. Rozvody vzduchu jsou provedeny pomocí vzduchotechnického potrubí kruhového průřezu z ocelového pozinkovaného plechu. Zařízení bude řízeno spouštěním při vstupu se světly pomocí čidla na pohyb s časovým doběhem. Zařízení jsou s nízkou produkcí hluku, případně vybaveny potrubními tlumiči hluku. Rozvody na úrovni 1. NP nejsou izolovány z důvodu rozvodu v podhledu a vedení ve vytápěném prostoru. Rozvody vedoucí nevytápěným prostorem (půdní prostor) bude tepelně izolováno tepelnou izolací z minerální vlny o tloušťce 40mm včetně opláštění.



Obr. 33: VZT sociální zařízení

10.2.2 Prostor sálu

Prostor sálu je navržen jako rovnotlaký s požadovanou výměnou vzduchu podle hygienických norem a to $50 \text{ m}^3/\text{h/os}$, V sále je uvažováno s pohybem 50 osob. Podle počtu osob a hodnoty výměny vzduchu bylo vypočteno požadované množství výměny vzduchu. Dále byl proveden výpočet tlakových ztrát veškerých armatur, jednotek a vyústek. Se znalostí obou parametrů byla navržena rekuperační jednotka s elektrickým ohřevem dimenzo-

vaným na pokrytí ohřevu větracího vzduchu. Výkon ohřívače je dimenzován na pokrytí ohřevu potřebného množství přiváděného vzduchu. Při použití ohřívače přiváděný vzduch ztrácí vlhkost a pohoda v prostoru by se výrazně zhoršila. Z toho důvodu je navrženo vlhčení vzduchu a to lokálně, v prostoru využívající vzduchotechniku (VZT). Protože VZT je vedena v půdním prostoru a zde by vodní vlhčení nebylo možné pro nebezpečí zamrznutí. Bylo by potřeba zvolit parní vlhčení, případně ultrazvukové. To bylo z finanční a technologické nákladnosti a obtížnosti zamítnuto. Filtrace vzduchu je stanovena na EU 3. Rekuperátor byl zvolen rotační, s možností umístění v podkroví budovy. Před a za jednotkou jsou umístěny kruhové tlumiče hluku, pro zamezení šíření hluku do prostoru. Transport a distribuce vzduchu do obsluhované části je navržena kruhovým potrubím z pozinkovaného plechu. Jako koncové elementy byly zvoleny vířivé vyústky s nastavitelnými lamelami. Návrh rozmístění je proveden s ohledem na uspořádání interiéru. Odvod vzduchu je navržen stejným způsobem, jako přívod, tedy kruhovým potrubím. Sání a výfuk vzduchu je řešen na hraně fasády na úrovni půdního prostoru. Konce sání, resp. výfuku jsou osazeny proti dešťovými žaluziemi. Potrubí v nevytápěném prostoru na úrovni půdního prostoru bude tepelně izolováno minerální vlnou tloušťky 40 mm s Al polepem. Taktéž je umístěno na závěsech s tlumící gumou, aby byl zajištěn co nejtišší chod systému. Vzduchotechnické potrubí prostupující stavební konstrukcí bude obloženo a utěsněno pomocí izolací aby se zamezilo nežádoucím tepelným ztrátám.

Pro vypočtené parametry byla zvolena klimatizační jednotka Topvex FR08EL-R-VAV. Její technické parametry nalezneme v Příloze 16 a Příloze 17. Pro prostor sálu bylo z hlediska situace budovy a ekonomického hlediska usouzeno že chlazení není potřeba. Ituaci budovy nalezneme v příloze (Příloha 18-Situace). Do úvahy byla také zahrnuta využitelnost sálu v průběhu roka. Celkový pohled na rozložení a umístění VZT jednotek nalezneme v příloze (Příloha P IX VZT kulturní sál) a také pro podrobnější přiblížení problematiky v elektronické příloze (Příloha 19-VZT).

V tabulce (27) můžeme vidět požítá zařízení pro okruh sálu.

Tab. 27: VZT sál technické údaje

Vzduch	Celková tlaková ztráta Δp [Pa]	Koncový element	Ventilátor	Potrubí
Odsávání ze sálu	146	Vířivá vyústka z nastavitelnými lamelami 3x	Umístěn v rekuperační jednotce	Kruhové vedení v podkrovním prostoru
Nasávání čerstvého vzduchu	27,7	Proti dešťová žaluzie	Umístěn v rekuperační jednotce	Kruhové vedení v podkrovním prostoru
Přívod čerstvého vzduchu do sálu	146	Vířivá vyústka z nastavitelnými lamelami 3x	Umístěn v rekuperační jednotce	Kruhové vedení v podkrovním prostoru
Odvod znehodnoceného vzduchu	30,2	Proti dešťová žaluzie	Umístěn v rekuperační jednotce	Kruhové vedení v podkrovním prostoru

10.2.3 Prostor Kavárny

Prostor kavárny je navržen jako přetlaky s tím že kompenzuje podtlaky prostor sociálních zařízení. Prostor kavárny s bowlingovou drahou je VZT plně oddělen od prostoru sálu. Navržená rekuperační jednotka je umístěna v půdním prostoru nad řešeným prostorem. Jednotka bude zajišťovat hygienickou výměnu vzduchu v prostoru kavárny a bowlingové dráhy podle patřičných norem. Jednotka obsahuje filtry EU 3, přívodní a odvodní ventilátor, rotační rekuperátor a elektrický ohřívač. Výkon ohřívače je dimenzován na pokrytí ohřevu větracího vzduchu pro kavárnu. Stejně jako v předešlém případě, je vlhčení vzduchu řešeno lokálně v prostoru, kvůli finanční náročnosti a taky dispozičnímu řešení vzduchotechniky v podkroví. Před a za jednotku jsou osazeny tlumiče hluku, které zajistí tichý chod systému. Přívod a odvod vzduchu do prostor kavárny je navržen kruhovým potrubím z pozinkovaného plechu. Pro koncové elementy byly navrženy vířivé vyústky s nastavitelnými lamelami s horním připojením. Pro kavárnu a bowling jsou jednotky

s bočním připojením, jelikož potrubní rozvod je zde umístěn v podhledu místnosti. Téměř všechny rozvody jsou vedeny v půdním prostoru. Kvůli možné kondenzaci vody na potrubním vedení v nevytápěném prostoru je opatřeno izolací pomocí minerální vlny tloušťky 40 mm s Al polepem na povrchu. Návrh rozmístění vyústek je proveden s ohledem na uspořádání interiéru. Jako koncové elementy pro sání a výfuk byly navrženy minimální plochy protidešťových žaluzií. Navržené průměry potrubí s jednotlivými elementy a rekuperační jednotkou nalezneme v příloze (Příloha P X: VZT kavárna) a také v elektronické podobě v příloze (Příloha 19-VZT).

Tab. 28: VZT kavárna technické údaje

Vzduch	Celková tlaková ztráta Δp [Pa]	Koncový element	Ventilátor	Potrubí
Odsávání z kavárny a bowlingu	124,1	Vířivá vyústka z nastavitelnými lamelami 3x	Umístěn v rekuperační jednotce	Kruhové vedení v podkrovním prostoru a podhledu
Nasávání čerstvého vzduchu	50,2	Protidešťová žaluzie	Umístěn v rekuperační jednotce	Kruhové vedení v podkrovním prostoru
Přívod čerstvého vzduchu do kavárny a bowlingu	159,9	Vířivá vyústka z nastavitelnými lamelami 3x	Umístěn v rekuperační jednotce	Kruhové vedení v podkrovním prostoru a podhledu
Odvod znečištěného vzduchu	37,7	Protidešťová žaluzie	Umístěn v rekuperační jednotce	Kruhové vedení v podkrovním prostoru

V prostoru bowlingu je uvažováno stojní chlazení z důvodu situace dráhy na osluněné straně (Příloha 18) a zvýšeného počtu lidí na malém prostoru spojeným se zvýšenou aktivitou osob. Tepelné zisky pro prostor byly stanoveny pomocí internetové stránky [43]. Tepelné zisky byly stanoveny na hodnotu 5,98kW. Pro tuhle hodnotu je navržen systém chlazení v prostoru. Pro chlazení byla zvolena multi split jednotka Daikin FTXS60G umístěná

na stěně v prostoru sezení. Jednotka je propojena měděným potrubím s venkovní jednotkou Daikin RXS50L osazenou na obvodové stěně objektu. Systém pracuje s ekologickým chladivem R410A.

10.2.4 Větrání kuchyňky

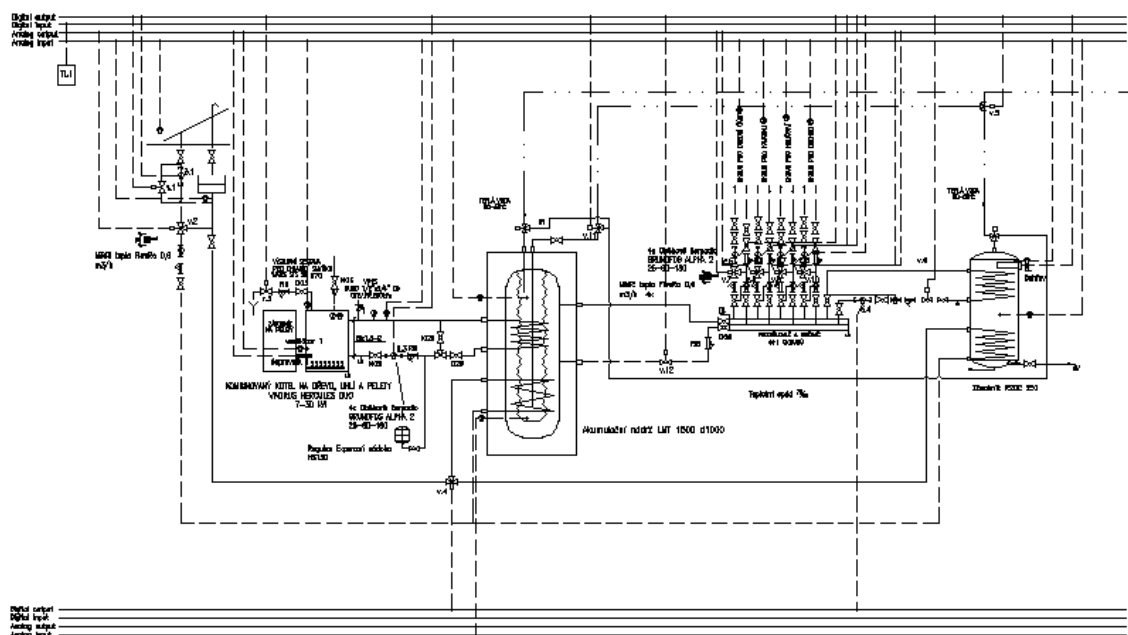
V kuchyňce nad sporákem bude instalována sporáková digestoř pro odvádění odéru při používání zařízení. Odvod bude uskutečněn přes filtrační vložku do vzduchovodu, který je veden v podkrovním prostoru a vyveden do venkovního prostoru, který bude zakončen protidešťovou žaluzií. Digestoř bude vybavena vlastním ventilátorem, jenž bude spouštěn vypínačem přímo na digestoři. Potrubí pro odvod vzduchu je v těsném provedení, aby nedocházelo k úniku odéru do okolí. Potrubí je vyvedeno do exteriéru a vyfukováno přes protidešťovou žaluzii osazenou v obvodové stěně. Potrubí v nevytápěném prostoru na úrovni půdního prostoru bude tepelně izolováno minerální vlnou tloušťky 40 mm s Al polem na povrchu.

11 ŘÍZENÍ A KOMUNIKACE

Systém řízení pro objekt je zvolen pomocí systému KNX. Kvůli finanční náročnosti bylo řízení celé budovy pomocí systému zamítnuto investorem. Tedy bylo zvoleno řízení VZT a otopné soustavy objektu. Základní propojení prvků inteligentní instalaci je tvořeno sběrníkovou komunikací tvořenou stíněnou kroucenou dvojlínkou. V otopné soustavě bylo potřeba provést několik opatření a úprav aby bylo možné vyšetému KNX využít. Všechny akční členy jsou umístěny v rozvodné skříni na din liště spolu s napájecími zdroji. Rozvodná skříň je umístěna v 1PP v prostoru technické místnosti. Součástí celého systému je také komunikační rozhraní USB pro případné aplikační změny, které se provedou připojením počítače. Dále je systém vybaven komunikační sběrní RS232 pro napojení systému.

11.1 Otopná soustava

Pro určení potřebných druhů zařízení bylo nutné si vytvořit návrh řízení. Zde bylo potřeba si označit veškerá zařízení které je nutno řídit. Navržený systém můžeme vidět na obrázku (34). Podrobnější výkres s označeným zařízeními je uveden v příloze (Příloha P XI: řízení otopné soustavy) a také v elektronické formě pro lepší přiblížení a kvalitu v příloze (Příloha 20-Řízení). Po dokončení je znám počet digitálních vstupů a výstupů a taky počet analogových vstupů a výstupů. Podle patřičného počtu byly zvoleny potřebné akční členy systému KNX. Pro možnost přijímat data je třeba vybrat teploměry s vlastním převodníkem na 4-20mA. Byl zvolen proudový rozsah, protože pomocí tohoto proudu je možné i zařízení napájet. A je třeba tedy jen jediného kabelu. Na armatury jako jsou trojcestné směšovací ventily či klasické dvojcestné ventily řízené servo pohonem je potřeba použít taktéž řízení a to 0-10V. Jelikož tohle rozmezí je podporováno systémem KNX. Pro řízení a znázornění je v technické místnosti umístěn dotykový displej.



Obr. 34: Řízení otopné soustavy

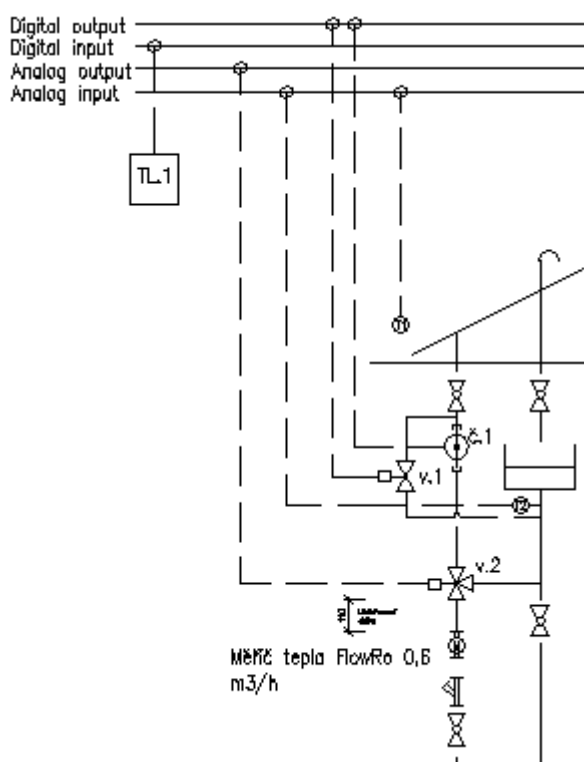
Solární systém:

Solární systém bude řízen pomocí sestavy složené z čerpadla, trojcestného ventilu, elektronicky řízeného ventilu. Solární systém pracuje, pokud teplota (T_1) měřená ve venkovním prostředí v blízkosti panelů je vyšší než 5°C . Tohle opatření slouží pro případ, kdy hrozí, že teplota klesne příliš a může dojít k zamrznutí teplotonosné látky kterou je voda. Čerpadlo č.1 je řízeno podle teploty venkovního vzduchu u kolektoru (T_1) teploty v zásobníku (T_3) na teplou vodu umístěném v akumulční nádrži a teploty měřené na teplé vodě jdoucí z kolektoru. Pokud teplota T_1 měřená venku je nižší než 5°C čerpadlo (č.1) se zastaví. Dále je čerpadlo(č.1) řízeno porovnáním teplot T_2 tedy teploty teplé vody jdoucí z kolektoru a T_3 teploty ve spodní části zásobníku na teplou vodu. Pokud je $T_2 > T_3$ potom čerpadlo běží a trojcestný ventil (v.2) je otevřen a přepouští teplotonosnou látku do zásobníku pokud však nerovnost neplatí a $T_2 < T_3$ čerpadlo běží po dobu 15min, kdy se trojcestný ventil (v.2) uzavře a médium koluje pouze přes kolektory pro případné rychlejší nahlátí teplotonosné látky na teplotu vyšší než je teplota (T_3) v zásobníku a pokud i po uplynutí této doby bude stále $T_2 < T_3$ pak se čerpadlo vypne. Aby bylo zajištěno pokud možno co největší využití solárního systému, tak se znovu vyzkouší podmínka při změně teploty (T_1) venkovního prostředí při změně teploty o 3°C . Dále je nastaven čas na řídicí jednotce tak, aby v době od 22:00 do 8:00, kdy slunce nesvítí, bylo čerpadlo zastaveno. Tahle část řízení zabezpečuje, aby nedocházelo k ochlazování vody v zásobníku na teplou vodu v případě, když je

nedostačující sluneční svit a voda se nedokáže dostatečně nahřát na teplotu vyšší než je teplota užitkové vody na dně zásobníku.

Ventil v. 1 je řízen elektricky pomocí řídicí jednotky. Jeho základní nastavení je, aby byl otevřen a to z důvodu kdyby došlo k výpadku elektrické energie. Z toho důvodu je potřeba vypustit solární systém aby nedošlo k případnému zamrznutí. Ventil je spojen s chodem čerpadla (č. 1). Pokud čerpadlo běží, je ventil v poloze uzavřen. Je-li, čerpadlo zastaveno ventil se otevře, a zajistí vytečení vody z kolektorů, aby nedošlo k zamrznutí teplotonosné látky v kolektoru a jeho poškození.

Aby docházelo k maximálnímu využití solárního systému, je napojen na dva zásobníky na teplou vodu. První je primární a je umístěn v akumulární nádrži- druhý je záložní a je plně využit jen při plánovaném navýšení odběru teplé vody. Maximální využitelnost je řízená pomocí trojcestného ventilu (v. 4) umístěného na teplé vodě jdoucí z kolektoru. Ventil je řízen teplotou ve spodní části zásobníku (T3). Pokud teplota dosáhne 60 °C ventil cestu k primárnímu zásobníku uzavře a otevře cestu k druhému zásobníku R2DC. Klesne-li teplota (T6) v horní části primárního zásobníku pod hranici 30 °C cesty se zase obrátí.



Obr. 35: Solární systém

Příprava teplé vody:

Příprava teplé vody je řešena pomocí dvou zdrojů a to kotle a solárních kolektorů. V případě nedostatečného výkonu solárního systému lze kotel automaticky uvést do provozu a začít vytápět pouze na teplou vodu. K tomuto slouží ventil uzavírací ventil (v. 12) který je umístěn mezi akumulací nádobou se zásobníkem a rozdělovačem. Ventil (v. 12) je řízen pomocí chodu čerpadel (č. 4, č. 5, č. 6, č. 7, č. 8) a teploty (T6) v horní části primárního zásobníku v akumulací nádrži. Pokud jsou všechna čerpadla zastavena a teplota klesne pod 30 °C, tak se ventil uzavře. Pokud ale aspoň jedno čerpadlo pracuje, ventil je otevřen i když je teplota (T6) menší než 30 °C.

Pokud je potřeba většího množství teplé vody např. při konání akce v sále, tak tohle navýšení je známo dopředu. Při potřebě nahřátí druhého zásobníku R2DC slouží ventil (v. 6). Tento ventil je řízen pomocí tlačítka (TL. 1) a teploty (T7) v horní části zásobníku. Pokud je tlačítko (TL. 1) stlačeno a teplota v zásobníku (T7) menší než 80 °C tak je ventil otevřen. Pokud tlačítko (TL. 1) není zmáčknuto, ventil je uzavřen i kdyby teplota v zásobníku nebyla na požadované teplotě. Pokud nastane situace že ohřev není dost rychlý a potřeba teplé vody je aktuální, je možnost elektrického ohřevu. Tento ohřev je řízen pomocí tlačítka (TL. 1) a teploty (T7) v horní části druhého zásobníku. Ohřev sepne, pokud je tlačítko sepnuto a teplota (T7) je nižší než 55 °C. Ohřev se vypne, pokud teplota (T8) uprostřed zásobníku vystoupá na 70 °C. Pro přesun přehřáté vody do primárního zásobníku slouží trojcestný ventil (v.5). Ten bude řízen podle teploty v zásobníku na teplou vodu R2DC (T7). Pokud bude teplota nižší než 40 °C ventil bude uzavřen a bude otevřena cesta vedoucí k primárnímu zásobníku v akumulací nádrži. Naopak pokud teplota přesáhne 50 °C potom se cesta k akumulací nádrži uzavře a teplá voda je pouštěna přímo do rozvodů. V téhle čisti využíváme sluneční energii a přehřátou vodu v zásobníku R2DC posíláme do hlavního zásobníku v akumulací nádrži.

Přívod vody do primárního zásobníku je řízen ventilem (v. 11) umístěným na přívodu vody do zásobníku. Tento ventil je řízen podle ventilu (v. 5). Pokud je ventil (v. 5) uzavřen tak ventil (v. 11) je otevřen a do zásobníku proudí přehřátá voda ze zásobníku R2DC. Pokud je ventil (v. 5) otevřen potom se ventil (v. 11) uzavře a do zásobníku proudí studená voda.

Oběhové čerpadlo (č. 4) které zabezpečuje oběh vody od kotle je ovládáno pomocí ventilu (v. 6) na studené vodě proudící od zásobníku na teplou vodu R2DC. Pokud je ventil otevřen, čerpadlo pracuje.

Kotel na tuhá paliva:

Kotle na tuhá paliva musí obsahovat chladicí smyčku kvůli jejich zabezpečení pro případné přehřátí. Proto zde byl navržen ventil (v. 3) který je řízen podle teploty, (T4) která měří teplotu na kotli. Pokud přesáhne teplota na kotli (T4) 97 °C ventil se otevře, začne ochlazovat kotel a zároveň se zastaví ventilátor 1 a také dopravník 1. Aby se zamezilo dodávce vzduchu a paliva do kotle čerpadlo (č. 2) stále pracuje, aby zajistilo odvod tepla z kotle do systému.

Oběhové čerpadlo u kotle (č. 3) se řídí podle teploty (T5) což je teplota teplé vody od kotle a podle chodu kotle. Pokud kotel nepracuje a teplota (T5) poklesne pod 20 °C čerpadlo se vypne, jinak běží.

Topné okruhy:

Trojcestné ventily v.7, v.8, v.9, v.10 umístěny na stoupačkách do jednotlivých okruhů jsou řízeny pomocí teploty v místnostech (T9, T10, T11, T12). Řízení mohlo být použito, jelikož každé větví patří pouze část objektu. A tyto části mají pouze jednoho nájemce, který si může regulovat teplotu ve své části tudíž v jedné větví.

Čerpadla umístěná na stoupačkách č.5, č.6, č.7, č.8 jsou regulována pomocí trojcestných ventilů v.7, v.8, v.9, v.10. Dokud jsou ventily aspoň částečně otevřeny tak čerpadla běží. Jakmile dojde k úplnému uzavření, tak čerpadla vypnou.

11.2 Vzduchotechnika

Regulace VZT spočívá především ve využívání regulačních klapek, které jsou ovládány servo pohonem podle teploty v místnosti, případně ruční manipulací. Pomocí těchto klapek se operativně směřuje přiváděný či odváděný objem vzduchu z místností, kde je potřeba ho regulovat. Použitím automatického regulačního zařízení předejdeme chybám v obsluze a lépe ovládneme systém pomocí teplotních čidel umístěných v místnostech. Automatický řídicí systém je vhodný doplnit i ručním způsobem regulace pro rychlou reakci na nastalé změny prostředí. Případné nesrovnalosti po ruční manipulaci lze pak lépe doregulovat automaticky. Pro regulaci VZT budou využity komponenty, které umožňují komunikaci v sítích KNX.

Sociální zařízení:

Vzduchotechnika umístěná na sociálním zařízení je rozdělena podle okruhů. Veškerá zařízení jsou od sebe oddělena a mají samostatné ventilátory a taky ovládání. Ovládání je řízeno pomocí detektoru pohybu v místnostech. Ventilátory mají nastavený časový doběh pro dostatečné odvětrání prostoru.

Sál:

Zvolená VZT jednotka Topvex FR08EL-R-VAV je vybavena řídicí jednotkou Corrigo E. Jednotka Topvex FR08EL-R-VAV nabízí plně propojeným vestavěným řídicím systémem včetně teplotních čidel a externího ovladače SCP s 10m kabelem. Maximální délka kabelu mezi ovladačem a jednotkou je 100m. Vestavěný řídicí systém umožňuje ovládat vzduchový výkon, tlak v potrubí, teplotu, rekuperaci tepla/chladu a dobu provozu větrání. Jednotka disponuje i dalšími funkcemi šetřícími energii- jako volné chlazení, rekuperaci chladu, přizpůsobení teplot podle ročního období a přizpůsobení vzduchového výkonu. Ovládací panel má přehledné menu a snadno se ovládá. Řídicí systém je z výroby přednastaven, což znamená, že po montáži je třeba nastavit pouze čas a datum, požadovanou teplotu, vzduchový výkon a týdenní program. Samotný panel bude umístěn v prostoru sálu. K dané jednotce patří také dálkové ovládání, které bude k dispozici u hlídače. Řídicí jednotka nabízí komunikaci přes Exoline a Modbus přes RS-485 přepadne RS-232 a vestavěným WEB serverem přes TCP/IP a BACnet/IP. Což nám umožní využít námi zvolený systém KNX a provádět konfiguraci přes PC.

Kavárna:

Rekuperační VZT jednotka v kavárně je totožná jako jednotka v sále. Tím platí pro systém stejné řízení se stejnými přístroji. Panel a ovladač jsou umístěny u odsluhy kavárny. Pro prostor bowlingu je navržen systém chlazení pomocí multi split jednotka Daikin FTXS60G. Jednotka opět obsahuje vestavěný řídicí systém s dálkovým ovládáním. Řídicí systém má vestavěný veliký počet funkcí, které lze aktivovat. Ovladač je opět umístěn u odsluhy kavárny.

11.3 Vizualizace, ovládací systém SCADA

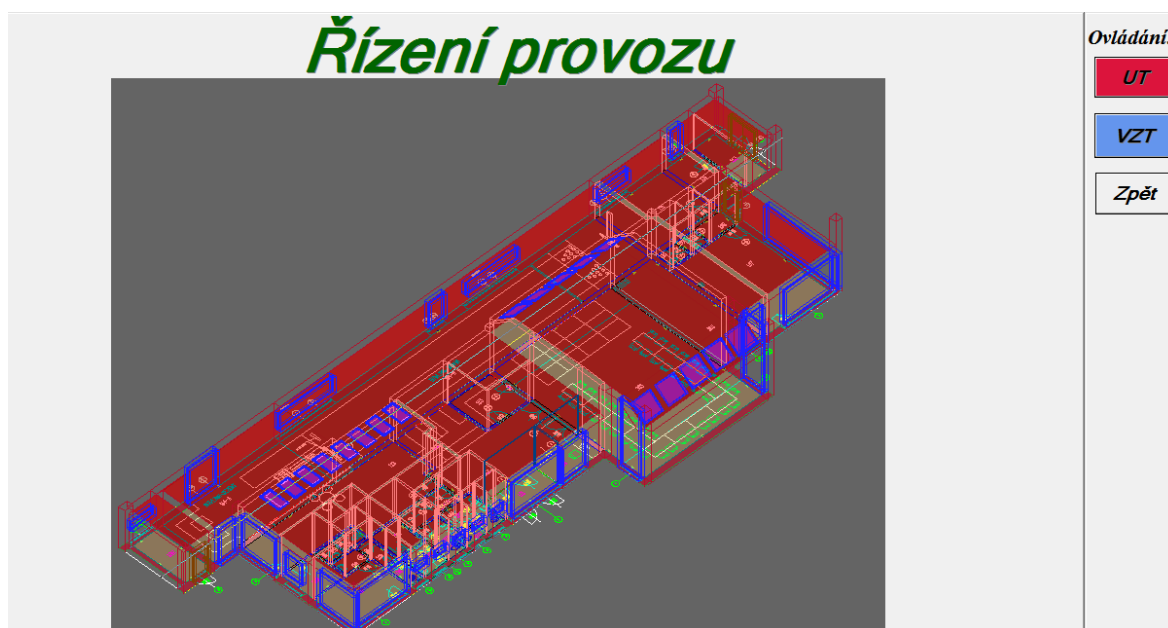
Pro řídicí systém navržený v budově pomocí KNX je třeba zavést zařízení pro komunikaci. K tomu slouží prvek KNX/IP rozhraní IPS/S. Jedná se o rozhraní, které převádí telegramy z protokolu KNX na IP telegramy přenášené po síti Ethernetu. Takto mohou být obousměrně

přenášena data mezi sběrnici KNX a sítí IP. Přístroj IP/S vyhovuje požadavkům na specifikaci EIBnet/IP, programování přístroje se dá také po síti LAN.

SCADA je software, který nám zaručí komfortní ovládání různých zařízení v budově prostřednictvím displeje, mobilu, PC, tabletu. Jedná se o grafické rozhraní, se kterým lze ovládat pohodlně všechny přístroje připojené na KNX sběrnici. Pro návrh systému řízení byl vybrán software Reliance 4.

Základem ovládání systémů v domě je centrální dotykový panel, na kterém je nahrána vizualizace ovládání. Panel je napojen na sběrnici a komunikuje s ostatními prvky inteligentní instalace a tím umožňuje ovládání systémů. Vizualizace by měla být přehledná a pro uživatele přívětivá.

Na hlavním panelu je vyobrazena řízená budova a základní ovládací prvky a to pro ústřední topení a vzduchotechniku. Základní obrazovka je znázorněna na obrázku (36).



Obr. 36: SCADA-základní obrazovka

V záložce ústřední topení nalezneme opět pohled na řízenou budovu a v ní znázorněny veškerá otopná tělesa. Ve spodní části nalezneme tlačítka pro zobrazení jednotlivých částí budovy. Jak je patrné z obrázku (37).



Obr. 37: SCADA-otopná soustava.

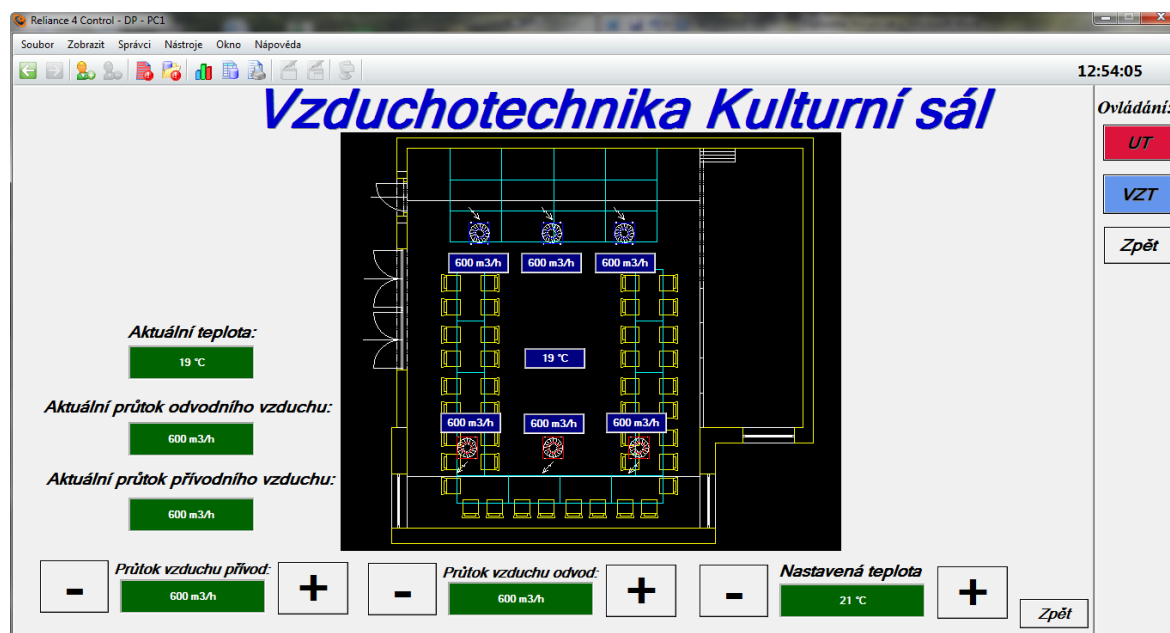
Po zvolení určité části se dostaneme do daného prostoru, kde se můžeme věnovat řízení daného prostoru. V prostoru je měřena teplota a je zobrazována na panelech. V prostoru vidíme jednotlivé rozmístění otopných těles a indikaci, zda jsou tělesa spuštěná. Ve spodní části je možné si nastavit teplotu, na kterou se má prostor vytopit. Ukázku nalezneme na obrázku (38).



Obr. 38: SCADA-otopná soustava nastavování teplot.

Téměř stejným způsobem pracuje záložka pro řízení VZT, kde na prvním panelu vidíme opět celou budovu s rozmístěním VZT po budově s možnou volbou části budovy a mož-

ností řízení. Po volbě určité části se zvolená část zobrazí podrobněji a nabídne nám možnosti pro úpravu parametrů VZT- jako je množství odsávaného vzduchu, přiváděného vzduchu či změnu nastavené teploty. V prostoru jsou zobrazovány aktuální hodnoty průtoků vzduchu u výustek a taky teploty v místnosti. Jak je zobrazeno na obrázku (39).



Obr. 39: SCADA-VZT

12 ELEKTROINSTALACE

Pro budovu byla navržena silnoprúdová elektroinstalace obsahující zásuvkové a světelné okruhy. Při návrhu bylo vycházeno z norem pro zapojení zásuvkových okruhů ČSN EN 33 2180 pro připojování odběrných elektrických zařízení na veřejný rozvod elektřiny, pro která platí pravidla provozování distribučních soustav, pro přípojky dále ČSN 33 3320. Ochrana před úrazem elektrickým proudem se provádí podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2. Hlavní přívod z rozvodné sítě je k domu přiveden pomocí zemních venkovních kabelů nejprve do domovní přípojky a poté je přiveden do hlavní rozvodné skříně umístěné v 1.PP v technické místnosti. V hlavní rozvodné skříně je umístěn elektroměr pro společnou spotřebu, hlavní jistič a hlavní vypínač sloužící pro odstavení celého objektu od elektrické energie. Jelikož je budova rozdělena do několika samostatných bloků jak otopně tak VZT, bylo zvoleno, že každý okruh bude obsahovat samostatnou rozvodovou skříň (RS) která bude opatřena odpočtovým měřákem spotřeby. Tyhle dílčí RS jsou zapojeny v hlavní RS kde mají jak jističe, tak proudové chrániče. Dále je v hlavní RS zapojena VZT pro kavárnu a Sál z důvodu značného odběru způsobeného především elektrickým ohřevem. VZT jednotky jsou zapojeny každá zvlášť na svůj jistič. Ve skříně je zapojen také veškerý rozvod pro otopnou soustavu i řídicí systém KNX a taky okruh světla a zásuvek pro 1.PP.

Dílčí RS obsahují rozvody pro dané okruhy. V dílčích rozvodových skříních jsou napojeny především rozvody pro světla a zásuvky. Rozvody světla jsou navrženy a rozděleny do několika okruhů s ohledem na to, aby pokrývaly požadované návrhové hodnoty intenzity osvětlení, které definuje norma ČSN 12464-1. Na jeden světelný obvod se smí připojit tolik svítidel, aby součet jejich jmenovitých proudů nepřekročil jmenovitý proud jisticího přístroje obvodu. Jmenovitý proud svítidel se stanoví z maximálního příkonu, pro který jsou svítidla typována. [44, s. 10] Podmínka pro maximální připojení není splněna a okruhy byly navrženy spíše podle místností. Pro osvětlení byly zvoleny jako světelné zdroje především zářivková svítidla a to Zářivkové svítidlo LLX ALDP2 2xT8/58W G13 EP. Pro sociální zařízení je zvoleno Philips Massive 59799/31/10 - Downlight RONDA 2xE27/14W bílá s využitím úsporných žárovek. Každý světelný okruh je jističen 10 A jističem a je veden kabelem CYKY 3Jx1, což stanovuje norma ČSN 33 2130 [44]. Kabeláž je vedena pod omítkou.

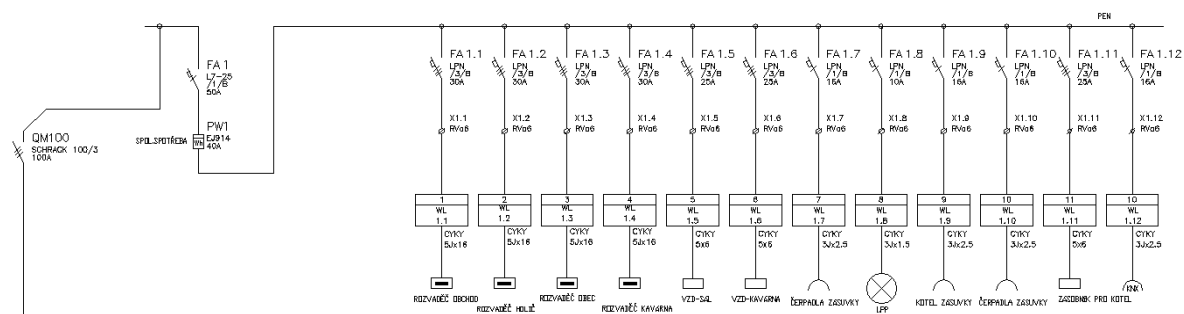
Zásuvkové obvody se zřizují pro připojení spotřebičů vidlicí do zásuvky. Na zásuvkové obvody lze podle potřeby pevně připojit jednoúčelové spotřebiče pro krátkodobé použití do celkového příkonu 2 000 VA. [44, s. 11]

Na jeden zásuvkový obvod lze připojit nejvýše 10 zásuvkových vývodů, přičemž celkový instalovaný příkon nesmí překročit 3680 VA při jištění 16 A (2300 VA při jištění 10 A). [44, s. 12] Při sestavování zásuvkových okruhů bylo přihlíženo spíše k rozdělení místností než k povolenému počtu zásuvek. Pro prostory vlhka, jako jsou místa mytí rukou (sociální zařízení) byly umístěny bezpečnostní zásuvky s krytím IP44, aby zamezily vniknutí vody. Zásuvkové vodiče jsou taženy pod omítkou. Pro místnost kuchyňky bylo třeba splnit normu a oddělit zařízení na vlastní okruhy. Pro pevně připojené jednofázové spotřebiče o příkonu 2000 VA a více se zřizují samostatně jištěné obvody. Pouze spotřebiče do celkového příkonu 2000 VA, nevyžadující jištění (např. ventilátory, elektrický pohon žaluzií), lze připojit na společný obvod s jiným zařízením. [44, s. 12] Z toho důvodu je elektrická trouba a varná keramická deska vedena zvlášť a mají vlastní jističe 16A. Pro zásuvkové obvody jsou navrženy i proudové chrániče, které zajišťují včasné odpojení spotřebiče pokud dojde k dotykovému napětí na jak na živých tak neživých částí. Vypínací čas proudového chrániče se pohybuje v řádech jednotek až desítek milisekund. Vedení je provedeno kabelem CYKY 3Jx2,5.

Spínače pro ovládání světelných obvodů mají být obvykle umístěny u vchodových dveří v místnosti ovládaného světelného obvodu na té straně, kde se dveře otevírají (na straně kliky dveří). Nevyžadují-li takového umístění spínačů provozní nebo bezpečnostní podmínky, mohou být umísťovány i jinde (např. na rozvaděči nebo rozvodnici pro ovládání apod.). [44, s. 11]

Rozmístění světelných zdrojů a zásuvek nalezneme v příloze (Příloha 21-Silnoproud Rozvod).

Návrh hlavní RS a dílčích RS nalezneme na obrázku (40) a také v příloze (Příloha 22-Rozvodné skříně) kde lze vidět veškeré okruhy a zapojené zařízení.



Obr. 40: Hlavní rozvodná skříň

13 OBNOVITELNÉ ZDROJE

13.1 Solární systém

Při posouzení využití sluneční energie pro výrobu elektřiny pomocí solárních systémů je důležitým aspektem množství panelů a především orientace na světovou stranu a taky osvětlení panelů. Pomocí kapitoly 10.1.5 bylo vypočteno, že pro potřebný výkon 18,1 KWh je potřeba umístit 4 panely. O celkové ploše 9,6 m².

Parametry vybraného systému:

- Požadovaný výkon: 18,1 kWh
- Moduly: 4 ks KPS11+
- Celková plocha pole: 9,6 m²
- Roční energetický výnos: 3 402 kWh
- Životnost systému: 25 let

13.1.1 Ekonomické hodnocení

Navržený systém je ohodnocen na částku 80 408 Kč. Výnos byl učen z měrného tepelného zisku kolektoru. Pouze v období Duben-Říjen z důvodu že je nosným médiem voda a v zimních měsících je systém převážně vypnut. Zisk byl stanoven ve výši 4 320 Kč.

Tab. 29: Cenové hodnocení solárního systému

Počet [Ks,m]	Zařízení:	Cena za 1 ks,m [Kč]
4	Sluneční kolektor KPS11+	15125
1	Grundfos ALPHA2 25-60	4999
1	Měřič tepla FlowRo 0,6 m ³ /h	3896
1	Sada pro uchopení a propojení 4 kolektorů	5140
65	měděné potrubí	77,2
1	Otevřená expanzní nádoba - 15l	855
	Celkem:	80408

Parametry pro jednotlivé měsíce byly zjištěny z Topenářské příručky. [36, str. 360-369]

Tab. 30: Parametry pro výpočet solárního systému

Měsíc	$H_{T,den,teor}$ [kWh.m ⁻²]	$H_{T,den,dif}$ [kWh.m ⁻²]	$G_{T,stř}$ [W.m ⁻²]	τ_r	$t_{es}[^{\circ}\text{C}]$	$t_e[^{\circ}\text{C}]$
4	7,91	1,12	581	0,39	12	8,7
5	7,89	1,39	564	0,48	17,2	14,1
6	8,6	1,54	554	0,53	20,2	16,9
7	8,91	1,51	549	0,56	22,1	18,8
8	8,59	1,29	558	0,53	21,8	17,8
9	7,95	0,97	577	0,5	18,5	14
10	7,17	0,67	564	0,37	13,1	8,7

Parametry odečtené z datového listu pro solární panel KPG1-ALC

Tab. 31: Parametry solárního panelu KPS11+

lineární součinitel tepelné ztráty a_1 v W/(m ² .K)	lineární součinitel te- pelné ztráty a_2 v W/(m ² .K)	hodnota optické účinnosti η_0	Plocha kolektoru A v m ²
3,48	0,0056	0,79	2,3

Teplota v zásobníku střední $t_m = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Pro výpočet byly použity vzorce s kapitoly (5.1.9).

Skutečná denní dávka ozáření plochy:

$$H_{T,den} = \tau_r \cdot H_{T,den,teor} + (1 - \tau_r) \cdot H_{T,den,dif}$$

Účinnost solárního kolektoru:

$$\eta_k = \eta_0 - a_1 \cdot \left(\frac{t_m - t_e}{G} \right) - a_2 \cdot \frac{(t_m - t_e)^2}{G}$$

Denní tepelný zisk z kolektoru:

$$q_k = \eta_k \cdot H_{T,den}$$

Pro ekonomické zhodnocení je potřeba znát další aspekty projektu:

Tab. 32: Vypočtené parametry solárního systému

Měsíc	$H_{T,den}$ [kWh/(m ² ·den)]	η_k [-]	q_k [kWh/(m ² ·den)]
4	3,76	0,61	2,31
5	4,85	0,64	3,12
6	5,45	0,66	3,60
7	5,47	0,67	3,69
8	4,82	0,67	3,24
9	4,07	0,66	2,67
10	2,61	0,52	1,35

$$q_{k,pr} = \frac{\sum q_k}{7} = 1,473 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{den)}$$

Aby byl zjištěn tepelný výkon byl průměrný tepelný výkon vynásoben počtem dní kde je zvoleno 30 dnů na měsíc tedy 210 dní.

$$q_{k,roční} = q_{k,pr} \cdot 210 = 354,4 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$$

Jelikož je plocha čtyř použitých kolektorů 9,6 m² tak celkový výkon za rok je stanoven na:

$$q_{celkové} = q_{k,roční} \cdot A = 354,4 \cdot 9,6 = 3402 \text{ kWh}$$

Tab. 33: Ceny vybraných energií za 1 kWh

kWh tepla z uhlí	0,85 Kč/kWh
kWh tepla ze dřeva	1,17 Kč/kWh
kWh tepla z pelet	1,27 Kč/kWh
kWh zemního plynu	1,46 Kč/kWh
kWh tepla z teplárny	2,25 Kč/kWh
kWh elektřiny	4,83 Kč/kWh
kWh z benzínové elektrocentrály	15 Kč/kWh

Po zjištění ceny 1 kW/h při vytápění pomocí pelet byl výnos ze solárních panelů stanoven na 4 321 Kč

Pro ekonomické zhodnocení je potřeba znát další aspekty projektu:

Diskont: $r = 5 \%$

Inflace: $\alpha = 2 \%$

Průměrný roční výnos: $CF = 4\,321\text{Kč}$

Celkové investice: $IN = 80\,408\text{ Kč}$

Doba životnosti projektu: $t = 25\text{ let}$

Průměrný roční výnos je uvažován jako úspora nákladů na vytápění. Diskontní sazba je dána ČNB (Českou národní bankou), podobně je dána inflace. Hodnoty zjištěny na stránkách ČNB.

Z výše uvedených hodnot můžeme získat prostou dobu návratnosti T .

$$T = \frac{IN}{CF} = \frac{80\,408}{4\,321} = 18,6\text{ let}$$

Tedy za dobu 18,6 let by se měla investice do systému vrátit. Není však zahrnut peněžní tok a čas. Proto se uvažuje diskontovaná doba návratnosti T_d .

$$T_d = \frac{\ln\left(1 + \frac{IN}{CF} \cdot (\alpha - r)\right)}{\ln\frac{1+\alpha}{1+r}} = \frac{\ln\left(1 + \frac{80\,408}{4\,321} \cdot (0,02 - 0,05)\right)}{\ln\frac{1+0,02}{1+0,05}} = 28,2\text{ let}$$

Vyplývá tedy, že přesnější doba vrácení investice vložené do projektu je 28,2 let. Což nám ukazuje, že se pohybujeme mimo dobu životnosti.

Čistá současná hodnota NPV .

$$\begin{aligned} NPV &= CF \cdot \frac{(1 - r - \alpha)^t - 1}{(r - \alpha) \cdot (1 + r - \alpha)^t} - IN \\ &= 4\,321 \cdot \frac{(1 - 0,05 - 0,02)^{25} - 1}{(0,05 - 0,02) \cdot (1 + 0,05 - 0,02)^{25}} - 80\,408 = -5\,183\text{ Kč} \end{aligned}$$

Tato hodnota reprezentuje budoucí hodnotu peněžních změn a případného výdaje a také zohledňuje čas. V případě kladného výsledku čisté současné hodnoty můžeme říct, že daná investice je přínosem. Z našeho výsledku vyplývá, že investice se nevyplatí. Avšak pokud se na investici podíváme z obsáhlejšího pohledu a vezmeme v úvahu náklady spojené se zátopem v letních měsících pro ohřev teplé vody. Tak poté je i přes nepříznivý výsledek hodnocení systém přínosem a je doporučen.

13.2 Fotovoltaika

Fotovoltaika je přizpůsobena k vytváření elektrické energie. Důležitým parametrem je plocha a natočení panelů. Plocha střechy je natočena na jihovýchod a s nakloněním 40° . Plocha střechy je již osazena solárními panely a komínem. Zbylá plocha byla stanovena na 200 m^2 . Postup návrhu a výpočtu je proveden podle kapitoly 6.2

Pokud budeme uvažovat účinnost fotovoltaických panelů, které byly navrženy, tedy 15,1 %, můžeme spočítat celkový instalovaný výkon a elektroenergetickou výtěžitelnost.

$$P_{FV} = A \cdot \eta = 200 \cdot 0,151 = 30,2 \text{ kW}$$

$$E_{EL} = H_{solar} \cdot f_{sklon} \cdot P_{FV} \cdot PR = 1000 \cdot 1,1 \cdot 30 \cdot 0,75 = 24\,750 \text{ kWh/rok}$$

Pro přesné stanovení je potřeba znát celkovou cenu tedy, veškerého zařízení potřebné pro chod systému. Dalším důležitým aspektem je cena výkupu vyrobené elektřiny. V dnešní době je spuštěn projekt zelená úsporám, ale ten se vztahuje jen na rodinné domy a bytové komplexy což se na náš projekt nevztahuje. Tedy musíme brát v potaz pouze výnosy, které získáme či ušetříme při spotřebě elektrické energie. V dnešní době je výhodnější si elektřinu spotřebovat a tím ušetřit náklady ve výši 4,83 Kč/kWh, než tuto elektřinu dodat do distribuční sítě za výkupní cenu přibližně 0,8 Kč/kWh.

V tomto případě je zvolen systém o instalovaném výkonu 30,5 kWp (kWp – jednotka špičkového výkonu fotovoltaické elektrárny při standardních testovacích podmínkách, p = peak), který se v ročním průměru spotřebuje celý na chod domu.

Parametry vybraného systému:

- Instalovaný výkon: 30,5 kWp
- Moduly: 122 ks Kyocera KD 250 GH, 250Wp
- Účinnost modulů: 15,1 %
- Celková plocha pole: 200 m^2
- Roční energetický výnos: 24 750 kWh
- Životnost systému: 25 let

13.2.1 Ekonomické hodnocení

Navržený systém byl ohodnocen na částku 1 350 000 Kč. A je umístěn na jihovýchodní straně bez většího zastínění.

Pro ekonomické zhodnocení je potřeba znát další aspekty projektu:

- Diskont: $r = 5 \%$
- Inflace: $\alpha = 2 \%$
- Průměrný roční výnos: $CF = 119\,542$ Kč
- Celkové investice: $IN = 1\,350\,000$ Kč
- Doba životnosti projektu: $t = 30$ let

Výnos je stanoven podle vyvinuté elektrické energie a ceny elektřiny za 1 kW/h. Veškerá energie je spotřebována domem. Diskontní sazba je dána ČNB (Českou národní bankou), podobně je dána inflace. Hodnoty byly zjištěny z internetových stránek ČNB.

Z výše uvedených hodnot můžeme získat prostou dobu návratnosti T .

$$T = \frac{IN}{CF} = \frac{1\,350\,000}{119\,542} = 11,3 \text{ let}$$

Tedy za dobu 11,3 let by se měla investice do systému vrátit. Není však zahrnut peněžní tok a čas. Proto se uvažuje diskontovaná doba návratnosti T_d .

$$T_d = \frac{\ln\left(1 + \frac{IN}{CF} \cdot (\alpha - r)\right)}{\ln \frac{1 + \alpha}{1 + r}} = \frac{\ln\left(1 + \frac{1\,350\,000}{119\,542} \cdot (0,02 - 0,05)\right)}{\ln \frac{1 + 0,02}{1 + 0,05}} = 14,27 \text{ let}$$

Vyplývá tedy, že přesnější doba vrácení investice vložené do projektu je 14,27 let. Což nám ukazuje, že se investice vrátí ještě po dobu životnosti.

Čistá současná hodnota NPV .

$$\begin{aligned} NPV &= CF \cdot \frac{(1 - r - \alpha)^t - 1}{(r - \alpha) \cdot (1 + r - \alpha)^t} - IN \\ &= 119\,542 \cdot \frac{(1 - 0,05 - 0,02)^{25} - 1}{(0,05 - 0,02) \cdot (1 + 0,05 - 0,02)^{25}} - 1\,350\,000 \\ &= 993\,076 \text{ Kč} \end{aligned}$$

Tato hodnota reprezentuje budoucí hodnotu našeho projektu po uplynutí doby životnosti. S ohledem na tok peněz a dalších parametrů. V případě kladného výsledku čisté současné hodnoty můžeme říct, že daná investice je přínosem. Z našeho výsledku vyplývá, že investice se vyplatí a je doporučena.

Vnitřní výnosové procento IRR je reprezentováno funkcí:

$$CF \cdot \frac{(1 - IRR)^t - 1}{IRR \cdot (1 + IRR)^t} = 0$$

$$IRR = 10 \%$$

Výsledek 10 % znamená, že investice se během životnosti vrátí a vynesete ještě 135 000Kč.

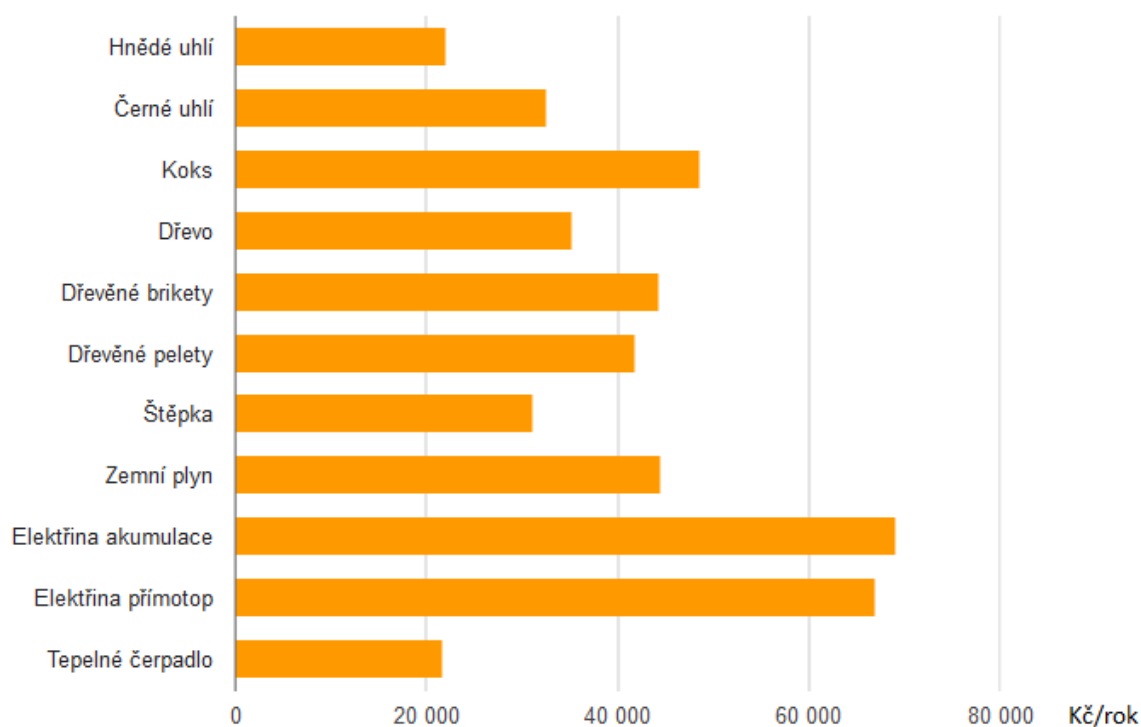
Ekonomicky je investice výhodná a je doporučena.

14 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Podstatnou součástí každého projektu je i ekonomické hodnocení, které slouží jako podklad pro investora. Kalkulace podává finanční informace o projektu a investor tak může přesněji rozhodovat, jaké dílčí části projektu se využijí, jak jsou navrženy, či dojde-li k úpravám převážně k snížení nákladů. V projektu byly navrženy systémy, které výrazně zvyšují pohodu prostředí, ale také značně zvyšují vstupní investice. Byly navrženy také systémy, využívající obnovitelné zdroje energie, které výrazně sníží náklady na provoz a taky sníží počáteční investice. Inteligentní systém navržen pro řízení otopné soustavy má poměrně vysokou pořizovací hodnotu, ale z jeho návratností se nepočítá. Tenhle systém slouží pouze ke zvýšení komfortu pro uživatele objektu.

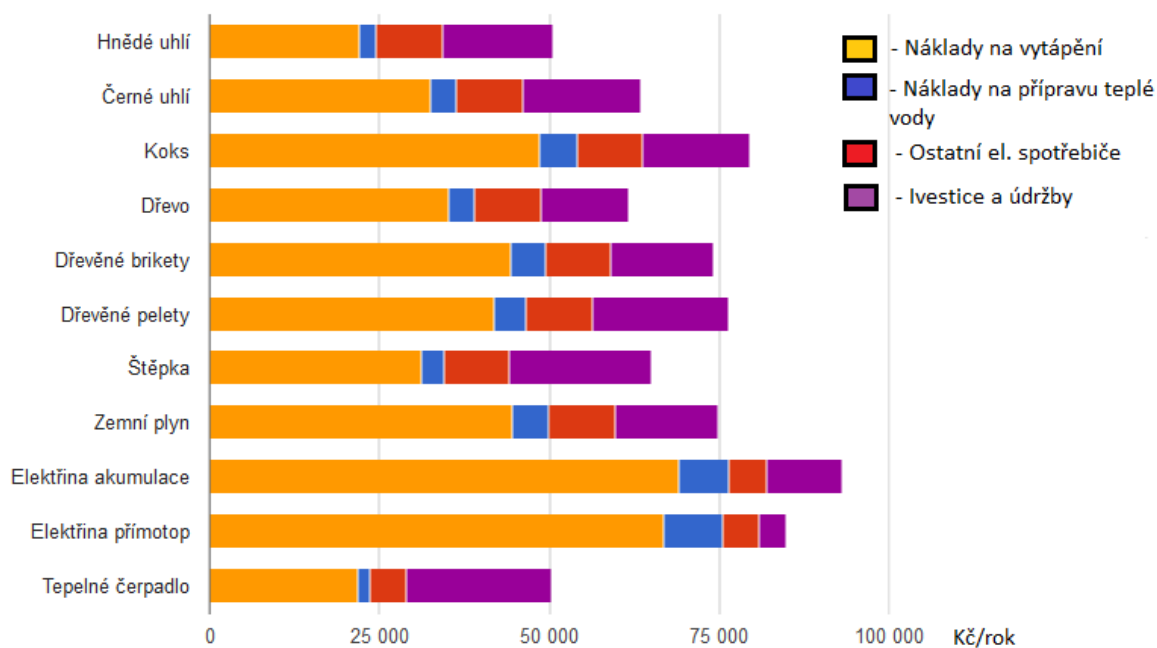
14.1 Porovnání nákladů

V projektu je zvoleno vytápění pomocí pelet, které bylo podmínkou investora. Zvolený kotel je kombinovaný, tedy pro kusové dříví, uhlí, pelety, brikety. Na obrázku (41) jsou znázorněny náklady na vytápění pro různé druhy paliva. Údaje jsou získány z programu na TZB Info. [51]



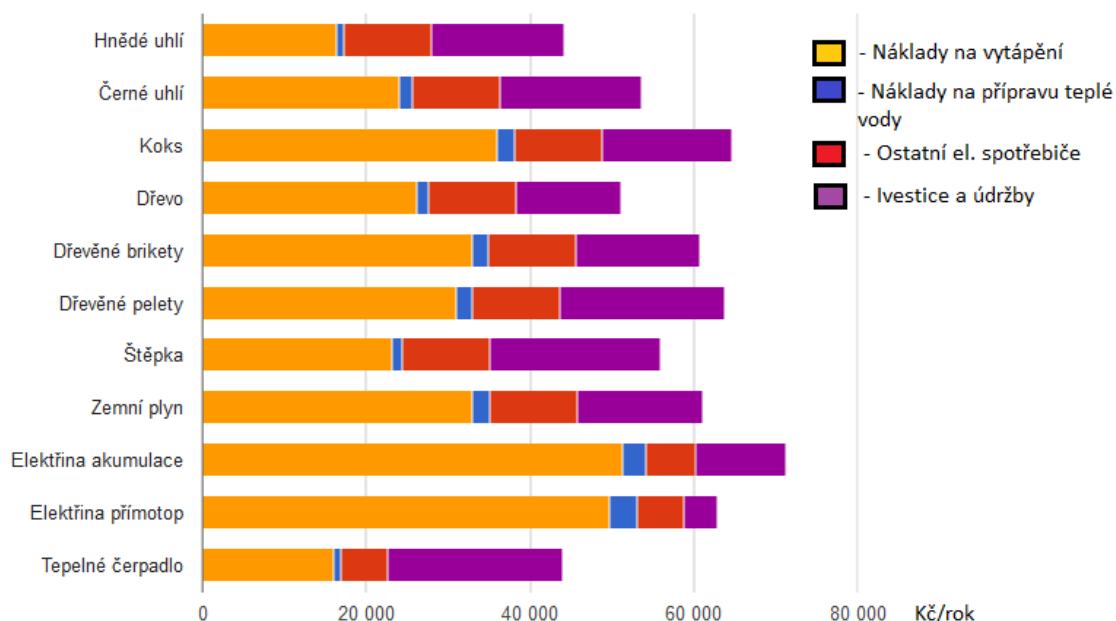
Obr. 41: Roční náklady na vytápění při použití různých druhů paliva[51]

V projektu je navrženo několik systémů, které výrazně snižují náklady na provoz budovy. Pokud by tyhle systémy nebyly schváleny a v projektu použity, náklady na provoz jsou poměrně výrazné. Jak je patrné z obrázku (42). Kde se investice pro vytápění pomocí pelet pohybuje okolo 75 000 Kč za rok. Spotřeba energie na vytápění a teplou vodu je stanovena na 38 929 kWh/rok, spotřeba elektrické energie pro ostatní spotřebiče 2 353 kWh/rok. Tyto parametry byly stanoveny podle programu na TZB Info [51]



Obr. 42: Náklady na vytápění, přípravu teplé vody, el. Spotřebiče, investice a údržbu v případě nepoužitých systémů [51]

Pokud v projektu budou všechny systémy pro zlepšení pohody a snížení nákladů schváleny investorem a uvedeny do provozu, tak náklady poklesnou z hodnoty 75 000 Kč na 60 000 Kč., jak je patrné z obrázku (43). Mezi systémy, které snižují investice do provozu a zlepšují pohodu prostředí patří rekuperace vzduchu a taky solární systém pro ohřev teplé vody.



Obr. 43: Náklady na vytápění, přípravu teplé vody, el. Spotřebiče, investice a údržbu v případě použití systémů [51]

V případě že se využije i projekt na fotovoltaiku, který využívá značnou plochu střechy, tak fotovoltaika pokryje veškerou elektrickou energii potřebnou pro systém a náklady klesnou na prostředky potřebné pro investici do paliva.

14.2 Náklady na vytápění a přípravu teplé vody

V těchto nákladech jsou zvažovány náklady na vytápění a přípravu teplé vody. U projektu na vytápěcí systém se počítá s tím, že se finančně nevrátí. Jelikož byl zvolen kotel na biomasu, tak se náklady zvýšily. A bylo potřeba zavést bezpečnostní opatření, jako je chladicí smyčka akumulční nádrž, případně zásobník na palivo. Náklady na otopná tělesa nalezneme v příloze (Příloha P XII: Hodnocení otopných těles), ze které vyplývá částka 164 084 Kč investovaná do otopných těles. Další náklady pro vytápění nalezneme v příloze (Příloha P XIII: Náklady na vytápění). Kde jsou uvedeny náklady na ostatní zařízení potřebné pro otopnou soustavu.

Po sečtení obou druhů nákladů se dostáváme na celkové náklady spojené se zařízením, potrubním rozvodem a prvky pro otopnou soustavu. Celková investice je zobrazena v tabulce (27).

Tab. 34: Celková investice na otopnou soustavu

Zařízení	Cena [Kč]
Otopná tělesa	164084
Ostatní zařízení	312610
Celkem:	476694

14.3 Náklady na vzduchotechniku

V projektu je také vypracována vzduchotechnika (VZT). VZT je navržena pro sociální zařízení kde se zbavujeme nepříjemného zápachu. V prostorách sálu a kavárny + bowling je navržena rekuperační jednotka, která zajišťuje hygienickou výměnu vzduchu, ale také díky rekuperaci vzduchu nám pokrývá náklady na větrání v prostorách svého působení. Pro prostor bowlingu je navrženo chlazení v letním období.

V příloze (Příloha P XIV: Náklady na VZT) jsou znázorněny podrobnější náklady potřebné na zařízení a rozvody pro navrhnutou VZT. Celkové náklady činí: 670 327Kč

14.4 Náklady na inteligentní elektroinstalaci

Do projektu je zahrnuta inteligentní elektroinstalace pomocí KNX která má za úkol řídit celou otopnou soustavu. Náklady můžeme vidět v tabulce (27).

Tab. 35: Náklady na inteligentní elektroinstalaci

Počet [ks]	Název	Cena [Kč]
1	MTN684032-Zdroj KNX 320mA	7927
1	MTN644492-Dygitální vstup	8102
2	MTN663529-Zdroje pro vstupy a výstupy	1707
1	MTN682191-Analogová vstup	13720
2	MTN682192-Analogový vstup roz. Modul	10104
1	MTN649212-Digitální výstup	16740
1	MTN649204-Digitální výstup	8712
1	MTN682291-Analogový výstup	19127
1	MTN682292-Analogový výstup roz. Modul	11613
	Kabeláž	3500
	Celkem:	113063

14.5 Náklady na elektroinstalaci

Do zpracování projektu byla zahrnuta také elektroinstalace v budově. V objektu byly navrženy světelné okruhy a okruhy zásuvkové. V projektu je taky zpracován návrh jednotli-

vých rozvodních skříní. Seznam použitých zařízení a komponentů nalezneme v příloze (Příloha P XV: Náklady na elektroinstalaci). Celkové náklady na elektroinstalaci činí: 182 511Kč.

14.6 Celkové náklady projektu

Pokud sečteme všechny projekty, které byly vypracovány, dostaneme se na částku 1 442 595Kč. Což je poměrně vysoká částka. Jednotlivé ceny projektů můžeme vidět v tabulce (28).

Tab. 36: Celková cena projektu

Projekt na :	Cena [Kč]
Otopná soustava	476694
Vzduchotechnika	670327
Intel. Elektroinstalace	113063
Silnoprůdová elektroinstalace	182 511
Celkem:	1442595

V případě, že zahrneme i vypracované hodnocení pro obnovitelné zdroje, tak se dostáváme na částku 2 873 000 Kč. Celkovou cenu i s obnovitelnými zdroji můžeme vidět v tabulce (29).

Tab. 37: Celková cena projektu i s obnovitelnými zdroji

Projekt na:	Cena [Kč]
Otopná soustava	476694
Vzduchotechnika	670327
Intel. Elektroinstalace	113063
Silnoprůdová elektroinstalace	182 511
Solární kolektory	80 408
Fotovoltaika	1 350 000
Celkem:	2873003

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vypracování integrovaných systémů v multifunkční budově s využitím obnovitelných zdrojů energie a inteligentní sítě, která je postavena na sběrnicovém systému KNX. Budova byla navržena tak, aby splňoval požadavky stanovených norem a bylo docíleno optimální tepelné pohody. Řízení budovy je navrženo tak aby se dosáhlo co nejmenších nákladů na provoz budovy. Práce je rozdělena na dvě hlavní části a to část teoretickou a část praktickou.

V teoretické části jsou uvedeny zásady či části norem, které by inteligentní budova měla splňovat, což se týká spojení jak konstrukčního řešení, tak vnitřních systémů pro vytvoření požadovaného mikroklimatu v budově. V teoretické části jsou popsány různé technologie a principy obnovitelných zdrojů a jejich využití. Je zmíněn i řídicí systém KNX a komunikace mezi jednotlivými prvky systému.

V první části praktické práce se zabývám seznámením z danou multifunkční budovou. Snažím se přiblížit její rozměry a umístění v okolí spolu s popisem samotné stavby. Jsou zde uvedeny plány, rozměry místností a informace o některých okrajových podmínkách v dané lokalitě, kde se budova nachází.

Druhý větší celek práce pojednává o stavebních parametrech budovy. Zde byly vyhodnoceny tepelné vlastnosti konstrukcí spolu s vyhodnocením možné kondenzace vodní páry v konstrukci budovy. Poté byly zjištěny tepelné ztráty na základě, kterých byl proveden návrh vytápěcího zdroje. Jako zdroj byl zvolen kotel na biomasu (pelet). Tento zdroj slouží pro vytápění a také k přípravě teplé vody. Pro snížení nákladů byl na přípravu teplé vody navržen solární systém.

Další velkou částí je navrhnutí vzduchotechniky (VZT). Jelikož budova slouží jako veřejná tak bylo žádoucí provést návrh odvětrávání sociálního zařízení a skladů. Dále byl navrhnout rekuperační systém pro největší dva prostory v budově a to sálu a kavárny. Kde podle norem byla, vybrány jednotky pro patřičnou výměnu vzduchu. Samotný systém VZT je hodně obsáhlý.

V další kapitole jsou zpracovány návrhy silnoproudé a slaboproudé elektroinstalace spolu s návrhem rozvodních skříní pro jednotlivé okruhy. Poté byl vypracován návrh na inteligentní síť se sběrnicovým systémem KNX, který poskytuje uživateli komfort a pohodlí při

obsluze domu. Systém byl obohacen o dotykovou obrazovku s rozhraním SCADA, pomocí které lze pohodlně ovládat otopnou soustavu v budově.

Poslední část se zabývá možností využití obnovitelných zdrojů energie. Kde u jednotlivých systémů byl proveden výpočet pro zjištění ekonomické návratnosti systému. A na závěr práce je provedeno technicko-ekonomické hodnocení jednotlivých navržených systémů a taky celkové hodnocení projektu.

Cílem této práce bylo navrhnout multifunkční budovu s odpovídající moderní technologií, která má zajistit svou činností snížení provozních nákladů. V návrhu jsou respektovány požadavky investora.

Zadání práce se podařilo kompletně vypracovat a vložit do práce ještě některé části na víc a tím se práce stala poměrně obsáhlou s dlouhou.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Ing. Karel Kabele, CSc., Ing. Zuzana Veverková: Modelování operativní teploty. *Tzb-info* [online]. 2004 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1422-modelovani-operativni-teploty>
- [2] Tepelně-vlhkostní mikroklima. *Wikiskripta* [online]. 2009 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Tepeln%C4%9B-vlhkostn%C3%AD_mikroklima
- [3] Rychlost proudění vzduchu. *Khshk* [online]. 2015 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs3/1110rychlost_proudn_vzduchu.html
- [4] Proudění vzduchu. *Osu* [online]. 2015 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: http://artemis.osu.cz/MMi/meteo1/diplomka/Ramec2_soubory/AAA/proudeni.html
- [5] Vlhkost vzduchu a její charakteristiky. *IN-Počasí* [online]. 2014 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: <http://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/vlhkost-vzduchu/>
- [6] Vlhkost vzduchu. *Meteocentrum.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: <http://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/vlhkost-vzduchu.php>
- [7] Ing. Lada Centnerová: Izolace oblečení. *Tzb-info* [online]. 2001 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/576-izolace-obleceni>
- [8] Tepelný odpor oděvu. *Khshk* [online]. 2015 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs3/13tepeln_odpor_odvu.html
- [9] Výdej energie. *Fsps.muni* [online]. 2014 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: <http://www.fsps.muni.cz/~tvodicka/data/reader/book-3/07.html>
- [10] ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [11] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov: Část 2:Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [12] Větrání budovy a šíření vzduchu podle ČSN 73 0540-2. *Tzb-info* [online]. 2015 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/7981-vetrani-budovy-a-sireni-vzduchu-podle-csn-73-0540-2>
- [13] Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.: Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1. *Tzb-info* [online]. 2012 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z:

- <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [14] MUDr. Ariana LAJČÍKOVÁ, CSc: Vládní nařízení č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci. *Tzb-info* [online]. 2001 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/692-vladni-narizeni-c-178-2001-sb-kterym-se-stanovi-podminky-ochrany-zdravi-zamestnancu-pri-praci>
- [15] Škodliviny v prostředí. *Wikiskripta* [online]. 2015 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/%C5%A0kodliviny_v_prost%C5%99ed%C3%AD
- [16] ČSN EN 15251. *Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [17] Akustika. *Wikiskripta* [online]. 2015 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Akustika>
- [18] ČSN EN 12464-1. *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů: Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [19] ČSN EN 12464-2. *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů: Část 2: Venkovní pracovní prostory*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [20] ČSN EN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov: Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [21] Tlak vzduchu. *Meteocentrum* [online]. 2007 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <http://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/tlak-vzduchu.php>
- [22] Vítr. *Meteocentrum* [online]. 2007 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <http://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/vitr.php>
- [23] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov: Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [24] Součinitel prostupu tepla. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/soucinitel-prostupu-tepla>

- [25] Tepelná ztráta objektu. *Tepelná ztráta objektu* [online]. 2015 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://www.revitalizace.com/teorie-vypocty/co-je-tepelna-ztrata-objektu-a-vypocet-potreby-tepla-na-vytapeni/>
- [26] Tepelná ztráta objektu. *Tepelná ztráta objektu* [online]. 2013 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/tepelne-ztraty/>
- [27] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [28] REHAU grafický výpočtový program RAUCAD (TechCON). *Tzb-info* [online]. 2007 [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4390-rehau-graficky-vypoctovy-program-raucad-techcon-dil-1>
- [29] Ing. Roman Šubrt: Energetický průkaz a energetický štítek budovy. *Tzb-info* [online]. 2004 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2112-energeticky-prukaz-a-energeticky-stitek-budovy>
- [30] Otopné Soustavy. *Snizujeme.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.snizujeme.cz/clanky/druhy-otopnych-soustav/>
- [31] ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách: Příprava teplé vody-Navrhování a projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [32] ČSN EN 12 828. *Tepelné soustavy v budovách: Navrhování teplovodních tepelných soustav*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [33] Rozvody teplovodních soustav a jejich materiály. *Snizujeme.cz* [online]. 2013 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://www.snizujeme.cz/clanky/rozvody-teplovodnich-soustav-a-materialy/>
- [34] Prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D., Roman Vavříčka, Ph.D.: Otopné plochy (I) - Charakteristiky otopných těles. *Tzb-info* [online]. 2006 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3060-otopne-plochy-i-charakteristiky-otopnych-teles>
- [35] Prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D., Roman Vavříčka, Ph.D.: Otopné plochy (II) - Druhy otopných těles. *Tzb-info* [online]. 2006 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3064-otopne-plochy-ii-druhy-otopnych-teles>
- [36] *Topenářská příručka 3: Návod na projektování tepelných zařízení*. Praha: Agentura ČSTZ, s.r.o., 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.

- [37] Doc. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.: Umisťování otopných těles ve vytápěném prostoru. *Tzbinfo* [online]. 2007 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4550-umistovani-otopnych-teles-ve-vytapenem-prostoru>
- [38] ZMRHAL, Vladimír. Prvky větracích a klimatizačních zařízení (II) - 2. část. In: TZB -vzduchotechnika [online]. Praha: ČVUT Fakulta strojní. Dostupné z: <http://www.tzbinfo.cz/4139-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-ii-2-cast>
- [39] SZÉKYOVÁ, Marta, Karel FERSIL a Richard NOVÝ. Větrání a klimatizace. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s. ISBN 80-807-6037-3.
- [40] ČSN 12 70 10. Navrhování větracích a klimatizačních zařízení. Praha: Český normalizační institut, 1986.
- [41] Ing. Jiří Bašta Ph.D: Tlaková expanzní nádoba. *TZB-info* [online]. 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/60-tlakova-expanzni-nadoba>
- [42] Ing. Jiří Bašta, Ph.D.: Návrh expanzní nádoby. *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1156-navrh-expanzni-nadoby>
- [43] Technika Prostředí. *Qpro.cz* [online]. 2013 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Tepelne-zisky-mistnosti>
- [44] ČSN 33 2130. Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [45] Obnovitelné zdroje energie. 2008. *Nazeleno.cz* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/obnovitelne-zdroje-energie.dic>
- [46] QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [47] Libor Michalec: Úvod do KNX. *Automatizace.HW.cz* [online]. 10. Červenec 2013 [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/teorie-a-praxe/knx.html>
- [48] Libor Michalec: Topologie KNX. *HW.cz* [online]. 5. Srpen 2013 [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/energetika-a-smart-grids/topologie-knx.html>
- [49] Libor Michalec: Komunikace v KNX. 2014. *Hw.cz* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/automatizace/komunikace-v-knx.html>
- [50] Fotovoltaický panel. Fotovoltaické elektrárny [online]. 2009 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.nemakej.cz/fotovoltaicky-panel.php>

- [51] Porovnání nákladů na vytápění TZB-info. 2015. *Tzb-info* [online]. [cit. 2015-05-07]. Dostupné z: <http://vytapieni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapieni-tzb-info>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

1.NP	První nadzemní podlaží.
1.PP	První podzemní podlaží.
ČSN	Česká technická norma.
EBIA	European Installation Bus Association.
EIB	European Installation Bus.
GSM	Groupe Spécial Mobile.
HR	Hlavní rozvaděč.
ISO	International Organization for Standardization.
KNX	Konnex.
LAN	Local Area Network.
m.n.m	Metry nad mořem.
NPK	Nejvyšší přípustná koncentrace.
PEL	Přípustný expoziční limit.
PMV	Predicted Mean Vote.
PPD	Predicted Percentage Dissatisfied.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
VZT	Vzduchotechnika.
TV	Teplá voda.
OT	Otopná tělesa.
OS	Otopná soustava.
TP	Twisted pair (Kroucená dvojlinka).
PL	Power line (síťové vedení).
RF	Radio frequency (rádiový přenos).

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Ukázka energetického štítku budovy</i>	14
<i>Obr. 2: Izolace oblečení v jednotkách clo</i>	19
<i>Obr. 3: PPD jako funkce PMV</i>	22
<i>Obr. 4 : Ukázka NPK a PEL</i>	24
<i>Obr. 5 : Teplotní oblasti České republiky</i>	30
<i>Obr. 6 : Tepelné ztráty a zisky budovy</i>	41
<i>Obr. 7: Výpočet tepelných ztrát v programu TechCON</i>	46
<i>Obr. 8: Emisní třídy kotlů</i>	49
<i>Obr. 9 : Základní typy skladů pelet</i>	51
<i>Obr. 10: Příklad křivky dodávky a odběru tepla při ohřevu vody</i>	60
<i>Obr. 11: Správné umístění otopných těles</i>	63
<i>Obr. 12: Ukázka složení konvektoru</i>	66
<i>Obr. 13: Parametry pro výpočet expanzní nádrže</i>	78
<i>Obr. 14: Deskový rekuperační výměník tepla</i>	88
<i>Obr. 15: Koncové prvky: proti dešťová žaluzie, výfukové hlavice</i>	92
<i>Obr. 16 : Distribuční prvky (vyústka, anemostat, ventil, dýza, dveřní mřížka)</i>	93
<i>Obr. 17: Použití spojek v instalaci [48]</i>	99
<i>Obr. 18: Individuální adresa [49]</i>	101
<i>Obr. 19: Skupinová adresa [49]</i>	101
<i>Obr. 20: Telegram v KNX [49]</i>	102
<i>Obr. 21: Rozměry a situace budovy</i>	104
<i>Obr. 22: První podzemní podlaží</i>	105
<i>Obr. 23: První nadzemní podlaží</i>	106
<i>Obr. 24: Průběh kondenzace vodní páry ve vnější nosné stěně</i>	108
<i>Obr. 25: Energetický štítek multifunkční budovy</i>	109
<i>Obr. 26: Vlevo hydraulicky nevyvážený systém / Vpravo hydraulicky vyvážený systém</i>	112
<i>Obr. 27: Otopná soustava Obchod</i>	114
<i>Obr. 28: Otopná soustava Holičství</i>	115
<i>Obr. 29: Otopná soustava Obecní část</i>	116
<i>Obr. 30: Pohled na technickou místnost</i>	118
<i>Obr. 31: Zařízení v otopné soustavě</i>	119

<i>Obr. 32: Stanovení velikosti zásobníku.....</i>	<i>121</i>
<i>Obr. 33: VZT sociální zařízení</i>	<i>128</i>
<i>Obr. 34: Řízení otopné soustavy</i>	<i>134</i>
<i>Obr. 35: Solární systém</i>	<i>135</i>
<i>Obr. 36: SCADA-základní obrazovka.....</i>	<i>139</i>
<i>Obr. 37: SCADA-otopná soustava.</i>	<i>140</i>
<i>Obr. 38: SCADA-otopná soustava nastavování teplot.</i>	<i>140</i>
<i>Obr. 39: SCADA-VZT</i>	<i>141</i>
<i>Obr. 40: Hlavní rozvodná skříň</i>	<i>144</i>
<i>Obr. 41: Roční náklady na vytápění při použití různých druhů paliva[51]</i>	<i>152</i>
<i>Obr. 42: Náklady na vytápění, přípravu teplé vody, el. Spotřebiče, investice a</i>	<i>153</i>
<i>Obr. 43: Náklady na vytápění, přípravu teplé vody, el. Spotřebiče, investice a</i>	<i>154</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Klasifikace budov podle ČSN 73 0540-2:2007</i>	<i>13</i>
<i>Tab. 2: Závislost součinitele A na rychlosti proudění vzduchu v prostoru.....</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 3: Ukázka hodnot tepelných odporů oděvu</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 4: Tepelný výkon člověka.....</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 5: Sedmibodová stupnice</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 6: Teplotní oblasti České republiky v zimním období, jejich průměrná nadmořská</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 7: Vybrané doporučené a návrhové hodnoty součinitele tepla</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 8: Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období.....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 9 : Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období.....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 10 : Minimální intenzita výměny vzduchu [27, s. 64].....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 11: Roční potřeba paliva na 1kW projektovaného výkonu zdroje.....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 12: Hodnoty součinitele zvětšení objemu</i>	<i>78</i>
<i>Tab. 13: performance ratio fotovoltaických systémů [46]</i>	<i>97</i>
<i>Tab. 14 : Okrajové podmínky podle norem</i>	<i>106</i>
<i>Tab. 15: Nastavení termoregulační hlavice a regulačního šroubení pro okruh obchodu</i>	<i>113</i>
<i>Tab. 16: Nastavení termoregulační hlavice a regulačního šroubení pro okruh holič</i>	<i>114</i>
<i>Tab. 17: Nastavení termoregulační hlavice a regulačního šroubení pro okruh obec</i>	<i>115</i>
<i>Tab. 18: Skladové hospodářství.....</i>	<i>119</i>
<i>Tab. 19: Parametry pro výpočet solárního systému</i>	<i>122</i>
<i>Tab. 20: Výpočtové parametry pro solární panel KPS11+</i>	<i>122</i>
<i>Tab. 21: Parametry pro výpočet expanzního zařízení</i>	<i>124</i>
<i>Tab. 22: VZT obchod</i>	<i>126</i>
<i>Tab. 23: VZT holič</i>	<i>127</i>
<i>Tab. 24: VZT kavárna</i>	<i>127</i>
<i>Tab. 25: VZT sklad.....</i>	<i>127</i>
<i>Tab. 26: VZT WC kavárna</i>	<i>127</i>
<i>Tab. 27: VZT sál technické údaje</i>	<i>130</i>
<i>Tab. 28: VZT kavárna technické údaje</i>	<i>131</i>
<i>Tab. 29: Cenové hodnocení solárního systému</i>	<i>145</i>

<i>Tab. 30: Parametry pro výpočet solárního systému</i>	<i>146</i>
<i>Tab. 31: Parametry solárního panelu KPS11+</i>	<i>146</i>
<i>Tab. 32: Vypočtené parametry solárního systému.....</i>	<i>147</i>
<i>Tab. 33: Ceny vybraných energií za 1kWh</i>	<i>147</i>
<i>Tab. 34: Celková investice na otopnou.....</i>	<i>155</i>
<i>Tab. 35: Náklady na inteligentní elektroinstalaci</i>	<i>155</i>
<i>Tab. 36: Celková cena projektu</i>	<i>156</i>
<i>Tab. 37: Celková cena projektu i s obnovitelnými.....</i>	<i>156</i>

SEZNAM PŘÍLOH

P I	SEZNAM MÍSTNOSTÍ
P II	SOUČinitele prostupu tepla, množství zkondenzované a vypařené vodní páry v jednotlivých konstrukcích
P III	TEPELNÉ ZTRÁTY V BUDOVĚ
P IV	NASTAVENÍ TRH A RŠ V OKRUHU KAVÁRNA
P V	OTOPNÁ TĚLESA OBCHOD
P VI	OTOPNÁ TĚLESA HOLIČ
P VII	OTOPNÁ TĚLESA OBEC
P VIII	VZD SOCIÁLNÍ ZAŘÍZENÍ
P IX	VZD KULTURNÍ SÁL
P X	VZT KAVÁRNA
P XI	ŘÍZENÍ OTOPNÁ TĚLESA
P XII	HODNOCENÍ OTOPNÝCH TĚLES
P XIII	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ
P XIV	NÁKLADY NA VZT
P XV	NÁKLADY NA ELEKTROINSTALACI

PŘÍLOHA P II: SEZNAM MÍSTNOSTÍ

Název Místnosti	Označení Místnosti	Plocha A [m ²]	Návrhová teplota $\Theta_{\text{int},i}$ [°C]	Objem místnosti V_i [m ³]	Podlaží
Zádveří	101	5,9	15	17,7	1.NP
Foyer	102	25,2	20	68,1	
Šatna	103	10,7	20	29	
Kancelář	104	5,2	20	15,5	
Hlavní sál	105	93,50	20	441,4	
Zázemí sálu	106	21,9	20	65,8	
Obchod	107	30,9	20	92,6	
Chodba	108	2,2	20	6,6	
Předsíňka WC	109	1,44	20	4,3	
WC personál (obchod)	110	1,62	20	4,9	
Sklad obchod	111	17,38	15	44,3	
Odpadky	112	5,73	10	14,6	
Kavárna	113	36,4	20	109,1	
Bowling (sezení)	114-A	32,6	20	83,2	
Bowling (dráha)	114-B	87,7	15	223,7	
Chodba	115	3,86	20	1,41	
Chodba	116	4,1	20	12,2	
WC invalida	117	3,84			
WC Holič	118	1,935	20	5,8	

Název Místnosti	Označení Místnosti	Plocha A [m ²]	Návrhová teplota $\Theta_{\text{int},i}$ [°C]	Objem místnosti V_i [m ³]	Podlaží
Předsíň WC (umyvadla- holič)	119	1,7	20	5,2	1. NP
Předsíň WC (umyvadla kavárna)	120	1,2	20	3,7	
WC Zaměstnanci Kavárna	121	1,6	20	4,8	
Předsíňka WC Ženy (umyvadla)	122	3,8	20	11,4	
WC Ženy	123,124	2,42	20	7,2	
Předsíňka WC Muži (umyvadla)	125	2,8	20	8,4	
Pisoáry WC Muži	126	3,1	20	9,3	
WC Muži	127	1,21	20	3,5	
Úklid	128	1,6	20	4,9	
Sklad Kavárna	129	6,49	20	15,8	
Holič	130	11,75	20	35,3	
Sklad (kavárna)	131	7,44	10	19	
Sklad	132	6,49	10	16,56	
Garáž	001	28,67	10	71,4	1. PP
Sklad	002	41	10	69,3	
Technická místnost	003	21,87	10	65,9	

**PŘÍLOHA P III: SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA A MNOŽSTVÍ
ZKONDENZOVANÉ A VYPAŘENÉ VODNÍ PÁRY V
JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍCH**

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]			Množství vodní páry [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$]	
	Požadované hodnoty $U_{n,20}$	Doporučené hodnoty $U_{\text{rec},20}$	Vypočtené	Množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$	Množství vypařené vodní páry $M_{\text{ev},a}$
Stěna vněj- ší (400mm)	0,30	0,25	0,28	0,0295	2,8807
Vnitřní nosné zdivo (300mm)	2,7	1,8	0,69	Nedochází	Nedochází
Vnitřní nenosné zdivo (115mm)	2,7	1,8	1,605	Nedochází	Nedochází
Vnitřní nenosné zdivo (80mm)	2,7	1,8	1,753	Nedochází	Nedochází
Podlaha (bowling)	0,45	0,30	0,223	0,0178	0,3803
Podlaha (zemina)	0,45	0,30	0,222	0,0156	0,3794
Podlaha (1 P.P)	0,85	0,60	0,214	Nedochází	Nedochází
Strop	0,3	0,2	0,157	Nedochází	Nedochází

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$\text{W/m}^2\cdot\text{K}$]			Množství vodní páry [$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$]	
	Požadované hodnoty $U_{n,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Vypočtené	Množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$	Množství vypařené vodní páry $M_{ev,a}$
Strop (bow- ling)	0,3	0,2	0,17	0,0047	0,0648
Okna	1,5	1,2	1,2	Nedochází	Nedochází
Dveře	3,5	2,3	2,5	Nedochází	Nedochází

PŘÍLOHA P IV: TEPELNÉ ZTRÁTY V BUDOVĚ

Název míst- nosti a označení	Plocha A_i [m ²]	Návrhová teplota $\Theta_{int,i}$ [°C]	Objem V_i [m ³]	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ [W]	Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	Celková tepelná ztráta $\Phi_{HL,i}$ [W]
Zádveří - 101	5,9	15	17,7	90	337	427
Foyer - 102	25,2	20	68,1	405	312	717
Šatna - 103	10,7	20	29	173	158	331
Kancelář - 104	5,2	20	15,5	92	362	454
Hlavní sál - 105	93,50	20	441,4	2626	3328	5954
Zázemí sálu - 106	21,9	20	65,8	390	497	887
Obchod - 107	30,9	20	92,6	551	1534	2085
Chodba - 108	2,2	20	6,6	39	297	336
Předsíňka WC - 109	1,44	20	4,3	26	33	59
WC personál (obchod) - 110	1,62	20	4,9	29	35	64
Sklad obchod - 111	17,38	15	44,3	226	301	527
Odpadky - 112	5,73	10	14,6	62	567	629
Kavárna - 113	36,4	20	109,1	649	1054	1703
Bowling (se- zeni) – 114-A	32,6	20	83,2	495	986	1481
Bowling (drá- ha) – 114-B	87,7	15	223,7	1141	1169	2310

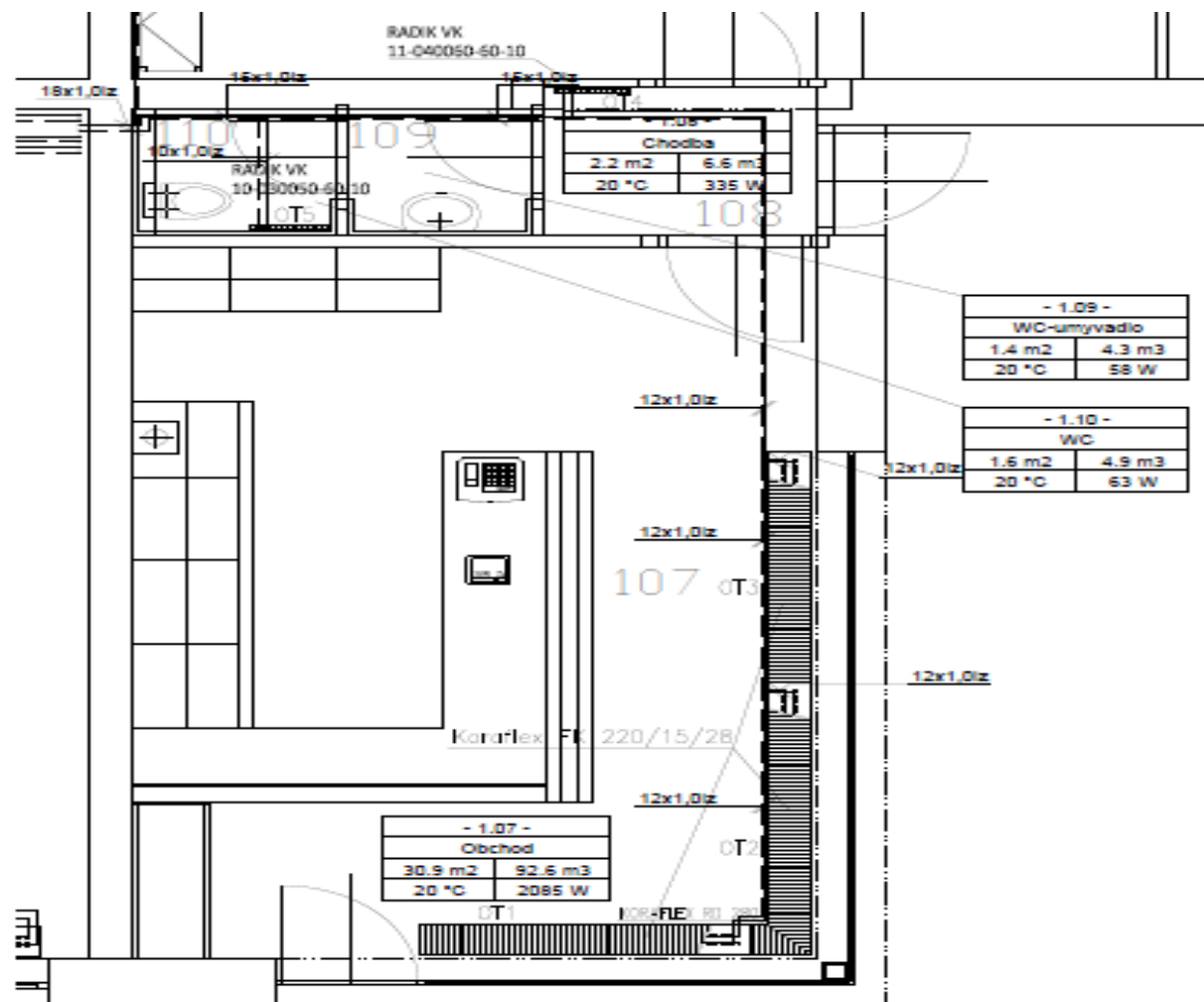
Název míst- nosti a označení	Plocha A_i [m ²]	Návrhová teplota $\Theta_{\text{int},i}$ [°C]	Objem V_i [m ³]	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ [W]	Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	Celková tepelná ztráta $\Phi_{HL,i}$ [W]
Kuchyně - 115	3,86	20	1,41	135	130	265
Chodba - 116	4,1	20	12,2	73	41	114
WC invalida - 117	3,84	20	11,61	69	39	108
WC Holič - 118	1,935	20	5,8	35	20	55
Předsíň WC (umyvadla- holič) - 119	1,7	20	5,2	31	18	49
Předsíň WC (umyvadla kavárna) - 120	1,2	20	3,7	22	13	35
WC Zaměst- nanci Kavárna - 121	1,6	20	4,8	26	17	46
Předsíňka WC Ženy (umyva- dla) - 122	3,8	20	11,4	68	56	124
WC Ženy – 123, 124	2,42	20	7,2	44	178	222
Předsíňka WC Muži (umyva- dla) - 125	2,8	20	8,4	50	29	79

Název míst- nosti a označení	Plocha A_i [m ²]	Návrhová teplota $\Theta_{int,i}$ [°C]	Objem V_i [m ³]	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ [W]	Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	Celková tepelná ztráta $\Phi_{HL,i}$ [W]
Pisoáry WC Muži - 126	3,1	20	9,3	55	107	162
WC Muži - 127	1,21	20	3,5	20	77	97
Úklid - 128	1,6	20	4,9	29	76	105
Sklad Kavárna - 129	6,49	20	15,8	94	220	314
Holič- 130	11,75	20	35,3	210	980	1190
Sklad (kavár- na) - 131	7,44	10	19	81	125	206
Sklad - 132	6,49	10	16,56	70	523	593
Garáž - 001	28,67	10	74,6	317	1099	1419
Sklad - 002	26,34	10	68,6	292	145	437
Technická místnost - 003	21,87	10	56,8	242	820	1062
Celkem:	523,8		1617,8	8958	15683	24641

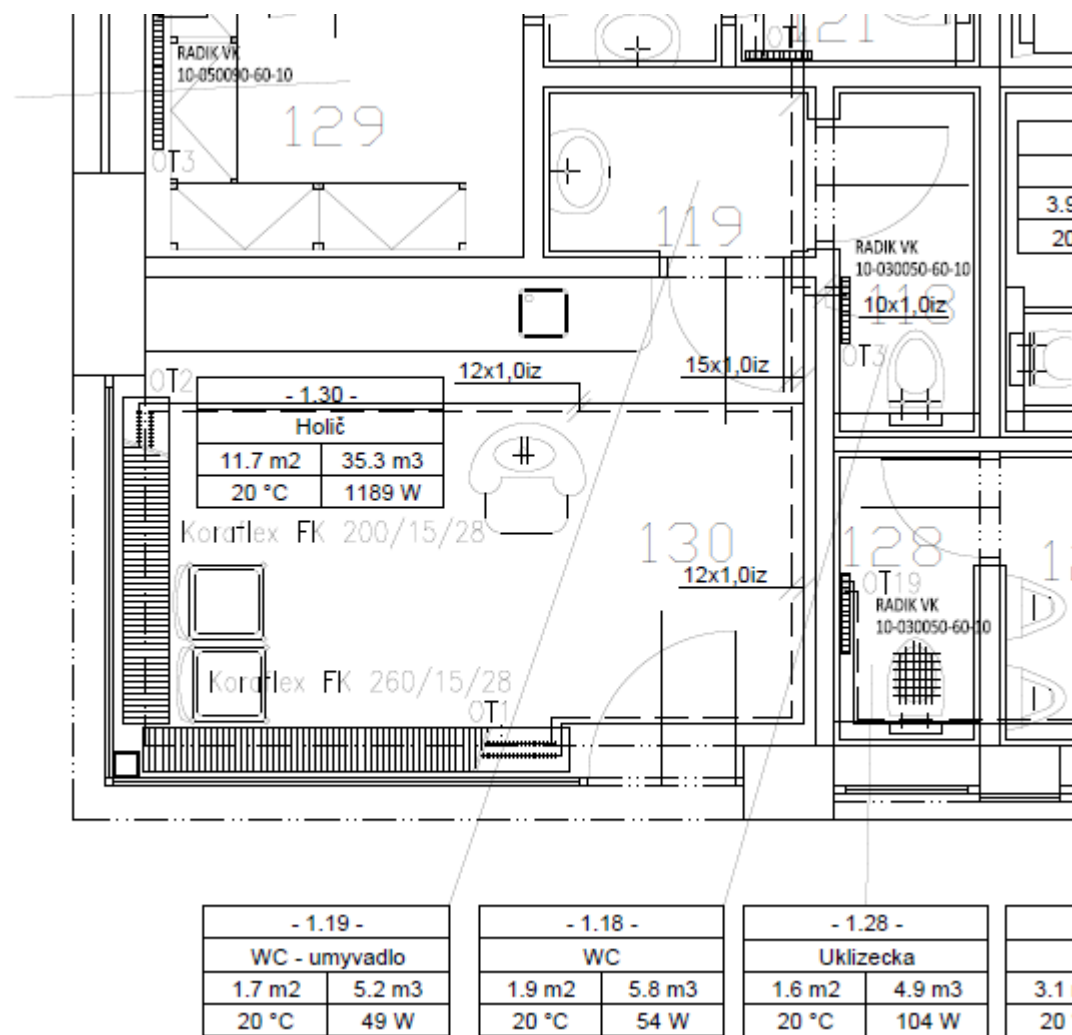
PŘÍLOHA P XV: NASTAVENÍ TRH A RŠ V OKRUHU KAVÁRNA

Otopné těleso	Tlaková ztráta Δp [Pa]	Doregulovat [Pa]	Nastavení TRH [stupeň hlavice]	Kv TRH [m ³ /h]	Nastavení RŠ [počet otáček šroubováku]	Kv RŠ [m ³ /h]
OT1	8781	0	6	0,98	9	1,35
OT2	6417	2364	3	0,269	3	0,31
OT3	6002	2779	2	0,126	1	0,14
OT4	5968	2813	1	0,047	1	0,14
OT5	5951	2830	2	0,126	4	0,43
OT6	5412	3369	2	0,126	3	0,31
OT7	4319	4462	2	0,126	2	0,2
OT8	4449	4332	2	0,126	1	0,14
OT9	4368	4413	4	0,417	5	0,6
OT10	3067	5714	3	0,269	7	1
OT11	4584	4197	1	0,047	1	0,14
OT12	4672	4109	2	0,126	1	0,14
OT13	4684	4097	1	0,047	1	0,14
OT14	4778	4033	2	0,126	1	0,14
OT15	4805	3976	1	0,047	1	0,14
OT16	4807	3974	1	0,047	1	0,14
OT17	4801	3980	1	0,047	1	0,14
OT18	4791	3990	1	0,047	1	0,14
OT19	4792	3989	1	0,047	1	0,14

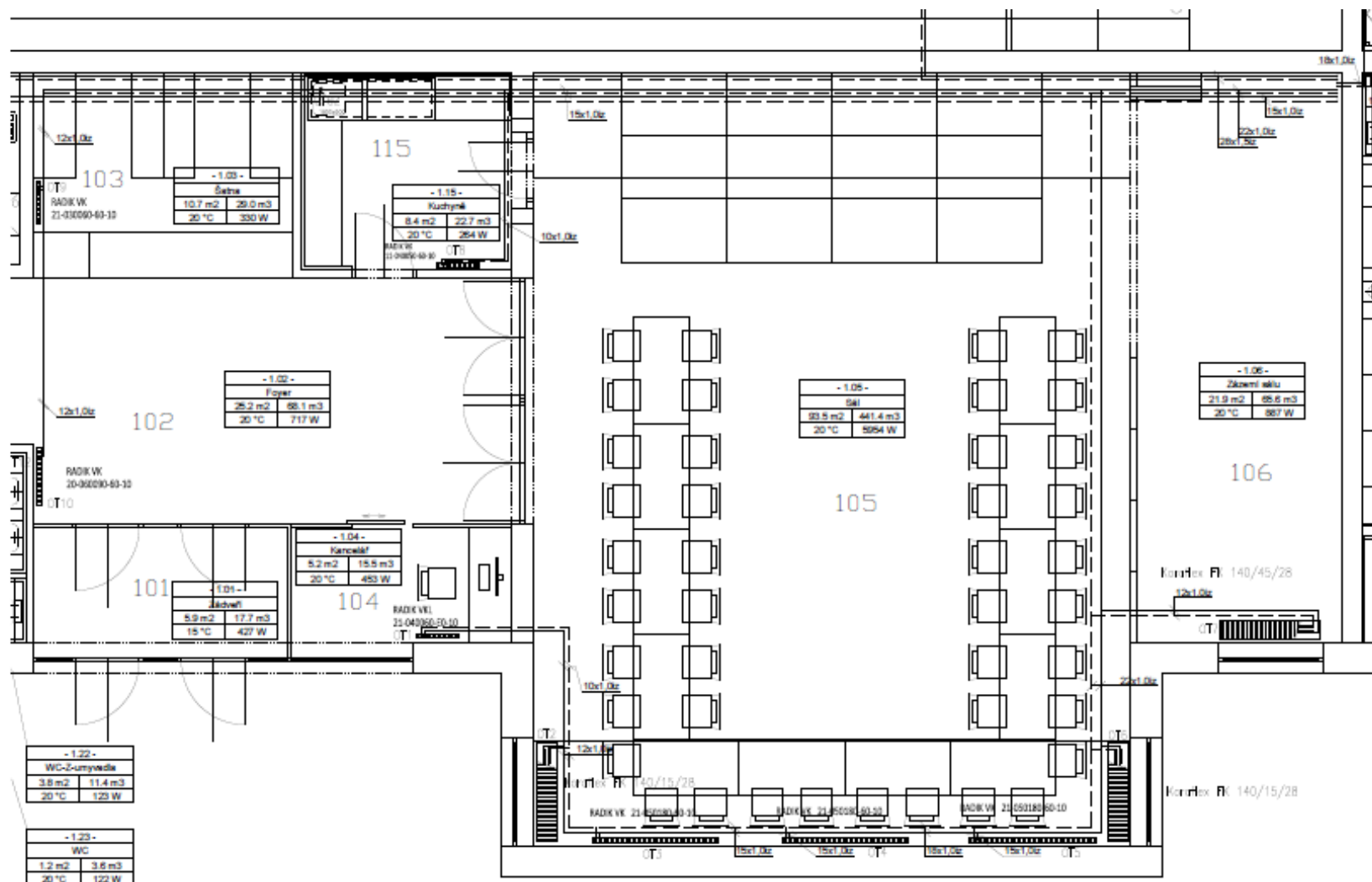
PŘÍLOHA P V: OTOPNÁ TĚLESA OBCHOD



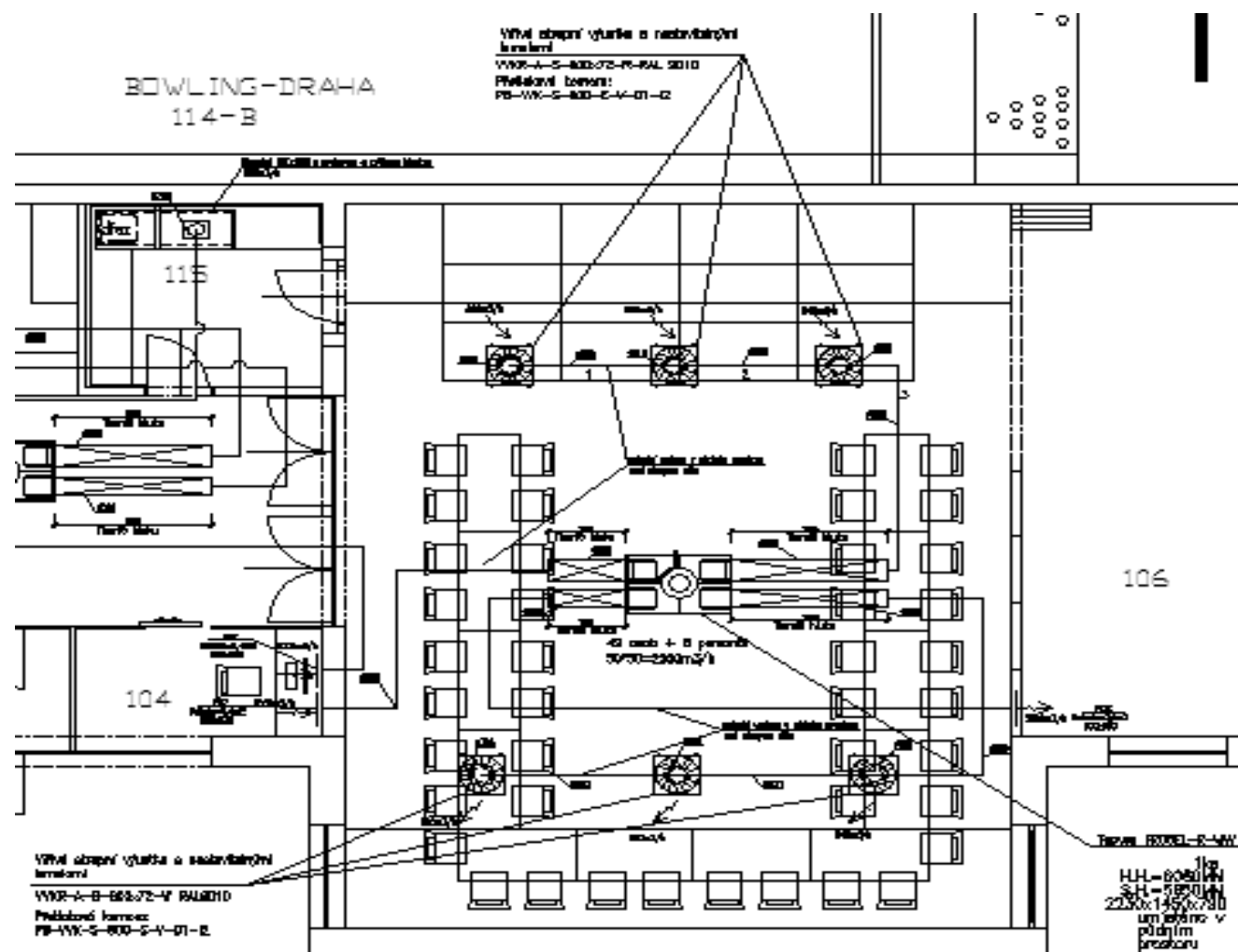
PŘÍLOHA P VI: OTOPNÁ TĚLESA HOLIČ



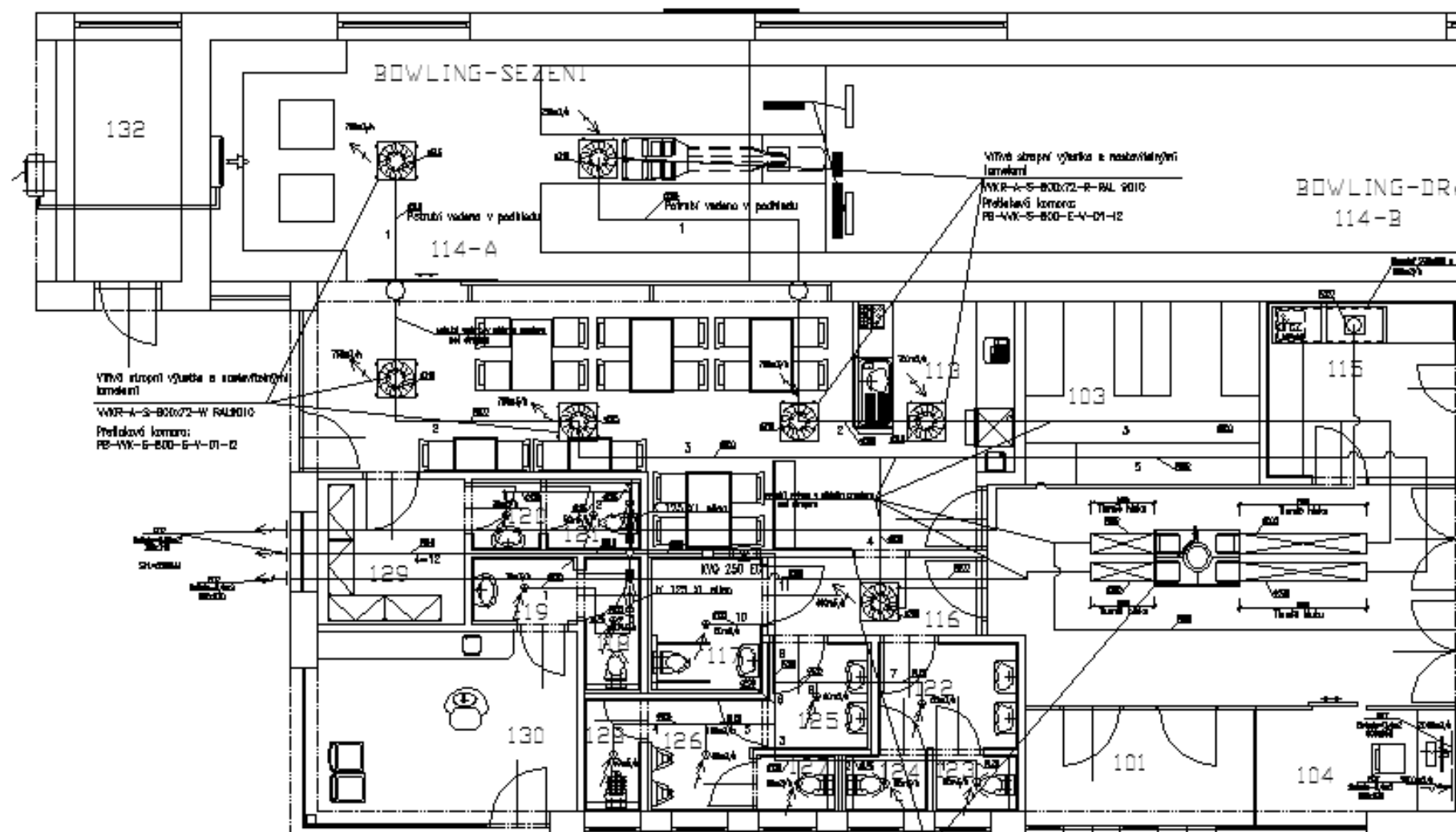
PŘÍLOHA P VII: OTOPNÁ TĚLESA OBEC



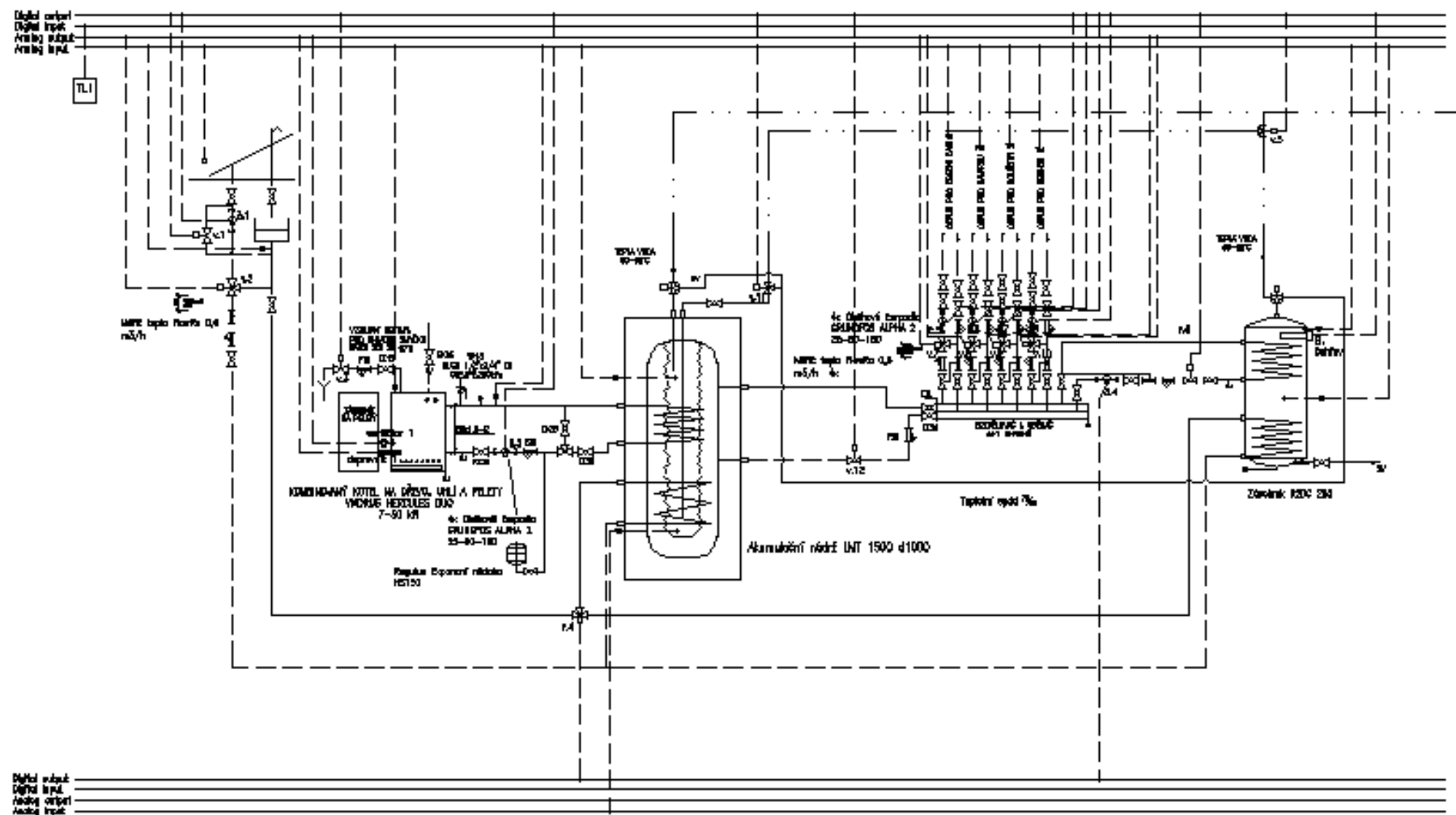
PŘÍLOHA P IX: VZT KULTURNÍ SÁL



PŘÍLOHA P X: VZT KAVÁRNA



PŘÍLOHA P XI: ŘÍZENÍ OTOPNÁ SOUSTAVA



PŘÍLOHA P I: HODNOCENÍ OTOPNÝCH TĚLES

[illegible]

č.m.	účel míst- nosti	OT výška [mm]	OT délka [mm]	Počet	Otopná tělesa	OT Výkon [W]	Cena [Kč]
122	Předsíňka WC Ženy (umyvadla)	690	450	1	KORALUX LINEAR MAX – M KLMM 700.450	320	1621
123	WC - Ženy	300	500	1	RADIK VK 10-030050-60-10	141	1720
124	WC - Ženy	300	500	1	RADIK VK 10-030050-60-10	141	1720
125	Předsíňka WC Muži (umyvadla)	690	450	1	KORALUX LINEAR MAX – M KLMM 700.450	320	1621
126	Pisoáry WC Muži	300	500	1	RADIK VK 10-030060-60-10	141	1720
127	WC Muži	300	500	1	RADIK VK 10-030060-60-10	141	1720
128	Uklízečka	300	500	1	RADIK VK 10-030060-60-10	141	1720
129	Sklad Ka- várna	500	900	1	RADIK VK 10-050090-60-10	396	2444
130	Holič			1	Koraflex FK 260/15/28	984	8609
				1	Koraflex FK 200/15/28	727	6726
131	Sklad	300	600	1	RADIK VK 10-030060-60-10	222	1800
132	Sklad	400	600	1	RADIK VK 21-040060-60-10	631	2916
Celkem:							164 084

PŘÍLOHA P XII: NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ

Počet [ks,m]	Zařízení	Cena za 1 ks,m [Kč]
1	LMT 1500L - 1V + Smalt zásobník Z180L	33 912
1	Viadrus HERCULES DUO 3; 5 čl. + zásobník	79 999
5	Grundfos ALPHA2 25-60 - oběhové čerpadlo	4 999
1	Regulus Expanzní nádoba HS150	4 930
4	Měřič tepla FlowRo 0,6 m3/h	3 896
13	Termostatická hlavice s kapilárou (5 m)	1 353
78	Regulační šroubení	166
12	Teploměr s převodníkem (4-20mA)	1 200
9	Pohon pro troj. Sm. Ventil s řízením 0-10v	4 743
3	Troj. Smeš. Ventil termostaticky	1 718
1	Termostatický bezpečnostní ventil WATTS STS 20	1 441
1	Pojistný ventil	437
1	Zásobník R2DC 250	17 532
39	Cu měděná trubka 10x1	75
174	Cu měděná trubka 12x1	78
70	Cu měděná trubka 15x1	81
29	Cu měděná trubka 18x1	102
32	Cu měděná trubka 22x1	127
70	Cu měděná trubka 28x1	170
	Celkem:	312610

PŘÍLOHA P XIII: NÁKLADY NA VZT

Počet [ks,m]	Název zařízení	Cena [Kč]
3	K 125 XL sileo	3167
1	K 125 M sileo	2911
1	KVO 250 EC	24310
2	Topvex FR08EL-R-VAV	189 000
15	Ventilační talíř nasávací	280
3	Spirálně vinutá roura SPIRO z pozinkovaného plechu Φ 200	171
28	Spirálně vinutá roura SPIRO z pozinkovaného plechu Φ 125	100
23	Spirálně vinutá roura SPIRO z pozinkovaného plechu Φ 315	275
82	Spirálně vinutá roura SPIRO z pozinkovaného plechu Φ 500	508
26	Spirálně vinutá roura SPIRO z pozinkovaného plechu Φ 250	209
12	Spirálně vinutá roura SPIRO z pozinkovaného plechu Φ 560	535
9	Protidešťová žaluzie	1500
13	Vířivá stropní výustka s nastavitelnými lamelami	6900
4	Kruhový tlumič hluku 2m	4530
3	Zpětná klapka	202
4	Kruhový tlumič hluku 1m	2250
5	izolace potrubí	155
1	Daikin RXS50L - chladicí jednotka	32790
1	Daikin FTXS60G - multi-split jednotka	23766
	Celkem:	670327

PŘÍLOHA P XIV: NÁKLADY NA ELEKTROINSTALACI

Počet [ks,m]	Název produktu:	Cena za 1 ks,m [Kč]
80	Zářivkové svítidlo těleso Modus LLX236AL EP 2x36 W	839
16	Philips Massive 59799/31/10 - Downlight RONDA 2xE27/14W bílá	620
4	Elektroměr odpočtový	396
16	Jistič 10A jednofázový KS6/1 B10 Kanlux 10 A/1/B	47
24	Jistič 16A jednofázový KS6/1 B16 Kanlux 16 A/1/B	47
3	Jistič 25A třífázový KS6/3 B25 Kanlux	150
2	Jistič 20A třífázový KS6/3 B25 Kanlux	150
4	Jistič 32A třífázový KS6/3 B32 Kanlux	174
12	Proudový chránič, Icn=10kA, 4pól, In=63A, IDn=30mA,	1183
1	Elektroměr hlavní společný	1200
1	Rozvaděč pod omítku DB312F 3X12P/FMD plastový na jističe	799
1	Rozvaděč pod omítku DB212F 2X12P/FMD plastový na jističe	515
2	Rozvaděč pod omítku DB112F 1X12P/FMD plastový na jističe	297
200	kabeláž CYKY 5J16	192
200	kabeláž CYKY 3J1,5	13
200	kabeláž CYKY 3J2,5	20
200	kabeláž CYKY 5J2,5	34
200	kabeláž 5x6	79
51	Zásuvka TANGO	144
8	Zásuvka TANGO IP44	167
14	Spínač TANGO dvojité	198
15	Spínač TANGO jednoduchý	171
8	čidlo pohybu	205
	Celkem:	182511