

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

NÁVRH TEPLOVZDUŠNÉHO VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ NÍZKOENERGETICKÉHO DOMKU

DESIGN OF WARM AIR HEATING SYSTEM FOR LOW-ENERGY HOUSE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN KOUTNÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN KOŠNER, Ph.D.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Koutník Martin

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Technika prostředí (2301T024)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh teplovzdušného vytápění a větrání nízkoenergetického domku

v anglickém jazyce:

Design of warm air heating system for low-energy house

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V rámci řešení práce bude navržen systém teplovzdušného vytápění pro nízkoenergetický rodinný dům. Na základě výpočtu tepelných ztrát objektu a požadované výměny vzduchu v jednotlivých místnostech budou navrženy rozvody vzduchu v objektu. Budou nadimenzovány jednotlivé komponenty systému včetně návrhu systému rekuperace tepla a způsobu regulace systému.

Cíle diplomové práce:

Navrhnout systém teplovzdušného vytápění pro nízkoenergetický rodinný dům. Na základě výpočtu tepelných ztrát objektu a požadované výměny vzduchu v jednotlivých místnostech navrhnout rozvody vzduchu v objektu. Dimenzovat jednotlivé komponenty systému včetně návrhu systému rekuperace tepla. Navrhnout způsob regulace systému.

Seznam odborné literatury:

- [1] Petráš, D. a kol.: Vytápění rodinných a bytových domů, JAGA group, Bratislava, 2005
- [2] Székyová, M., Ferstl, K. Nový, R., Větrání a klimatizace, Jaga Group, Bratislava, 2006
- [2] Tywoniak, J.: Nízkoenergetické domy, Grada, Praha, 2005
- [3] Humm, O.: Nízkoenergetické domy, Grada, 1999
- [4] Internetový portál www.tzb-info.cz

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Košner

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 24.11.2007



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Diplomová práce pojednává o návrhu teplovzdušného vytápění a větrání pro nízkoenergetický dům. Součástí práce je rozdělení budov dle potřeby tepla na vytápění, popis problematiky větrání obytných budov a možnosti jejich teplovzdušného vytápění a větrání včetně způsobů zpětného získávání tepla. Dále je zde uveden přehled větracích a teplovzdušných jednotek dostupných v České republice. Diplomová práce též informuje o problematice konstrukčního řešení zemních výměníků tepla. Řešen je výpočet tepelných ztrát nízkoenergetického domku dle norem ČSN 06 0210, ČSN 73 0540 a ČSN EN 12831. Dále návrh a dimenzování teplovzdušného systému vytápění a větrání včetně doplňkového podlahového vytápění, krbové vložky a solárního ohřevu. V závěru je popsána regulace otopného systému. V příloze lze nahlédnout do základní projektové dokumentace otopného systému.

Klíčová slova

Teplovzdušné vytápění a větrání, nízkoenergetický domek, akumulární vytápění, výpočet tepelných ztrát, výměna vzduchu, rozvody vzduchu, solární ohřev, krbová vložka, podlahové vytápění, zpětné získávání tepla, zemní výměník tepla, dimenzování, regulace.

Abstract

The diploma thesis deals with design of warm air heating and ventilating system for low energy house. Introduction of this thesis is focused on dividing residential buildings by their heat requirement. Then problems of residential building ventilation and possibilities of warm air heating systems including heat recovery are presented. In the next chapter summary of ventilating units with heat recovery and warm air heating units for residential low energy buildings and passive family houses is presented. Calculation of low energy house heat losses, which is solved, is based on ČSN 06 0210, ČSN 73 0540 and ČSN EN 12831 standards. Design and calculation of warm air heating and ventilation system and ground heat exchangers is also described. Floor heating system, fireplace insert and solar heating system are designed as supplementary systems. At the end of this thesis the control system is presented. Project documentation is enclosed in appendix.

Keywords

Warm air heating, ventilation, low-energy house, storage heating, heat losses calculation, renewal of air, air duct, solar heating, fireplace insert, floor heating, heat recovery, underground heat exchanger, dimensioning, control.

Bibliografická citace

KOUTNÍK, M. *Návrh teplovzdušného vytápění a větrání nízkoenergetického domku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 79 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Košner, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Košnera, Ph.D. a uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a elektronické zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....
Martin Koutník
23. 5. 2008

Poděkování

Za podporu, obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce tímto děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Janu Košnerovi, Ph.D.

Obsah

1	<u>ÚVOD.....</u>	11
1.1	CO JE TO NÍZKOENERGETICKÝ DŮM?	11
2	<u>VĚTRÁNÍ.....</u>	13
2.1	POŽADAVKY NA KVALITU VNITŘNÍHO VZDUCHU	13
2.2	PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ.....	13
2.3	ZPŮSOBY PŘIROZENÉHO VĚTRÁNÍ V NÍZKOENERGETICKÝCH RODINNÝCH DOMECH.....	14
2.3.1	INFILTRACE	14
2.3.2	VĚTRÁNÍ OKNY	14
2.4	PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ - SHRUTÍ.....	15
2.5	NUCENÉ VĚTRÁNÍ – MECHANICKÁ VÝMĚNA VZDUCHU	15
2.5.1	SYSTÉM ODVÁDĚNÍ VZDUCHU S ŘÍZENÝM PŘÍVODEM VZDUCHU	15
2.5.2	SYSTÉM ODVÁDĚNÍ ODPADNÍHO VZDUCHU S NEŘÍZENÝM PŘÍVODEM VZDUCHU.....	16
2.5.3	ZAŘÍZENÍ S NUCENÝM PŘÍVODEM A ODVODEM VZDUCHU, SE ZPĚTNÝM ZÍSKÁVÁNÍM TEPLA .	17
2.5.3.1	Směšovací větrání	17
2.5.3.2	Vytěšňovací větrání	17
2.5.3.3	Zdrojové větrání.....	17
2.5.3.4	Výhody mechanických větracích zařízení	18
2.5.3.5	Nevýhody mechanických větracích zařízení.....	18
3	<u>TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ OBYTNÝCH BUDOV A DOMŮ</u>	19
3.1	SYSTÉMY S CÍRKULAČNÍM PROVOZEM	20
3.2	TEPLOVZDUŠNÝ KOTEL	20
3.3	SYSTÉM S VENTILAČNÍM NEBO KOMBINOVANÝM PROVOZEM	21
3.3.1	TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚČÍ A VĚTRACÍ JEDNOTKY PRO NÍZKOENERGETICKÉ DOMEY	22
3.4	ROZVODY	24
3.5	ZDROJE TEPLA	25
3.6	ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA	25
3.6.1	REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍKY TEPLA.....	25
3.6.2	REGENERAČNÍ VÝMĚNÍKY TEPLA	27
3.6.3	ZAŘÍZENÍ S TEPELNÝM ČERPADLEM	27
4	<u>PŘEHLED FIREM PRODÁVAJÍCÍCH VĚTRACÍ A TEPLOVZDUŠNÉ JEDNOTKY V ČESKÉ REPUBLICE A JEJICH SORTIMENTU.....</u>	29
4.1	ATEG TEPENÁ TECHNIKA, S.R.O.	29
4.2	ELEKTRODESIGN VENTILÁTORY, S.R.O.....	31
4.3	ATREA S.R.O.....	33
4.4	REGULUS S.R.O.....	37
4.5	STIEBEL ELTRON SPOL. S R.O.	39
5	<u>ZEMNÍ VÝMĚNÍK TEPLA.....</u>	43
5.1	PŘEDEHŘÍVÁNÍ VZDUCHU V ZIMĚ	44

5.2	OCHLAZOVÁNÍ VZDUCHU V LÉTĚ	45
5.3	DIMENZOVÁNÍ ZEMNÍHO VÝMĚNÍKU TEPLA.....	46
5.4	MOŽNOSTI POKLÁDÁNÍ POTRUBÍ ZEMNÍHO VÝMĚNÍKU TEPLA.....	46
6	<u>TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU</u>	49
6.1	LOKALITA, ZÁKLADNÍ A KLIMATICKÉ ÚDAJE.....	49
6.2	KONSTRUKCE.....	49
6.2.1	PŘÍKLAD VÝPOČTU SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA $U [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ OBVODOVÉ KONSTRUKCE	49
6.2.2	SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ OBJEKTU	50
6.3	SAMOTNÝ VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU	51
6.3.1	PŘÍKLAD VÝPOČTU TEPELNÉ ZTRÁTY MÍSTNOSTI 1.05	51
6.3.1.1	Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla s přírážkami	51
6.3.1.2	Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1	51
6.3.1.3	Základní tepelná ztráta prostupem tepla.....	51
6.3.1.4	Tepelná ztráta místnosti větráním	52
6.3.1.5	Tepelná ztráta místnosti infiltrací okny.....	53
6.3.1.6	Celková tepelná ztráta místnosti	53
6.3.2	PŘEHLED VÝPOČTENÝCH HODNOT TEPELNÝCH ZTRÁT CELÉHO OBJEKTU.....	54
7	<u>NÁVRH SYSTÉMU TEPELOVZDUŠNÉHO VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ.....</u>	55
7.1	DIMENZOVÁNÍ TEPELOVZDUŠNÉHO SYSTÉMU	55
7.1.1	DIMENZOVÁNÍ MNOŽSTVÍ CÍRKULAČNÍHO (VĚTRACÍHO A VYTÁPĚCÍHO) VZDUCHU C_2	55
7.1.1.1	Příklad výpočtu množství topného vzduchu V_{c2} pro pokrytí tepelných ztrát prostupem tepla a větráním obývacího pokoje (č. m. 1.03)	55
7.1.1.2	Dimenzování přívodních výustek.....	56
7.1.1.3	Množství cirkulačního vzduchu V_{NORM}	56
7.1.2	DIMENZOVÁNÍ MNOŽSTVÍ CÍRKULAČNÍHO VZDUCHU V_{cl}	57
7.1.3	DIMENZOVÁNÍ MNOŽSTVÍ ČERSTVÉHO VZDUCHU V_{el}	57
7.1.4	DIMENZOVÁNÍ MNOŽSTVÍ ODSÁVANÉHO VZDUCHU V_{il}	57
7.2	NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ ROZVODŮ VZDUCHU	58
7.3	NÁVRH VENTILÁTORŮ	58
7.3.1	NÁVRH VENTILÁTORU CÍRKULAČNÍHO VZDUCHU	59
7.3.2	NÁVRH VENTILÁTORU ODSÁVANÉHO VZDUCHU	59
8	<u>TEPELOVODNÍ ČÁST SYSTÉMU</u>	60
8.1	NÁVRH TEPELOVODNÍ ČÁSTI SYSTÉMU	60
8.1.1	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ TEPELOVODNÍ ČÁSTI	60
8.1.2	NÁVRH OBĚHOVÉHO ČERPADLA PRO VĚTEV PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ A TEPELOVZDUŠNÉ JEDNOTKY	60
8.1.3	NÁVRH OBĚHOVÉHO ČERPADLA OKRUHU KRBOVÉ VLOŽKY	61
8.1.4	NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY A POJISTNÉHO VENTILU SYSTÉMU	61
8.1.5	NÁVRH POJISTNÉHO VENTILU OKRUHU KRBOVÉ VLOŽKY	62
8.2	PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	63
8.3	SYSTÉM SOLÁRNÍHO OHŘEVU	64
8.3.1	VOLBA POČTU KOLEKTORŮ LOGASOL SKN 3.0.....	64
8.3.2	NÁVRH OBĚHOVÉHO ČERPADLA PRO SOLÁRNÍ SYSTÉM.....	64
8.3.3	NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY A POJISTNÉHO VENTILU OKRUHU SOLÁRNÍHO OHŘEVU.....	65

9	<u>REGULACE.....</u>	<u>67</u>
9.1	REGULACE A PROVOZNÍ REŽIMY TEPELOVZDUŠNÉ JEDNOTKY DUPLEX RK2	67
9.2	REGULACE VĚTVE TEPELOVZDUŠNÉ JEDNOTKY A PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	68
9.3	REGULACE SOLÁRNÍHO OHŘEVU	68
9.4	REGULACE KRBOVÉ VLOŽKY	68
10	<u>ZÁVĚR</u>	<u>71</u>
11	<u>POUŽITÉ ZDROJE</u>	<u>73</u>
12	<u>POUŽITÉ SYMBOLY A OZNAČENÍ.....</u>	<u>75</u>
13	<u>SEZNAM PŘÍLOH.....</u>	<u>79</u>

1 Úvod

V dnešní době růstu cen energií a zvyšujícího se zájmu o ochranu životního prostředí jak v rámci České republiky, tak i v celosvětovém měřítku, neustále stoupají požadavky investorů na kvalitu vnitřního prostředí budov. Je proto žádoucí vyvíjet a navrhovat systémy technických zařízení budov, které splňují nejen požadavek na udržení špičkové kvality vnitřního prostředí budovy, ale též požadavek na jejich příznivou ekobilanci, tedy energetickou¹ a ekologickou² návratnost.

Cílem této diplomové práce je, po seznámení se základními pojmy, principy a možnostmi návrhu, navrhnout systém teplovzdušného vytápění pro nízkoenergetický rodinný dům³. Na základě výpočtu tepelných ztrát objektu a požadované výměny vzduchu v jednotlivých místnostech budou navrženy rozvody vzduchu v objektu, dimenzovány jednotlivé komponenty systému včetně návrhu systému rekuperace tepla. Návrh bude obsahovat také způsob regulace systému.

V úvodu této diplomové práce bych dále rád definoval pojem nízkoenergetický dům.

1.1 Co je to nízkoenergetický dům?

ČSN 73 0540:2 považuje za nízkoenergetické domy takové budovy, které mají měrnou roční spotřebu energie na vytápění nepřesahující $50 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ a využívají velmi účinnou otopnou soustavu. Tento požadavek nezohledňuje tvar budovy, ale je zřejmé, že při kompaktním tvaru budovy bude snadněji splnitelný než při členitém tvaru budovy.

TYWONIAK⁴ uvádí tabulku základního rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění:

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
starší budovy	často dvojnásobek hodnot obvyklé stavby a více
obvyklá novostavba (podle aktuálních závazných požadavků)	$80\text{--}140 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ v závislosti na faktoru tvaru A/V ⁵
nízkoenergetický dům	$\leq 50 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$
pasivní dům	$\leq 15 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$
nulový dům	$< 5 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$

Tab. 1.1: Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění

¹ Energetická návratnost = doba, za kterou se energie vložená do výroby a montáže zařízení (tedy tzv. šedá energie) v provozu získá nebo ušetří zpátky.

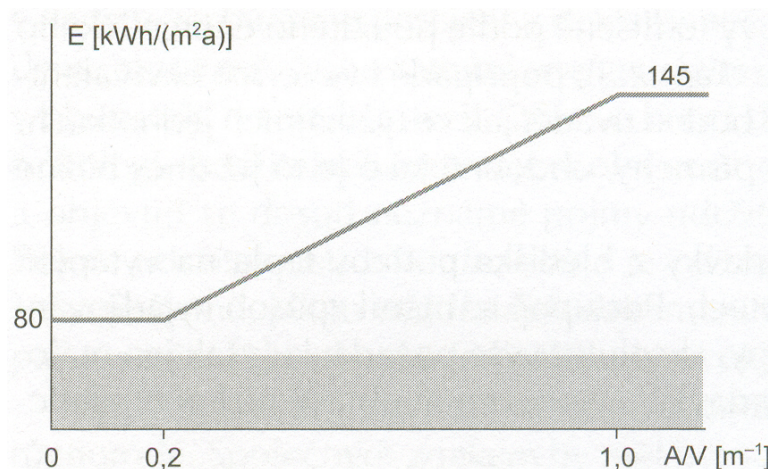
² Ekologická návratnost zařízení = poměr zatížení životního prostředí způsobeného výrobou, montáží, provozem a následnou likvidací zařízení ku ročnímu snížení zátěže provozem zařízení.

³ Stavební dokumentace (půdorysy a řezy) domku viz. Příloha 1.

⁴ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy*. 2005, s. 15

⁵ Faktor tvaru A/V = poměr ochlazovaných obalových konstrukcí budovy (A) a jejího obestavěného objemu (V)

Pro nízkoenergetické domy je vyznačena plocha v dolní části grafu měrné potřeby tepla na vytápění podle Vyhlášky 291/2007 Sb. v závislosti na faktoru tvaru budovy A/V.



Obr. 1.1: Měrná potřeba na vytápění dle Vyhlášky 291/2001 Sb. v závislosti na faktoru tvaru A/V

Podle HUMMA⁶ nízkoenergetickým domem rozumíme budovu pro běžné účely se zvláště nízkou spotřebou energie. Jako nízká měrná spotřeba energie na vytápění je v tomto případě uvažována hodnota 5 až 50 kWh.m⁻².a⁻¹. Tu můžeme porovnat s dnes běžnou měrnou potřebou tepla na vytápění novostavby, která dle TYWONIAKA⁷ činí 80 až 140 kWh.m⁻².a⁻¹ v závislosti na faktoru tvaru budovy A/V.

Autor dále uvádí tabulku klasifikace budovy podle její roční potřeby tepla na vytápění:

Kategorie	Ohraničení	Potřeba energie na vytápění		Porovnání
		[MJ.m ⁻² .a ⁻¹]	[kWh.m ⁻² .a ⁻¹]	[%]
quazi-nulové domy	dolní hranice	0	0	-
	typicky	10	3	10%
	horní hranice	20	5	20%
nízkoenergetické domy	dolní hranice	20	5	20%
	typicky	100	28	100%
	horní hranice	180	50	180%
energeticky úsporné domy	dolní hranice	180	50	180%
	typicky	220	60	220%
	horní hranice	250	70	250%
běžná výstavba	WSVO95	270	75	270%
	SIA-cílová hodnota	280	80	280%
	SIA-hraniční hodnota	330	90	330%
	aktuální stav v Německu	650	180	650%

Tab. 1.2: Klasifikace budovy podle roční spotřeby tepla na vytápění

⁶ HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. 1999, s. 14

⁷ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy*. 2005, s. 15

2 Větrání

2.1 Požadavky na kvalitu vnitřního vzduchu

Z hygienických důvodů je třeba za všech okolností zajistit potřebné množství čerstvého vzduchu v obytném větraném prostoru. Toto množství je závislé na počtu osob v obytném větraném prostoru a druhu jejich činnosti. Na rozdíl od některých výrobních prostorů a prostorů pro shromažďování osob (divadla, sportovní haly apod.) zde nejsou kladeny tak vysoké požadavky na přívod čerstvého vzduchu a lze předpokládat pobyt osob s menší tělesnou námahou.

Hlavními uvažovanými producenty škodlivin ve vnitřních prostorách budov jsou: přítomné osoby a jejich činnosti (domácí práce, kuchyň); uvolňování škodlivin z nábytku, podlahových ploch a dalších předmětů. Přičemž za nejvýznamnější škodliviny považujeme oxid uhličitý, vodní páru, oděry, jedovaté plyny a páry (dusík, uhlovodíky, aldehydy). Neméně významnou oblast tvoří určitě také radioaktivní látky (produkty radonu uvolňované ze stavebních hmot a z podloží budov) a mikroorganismy (bakterie, spory hub, viry, roztoči).

České hygienické předpisy zcela opomíjejí problematiku bytového větrání, proto se můžeme pouze orientačně řídit národními vyhláškami a předpisy⁸, kde jsou uvedeny základní požadavky na kvalitu vnitřního prostředí veřejných prostor.

Podle TYWONIAKA⁹ lze strategie zajištění kvalitního vnitřního vzduchu shrnout do těchto tří oblastí:

- omezení nebo vyloučení přítomnosti zdrojů škodlivin v interiérech budov, případně zabránění jejich dalšímu uvolňování do interiéru
- odvod lokalizovatelných emisí škodlivin pomocí řízeného odvádění vzduchu
- dostatečné zředění rozptýlených škodlivin ve vzduchu pomocí výměny vzduchu (větrání), někdy i v kombinaci s filtrací přiváděného vzduchu

2.2 Přirozené větrání

Přirozené větrání je druhem větrání, při němž pohyb a výměnu vzduchu vyvolávají přírodní síly – gravitace (důsledek rozdílných hustot vzduchu) a kinetická energie větru.

Obecně se při užívání budovy vytvářejí tlakové rozdíly a tím i podmínky pro pohyb (výměnu) vzduchu. Důsledky těchto tlakových rozdílů se mohou projevit jak pozitivně, tak i negativně z pohledu kvality vnitřního mikroklimatu budovy.

Tento druh větrání představuje nejchopitelnější systém větrání ze všech, jelikož zde není potřeba dodávat jakoukoli energii.

Podle motorické síly, která přirozené větrání vyvolává, rozeznáváme:

- přirozené větrání vyvolané gravitací (důsledek rozdílných hustot vzduchu)
- přirozené větrání vyvolané působením větru

⁸ Nařízení vlády ČR č. 107/2001 Sb., o hygienických požadavcích na stravovací služby, dále Vyhláška MZ ČR č. 108/2001 Sb., která stanovuje hygienické požadavky na prostory a provoz škol a Nařízení vlády ČR č. 178/2001 Sb., které stanovuje podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci.

⁹ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy*. 2005, s. 84

Tyto principy se uplatňují při přirozeném větrání budov, jako jsou:

- infiltrace (nebo její opak exfiltrace)
- aerace
- větrání okny
- šachtové větrání

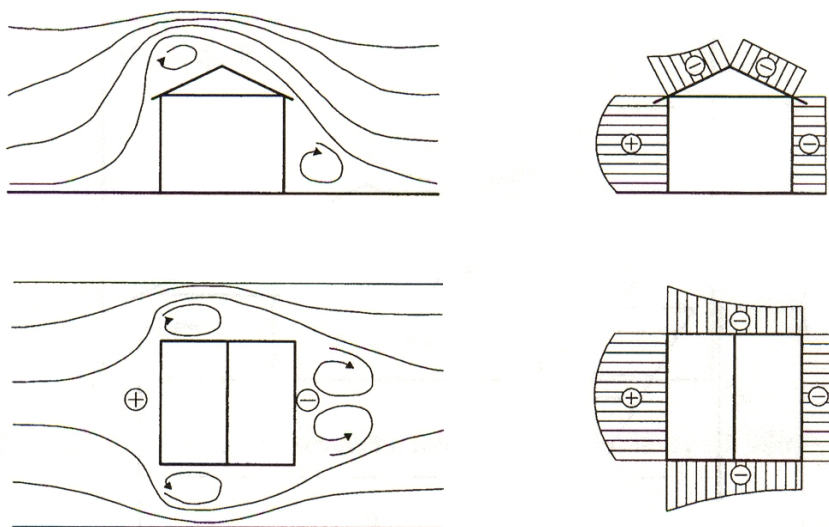
2.3 Způsoby přirozeného větrání v nízkoenergetických rodinných domech

Šachtové větrání a aeraci je možné využít zejména u větších vícepodlažních bytových domů a průmyslových objektů. V této části se proto zaměřím pouze na aplikaci infiltrace netěsnostmi v obvodovém plášti budovy a přirozené větrání otevíráním oken, které se zejména projeví při provozu nízkoenergetického rodinného domu.

2.3.1 Infiltrace

Vzduch v tomto případě proniká do budovy (nebo z budovy) v důsledku tlakového rozdílu vyvolaného gravitační silou a působením větru. Takovouto výměnu vzduchu, způsobenou nekontrolovatelným prouděním, je možné považovat za přirozené větrání.

Podle SZÉKYOVÉ¹⁰ však z hlediska větrací techniky nelze tento systém považovat za plnohodnotný větrací systém, protože jeho intenzita se nedá regulovat a v konečném důsledku je takovéto větrání, co se týče výskytu a intenzity, nestálé.



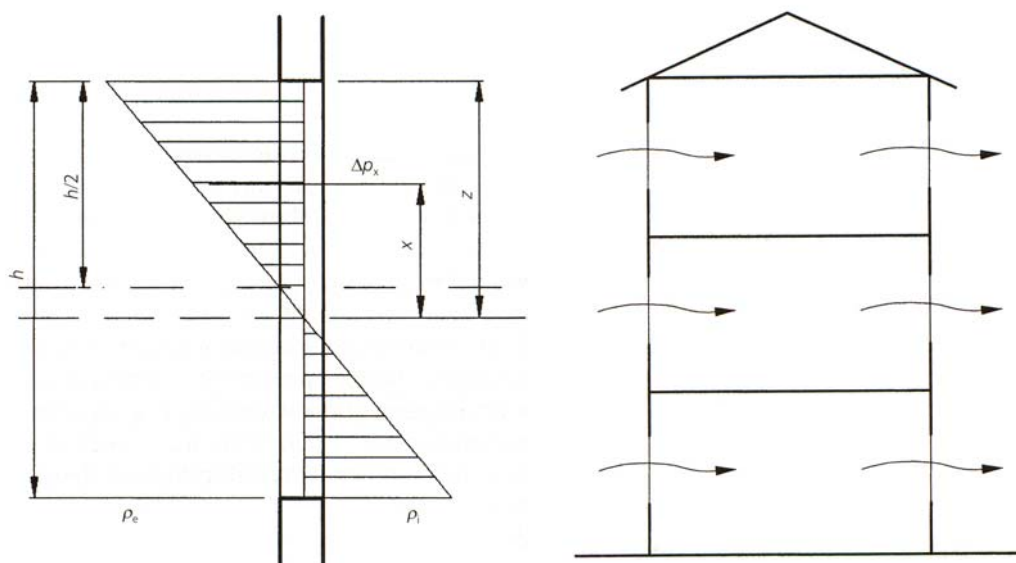
Obr. 2.1: Rozdělení tlaků na budovu vyvolaných větrem

2.3.2 Větrání okny

Tento způsob větrání je nejrozšířenějším způsobem přirozeného větrání budov, při němž se může uplatnit jak princip gravitačního přirozeného větrání, tak i účinek působení větru.

¹⁰ SZÉKYOVÁ, M., FERSTL, K., NOVÝ R. *Větrání a klimatizace*. 2006, s. 168

Otázkou však zůstává vhodnost tohoto způsobu větrání. Přívod vnějšího neupraveného vzduchu a dopravní hluk zpochybňují vhodnost otvírání oken zejména v průmyslové a městské zástavbě a v blízkosti dopravních tahů.



Obr. 2.2: Rozdělení tlaků v okenním otvoru vyvolané gravitací a příčné větrání okny vyvolané větrem

2.4 Přirozené větrání - shrnutí

Abychom vyhověli požadavku úspor energie a zároveň požadavku na dostatečnou výměnu vzduchu, je třeba hledat kompromis. Tímto kompromisem může být použití větracích prvků, kterými jsou doplněny rámy oken nebo které jsou umístěny v konstrukci vnějších rolet budovy. Takovéto prvky musejí být v každém případě snadno těsně uzavíratelné a musejí dobře chránit vnitřní prostředí budovy před pronikajícím hlukem z vnějšku.

Tyto způsoby jsou velice výhodné z hlediska energetického – nepotřebují žádnou dodávku energie k tomu, aby fungovaly (pokud nepočítám otevření a zavření oken), mají ale jednu podstatnou nevýhodu: jsou závislé na počasí. Pokud neexistuje rozdíl tlaku uvnitř a vně budovy, k žádné výměně vzduchu mezi vnitřním a venkovním prostorem nedochází.

2.5 Nucené větrání – mechanická výměna vzduchu

Dle HUMMA¹¹ se u staveb pro bydlení používají v podstatě tři typy větracích systémů. Jedná se o systém odvádění vzduchu s řízeným přívodem vzduchu, systém odvádění odpadního vzduchu s neřízeným přívodem vzduchu a větrací zařízení se zabudovaným zpětným získáváním tepla.

2.5.1 Systém odvádění vzduchu s řízeným přívodem vzduchu

Větrací prvky v obvodovém plášti budovy (ventily - v roletových boxech, v rámech oken nebo jako samostatné prvky) jsou instalovány v místnostech, kde je potřeba čerstvého vzduchu (obývací místnosti, ložnice) a jsou doplněny o vzduchotechnické zařízení v budově, které slouží k odvádění odpadního vzduchu z interiéru.

¹¹ HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. 1999, s. 153

TYWONIAK¹² uvádí dvě hlavní nevýhody tohoto systému:

- vzduch přiváděný do interiéru má teplotu venkovního vzduchu, a jen při velmi pečlivém návrhu (správná výška umístění větracího prvku, s uvažováním umístění otopných těles) je možné dosáhnout stavu, kdy rozložení teplot v místnosti bude zcela vyhovující
- není možné využít zpětného získávání tepla z odpadního vzduchu



Obr. 2.3: Přívodní výustka v okenním rámu

Výhodou tohoto systému je jeho nižší cena oproti systému s nuceným přívodem i odvodem vzduchu.

Dle mého názoru výše zmíněné nevýhody tohoto systému jasně převládají (jde zejména o nemožnost zpětného získávání tepla) a při návrhu větrání nízkoenergetických a pasivních domů bychom si to měli jasně uvědomit. V tomto případě se do budoucna jistě nevyplácí šetřit na větracím systému budovy a je lepší investovat do sofistikovanějšího a k přírodě šetrnějšího systému (viz. dále).

2.5.2 Systém odvádění odpadního vzduchu s neřízeným přívodem vzduchu

Z prostorů s největším zatížením z hlediska požadavku na větrání (kuchyně, WC, koupelna) je odváděn odpadní vzduch. Pro přívod vzduchu zde nejsou vytvořeny žádné speciální prvky. Vzduch proniká pouze štěrbinami a spárami v obvodovém plášti budovy (spáry v oknech a ve dveřích) v důsledku podtlaku při provozu odvětrávacího zařízení. Dimenzovat takovéto netěsnosti v obálce budovy v praxi je velice obtížné, proto se tento systém také nejeví jako ideální.

¹² TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy*. 2005, s. 86

2.5.3 Zařízení s nuceným přívodem a odvodem vzduchu, se zpětným získáváním tepla

Větrací systém se zpětným získáváním tepla je jistě nejnáročnějším řešením, má však velké přednosti z energetického pohledu.

U zařízení s nuceným odvodem a přívodem vzduchu můžeme dle HUMMA¹³ hovořit o systémech směšovacího větrání, vytěšňovacího větrání a zdrojového větrání.

2.5.3.1 Směšovací větrání

Velkými rychlostmi do místnosti vstupující přírodní vzduch se indukčním účinkem dostává k odváděcí výustce odpadního vzduchu po zakřivené cestě proudění. Dochází v podstatě k rozředění nečistot ve větrané místnosti.

2.5.3.2 Vytěšňovací větrání

Laminárními vstupy do místnosti vstupující přiváděný vzduch opouští větraný prostor téměř rovnou cestou k odvodním výustkám. Vzduch cirkuluje s nízkou turbulencí, přesto s poměrně vysokou rychlostí. Odváděné nečistoty jsou proudem vzduchu strhávány.

2.5.3.3 Zdrojové větrání

Pro tento způsob větrání jsou charakteristické nízké rychlosti přiváděného vzduchu (do 0,5 m/s). Vzduch se pohybuje vlivem tepelné konvekce vznikající podél zdrojů tepla uvnitř větraného prostoru (osoby, technologie, apod.) při minimální cirkulaci vzduchu v prostoru. Ohřátý vzduch stoupající vzhůru ke stropu je většinou odsáván. Dosahuje se zde příznivého nehomogenního rozložení koncentrací a teplot.

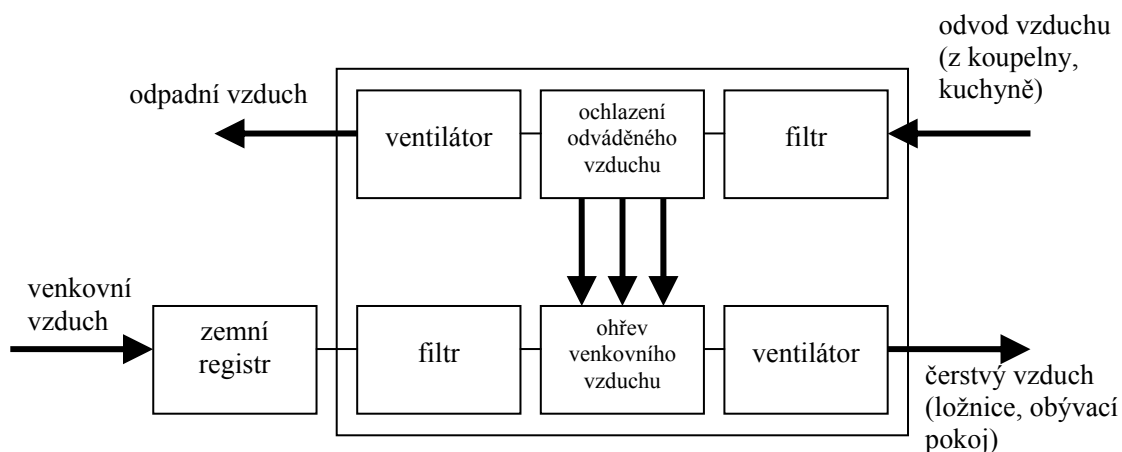
Venkovní vzduch prochází přes zemní výměník tepla¹⁴. Odpadá zde proto opatření proti mrazu, protože je vzduch dostatečně přehříván teplem ze zeminy. Dále prochází venkovní vzduch přes filtr do obytných místností (ložnice, obývací pokoj) jako tzv. přírodní vzduch. Znečištěný použitý vzduch je odsáván otvory v koupelnách, kuchyni a WC.

Odpadní vzduch z kuchyně, WC a koupelny je, stejně jako u odvětrávacích systémů, veden do větracího zařízení, kde se ve výměníku tepla předává část energie z odpadního vzduchu do vzduchu čerstvého. Přírodní vzduch je potom veden pomocí vzduchovodů v podlaze či ve stropě přes přírodní výustky do obytných místností. Tento způsob zpětného získávání tepla dosahuje účinnosti 60 až 80 %¹⁵.

¹³ HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. 1999, s. 153

¹⁴ Více o zemním výměníku tepla v kapitole 5, str. 43

¹⁵ Více o zpětném získávání tepla v kapitole 3.6, str. 25



Obr. 2.4: Schéma bytového větrání

2.5.3.4 Výhody mechanických větracích zařízení¹⁶

- Zajištění hygienicky potřebné výměny vzduchu.
- Řízení vlhkosti v interiéru (horní hranice).
- Zabránění tvorbě plísní a rozvoji roztočů díky snížení vlhkosti v místnostech.
- Odvod použitého vzduchu (CO₂, páry, zápachy, polétavé částice).
- Redukce koncentrace škodlivin v interiéru.
- Přívod čerstvého vzduchu i při zavřených oknech. Tak je zajištěna i ochrana proti hluku, např. při spaní.
- Bezprašnost čerstvého vzduchu.
- Pylová ochrana pro alergiky.
- Menší kolísání teploty a vlhkosti v interiéru.
- Žádné ochlazování „zapomenutým“ otevřeným oknem.
- Žádný průvan při větrání.
- Výměna vzduchu je zajištěna i za nepřítomnosti obyvatel/osob.
- Nízká spotřeba paliva a tím i menší zatížení životního prostředí.
- Energetické úspory i přes přídavnou spotřebu elektrického proudu zařízením pro dopravu vzduchu. Spotřeba je poměrně malá, pokud je zařízení provozováno s malými rychlostmi vzduchu v síti vzduchovodů.
- Snížené energetické náklady dnes i v budoucnu.
- Menší potřeba tepla, tím i menší vytápěcí zařízení.
- Bezpečnost díky trvale uzavřeným oknům.

2.5.3.5 Nevýhody mechanických větracích zařízení¹⁷

- Nároky na prostor pro zařízení a vzduchovody.
- Náklady na instalaci a provoz.
- Nároky na čištění a údržbu.
- Spotřeba proudu navíc (pro ventilátory).
- Možná změna iontového složení vzduchu.
- Více techniky v domě.

¹⁶ HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. 1999, s. 154

¹⁷ HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. 1999, s. 155

3 Teplovzdušné vytápění obytných budov a domů

Při tomto způsobu vytápění budovy se tepelná energie do vytápěné místnosti dostává pouze přiváděným teplým vzduchem. Vlivem tepelných ztrát vytápěného prostoru se vzduch ochlazuje na požadovanou teplotu v interiéru a následně je odváděn mimo něj.

Jestliže teplonosnou látkou je zde pouze vzduch, který má oproti vodě přibližně 4x menší měrné teplo a je tedy horším nosičem tepla, pak toto vede k podstatně větším dimenzím rozvodů u teplovzdušného vytápění (v porovnání například s klasickou teplovodní otopnou soustavou) a tedy i k většímu zásahu do stavební konstrukce budovy, jak uvádí například KABELE¹⁸.

Pro porovnání autor uvádí tabulku fyzikálních vlastností vody a vzduchu:

<i>Parametr</i>	<i>Voda</i>	<i>Vzduch</i>
Měrné teplo c [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]	4186	1010
Hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	980	1,28
Tepelný spád používaný pro vytápění obytných budov [K]	10 – 20	20 – 30

Tab. 3.1: Porovnání fyzikálních vlastností vody a vzduchu

Systémy teplovzdušného vytápění mají jednu velkou výhodu a tou je absence jakýchkoli otopných ploch, které by zabíraly místo ve vytápěném prostoru využitelné pro jiný účel a navíc je teplovzdušné vytápění daleko pružnější (velice rychle reaguje na změnu požadovaného výkonu) než klasická, v České republice jistě nejpoužívanější, teplovodní otopná soustava.

K dosažení tepelné pohody při návrhu teplovzdušného vytápění musíme uvažovat s vyšší teplotou přiváděného vzduchu, než je požadovaná teplota vzduchu v interiéru, což vede k vyšším tepelným ztrátám a je to jedna z nevýhod tohoto systému. Další nevýhodou teplovzdušného vytápění může být absence sálavé složky a negativní chladné sálání běžně izolovaných obvodových konstrukcí. Absence sálavé složky tepla se řeší instalací doplňkového lokálního sálavého zdroje tepla (krbu, kachlových kamen) do hlavní obývací místnosti domu. Tento doplňkový lokální zdroj může, hlavně v přechodném období v případě potřeby, zajišťovat tepelnou pohodu v interiéru i při nižší teplotě vzduchu. Pokud hovoříme o teplovzdušném vytápění nízkoenergetického nebo pasivního domu, negativní chladné sálání obvodových stěn zde vzhledem k tepelně technickým parametrům obvodového pláště takovýchto budov obvykle nehrozí.

Podle KABELEHO¹⁹ je nezanedbatelným aspektem vedoucím k přehodnocení pohledu na volbu systému vytápění celosvětový tlak na snižování potřeby energie na vytápění, který výrazně mění požadavky na tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí budov. Nejedná se zde pouze o zvýšení požadovaných tepelných odporů obvodových konstrukcí budovy, ale také o minimalizaci nekontrolovatelné výměny vzduchu, tedy infiltrace²⁰. Právě vývoj v této oblasti vyústil dle autora v paradoxní stav, kdy moderní těsná okna mají tak malou infiltraci, že nezabezpečují ani minimální hygienickou výměnu vzduchu v místnostech. To vede k hygienickým potížím a poruchám staveb (tvorba plísní apod.).

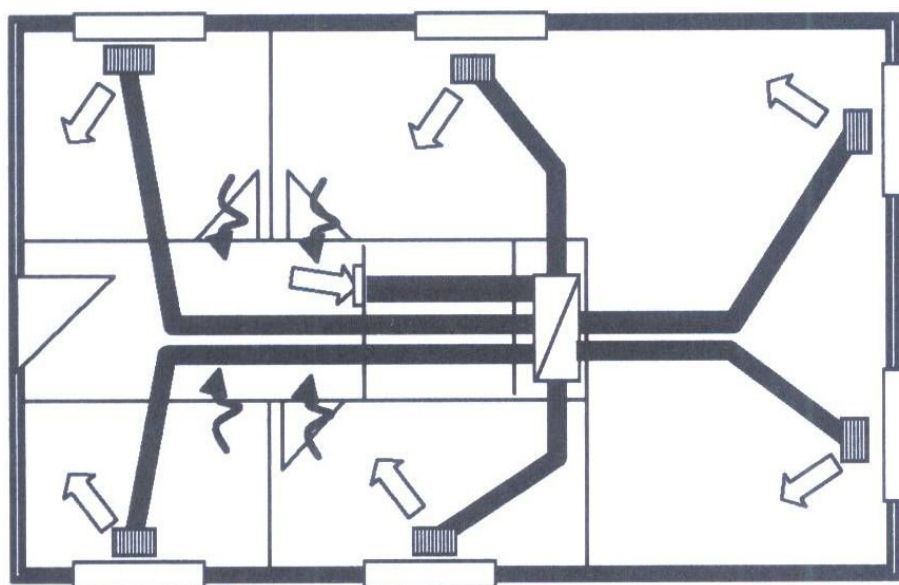
¹⁸ PETRÁŠ, Dušan a kol. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 2005, s. 112

¹⁹ PETRÁŠ, Dušan a kol. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 2005, s. 113

²⁰ Infiltrace viz. kapitola 2.3.1, str. 14

3.1 Systémy s cirkulačním provozem²¹

Tyto systémy patří k již tradičním systémům teplovzdušného vytápění v USA, Kanadě a některých skandinávských zemích. Základem celého systému s plně cirkulačním provozem je teplovzdušný agregát, na který je napojen rozvod vytápěcího vzduchu do jednotlivých místností budovy. Zpětné nasávání cirkulujícího vzduchu je velice vhodné umístit do chodby. Výměnu vzduchu mezi obytnými místnostmi a komunikačními prostory (chodbou) zajišťují netěsnosti dveří, případně větrací mřížky ve dveřích. Pokud se absence sálavé složky řeší umístěním krbu nebo krbových kamen v hlavní místnosti budovy, je vhodné umístit v blízkosti tohoto lokálního doplňkového zdroje tepla nasávání cirkulujícího vzduchu, jak uvádí např. ATREA²².



Obr. 3.1: Teplovzdušné vytápění rodinného domu s cirkulačním provozem²³

3.2 Teplovzdušný kotel²⁴

Teplovzdušné kotle jsou zatím používané zejména v zahraničí. U nás je certifikováno zatím pouze několik jednotek a do doby většího rozšíření tohoto systému je nutné v České republice vyřešit řadu legislativních překážek.

Teplovzdušné kotle mohou být plynové, na topný olej nebo elektrické. Skládají se vždy z ventilační a filtrační jednotky, ohřívacího dílu a regulace. Nízkou hlučností a potřebné množství vzduchu zajišťuje většinou radiální ventilátor. Ohřívací díl u plynových a olejových agregátů se skládá z hořáku a výměníku tepla mezi spaliny a ohříváním vzduchem. Vždy se používají jednotky s nuceným odtahem spalin, a to jak v provedení otevřeném, tak i uzavřeném. Pro zvýšení účinnosti těchto jednotek se využívá všech výhod kondenzační techniky, kdy se kromě spalného tepla využívá i kondenzačního tepla spalin. Teplota ohřívání vzduchu se zde pohybuje do 50 °C, proto je využití kondenzační techniky

²¹ KABELE, Karel. *Teplovzdušné vytápění obytných budov* [online]. c2001, poslední revize 3.8.2001 [cit. 27.3.2008]. Dostupné z [www: < http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=620 >](http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=620)

²² ATREA. *Systém teplovzdušného vytápění a větrání rodinných domů s rekuperací tepla: Projektční podklad*. 2007, s. 17

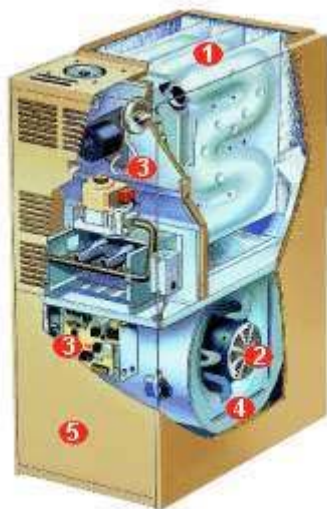
²³ PETRÁŠ, Dušan a kol. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 2005, s. 113

²⁴ KABELE, Karel. *Teplovzdušné vytápění obytných budov* [online]. c2001, poslední revize 3.8.2001 [cit. 27.3.2008]. Dostupné z [www: < http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=620 >](http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=620)

více než na místě. Z hlediska bezpečnosti provozu jsou výhodnější jednotky uzavřené s nuceným odtahem spalin a přívodem vzduchu z venkovního prostoru, jelikož pro umístění plynových teplovzdušných jednotek platí stejná pravidla, jako pro ostatní odběrná plynová zařízení. Jedno nebo dvoustupňový hořák včetně automatické zapalovací techniky zajišťuje základní regulaci jednotky. Provozní regulace je většinou dvouzónová a řídí se signály z prostorového termostatu.

V klasickém provedení jsou plynové agregáty konstruovány pro ohřev vzduchu o 35 až 55 K, v kondenzačním provedení do 20 K, ve výkonech od 7 do 28 kW. Účinnost plynových teplovzdušných jednotek se pohybuje v rozmezí od 80 do 96 % (vyšší hodnota platí pro kondenzační jednotky).

Teoreticky je možné používat i agregátů elektrických. V podmínkách České republiky zde však vyvstává problém s délkou dodávky elektrické energie při využití sazby pro přímotopy. Při využití tarifu pro přímotopy je elektrická energie dodávána do objektu pouze 20 hodin denně s maximálně dvouhodinovými přestávkami. Pro vytápění tradiční stavby teplovodním vytápěním by toto postačovalo, jelikož u těžších staveb můžeme počítat s akumulací tepla, která přestávky v dodávce energie pokryje a nedojde k výraznému kolísání teploty. Pokud však budeme uvažovat lehkou dřevěnou stavbu s minimální akumulací schopností (příklad nízkoenergetického rodinného domu řešeného v této diplomové práci), instalace tohoto systému se za současných podmínek dodávky elektrické energie stává riskantní.



Obr. 3.2: Plynová teplovzdušná jednotka

- 1 – výměník tepla
- 2 – radiální ventilátor
- 3 – zapalovací automatika a hořák
- 4 – filtrace vzduchu
- 5 – izolovaná skříň jednotky

3.3 Systém s ventilačním nebo kombinovaným provozem²⁵

Moderní koncepcí, která je využitelná především v dobře zateplených objektech s nízkou potřebou energie (nízkoenergetické a pasivní domy), je teplovzdušné vytápění integrované s řízeným větráním objektu.

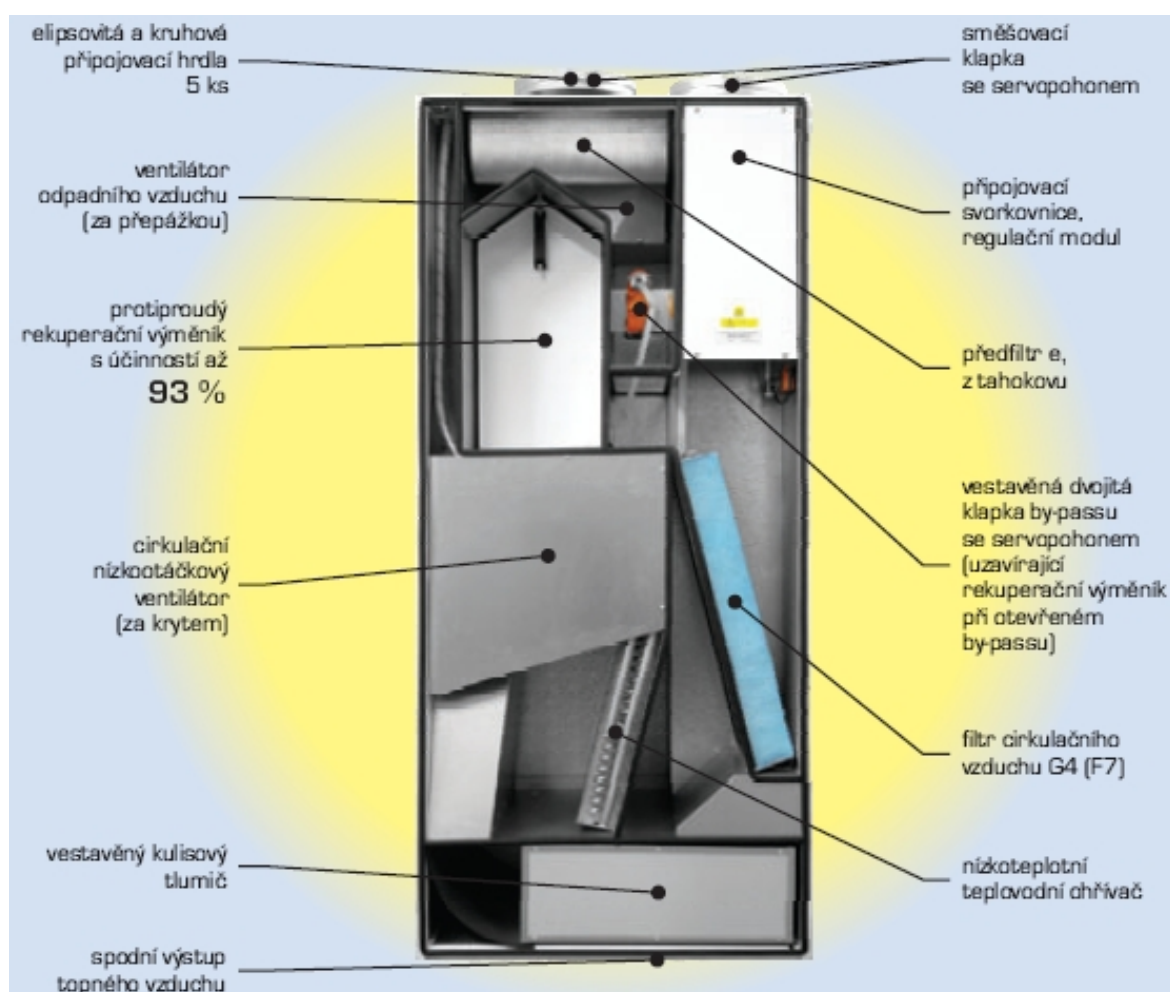
Jelikož se u nízkoenergetických a pasivních domů mění poměr tepelné ztráty prostupem a větráním (hygienicky minimální větrání tvoří více než 50 % celkové tepelné ztráty), a díky zateplení a kvalitním oknům se zvyšuje vnitřní povrchová teplota stěn, snižuje se potřeba eliminace negativního sálání a tím i význam sálavé otopné plochy v místnosti.

²⁵ PETRÁŠ, Dušan a kol. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 2005, s. 115

Podobné moderní systémy s ventilačním nebo kombinovaným provozem jsou právem na vzestupu zájmu investorů v České republice.

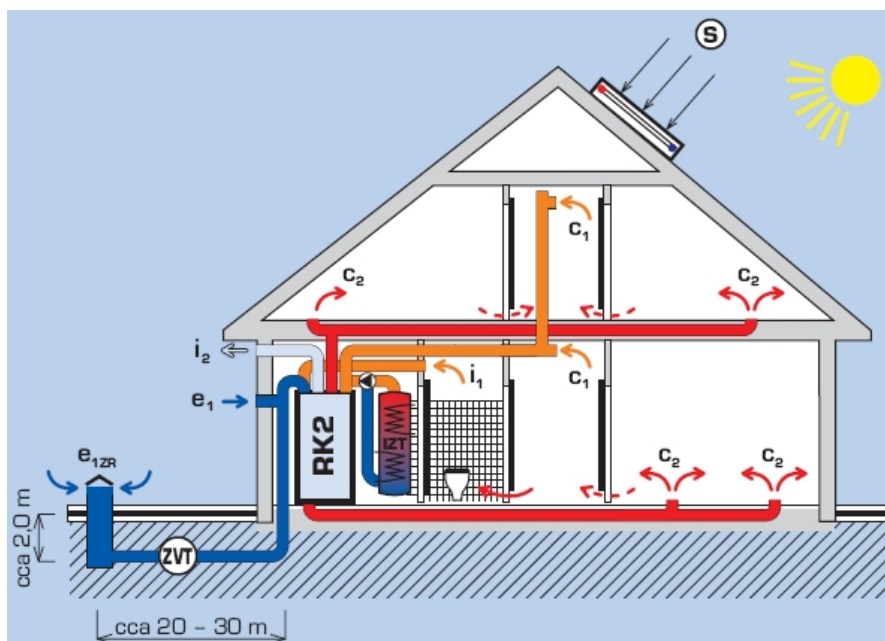
3.3.1 Teplovzdušné vytápění a větrací jednotky pro nízkoenergetické domy

Pro názornost zde uvedu popis systému teplovzdušného vytápění s ventilačním nebo kombinovaným provozem a teplovzdušných dvouzónových větracích jednotek od firmy ATREA²⁶, která jako jediná v České republice nabízí kompletní systémy teplovzdušného vytápění nízkoenergetických a pasivních budov včetně rozvodů vzduchu, regulace a příslušenství.



Obr. 3.3: Teplovzdušná vytápěcí a větrací jednotka DUPLEX RK2

²⁶ Seznam i ostatních výrobců včetně popisu jejich sortimentu uvádím v kapitole 4, str. 29



S – solární vodní kolektory

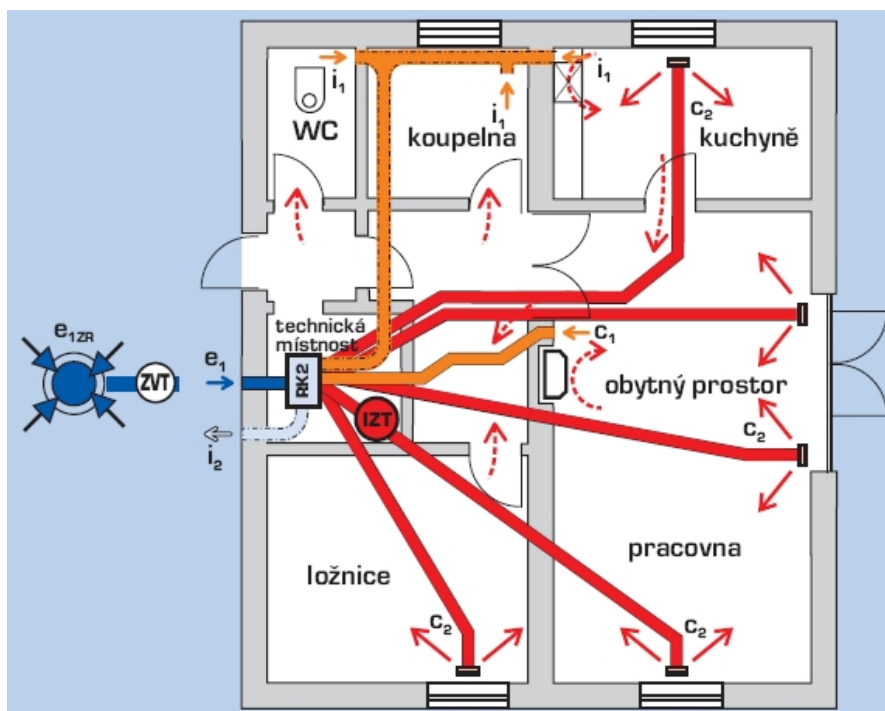
IZT – integrovaný zásobník tepla

ZVT – zemní výměník tepla

Obr. 3.4: Schéma instalace a energetické soustavy teplovzdušného vytápění ATREA

Dvouzónové teplovzdušné větrací jednotky se s výhodou instalují do středu dispozice vytápěného objektu (chodby, komory, ...) v blízkosti zdroje tepla.

Cirkulační vzduch je z obytných místností odváděn šterbinami pode dveřmi bez prahů nebo mřížkou ve dveřích či stěně do chodby, odkud je veden nazpět k jednotce. Odváděný vzduch z WC a koupelen je nahrazován vzduchem z obytných místností a chodeb, který je přiváděn netěsností pode dveřmi. Přiváděný venkovní vzduch je možno předehřívát (v zimě) nebo předchlazovat (v létě) v zemním výměníku tepla²⁷ z PE trubek.



c₁ – odsávaný cirkulační vzduch z místnosti do jednotky

c₂ – cirkulační a čerstvý vzduch přiváděný do obytných místností

e₁ – nasávání venkovního vzduchu

e_{1ZR} – nasávání venkovního vzduchu přes zemní výměník tepla

i₁ – odpadní vzduch z WC, koupelny a kuchyně

i₂ – výfuk odpadního vzduchu po rekuperaci

Obr. 3.5: Schéma instalace a energetické soustavy teplovzdušného vytápění ATREA

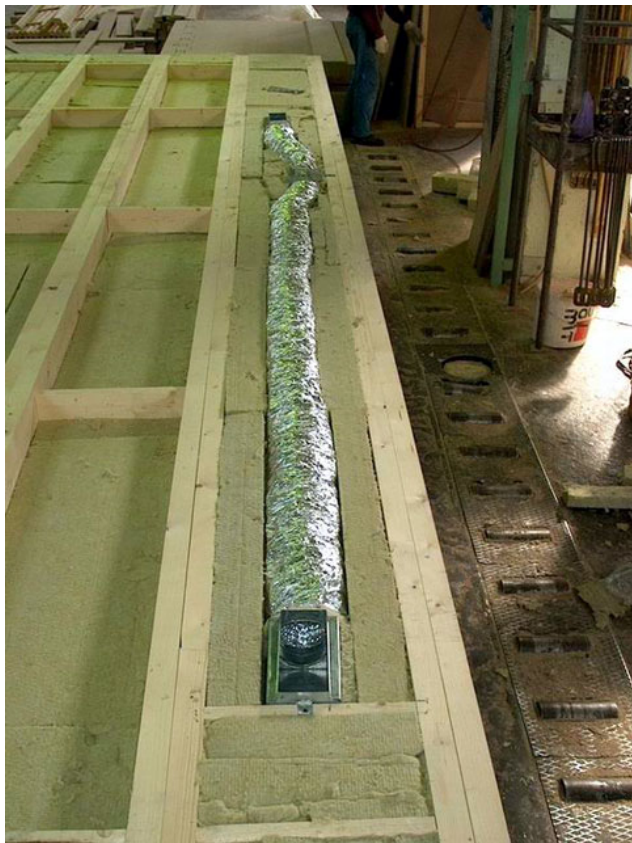
²⁷ Více o zemním výměníku tepla v kapitole 5, str. 43

3.4 Rozvody²⁸

Výpočty rozvodů vzduchu teplovzdušného vytápění se vypracovávají standardním postupem pro výpočet vzduchotechnických rozvodů. Rozvody teplého vzduchu systému teplovzdušného vytápění je možno umístit do konstrukce podlahy, pod strop nebo do půdního prostoru nízkoenergetického domu. Kovové rozvody mohou být v provedení spiro nebo klasické čtyřhranné, případně lze použít i plastových rozvodů. Potrubí musí být vzduchotěsné, a je-li vedeno v nevytápěných prostorách, dobře tepelně izolované a navrženo s ohledem na eliminaci možného šíření hluku v budově.

Problematický může být prach usazený po delší provozní přestávce. Po zapnutí se totiž po delší provozní přestávce do vytápěného prostoru rozvíří prach v potrubí usazený. Tento problém řeší specializované firmy, které mají technické prostředky pro čištění vzduchotechnických kanálů před zahájením topné sezóny.

Pro názornost uvádím obrázky s příklady vedení rozvodů teplého vzduchu v podlaze, ve stropním panelu dřevostavby a tvarovku - koncová krabice podlahového kanálu.



Obr. 3.6: Rozvod ve stropním panelu dřevostavby³⁰



Obr. 3.7: Rozvody v tepelné izolaci podlahy²⁹



Obr. 3.8: Koncová krabice podlahového kanálu³¹

²⁸ KABELE, Karel. *Teplovzdušné vytápění obytných budov* [online]. c2001, poslední revize 3.8.2001 [cit. 27.3.2008]. Dostupné z [www: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=620>](http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=620)

²⁹ ATREA. *Fotogalerie a reference* [online]. c2008, [cit. 30.3.2008]. Dostupné z [www: <http://www.atrea.cz/?page=cz,d3_reference>](http://www.atrea.cz/?page=cz,d3_reference)

³⁰ Tamtéž.

³¹ Tamtéž.

3.5 Zdroje tepla

Jako zdroj tepla pro teplovzdušné vytápění lze využít v podstatě kterýkoli z běžně dostupných zdrojů používaných v klasických teplovodních soustavách. Zdroj je většinou napojen na akumulační zásobník tepla pro pokrytí potřeby tepla mimo provozní dobu zdroje, ale lze použít i systémy bez akumulace.

Zdrojem pro systém teplovzdušného vytápění mohou být například: elektrické topné spirály, tepelné čerpadlo, kotel na biomasu, plynový kotel klasický nebo kondenzační, solární kolektory aj. a jejich vzájemné kombinace. Jako doplňkový zdroj lze použít krbová kamna s topnou vložkou, která jsou velice výhodná pro svoji dominantní složku sálavého tepla příznivě ovlivňující tepelnou pohodu v interiéru nízkoenergetického domku.

3.6 Zpětné získávání tepla³²

V této kapitole bych rád stručně popsal možnosti řešení zpětného získávání tepla (ZZT) z odpadního (odváděného) vzduchu v rámci systému větrání a teplovzdušného vytápění.

Pro ZZT se používají dva druhy tepelných výměníků:

- *Rekuperační* – odpadní vzduch a vzduch přiváděný jsou od sebe navzájem odděleny pevnou stěnou (nelze přenášet vlhkost z odpadního vzduchu do přiváděného, pouze citelné teplo).
- *Regenerační* – obsahují látku, do které se teplo akumuluje a s níž jsou odpadní (odváděný) a přiváděný vzduch střídavě ve styku (mohou přenášet kromě citelného tepla i teplo vázané, tedy i vlhkost).

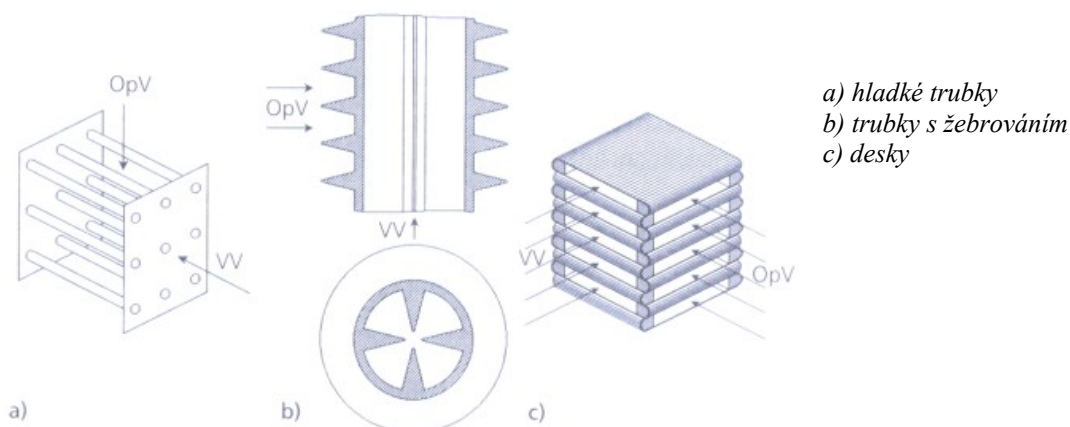
Dále pak zařízení využívající princip tepelného čerpadla, které je popsáno níže.

3.6.1 Rekuperační výměníky tepla

V oblasti větrání a teplovzdušného vytápění nízkoenergetických domů mají největší využití výměníky typu *vzduch-vzduch*. Tyto výměníky se navrhují zejména v příčném uspořádání. Jejich přenosové prvky lze rozdělit na tři základní druhy:

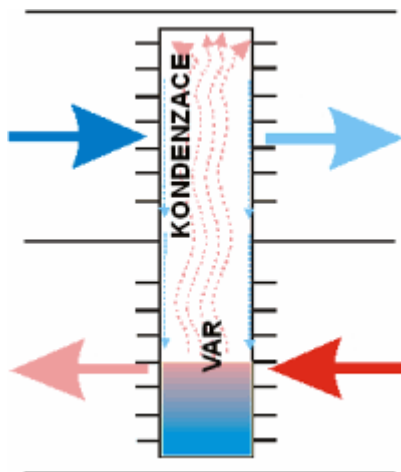
- *Hladké trubky* – zde proudí přiváděný vzduch uvnitř trubek a odváděný (odpadní) vzduch je obtéká. Výhodou tohoto provedení je jistě snadná čistitelnost výměníku. Trubky mohou být kovové či skleněné.
- *Trubky s žebrováním* – jde o stejný princip jako předchozí s tím, že jsou trubky pro zlepšení přenosu tepla opatřeny žebrováním (uvnitř podélným, kvůli lepší čistitelnosti, vně příčným).
- *Desky* – dvojice desek naskládaných nad sebou jsou vůči sobě vždy o 90° posunuty a střídavě v nich proudí odváděný (odpadní) a přiváděný vzduch. Desky mohou být z kovu (hliník), plastu či skla. Právě tato konstrukce je dnes nejvíce využívána pro ZZT v systému teplovzdušného vytápění nízkoenergetických domků.

³² SZÉKYOVÁ, M., FERSTL, K., NOVÝ R. *Větrání a klimatizace*. 2006, s. 338



Obr. 3.9: Přenosové prvky rekuperačních výměníků ZZT typu vzduch-vzduch

Dalším typem rekuperačních výměníků tepla jsou *výměníky z tepelných trubic* naplněných kapalnou náplní, která se vlivem tepelného toku na jednom konci trubice vypařuje a na druhém kondenzuje a předává tak teplo přiváděnému vzduchu. Vypařování kapalně náplně v trubici by mělo nastávat přibližně při teplotě odváděného (odpadního) vzduchu, proto jsou také na tyto podmínky navrhovány druh kapaliny uzavřené v trubici a její výparný tlak. Tyto výměníky můžeme dále rozdělit podle mechanismu dopravy kondenzátu v uzavřené trubici na *gravitační*, kdy kondenzát v tepelné trubici volně stéká účinkem gravitace s horní kondenzační zóny trubice do dolní výparné zóny a s *kapilárními trubicemi*, kde se využívá účinku kapilárních sil pro dopravu kondenzátu v trubici. Velkou předností výměníků z tepelných trubic je jejich schopnost v malém prostoru při malých rozdílech teplot (i menších než 1 °C) přenášet velké tepelné toky.



Obr. 3.10: Schéma použití tepelných trubic³³

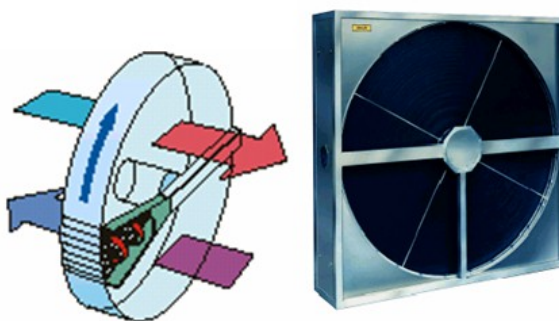
Poslední z variant rekuperačních výměníků, které zde zmíním, jsou výměníky v *zapojení vzduch-kapalina-vzduch*. Toto řešení nevyžaduje soustředění vzduchovodů přívodního a odváděného vzduchu na jednom místě. Výměníky vzduch-kapalina mohou být každý umístěn v jiné části budovy a propojí se pouze potrubím s teplotonosnou kapalinou, kterou bývá často směs vody a 30 % etylenglykolu (mrazuvzdorná do -15 °C). Jako teplotonosná kapalina mezi oběma výměníky se také používá čistá voda (výhodnější z hlediska tepelné kapacity a viskozity) – zde je však nutné protimrazové zapojení soustavy ZZT.

³³ LAIN M. *Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II)* [online]. c 2006 [cit. 10.5.2008]. Dostupné z [www: < http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3688>](http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3688)

3.6.2 Regenerační výměníky tepla

Nejvyšší účinnost ze všech způsobů ZZT mají právě regenerační výměníky tepla. V závislosti na hmotnostním průtoku se hodnoty jejich účinnosti pohybují v rozmezí 65 až 85 % (platí pro výměníky rotační – viz. dále). Přes akumulaciční výplň zde střídavě proudí teplý odváděný (odpadní vzduch) a studený (přiváděný) vzduch. Současně s teplem se předává z odváděného do přiváděného vzduchu i vlhkost (pokud je povrch akumulaciční výplně hygroskopický). Regenerační výměníky tepla (regenerátory) můžeme rozdělit na dva základní typy:

- *Rotační* – přenos energie mezi odváděným a přiváděným vzduchem probíhá kontinuálně. Základem konstrukce těchto výměníků je rotující kotouč, jehož jedna polovina zasahuje do vzduchovodu s odváděným vzduchem a polovina druhá do vzduchovodu se vzduchem přiváděným, který je ohříván, případně i zvlhčován.
- *Přepínací* – přenos tepla mezi odváděným a přiváděným vzduchem probíhá ve vymezených časových intervalech. Střídají se interval, kdy je přes akumulaciční výplň veden odváděný (odpadní) vzduch a interval, kdy je přes výplň veden vzduch přiváděný.



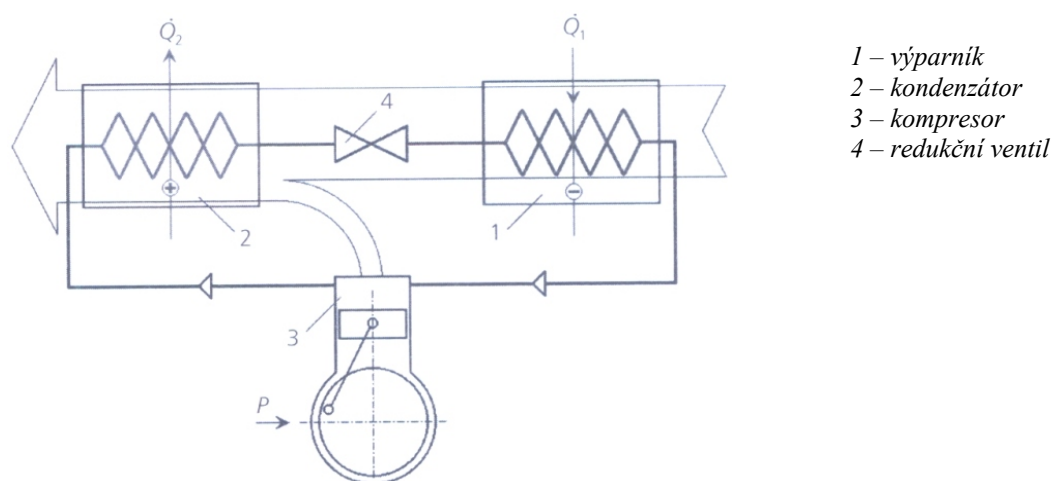
Obr. 3.11: Schéma a fotografie rotačního regeneračního výměníku³⁴

3.6.3 Zařízení s tepelným čerpadlem

Tepelné čerpadlo můžeme také zařadit mezi zařízení pro zpětné získávání tepla, i když se od předchozích systémů velice liší. Na rozdíl od předchozích systémů tepelné čerpadlo nevyžívá pro ZZT pouze teplotní rozdíl přiváděného a odváděného vzduchu, ale vyžaduje kompresor, který je poháněn elektrickou energií.

Pro ZZT lze také využít reverzibilní chladicí soustavu klimatizačního zařízení s kompresorovým chladicím strojem, a to buď s kondenzátorem chlazeným vodou (vodní chladiče vzduchu), nebo kondenzátorem chlazeným vzduchem (přímé chlazení vzduchu výparníkem). Z kondenzátoru odváděné teplo může být využito pro ohřev vzduchu v klimatizačním zařízení, k přípravě teplé vody, k ohřevu vody v bazénu nebo vytápění.

³⁴ LAIN M. *Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II)* [online]. c 2006 [cit. 10.5.2008]. Dostupné z [www: < http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3688>](http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3688)



Obr. 3.12: Schéma tepelného čerpadla ZZT z odváděného vzduchu

4 Přehled firem prodávajících větrací a teplovzdušné jednotky v České republice a jejich sortimentu

4.1 ATEG TEPELNÁ TECHNIKA, s.r.o.³⁵

Tato firma dodává na český trh výrobky firmy AEG.

Jedná se o decentralizované ventilační jednotky ADL s křížovým protiproudým výměníkem zpětného získávání tepla s účinností až 90 %.

Kompaktní centrální ventilační jednotky TVZ opět s křížovým protiproudým výměníkem (účinnost až 90 %) a mimo jiné i dvěma stejnosměrnými ventilátory. Jednotka TVZ se dodává i ve verzi „plus“ s integrovaným bypass modulem pro automatické pasivní chlazení podle venkovní teploty.

Ventilační jednotky THD jsou centrální, s rekuperací tepla, tepelným čerpadlem (použito chladivo R134A) a přídavným vytápěním THD 303 nebo THD 303 SOL (tento typ je se solárním výměníkem a integrovanou regulací pro solární ohřev). Jde o systém pro centrální výměnu vzduchu v bytech a rodinných domech, pro přípravu teplé vody a pro vytápění (akumulace tepla v zásobníku TV objemu 300 litrů a topné soustavě). Vzduch není přiváděn centrálně a lze plynule nastavit množství vzduchu. Zpětné získávání tepla ze vzduchu odváděného se děje právě pomocí tepelného čerpadla. Systém má dva topné programy, program větrání, program teplé vody a ekvitermní regulaci pro dva topné okruhy.

Ventilační jednotky THZ představují nejsofistikovanější řešení od této firmy. Jedná se opět o centrální ventilační jednotky s rekuperací tepla, tepelným čerpadlem a přídavným vytápěním, tentokrát THZ 303 SOL a THZ 403 SOL (vestavěný výměník pro připojení okruhu solárních kolektorů). Tyto jednotky zajišťují centrální výměnu vzduchu v bytě nebo rodinném domě, přípravu teplé vody (vestavěný 200 litrový ohříváč TV) a vytápění. Základem jednotky THZ je tepelné čerpadlo vzduch-voda s chladivem R407C. Jednotka umožňuje individuální programování (ekvitermní týdenní regulátor) s integrovanou regulací použitelnou jako dálkové ovládání.

V následujících tabulkách uvádím přehled jednotek AEG včetně jejich parametrů uváděných výrobcem.

Tab. 4.1: Ventilační jednotky AEG

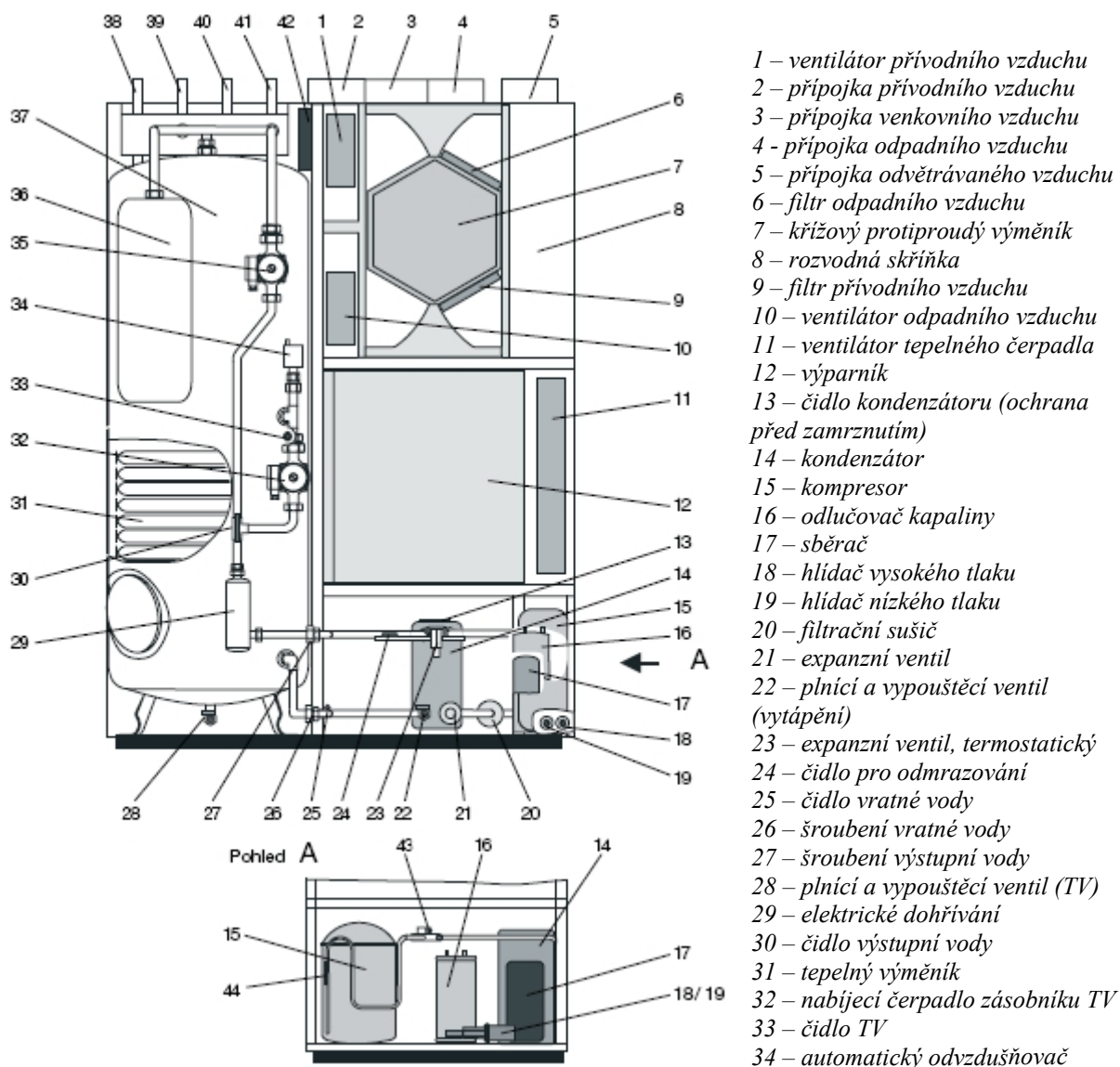
Typ	ADL 13	TVZ 70	TVZ 170	TVZ 170 plus	TVZ 270	TVZ 270 plus
Výška [mm]	546	600	602	602	602	602
Šířka [mm]	870	560	675	675	675	675
Hloubka [mm]	198	300	445	445	445	445
Účinnost ZZT [%]	-	90	90	90	90	90
Objemový průtok přiváděného vzduchu [m ³ ·hod ⁻¹]	20/40/60	50 - 150	50 - 250	50 - 250	100 - 350	100 - 350
Hmotnost [kg]	26,5	25	31	34	32	35
Příkon ventilátoru [W]	-	80	130	130	220	220
Třída filtru	-	G3	G3	G3	G3	G3
Hladina akustického výkonu dB(A)	-	45	49	49	54	54

³⁵ ATEG TEPELNÁ TECHNIKA. *Ventilační jednotky* [online]. c 2008 [cit. 30.3.2008]. Dostupné z [www: <http://www.ateg.cz/cz/ventilacni-jednotky>](http://www.ateg.cz/cz/ventilacni-jednotky)

Typ	THD 303	THD 303 SOL	THZ 303 Integral	THZ 303 SOL	THZ 403 SOL
Výška [mm]	1980	1980	1870	1870	1870
Šířka [mm]	775	775	1320	1320	1320
Hloubka [mm]	775	775	770	770	770
Účinnost ZZT [%]	-	-	90	90	90
Objemový průtok přiváděného vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]	150 - 300	150 - 300	80 - 230	80 - 230	110 - 280
Hmotnost [kg]	190	215	351	376	383
Příkon ventilátoru [W]	50	50	60	60	60
Třída filtru	G3	G3	G3	G3	G3
Hladina akustického výkonu dB(A)	48	48	60	60	61
topný výkon TČ A20/35 [kW]	2,1	2,1	4,2	4,2	6
topný výkon el. dohřevu [kW]	6,6	6,6	8,8	8,8	8,8
rozsah použití [°C]	15 - 30	15 - 30	-18 - 30	-18 - 30	-18 - 30

Tab. 4.2: Ventilační jednotky AEG s tepelným čerpadlem a přídavným vytápěním

Pro názornost uvádím obrázek s popisem centrálního větracího přístroje THZ 303 Integral.



Obr. 4.1: Centrální větrací přístroj THZ 303 Integral

35 – oběhové čerpadlo, 36 – expanzní nádoba, 37 – zásobník TV 200 litrů, 38 – studená voda, 39 – teplá voda, 40 – vratné potrubí vytápění, 41 – výstupní potrubí vytápění, 42 – elektrická přípojka, 43 – 4/2-cestný ventil, 44 – čidlo horkého plynu

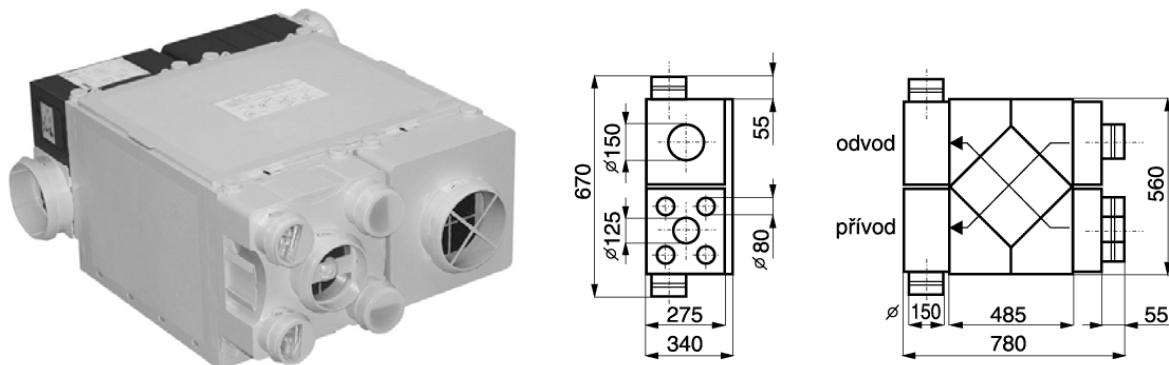
4.2 ELEKTRODESIGN ventilátory, s.r.o.³⁶

Firma Elektrodesign specializující se převážně na ventilátory dodává na český trh i větrací jednotky s rekuperací tepla.

Skříň malé větrací rekuperační jednotky AKOR je vyrobena z plastu a obsahuje plastový deskový křížový rekuperační výměník. Účinnost rekuperace v závislosti na vnitřní vlhkosti vzduchu, venkovní teplotě vzduchu a průtoku dosahuje až 70 %. Na sání a výtlaku jednotky jsou osazeny filtry vzduchu a radiální ventilátory s asynchronními motory.

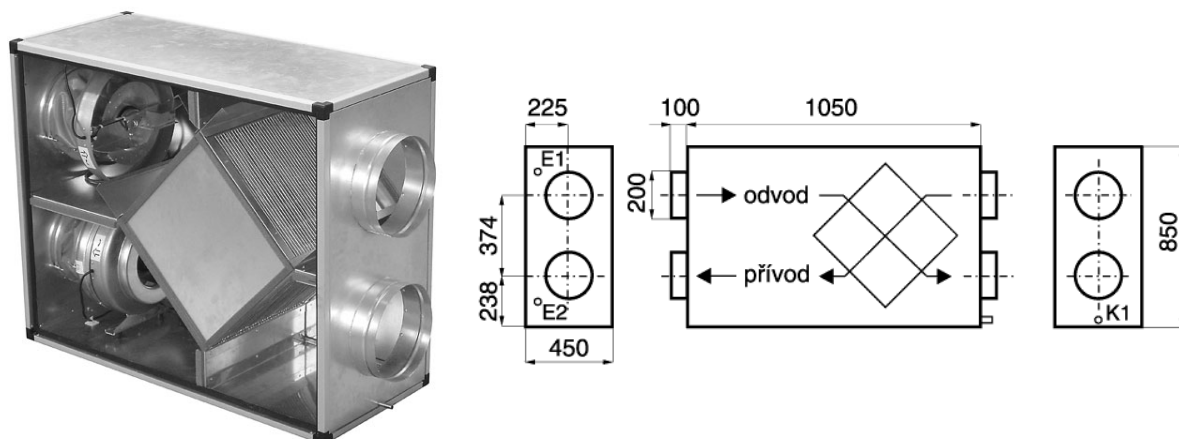
³⁶ ELEKTRODESIGN. *Rekuperační jednotky a rekuperátory* [online]. c 2003 [cit. 31.3.2008]. Dostupné z [www: <http://www.elektrodesign.cz/index.php?C=VO&LNG=cz&P=cat&CID=75>](http://www.elektrodesign.cz/index.php?C=VO&LNG=cz&P=cat&CID=75)

Kondenzát z rekuperačního výměníku je odváděn PVC vývodkou, která je umístěna na spodní straně skříně. Skříň jednotky je tepelně izolována snímatelnou izolací, z vnější strany uchycenou pomocí plastových spon. Regulace otáček ventilátoru je u těchto jednotek dvoustupňová (režim přívod/odvod). V případě potřeby plynulé regulace otáček ventilátorů je možno použít elektronické regulátory.



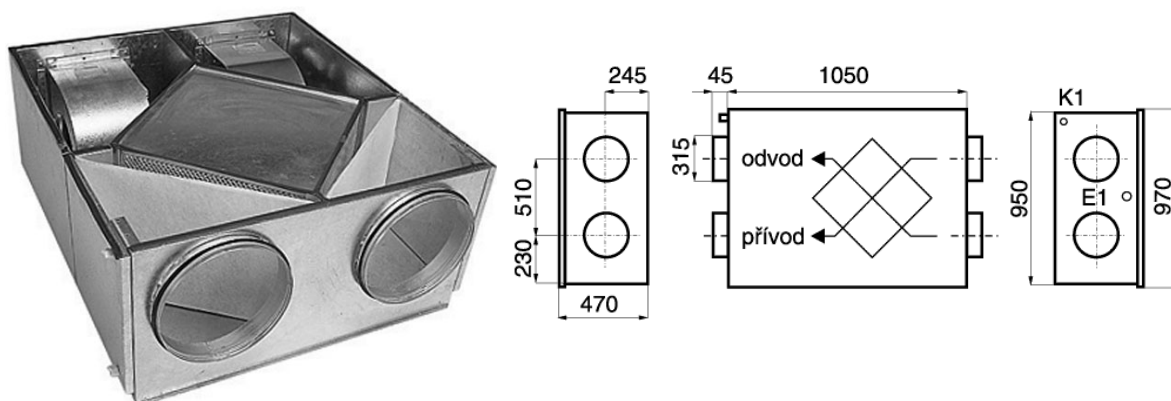
Obr. 4.2: Větrací rekuperační jednotka AKOR 300/150 a její rozměry

Větrací jednotky RMR mají, na rozdíl od předchozí jednotky, skříň zhotovenou z pozinkovaného plechu. Tyto větrací rekuperační jednotky jsou též vhodné pro instalaci v menších objektech. Skříň jednotky obsahuje mimo jiné hliníkový deskový křížový rekuperační výměník tepla s účinností, opět v závislosti na provozních podmínkách, až 70 %. Na sání a výtlačku je také tato jednotka osazena radiálními ventilátory a filtry vzduchu.



Obr. 4.3: Větrací rekuperační jednotka RMR 600/200 a její rozměry

Firma dále dodává větrací jednotky s rekuperací s názvem REFA. Jedná se o bezrámové jednotky, jejichž skelet je zhotoven z ocelového pozinkovaného plechu s tepelnou izolací tl. 25 mm. Jednotka obsahuje hliníkový deskový křížový rekuperační výměník tepla s účinností, v závislosti na provozních podmínkách, až 60 %. Na sání a výtlačku jsou osazeny filtry vzduchu a radiální ventilátory se zahnutými lopatkami. Regulace otáček ventilátoru se provádí plynule pomocí regulačního transformátoru. Pokud postačuje třístupňová regulace, výrobce dodává i variantu s třírychlostními ventilátory. Tyto jednotky jsou vhodné zejména pro instalaci do větších komerčních a průmyslových objektů.



Obr. 4.4: Větrací jednotka s rekuperací REFA 1000/315 a její rozměry

Typ	AKOR 300/150 var. 1	AKOR 300/150 var. 2	RMR 600/200	RMR 700/250	RMR 1200/315	REFA 1000/315	REFA 2000/400
Výška [mm]	340	340	1050	1050	1050	1050	1050
Šířka [mm]	670	670	850	850	850	470	470
Hloubka [mm]	780	780	450	450	450	970	970
Účinnost ZZT [%]	70	70	70	70	70	60	60
Objemový průtok vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]	300	100	600	700	1200	1200	2100
Hmotnost [kg]	15	15	77	77	123	100	130
Maximální teplota [°C]	40	40	40	40	40	40	40
Akustický tlak ve vzd. 4 m dB(A)	-	-	-	-	-	45	48
Akustický výkon ventilátoru [dB(A)]	60	54	54	55	57	-	-

Tab. 4.3: Rekuperační jednotky ELEKTRODESIGN a jejich parametry

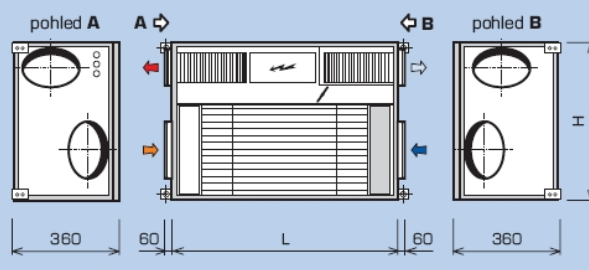
4.3 ATREA s.r.o.³⁷

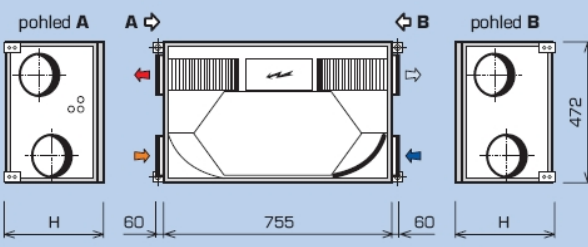
Společnost ATREA vyrábí rozmanitý sortiment větracích jednotek s rekuperací tepla. Podrobněji se zde rozepíši pouze o jednotkách vhodných pro větrání nebo teplovzdušné vytápění nízkoenergetických a pasivních rodinných domů.

Pro komfortní větrání všech typů bytových staveb slouží patentovaná řada jednotek DUPLEX 220 (BP), 360 (BP) a 550 (BP). V jednotkách s bíle lakovanou skříní je osazen plastový protiproudý křížový rekuperační výměník tepla (účinnost 89 %), dva asynchronní radiální ventilátory, předfiltr odpadního vzduchu a filtr přívodního vzduchu třídy G4. Typy s označením BP obsahují i klapku bypassu se servopohonem. Jednotka sestává též z elipsovitých zapojovacích hrdel a vývodu kondenzátu. Standardně obsahuje ochranný

³⁷ ATREA. *Vzduchotechnická zařízení, rekuperace tepla* [online]. c 2008 [cit. 31.3.2008]. Dostupné z [www: <http://www.atrea.cz>](http://www.atrea.cz)

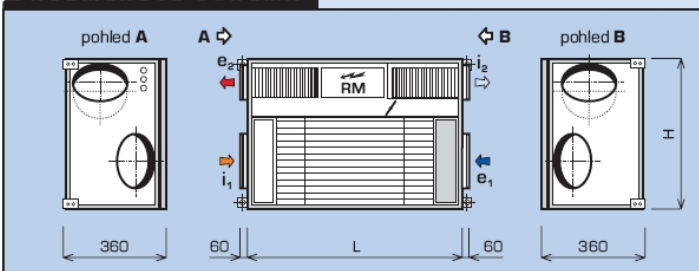
protimrazový termostat. Jednotka obsahuje jednoduchou regulaci pomocí standardních vypínačů (v koupelně nebo WC), která umožňuje provozovat zařízení v režimech nižších nebo maximálních otáček a letní/zimní provoz.

DUPLEX 220 BP, 360 BP, 550 BP				
				
DUPLEX		220 BP	360 BP	550 BP
přiváděný vzduch – max. *	m ³ /h	220	360	600
odváděný vzduch – max. *	m ³ /h	220	360	600
výška	mm	360	360	360
hloubka H	mm	530	530	735
délka (bez hrdel) L	mm	750	750	830
max. účinnost rekuperace	%	90	90	90
připojovací hrdla	mm	kruh ø 125	elipsa ø 160	kruh/elipsa ø 200
hmotnost	kg	27	29	36
bypass	–	AND (letní / zimní režim)		
napětí	V	230 / 50 Hz		
odvod kondenzátu	mm	1x ø 14 (alter ø 26)		

DUPLEX 220, 360			
			
DUPLEX		220	360
přiváděný vzduch – max. *	m ³ /h	220	360
odváděný vzduch – max. *	m ³ /h	220	360
max. účinnost rekuperace	%	90	90
připojovací hrdla	mm	ø 125	ø 160
hmotnost	kg	25	27
hloubka H	mm	295	339
letní obtok	–	ZD zkratový díl (volitelně)	
napětí	V	230 / 50 Hz	
odvod kondenzátu	mm	1x ø 14 (alter ø 26)	

Tab. 4.4: Parametry jednotek DUPLEX 220 (BP), 360 (BP), 550 (BP)

Jednotky DUPLEX 230 EC, 330 EC, 500 EC obsahují, oproti předchozím typům, ventilátory s elektronicky řízenými motory, což představuje snížení elektrického příkonu až o 60 %. Automatická regulace je přitom schopna zajistit dosažení přesných průtoků vzduchu i za velice proměnlivých podmínek (rozsah otáček ve 14-ti stupních). U těchto typů je již bypass standardní součástí jednotky. Malé rozměry (viz. Tab. 4.5) umožňují instalaci například pod stropem WC, což by mohli ocenit zejména architekti. K jednotkám je volitelně dodáván teplovodní nebo elektrický ohřívač pro osazení do potrubí.

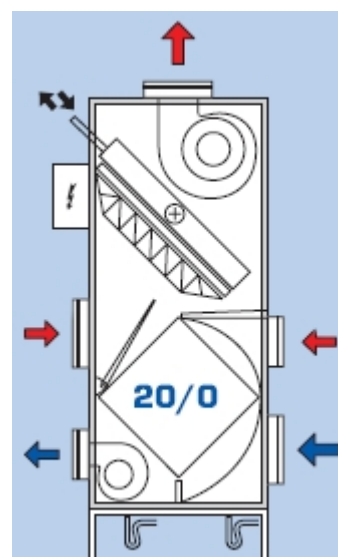
ROZMĚROVÉ SCHÉMA				
				
TECHNICKÁ DATA				
DUPLEX		230 EC	330 EC	500 EC
přiváděný vzduch – max. *	m ³ /h	230	330	500
odváděný vzduch – max. *	m ³ /h	230	330	500
max. účinnost rekuperace	%	90	90	90
výška	mm	360	360	360
hloubka H	mm	530	530	735
délka (bez hrdel) L	mm	750	750	830
pr. připojovacích hrdel	mm	ø 125 (elipsa)	ø 160 (elipsa)	ø 200 (kruh / elipsa)
hmotnost	kg	27	27	31
bypass	–	AND (aut. regulace)		
napětí	V	230 / 50 Hz		
třída filtrace přívodní vzduch	–	G4 (alter: F7)		
odvod kondenzátu	mm	1x ø 14 (alter ø 26)		

Tab. 4.5: Parametry jednotek DUPLEX 230 EC, 330 EC, 500 EC

Řada jednotek DUPLEX RDH je určena především pro dvouzónové cirkulační teplovzdušné vytápění a komfortní větrání s rekuperací tepla. Tyto jednotky jsou vhodné především pro instalaci k vnitřním bazénům rodinných domů. Jednotka je z nerezového plechu, akustickou izolaci tvoří sendvičové panely z hliníkového plechu a polyuretanu. Uvnitř je osazen plastový křížový rekuperační výměník z plastu, teplovodní ohřívač pro nízkoteplotní topný systém, cirkulační nízkootáčkový ventilátor, ventilátor odpadního vzduchu, předfiltry z tahokovu, filtr cirkulačního vzduchu (třída filtrace G4), cirkulační klapka a klapka bypassu včetně servopohonů. Regulace jednotky DUPLEX RDH je zajištěna pomocí vestavěného digitálního modulu pro komfortní řízení. Celý systém lze dálkově ovládat.

TECHNICKÁ DATA		
DUPLEX RDH		
cirkulační vzduch – max. *	m ³ /h	1 500 / 2 200
odpadní vzduch – max. *	m ³ /h	500 / 700
účinnost rekuperace – max. *	%	80
výška	mm	1 450
hloubka	mm	505
délka	mm	630
průměr přípojovacích hrdel	mm	2x ø 160, 3x ø 250
hmotnost	kg	95 – 110 [99 – 114]
počet ventilátorů	ks	2
elektrický příkon – cirkulace	W	viz grafy
elektrický příkon – větrání	W	viz grafy
napětí	V	230 / 50 Hz
třída filtrace	–	G4 [volitelně F7]
odvod kondenzátu	mm	ø 30
teplovodní ohřívač		
topný výkon – max. *	kW	9,1
přípojovací potrubí ÚT	mm	20

Tab. 4.6: Parametry jednotky DUPLEX RDH

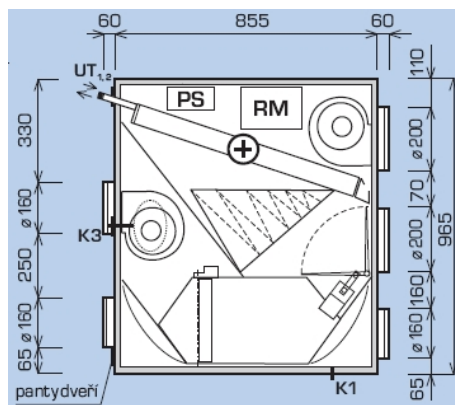


Obr. 4.5: Schéma jednotky RDH

Pro dvouzónové cirkulační teplovzdušné vytápění, komfortní větrání s rekuperací tepla a pasivní chlazení jsou určeny jednotky DUPLEX RB. Jsou vhodné především pro nízkoenergetické a pasivní rodinné domy. V jednotce se nachází cirkulační radiální ventilátor, radiální ventilátor odpadního vzduchu, plastový protiproudý rekuperační výměník (účinnost až 90 %), teplovodní ohřívač pro nízkoteplotní otopný systém, cirkulační klapka a klapka bypassu včetně servopohonů, filtr cirkulačního vzduchu s třídou filtrace G4 a předfiltry z tahokovu. Vyrábí se s povrchovou úpravou v bílé barvě, s otevíracími dveřmi zajišťujícími přístup ke všem komponentům jednotky, ve 20-ti různých provedeních pro instalaci pod stropem nebo na stěnu. Jednotky DUPLEX RB obsahují digitální regulační modul pro ovládání celého systému teplovzdušného vytápění s možností zapojení regulátoru, který umožňuje celý systém dálkově ovládat.

TECHNICKÁ DATA		
		DUPLEX RB
cirkulační vzduch – max. *	m ³ /h	610 / 730
odpadní vzduch – max. *	m ³ /h	370 / 440
účinnost rekuperace – max. *	%	90
výška	mm	350
hloubka	mm	855
délka	mm	965
průměr přípojovacích hrdel	mm	ø 160 (e ₁ , i ₁ , i ₂); ø 200 (c ₁ , c ₂)
hmotnost	kg	68 – 74
počet ventilátorů	ks	2
elektrický příkon – cirkulace	W	viz grafy
elektrický příkon – větrání	W	viz grafy
napětí	V	230 / 50 Hz
třída filtrace	–	G4 (volitelně F7)
odvod kondenzátu	mm	ø 10
teplovodní ohřívač (max. teplota topné vody 55 °C)		
topný výkon – max. *	kW	3,6
přípojovací potrubí ÚT	mm	15

Tab. 4.7: Parametry jednotky DUPLEX RB

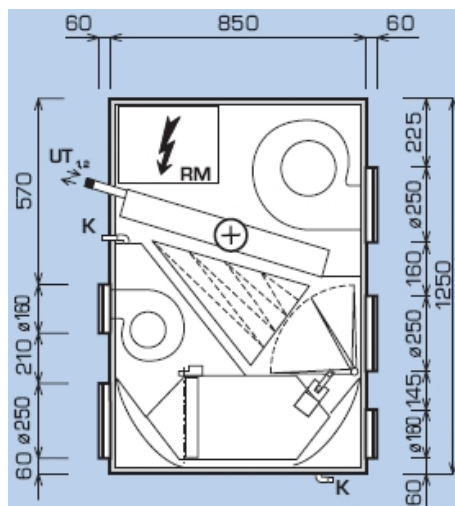


Obr. 4.6: Rozměry jednotky DUPELX RB

Jednotky DUPLEX RC jsou, oproti předchozím, dimenzované na větší průtoky vzduchu. Vybavení systému je jinak shodné.

TECHNICKÁ DATA		
		DUPLEX RC
cirkulační vzduch – max. *	m ³ /h	1 400 / 2 000
odpadní vzduch – max. *	m ³ /h	370 / 440
účinnost rekuperace – max. *	%	90
výška	mm	1 250
hloubka	mm	510
délka	mm	850
průměr přípojovacích hrdel	mm	ø 160 (i ₁ , i ₂); ø 250 (c ₁ , c ₂ , e ₁)
hmotnost	kg	98 – 108
počet ventilátorů	ks	2
elektrický příkon – cirkulace	W	viz grafy
elektrický příkon – větrání	W	viz grafy
napětí	V	230 / 50 Hz
třída filtrace	–	G4 (volitelně F7)
odvod kondenzátu	mm	ø 30
teplovodní ohřívač (max. teplota topné vody 55 °C)		
topný výkon – max. *	kW	9,1
přípojovací potrubí ÚT	mm	20

Tab. 4.8: Parametry jednotky DUPLEX RC

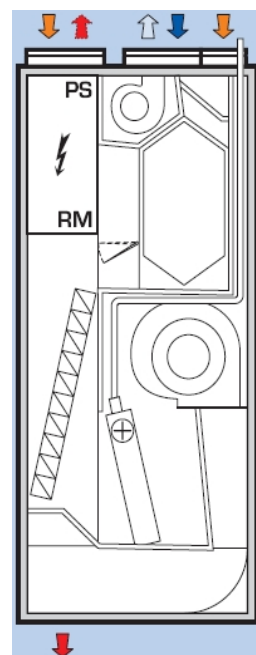


Obr. 4.7: Rozměry jednotky DUPLEX RC

Jednotky typu DUPLEX RK2 představují nejnovější zařízení společnosti ATREA. Jednotky jsou opět vhodné především pro dvouzónové cirkulační teplovzdušné vytápění a komfortní větrání s rekuperací tepla. Filozofie systému je velice podobná již předchozím popisovaným. Navíc je možné jednotku na přání investora vybavit výparníkem, na který je možno napojit klimatizační jednotku. V přechodném období je pak možné použít i reverzní chod klimatizační jednotky a takto objekt temperovat. Jednotka je vyráběna ve vnitřním provedení ve dvou konfiguracích.

TECHNICKÁ DATA		
DUPLEX RK2		
cirkulační vzduch – max. *	m ³ /h	1 400 / 2 000
odpadní vzduch – max. *	m ³ /h	460 / 550
účinnost rekuperace – max. *	%	93
výška	mm	1 910
hloubka	mm	610
délka	mm	850
průměr připojovacích hrdel	mm	ø 160 (i ₁ , i ₂); ø 250 (e ₁ , c ₁) ø 200 (c ₂); ø 250 (alter. c ₂)
hmotnost (dle vybavení)	kg	115 – 135
počet ventilátorů	ks	2
elektrický příkon – cirkulace	W	viz grafy
elektrický příkon – větrání	W	viz grafy
napětí	V	230 / 50 Hz
třída filtrace	–	G4 (volitelně F7)
odvod kondenzátu	mm	2x ø 16
teplovodní ohřeváč (max. teplota topné vody 55 °C)		
topný výkon – max. *	kW	8
připojovací potrubí ÚT	mm	20

Tab. 4.9: Parametry jednotky DUPLEX RK2

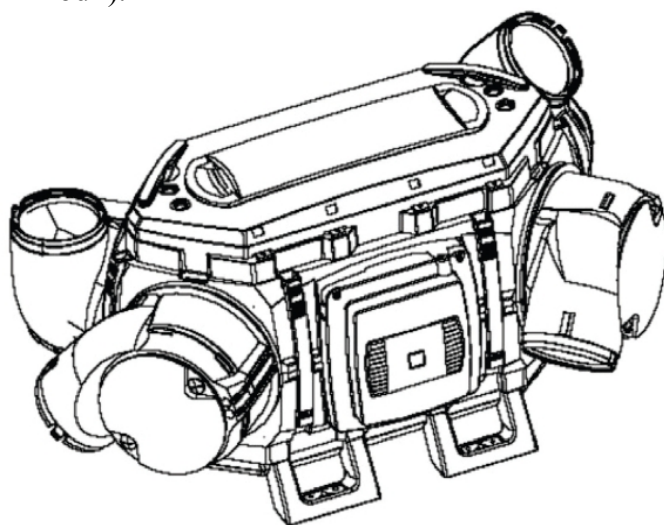


Obr. 4.8: Schéma jednotky RK2

4.4 Regulus s.r.o.³⁸

Společnost Regulus s.r.o. nabízí centrální rekuperační jednotky s vyšším výkonem, od kterých je pomocí potrubí vzduch rozváděn do jednotlivých větraných místností a lokální rekuperační jednotky, které jsou určeny pro zabudování do stěny a slouží pro větrání jedné místnosti.

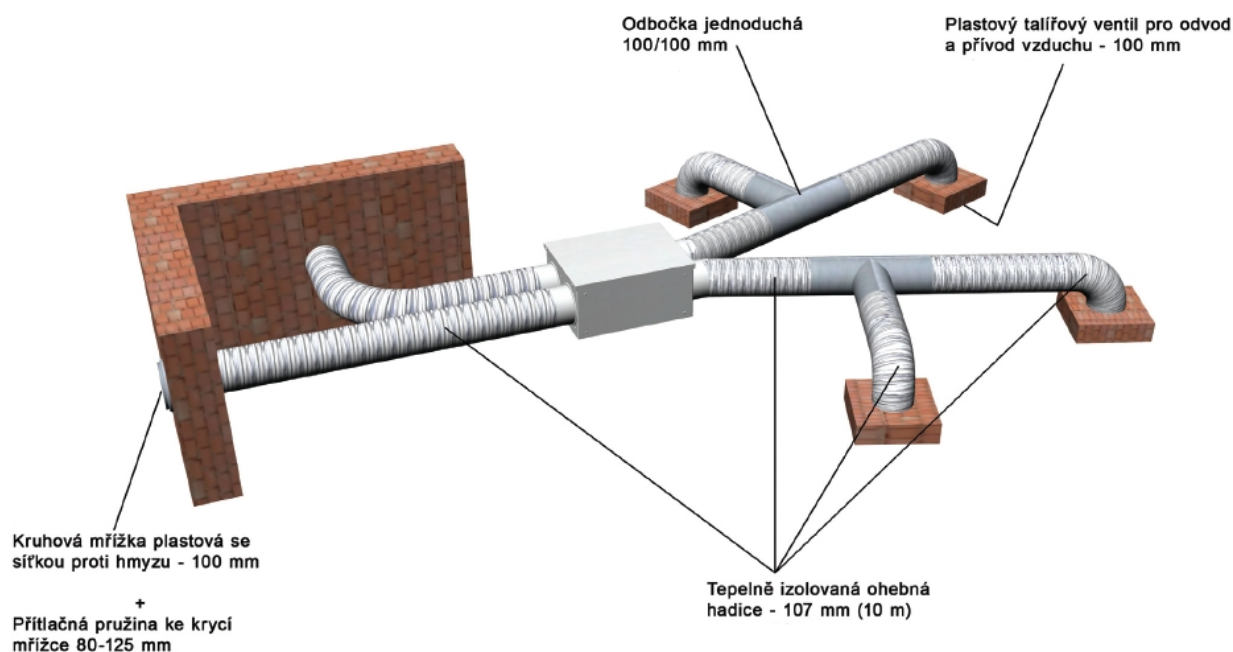
Centrální ventilační a rekuperační jednotka AIR MINDER pro celý dům kombinuje nepřetržitou ventilaci vzduchu se systémem zpětného získávání tepla rekuperací. Výrobce uvádí až 93% účinnost rekuperace tepla. Jednotka obsahuje mimo jiné vodou omyvatelné filtry vzduchu, dvě ventilátorové jednotky, sadu odvodu kondenzátu. Tato jednotka se vyrábí ve dvou provedeních lišících se vzduchovým výkonem – AM 290 F (290 m³·hod⁻¹) a AM 400 F (400 m³·hod⁻¹).



Obr. 4.9: Centrální rekuperační jednotka AIR MINDER

³⁸ REGULUS s.r.o. *Rekuperace vzduchu v rodinných domech a bytech* [online]. c 2008 [cit. 14.4.2008]. Dostupné z [www: < http://www.regulus.cz/Vetrani-a-rekuperace.asp >](http://www.regulus.cz/Vetrani-a-rekuperace.asp)

Další centrální rekuperační jednotkou, kterou dodává společnost Regulus, je HR 100 R. Jednotka vyniká prostorovou nenáročností instalace a je určena v první řadě k větrání bytů nebo několika místností rodinných domů. Instaluje se přímo do potrubního systému např. do podhledu nebo instalační skříňky. V jednotce je umístěn dvourychlostní motor ventilátoru, který jednotce umožňuje pracovat ve dvou režimech: provozním, kdy jednotka zajišťuje nepřetržité větrání při běžných podmínkách a v režimu nárazového provětrávání, kdy se větraný prostor krátkodobě provětrává zvýšeným výkonem (při vyšší koncentraci pachů, vlhkosti apod.). Výrobce udává 70 % účinnost rekuperace tepla. Pro rozvod vzduchu z této jednotky se používá potrubí průměru 100 mm.



Obr. 4.10: Schéma instalace centrální rekuperační jednotky HR 100 R

model	větrací výkon	příkon (min/max)	rozměry	hmotnost
	[m ³ ·hod ⁻¹]	[W]	[mm]	[kg]
AM 290 F	290	14 / 163	1440/700/525	28
AM 400 F	400	20 / 286	1500/700/605	29
HR 100 R	77	14 / 35	310/240/160	6

Tab. 4.10: Parametry centrálních větracích jednotek s rekuperací Regulus

Lokální rekuperační jednotky HR 25 pro větrání jedné místnosti se instalují do obvodového pláště objektu. Jsou vhodné k větrání nárazově zatěžovaných prostor jakou jsou WC, koupelny apod. Jednotky HR 25 pracují při zvýšeném výkonu podtlakově, což zajišťuje, že se kupříkladu pachy z WC nebudou šířit do ostatních místností. Jednotky jsou vybaveny 24 V motorem, dvojitým oběžným kolem ventilátoru a rekuperačním výměníkem tepla s udávanou účinností až 83 %. Dokáží též pracovat v provozním a nárazovém režimu jako předchozí.

Lokální rekuperační jednotky HR 30 W a HR 100 W pro větrání jedné místnosti se také instalují do obvodového pláště větraného objektu. Jsou určeny zejména pro větrání obytných místností (ložnice, pracovny, obývací pokoje apod.). Jednotky pracují v rovnotlakém režimu a jsou vybaveny dvojitým oběžným kolem ventilátoru a rekuperačním výměníkem tepla s udávanou účinností až 70 %.



Obr. 4.11: Jednotka HR 25 L



Obr. 4.12: Jednotka HR 30 W nebo HR 100 W

model	účinnost rekuperace [%]	provozní režim					zvýšený větrací výkon			
		hmotnost	přívod	odtah	el. příkon	hladina hluku	přívod	odtah	el. příkon	hladina hluku
		[kg]	[m ³ ·hod ⁻¹]	[m ³ ·hod ⁻¹]	[W]	[dB]	[m ³ ·hod ⁻¹]	[m ³ ·hod ⁻¹]	[W]	[dB]
HR 25L	83	3,5	7,8	15,7	1,9	17	35,7	54,8	25	49
HR 25XXL	83	3,5	7,8	15,7	1,9	17	35,7	54,8	25	49
HR 30W	70	4,85	30	35	10	18	40	50	23	28
HR 100W	70	4,95	38	43	12	20	69	77	31	30

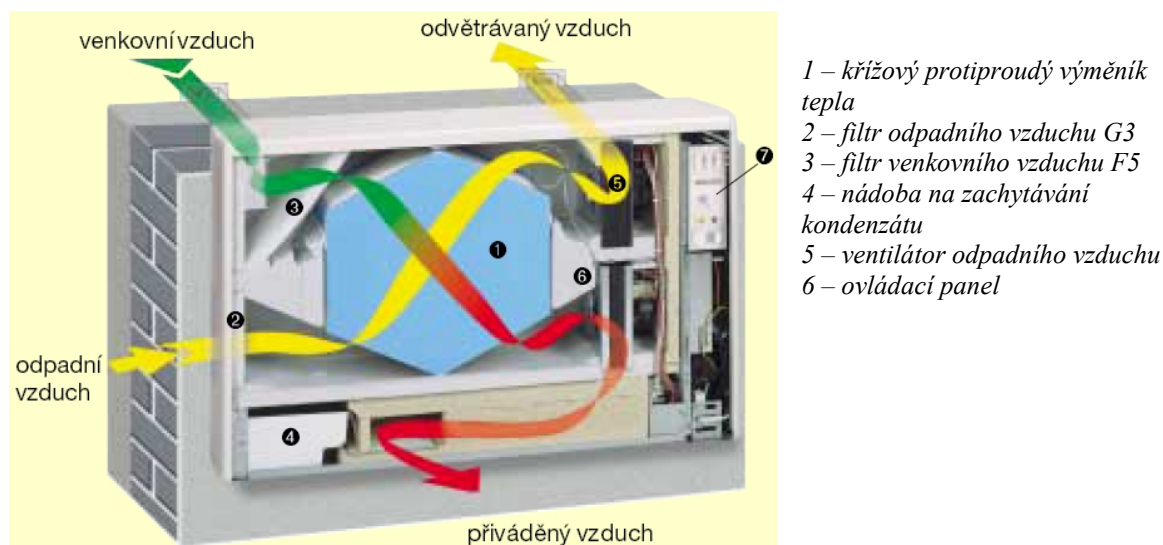
Tab. 4.11: Parametry lokálních rekuperačních jednotek Regulus

4.5 STIEBEL ELTRON spol. s r.o.³⁹

Německá společnost STIEBEL ELTRON vyrábí větrací a vytápěcí jednotky se zpětným získáváním tepla, tepelnými čerpadly pro ohřev teplé vody a kombinace těchto zařízení.

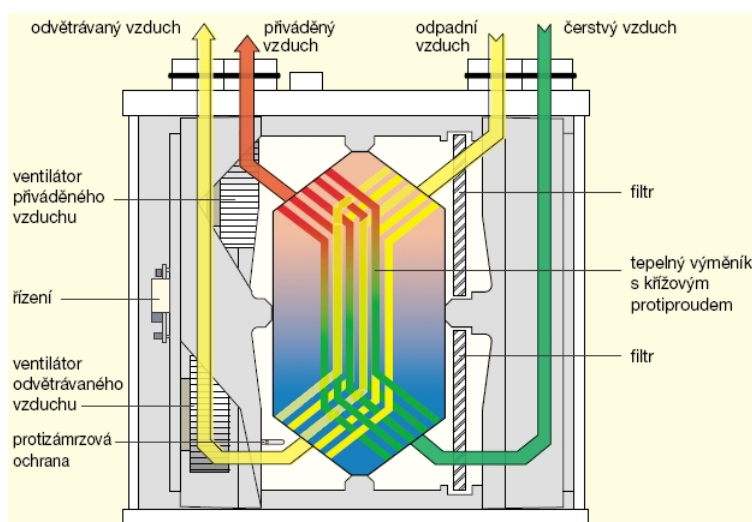
Decentralizovaný větrací-otopný přístroj s rekuperací tepla DL13 eurovent obsahuje křížový protiproudý výměník s účinností rekuperace tepla až 90 %, 4-stupňovou regulaci průtoku vzduchu (20, 40 a 60 m³·hod⁻¹ + režim volného letního chlazení), filtry vzduchu s indikací zanesení (pro odpadní vzduch stupeň filtrace G3, pro přívodní vzduch F5) a mimo jiné i integrovaný regulátor teploty větraného a vytápěného prostoru. Maximální výkon přístroje na vytápění je 800 W.

³⁹ STIEBEL ELTRON. *Ventilační jednotky – přehled sortimentu* [online]. c 2008 [cit. 29.4.2008]. Dostupné z [www: <http://www.stiebel-eltron.cz/?page=se_ventilacni>](http://www.stiebel-eltron.cz/?page=se_ventilacni)



Obr. 4.13: STIEBEL ELTRON DL13 eurovent

Centrální větrací jednotky LWZ 70, LWZ 170, LWZ 270 jsou kompaktní přístroje pro větrání bytů a rodinných domů se zpětným získáváním tepla s účinností až 90 % v křížovém protiproudém výměníku tepla. Jednotky dále obsahují filtry vzduchu G3, ventilátory přívodního a odváděného vzduchu se stejnosměrnými elektromotory a protimrazovou ochranu. Objemový tok vzduchu umožňuje regulace jednotky skokově měnit ve třech stupních. Jednotky je možno umístit na podlahu nebo pověsit na nástěnné konzole.

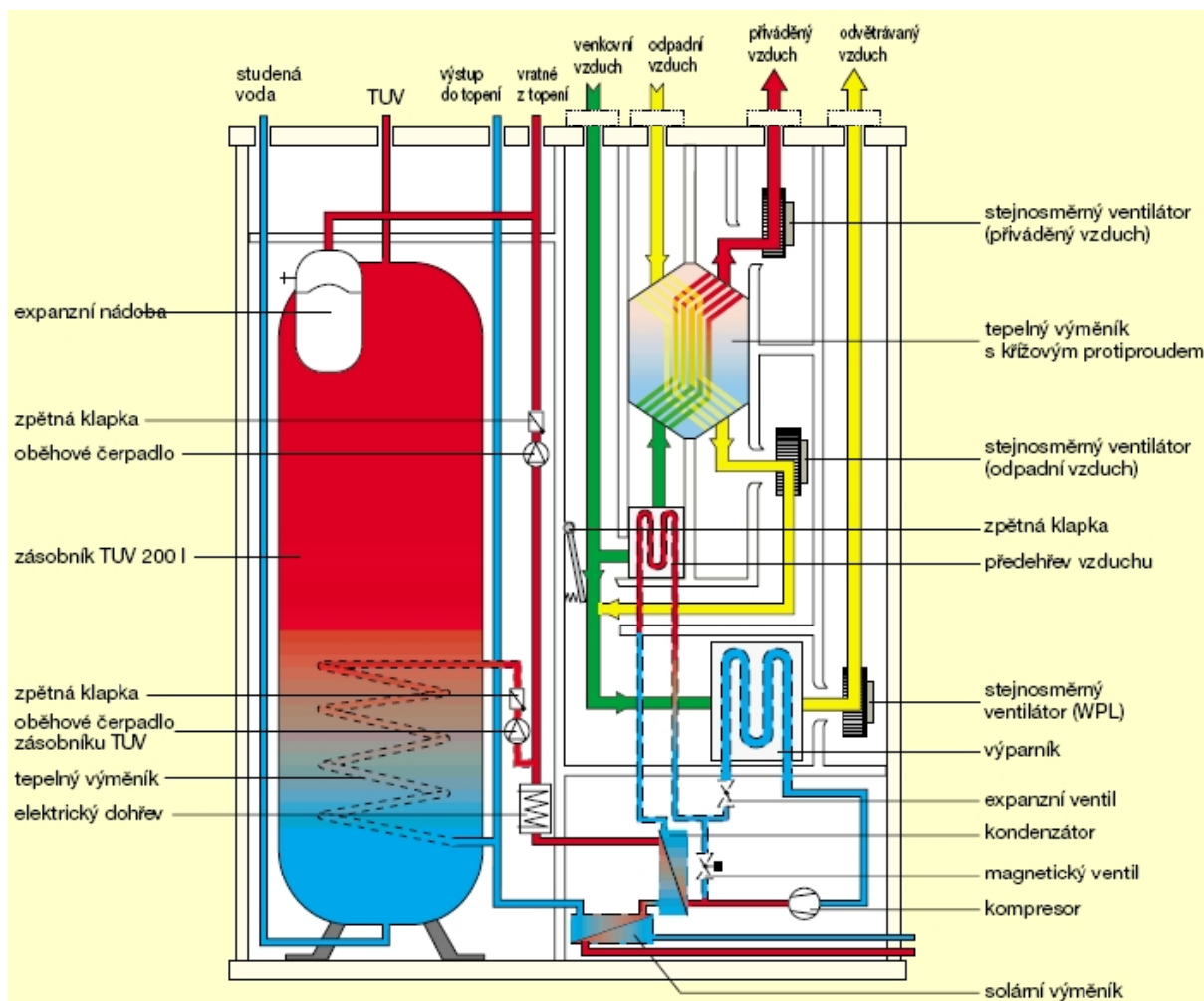


Obr. 4.14: STIEBEL ELTRON LWZ

Varianty jednotek LWZ 70 plus, LWZ 170 plus a LWZ 270 plus obsahují také bypass čerstvého vzduchu.

Společnost STIEBEL ELTRON dále nabízí centrální větrací přístroje LWZ 303 a LWZ 403 s rekuperací tepla, tepelným čerpadlem vzduch-voda a přídavným ohřevem speciálně vyvinuté pro nízkoenergetické budovy. Přístroje zajišťují kromě větrání a vytápění i zásobování teplou vodou díky integrovanému zásobníku TV o objemu 200 litrů a je možné je připojit na zemní výměník tepla pro zimní přehřev čerstvého vzduchu nebo jeho letní předchlazení. LWZ 303 a LWZ 403 obsahují mimo jiné dva ventilátory pro přívod i odvod vzduchu se stejnosměrnými elektromotory, filtry vzduchu G3, ochranu proti zamrznutí, ovládací jednotku použitelnou i jako dálkové ovládání včetně prostorového čidla teploty

a příložného čidla teploty pro směřovaný teplovodní okruh. Přístroje umožňují připojení jednoho nebo dvou regulovaných teplovodních okruhů pro vytápění. Při krátkodobé větší potřebě tepla mají přístroje vestavěný elektrokotel pro dohřev. Přístroje LWZ 303 SOL a LWZ 403 SOL obsahují navíc i přídavný výměník tepla pro podporu ohřevu TV a vytápění solárními kolektory SOL 27 plus s příslušnou regulací okruhu solárních kolektorů.



Obr. 4.15: STIEBEL ELTRON LWZ 303/403 SOL

Poslední výrobní řadou této společnosti jsou centrální větrací přístroje LWA 203 a LWA 303 s rekuperací tepla, tepelným čerpadlem vzduch-voda a přídavným elektrickým ohřevem. Tyto přístroje zajišťují větrání a zásobování teplem pro teplovodní středně a nízkoteplotní vytápění včetně ohřevu teplé vody v zásobníku o objemu 300 litrů a jsou uvažovány také zejména pro nízkoenergetické obytné budovy. Stejně jako předchozí přístroje se dodávají i ve variantách LWA 203 SOL a LWA 303 SOL s možností připojení solárních kolektorů.

Větrací systém těchto jednotek je navržen jako podtlakový. Čerstvý vzduch je veden do obytných místností přes přívodní ventily s filtry vzduchu. Vzduch je poté nasáván v kuchyni, WC, koupelně a předsíni a je odváděn přes výměník zpětného získávání tepla do volného prostoru.

5 Zemní výměník tepla

Jedná se o potrubí či soustavu potrubí uložené v hloubce cca 2 m pod úrovní terénu, kterým je přiváděn čerstvý vzduch pro systém nuceného větrání nebo teplovzdušného vytápění. V zimním období se čerstvý vzduch od zeminy ohřívá, tím dochází k úsporám energie na dohřívání větracího vzduchu a do vzduchotechnického systému budovy již vstupuje částečně přehřátý. Takový systém se též stává velice účinnou protimrazovou ochranou vzduchotechnické jednotky.

Do soustavy potrubí se instaluje přepínací klapka ovládaná řídicím systémem vzduchotechnické jednotky, která ovládá nasávání vzduchu do jednotky buď přes zemní výměník tepla, nebo přímo z fasády budovy mimo tento výměník. Toto přepínání se děje v závislosti na venkovní teplotě vzduchu. Zemní výměník bývá v provozu při nízkých teplotách venkovního vzduchu (méně než 0 °C) - již zmíněný přehřev vzduchu nebo při naopak vysokých teplotách (např. vyšší než 24 °C) v létě, kdy dochází k částečnému ochlazení přiváděného vzduchu. Tím zemní výměník tepla přispívá k udržení tepelné stability větraných místností a zabraňuje jejich přehřívání v letních měsících.

Pro konstrukční řešení zemního výměníku tepla platí podle TYWONIAKA⁴⁰ několik základních pravidel odvozených z praktických zkušeností:

- Potrubí zemního výměníku tepla má být na vnitřním povrchu hladké s minimem spojů, které musí být zvláště těsněny. Materiálem je nejčastěji kanalizační PVC potrubí nebo polypropylenové trubky.
- Rychlost proudění v potrubí nesmí být vysoká (obvykle nižší než 1 m·s⁻¹), z toho se pak odvozují rozměry potrubí nebo jejich soustav.
- Na stěnách potrubí může docházet v části letního období ke kondenzaci vodních par ze vzduchu. Z těchto důvodů musí být potrubí čistitelné (co nejjednodušší trasování s minimálním množstvím ohybů). Potrubí se ukládá v mírném spádu směrem k místu, kde by se mohl kondenzát shromažďovat a odvádět (nejnižší místo v suterénu budovy nebo šachtě zemního výměníku).
- Na počátku trasy čerstvého vzduchu do zemního výměníku se umísťuje vstupní šachta s horním okrajem vyvýšeným nad okolním terénem (cca 0,5 m), aby nedocházelo k zasypání sněhem, zalití přívalovými dešti apod. Šachta musí být vodotěsná (proti průniku okolní vody i radonu z podloží), vodotěsné musí být pochopitelně i napojení na potrubí. Velikost šachty by měla být volena tak, aby bylo možné provést inspekci potrubí a čištění (bezpečný vstup člověka na dno šachty). Na horní okraj šachty se osazují výměnné filtry a demontovatelná stříška.
- Systémy, kdy je použito většího množství paralelních potrubí, jsou pro návrh složitější. Při jejich příliš malé vzdálenosti se mohou vzájemně ovlivňovat. Za typickou osovou vzdálenost potrubí, kdy je možné vzájemné ovlivnění zanedbat, je možné považovat přibližně 2 m. Podle EBERHARDA⁴¹ je to 1 m.
- Každý systém by měl být pečlivě navržen s využitím odpovídající počítačové simulace, což je třeba přenechat specialistům. To platí zejména v případech, kdy chceme přesněji stanovit očekávaný efekt zemního výměníku tepla

⁴⁰ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy*. 2005, s. 87

⁴¹ EBERHARD, Paul. *Využití zemních výměníků tepla ve spojení se zařízením pro bytové větrání a rekuperaci tepla* [online]. c 2005 [cit. 1.4.2008].

Dostupné z [www: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772>](http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772)

v průběhu roku, a také v případech, kde se předpokládá nepravidelné využívání v průběhu dne (proměnlivý průtok vzduchu, noční přestávka v letním období, kdy může být výhodnější noční větrání objektu přímo chladným vzduchem).

- Důležitou součástí projektového řešení a současně i podkladem pro simulační výpočty zemního výměníku tepla je definice vlastností zeminy obklopující potrubí. Výhodné jsou zpravidla zeminy s vyšší hodnotou teplotní vodivosti.
- Zemní výměník tepla by měl být vždy integrální součástí stavebně-energetické koncepce. Rozhodnutí o instalaci zemního výměníku tepla bude v řadě případů zdůvodněno spíše příspěvkem k řešení letní zátěže než efektem snížení potřeby tepla na vytápění.

5.1 Předehtřívání vzduchu v zimě⁴²

V zemním výměníku tepla se na výstupním hrdle dosahují následující hodnoty teploty vzduchu (s uvažováním teploty zeminy v zimě mezi 4 a 8 °C).

Venkovní teplota [°C]	-15	-9	-7	-4	-10	-15	-10	-20
Výstupní teplota vzduchu ze ZVT [°C]	3	2	4	5	2	1	2	0
Objemový průtok vzduchu [m ³ ·hod ⁻¹]	200			140		160		
Průměr potrubí ZVT [mm]	200			125		100		
Délka [m]	23			42		40		
Hloubka uložení potrubí [m]	1,7			1,5		1		

Tab.5.1: Zimní předehtřívání vzduchu v zemním výměníku tepla

Měření technické školy ve Winterthuru prokázala, že teprve počátkem prosince klesají průměrné denní teploty vzduchu na výstupu ze zemního výměníku na 5 °C, přičemž do konce října se pohybují kolem 15 °C. Během celé zimy pak průměrné denní teploty neklesají pod bod mrazu, proto může zemní výměník tepla fungovat jako účinná ochrana proti námraze ve vzduchotechnické jednotce.

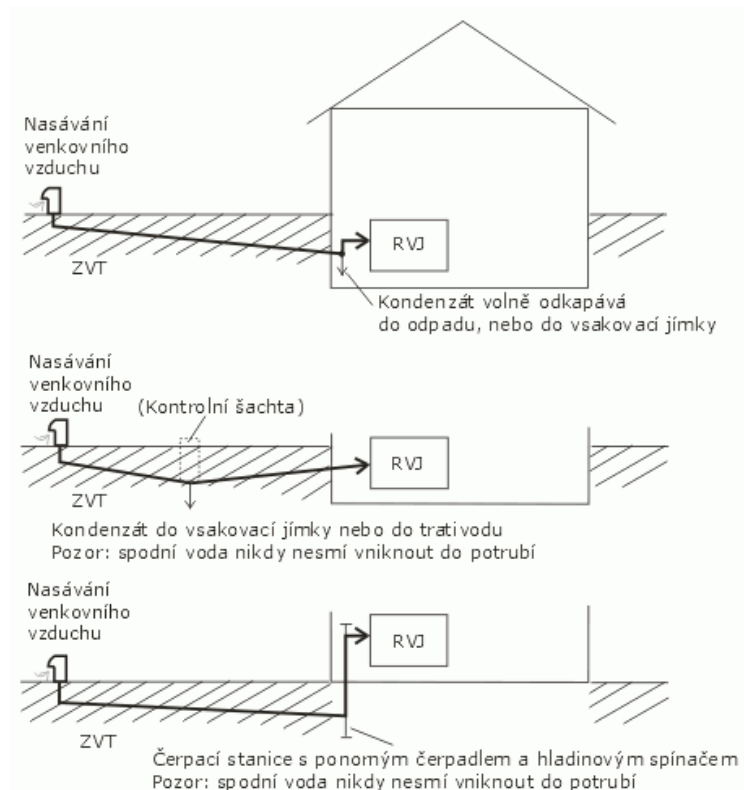
⁴² EBERHARD, Paul. *Využití zemních výměníků tepla ve spojení se zařízením pro bytové větrání a rekuperaci tepla* [online]. c 2005 [cit. 1.4.2008]. Dostupné z [www: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772>](http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772)

5.2 Ochlazování vzduchu v létě⁴³

Venkovní teplota [°C]	24	28	26	33	26	33
Výstupní teplota vzduchu ze ZVT [°C]	14	16	15	19	17	22
Objemový průtok vzduchu [m ³ ·hod ⁻¹]	140	155	155	155	155	155
Průměr potrubí ZVT [mm]	125	100	100	100	100	100
Délka [m]	42	40	40	40	40	40
Hloubka uložení potrubí [m]	1,5	1	1	1	1	1

Tab.5.2: Letní ochlazení vzduchu v zemním výměníku tepla

Při ochlazování vzduchu v potrubí zemního výměníku tepla dochází za určitých podmínek ke kondenzaci vlhkosti, proto musí být při návrhu zemního výměníku tepla dobře vyřešen odvod kondenzátu mimo zemní výměník tepla. Na následujícím obrázku jsou tři příklady řešení.



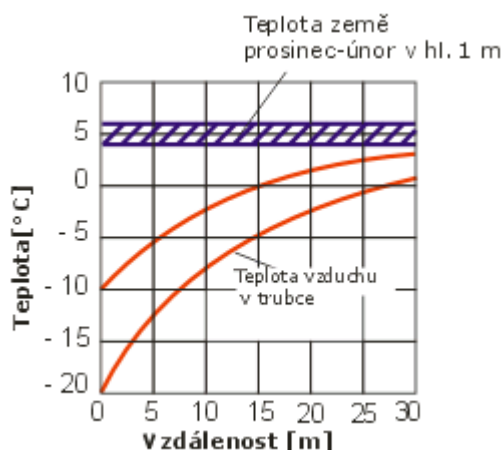
Obr. 5.1: Způsoby odvádění kondenzátu ze zemního výměníku tepla

⁴³ EBERHARD, Paul. *Využití zemních výměníků tepla ve spojení se zařízením pro bytové větrání a rekuperaci tepla* [online]. c 2005 [cit. 1.4.2008].

Dostupné z [www: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772>](http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772)

5.3 Dimenzování zemního výměníku tepla⁴⁴

Z měření na již realizovaných zemních výměnících tepla se ukázalo, že nemá význam navrhovat zemní výměníky delší než 35 m. Za smysluplnou se považuje délka 25-35 m s průměrem potrubí 150 až 200 mm. Již v jedné třetině délky trubky (měřeno na potrubí délky 40 m) totiž dochází k ohřátí vzduchu o polovinu rozdílu teplot vzduchu na vstupu a výstupu zemního výměníku tepla. Jako rozhodující se ukazuje doba setrvání proudícího vzduchu v zemním výměníku tepla. Teplota vzduchu se v závislosti na délce zemního výměníku asymptoticky blíží k teplotě zeminy, jak ukazuje následující graf.

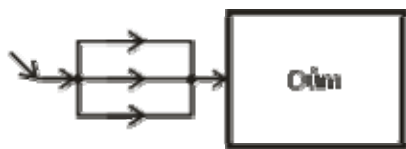


Obr. 5.2: Závislost teploty vzduchu na délce trasy v zemním výměníku tepla při různých vstupních teplotách -10 a -20 °C a průtočném množství 150 m³·hod⁻¹. Potrubí má délku 40 m a průměr 100 mm, hloubka uložení je 1 m pod povrchem terénu.

Zamrzání kondenzátu v rekuperačním výměníku vzduchotechnické jednotky představuje ztrátu energie. Následný postup rozmrazení, u kterého je dočasně odstaven celý systém zpětného získávání tepla, představuje další ztrátu energie. Proto je velice žádoucí, aby výstupní teplota vzduchu ze zemního výměníku tepla neklesala pod -3 °C. Ke správnému návrhu a dalšímu zhodnocení energetického přínosu zemního výměníku tepla do vzduchotechnického systému budovy lze využít právě grafy závislosti teploty vzduchu na délce trasy zemního výměníku tepla pro určitou hloubku uložení potrubí (příklad viz. výše Obr. 5.2).

5.4 Možnosti pokládání potrubí zemního výměníku tepla⁴⁵

Možnosti uložení potrubí zemního výměníku tepla by se daly rozdělit do tří základních skupin: žebřinové uložení, dvě polosmyčky nebo nejjednodušší jednotrubkové pokládání. Schémata těchto uložení uvádím na následujících obrázcích.



Obr. 5.3: Žebřinové uložení



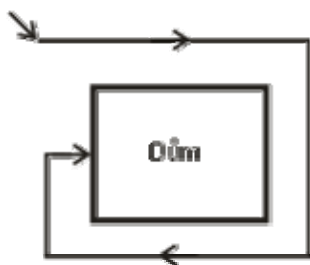
Obr. 5.4: Žebřinové uložení – výhodnější z hlediska proudění vzduchu

⁴⁴ EBERHARD, Paul. *Využití zemních výměníků tepla ve spojení se zařízením pro bytové větrání a rekuperaci tepla* [online]. c 2005 [cit. 1.4.2008].

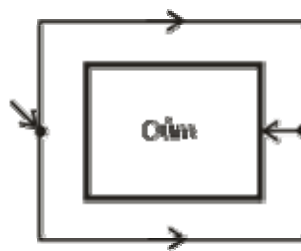
Dostupné z [www: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772>](http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772)

⁴⁵ EBERHARD, Paul. *Využití zemních výměníků tepla ve spojení se zařízením pro bytové větrání a rekuperaci tepla* [online]. c 2005 [cit. 1.4.2008].

Dostupné z [www: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772>](http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772)

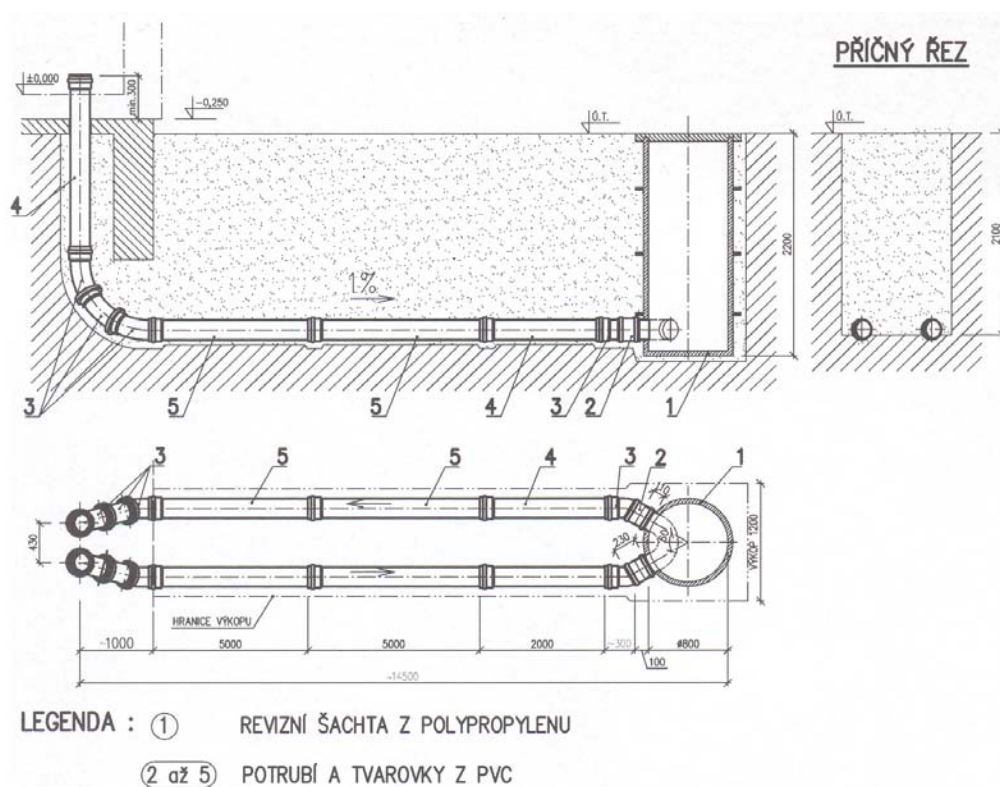


Obr. 5.5: Jednoduché pokládání



Obr. 5.6: Dvě polosmyčky

Na dalším obrázku je půdorys a řez uložení *dvoutrubkového* zemního výměníku tepla společnosti ATREA, který by se dal zařadit do skupiny *dvě polosmyčky*. Používá se v kombinaci s teplovzdušným cirkulačním otopným systémem. Může zajišťovat jednak cirkulační chlazení vzduchu s uzavřeným okruhem, ale i rovnotlaké větrání s přívodem vzduchu nástěnnou žaluzií s filtrem. Tento typ zemního výměníku tepla má vyšší chladicí účinek než běžný *jednotrubkový* systém (*jednoduché pokládání*), jelikož se do systému nenasává horký letní venkovní vzduch.



Obr. 5.7: Dvoutrubkový (cirkulační) zemní výměník tepla – půdorys a řez uložení⁴⁶

⁴⁶ TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy*. 2005, s. 182

6 Tepelné ztráty objektu

Tato část diplomového projektu řeší výpočet tepelných ztrát uvedeného nízkooenergetického rodinného domku dle norem ČSN 06 0210, ČSN 73 0540/1-4 a ČSN EN 12831.

6.1 Lokalita, základní a klimatické údaje

Lokalita:	Brno
Venkovní výpočtová teplota vzduchu:	-12 °C
Nadmořská výška:	227 m n. m.
Krajinná oblast:	krajina s intenzivními větry
Poloha budovy v krajině:	nechráněná
Charakteristické číslo budovy:	$B = 12$
Přirážka na urychlení zátoku:	$p_2 = 0$

6.2 Konstrukce

V této části uvedu příklad výpočtu součinitele prostupu tepla $U [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ vnější ochlazované stěny a podrobný soupis součinitelů prostupu tepla všech použitých konstrukcí.

6.2.1 Příklad výpočtu součinitele prostupu tepla $U [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ obvodové konstrukce

Jedná se o nosnou obvodovou ochlazovanou stěnu celkové tloušťky 340 mm (označení ve výpočtu SO2) ve složení: šterková fasáda, minerální vlna jako tepelná izolace, OSB deska, sádrokartonová deska.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad \alpha_i = 8; \alpha_e = 23$$

Skladební vrstvy konstrukce	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti vrstvy
	$s [m]$	$\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
sádrokartonová deska	0,0125	0,22
OSB deska	0,018	0,17
minerální vlna	0,07	0,039
minerální vlna	0,15	0,039
minerální vlna	0,08	0,039
šterková fasáda	0,01	0,88

Tab. 6.1: Součinitele tepelné vodivosti a tloušťka vrstev obvodové konstrukce SO2

$$U_{SO2} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,0125}{0,22} + \frac{0,018}{0,17} + \frac{0,30}{0,039} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{23}} = \underline{\underline{0,124}} \quad W \cdot m^{-2} \cdot K$$

6.2.2 Součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí objektu

Zde uvádím seznam všech použitých konstrukcí s jejich součiniteli prostupu tepla U .

Stěny ochlazované	Tloušťka	Popis	Součinitel prostupu tepla
	$D [mm]$		$U [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
SO1	265	obvodová stěna v zádveří	0,202
SO2	340	obvodová stěna v 1. a 2.np	0,124

Tab. 6.2: Součinitele prostupu tepla ochlazovaných konstrukcí

Stěny vnitřní	Tloušťka	Popis	Součinitel prostupu tepla
	$D [mm]$		$U [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
SN1	340	stěna v zádveří	0,123
SN2	100	stěna u WC v přízemí	0,229
SN3	175	stěna v obývacím pokoji 1.03	0,140
SN5	100	stěna pod schody v přízemí	0,229
SN6	125	stěna k místnosti 1.06	0,194
SN7	125	stěna mezi kuchyní a halou	0,194
SN8	200	stěna mezi ložnicí 2.01 a pracovnou	0,120
SN9	125	stěna mezi ložnicemi v podkroví	0,194
SN10	100	stěna koupelny 2.04	0,229

Tab. 6.3: Součinitele prostupu tepla vnitřních neochlazovaných konstrukcí

Střechy	Tloušťka	Popis	Součinitel prostupu tepla
	$D [mm]$		$U [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
SCH1	390	střecha v zádveří	0,124
SCH2	460	střecha v podkroví	0,101

Tab. 6.4: Součinitele prostupu tepla střešních konstrukcí

Podlahy	Tloušťka	Popis	Součinitel prostupu tepla
	$D [mm]$		$U [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
PDL1	390	podlaha v přízemí	0,111
PDL2	50	konstrukce schodů	2,05
PDL3	320	podlaha v podkroví	0,581

Tab. 6.5: Součinitele prostupu tepla podlahových konstrukcí

Stropy	Tloušťka	Popis	Součinitel prostupu tepla
	$D [mm]$		$U [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
STR1	320	strop v přízemí	0,595
STR2	50	konstrukce schodů	2,241

Tab. 6.6: Součinitele prostupu tepla stropních konstrukcí

Součinitel prostupu tepla všech venkovních oken a dveří je uvažován $U = 1,1 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. Součinitel prostupu tepla vnitřních dveří je uvažován $U = 1,8 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

6.3 Samotný výpočet tepelné ztráty objektu

V této kapitole uvedu příklad výpočtu tepelné ztráty pro jednu referenční místnost nízkoenergetického rodinného domu, dále pak celkový přehled všech místností s jejich hodnotami tepelných ztrát a výsledné hodnoty pro celý objekt.

6.3.1 Příklad výpočtu tepelné ztráty místnosti 1.05

Jedná se o výpočet tepelné ztráty kuchyně v přízemí o podlahové ploše 6,8 m² s jedním oknem, s ochlazovanou obvodovou stěnou orientovanou na západ.

6.3.1.1 Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla s přírážkami

$$Q_p = \sum Q_o \times (1 + p_1 + p_2 + p_3)$$

$$Q_p = 162,57 \times (1 + 0,018081 + 0 + 0) = 166 \text{ W}$$

6.3.1.2 Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1

$$p_1 = 0,15 \times k_c$$

$$p_1 = 0,15 \times 0,12 = 0,018081$$

$$k_c = \frac{Q_0}{\sum S \times (t_i - t_e)}$$

$$k_c = \frac{162,57}{42,14 \times (20 - (-12))} = 0,120542$$

6.3.1.3 Základní tepelná ztráta prostupem tepla

$$Q_o = \sum [U \times S \times (t_i - t_e)]$$

Označení stěny (výplně)	Plocha	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Výpočtový rozdíl teplot	Tepelná ztráta konstrukce prostupem tepla
	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[K]	[W]
SN6	6,66	1,68	4,98	0,194	15	14,50
DN1	1,68	-	1,68	1,80	15	45,36
SN7	7,61	1,68	5,93	0,194	5	5,75
DN1	1,68	-	1,68	1,80	5	15,12
SN3	6,66	1,68	4,98	0,14	0	0
DN1	1,68	-	1,68	1,80	0	0
SO2	7,61	0,88	6,73	0,124	32	26,71

OJ5	0,88	-	0,88	1,10	32	30,98
PDL1	6,80	-	6,80	0,111	32	24,15
STR1	6,80	-	6,80	0,595	0	0

Tab. 6.7: Základní tepelná ztráta prostupem tepla jednotlivých konstrukcí v místnosti 1.05

$$Q_o = \underline{\underline{163}} \text{ W}$$

6.3.1.4 Tepelná ztráta místnosti větráním

HUMM⁴⁷ uvádí hodnoty 10 až 50 m³ na osobu a hodinu jako doporučené množství přiváděného čerstvého vzduchu. Nízká hodnota platí pro „dobré poměry“, které jsou zajištěny u „nekuřáků ve velkých místnostech“, vyšší hodnota se vztahuje na „špatné poměry“ s kuřáky v malých místnostech.

Pokud přeneseme tato pravidla na typické uživatele nízkoenergetických domů, můžeme počítat s "nekuřáky ve středně velkých místnostech". Množství čerstvého vzduchu by pak nemělo překračovat 30 m³·os⁻¹·hod⁻¹. HUMM doporučuje rozmezí 20 až 30 m³·os⁻¹·hod⁻¹, ve výpočtech pak užívat hodnotu 25 m³·os⁻¹·hod⁻¹.

HUMM⁴⁸ dále uvádí zkušenosti s násobností výměny vzduchu v nízkoenergetických domech v Hesensku: „Měření kvality vzduchu v jednom řadovém domě (pasivní dům) dokládají, že i při velmi těsné obálce budovy hodnota pod 0,3 hod⁻¹ postačuje pro vynikající kvalitu vnitřního vzduchu. Trvalá výměna vzduchu zabraňuje nahromadění škodlivin a pachů a cílený proud vzduchu vede k obnově vzduchu v jednotlivých místnostech s ohledem na jejich využití.“

RUBINOVI⁴⁹ uvádějí doporučené hodnoty výměny vzduchu pro jednotlivé místnosti: 0,5 hod⁻¹ pro obytné a pobytové místnosti, 4-6 hod⁻¹ pro koupelny a WC a 0,5-5 hod⁻¹ pro kuchyně.

Při stanovení výpočtového množství větracího vzduchu pro výpočet tepelných ztrát větráním se tedy řídím výše zmíněnými doporučeními.

ATREA⁵⁰ doporučuje provádět výpočet tepelné ztráty místnosti větráním následovně:

$$Q_r = V_{vh} \times c_N \times (t_i - t_r)$$

$$t_r = \eta_r \times (t_i - t_r) + t_e$$

$$Q_r = 36,58 \times 0,337 \times (20 - 13,6) = \underline{\underline{78,9}} \text{ W}$$

$$t_r = 0,8 \times (20 - (-12)) + (-12) = \underline{\underline{13,6}} \text{ °C}$$

⁴⁷ HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. 1999, s. 158

⁴⁸ HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. Eicke-Henning, Werner. 1999, s. 159

⁴⁹ RUBINOVI, O. a A. *Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka* [online]. c 2005, poslední revize 22.8.2005 [cit. 21.2.2008]. Dostupné z www: < <http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2650> >

⁵⁰ ATREA. *Systém teplovzdušného vytápění a větrání rodinných domů s rekuperací tepla: Projektční podklad*. 2007, s. 9

Číslo místnosti	Účel místnosti	Objem místnosti	Výpočtová hodinová výměna vzduchu	Objemový průtok vzduchu	Teplota přiváděného vzd. po rekuperaci	Výpočtový rozdíl teplot	Tepelná ztráta místnosti větráním
		[m ³]	[hod ⁻¹]	[m ³ ·hod ⁻¹]	[°C]	[K]	[W]
1.05	kuchyň	18,29	2	36,58	13,6	6,4	78,9

Tab. 6.8: Tepelná ztráta větráním místnosti 1.05 - kuchyň

6.3.1.5 Tepelná ztráta místnosti infiltrací okny

Pro výpočet tepelné ztráty infiltrací lze zvolit prakticky mezi dvěma způsoby výpočtu (uvádí např. ATREA⁵¹).

První způsob vychází z normy ČSN 06 0210 a z velké části závisí na spárové průvzdušnosti oken i_{LV} . Přesné hodnoty součinitelů i_{LV} lze v podstatě získat pouze od výrobce instalovaných oken.

Zvolil jsem proto druhý způsob výpočtu dle ČSN EN 12 831 resp. ČSN 73 0540-2, který vychází z hodnot intenzit výměn vzduchu za hodinu n_{50} mezi vnitřním a vnějším prostředím budovy (místnosti) při rozdílu tlaků 50 Pa. Hodnota n_{50} je před dokončením stavby zjišťována pomocí tzv. „Blower door“ testu. Doporučené hodnoty udává výše zmíněná norma:

Větrání v budově	$n_{50,N}$ [hod ⁻¹]
Přirozené	4,5
Nucené	1,5
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0
Nucené se zpětným získáváním tepla pro EPD	0,6

Tab. 6.9: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu dle ČSN 73 0540-2

$$Q_{vi} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \cdot c_N \cdot (t_i - t_e)$$

$$Q_{vi} = 2 \cdot 18,29 \cdot 1 \cdot 0,03 \cdot 1 \cdot 0,337 \cdot (20 - (-12)) = \underline{\underline{11,83}} \quad W$$

6.3.1.6 Celková tepelná ztráta místnosti

$$Q_c = Q_p + Q_r + Q_{vi} - Q_z$$

$$Q_c = 166 + 79 + 12 - 0 = \underline{\underline{257}} \quad W$$

⁵¹ ATREA. Systém teplovzdušného vytápění a větrání rodinných domů s rekuperací tepla: Projekční podklad. 2007, s. 7

6.3.2 Přehled vypočtených hodnot tepelných ztrát celého objektu

Číslo místnosti	Účel místnosti	Výpočtová vnitřní teplota	Objem místnosti	Plocha konstrukcí místnosti	Objemový průtok vzduchu	Tepelná ztráta nuceným větráním	Tepelná ztráta infiltrací	Tepelná ztr. prostupem tepla	Celková měrná tepelná ztráta	Celková tepelná ztráta
		[°C]	[m ³]	[m ²]	[m ³ ·hod ⁻¹]	[W]	[W]	[W]	[W·m ⁻³]	[W]
1.01	zádveří	15	12,90	37,21	4,52	8	7	230	18,98	245
1.02	hala	15	22,60	59,64	7,91	14	12	12	1,68	38
1.03	obýv. pokoj	20	72,63	111,17	36,32	78	47	513	8,78	638
1.04	WC	20	8,34	25,32	33,36	72	5	61	16,54	138
1.05	kuchyň	20	18,29	42,14	36,58	79	12	166	14,05	257
1.06	sklad	5	8,34	26,78	2,92	3	3	-53	-5,64	-47
1.07	sklad	10	7,62	21,71	2,67	4	3	-37	-3,94	-30
2.01	ložnice	20	35,86	72,29	17,93	39	23	177	6,66	239
2.02	ložnice	20	35,86	72,29	17,93	39	23	174	6,58	236
2.03	pracovna	20	48,05	77,51	24,04	52	31	250	6,64	333
2.04	koupelna	24	14,18	37,71	56,71	138	10	131	19,68	279
2.05	schody	20	15,90	29,65	5,57	12	10	90	7,04	112
Hodnoty pro celý domek >						538	186	1714		2438

Tab. 6.10: Přehled vypočtených hodnot tepelných ztrát celého objektu

7 Návrh systému teplovzdušného vytápění a větrání

7.1 Dimenzování teplovzdušného systému

V této části diplomové práce provedu několik výpočtů pro dimenzování teplovzdušného systému společnosti Atrea dle jejích projekčních podkladů.

7.1.1 Dimenzování množství cirkulačního (větracího a vytápěcího) vzduchu c_2 ⁵²

Č. místnosti	Účel místnosti	Celková tepelná ztráta místnosti	Doporučené množství cirkulačního vzduchu	Množství topného vzduchu pro pokrytí tepelných ztrát	Max. přípustné množství cirkul. vzduchu	Množství cirkulačního vzduchu v režimu „NORM“	Množství přívodních výustek
		$Q_m [W]$	$V_{m,min} [m^3 \cdot hod^{-1}]$	$V_{c2}, V_m [m^3 \cdot hod^{-1}]$	$V_{m,max} [m^3 \cdot hod^{-1}]$	$V_{NORM} [m^3 \cdot hod^{-1}]$	$PMR [ks]$
1.02	hala	38	10	10,2	56,5	10	-
1.03	obýv. pokoj	638	100	172,1	181,6	100	3
1.05	kuchyň	257	60	69,3	45,7	45,7	1
2.01	ložnice	239	50	64,5	89,7	50	1
2.02	ložnice	236	40	63,7	89,7	40	1
2.03	pracovna	319	30	86	120,1	47,3	2
2.05	schody	112	10	30,2	39,8	16,6	-
Teplovzdušně vytápěná část celkem		1839	260	496	623,1	309,6	8

Tab. 7.1: Přehled hodnot pro dimenzování množství cirkulačního vzduchu

7.1.1.1 Příklad výpočtu množství topného vzduchu V_{c2} pro pokrytí tepelných ztrát prostupem tepla a větráním obývacího pokoje (č. m. 1.03)⁵³

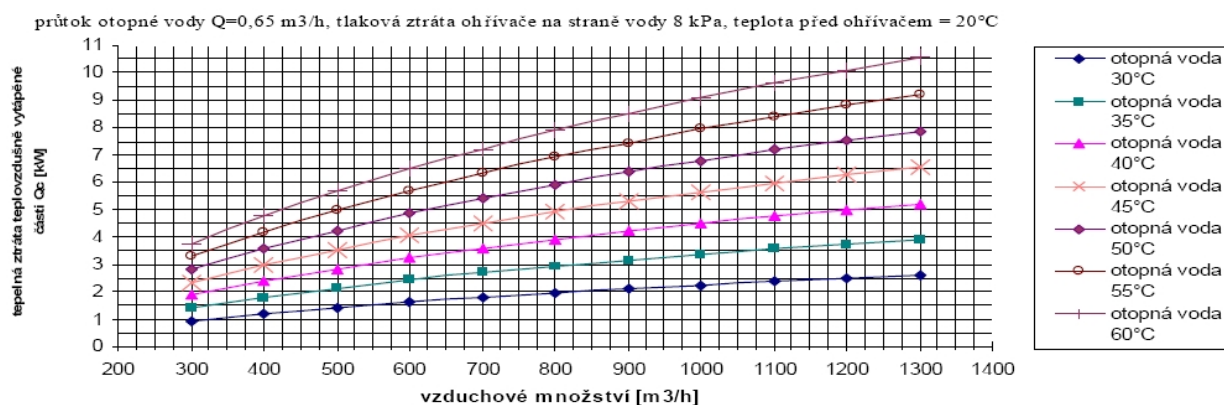
Teplota otopné vody pro jednotku DUPLEX RK2 je zvolena 35 °C.

$$V_{c2} = \frac{Q_m}{c_N \cdot (t_{c2} - t_i)} = \frac{638}{0,337 \cdot (31 - 20)} = \underline{\underline{172,1}} \quad m^3 \cdot hod^{-1} \quad 54$$

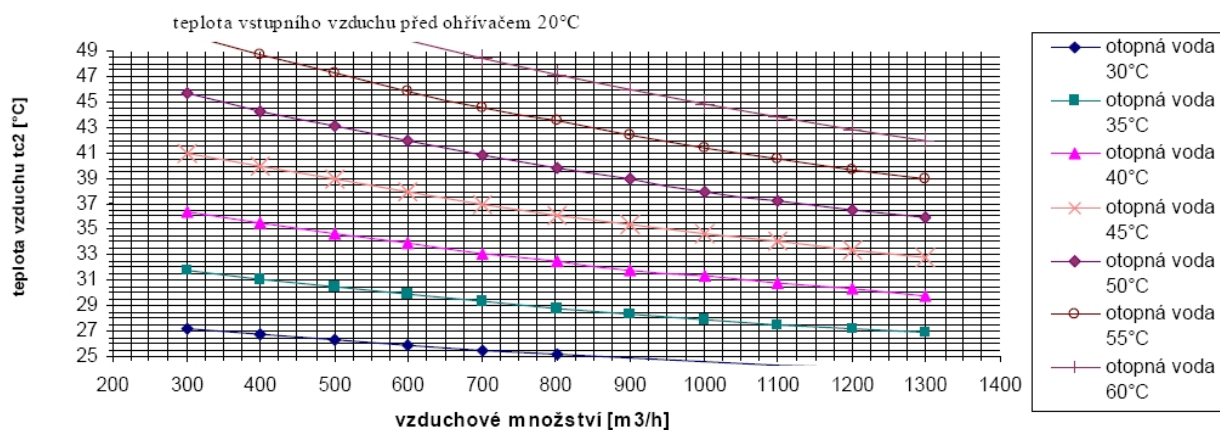
⁵² c_2 – označení výstupu cirkulačního a čerstvého vzduchu z teplovzdušné větrací jednotky

⁵³ Podle spol. Atrea by pro přesný výpočet neměla být používána vnitřní teplota t_i , ale teplota vzduchu před teplovodním ohřívačem $t_{p,0}$. Při dimenzování systému pro rodinný dům, s uvažovanou teplotou cca 22 °C a střední účinností rekuperace 85 %, rozdíl mezi $t_{p,0}$ a t_i cca 2 °C. Pro další postup dimenzování je tento rozdíl zanedbatelný, navíc při dosažení teploty t_i je výsledek na straně bezpečnosti.

⁵⁴ K množství vzduchu V_{c2} je třeba ještě přičíst množství vzduchu pro pokrytí tepelných ztrát nepřímo vytápěných místností. To se rozdělí stejným dílem mezi přímo vytápěné místnosti ve stejném



Obr. 7.1: Tepelná ztráta teplovzdušně vytápěné části objektu v závislosti na teplotě otopné vody a vzduchovém množství pro teplovzdušnou jednotku DUPLEX RK2⁵⁵



Obr. 7.2: Teplota přiváděného vzduchu do místnosti t_{c2} v závislosti na teplotě otopné vody a vzduchovém množství pro teplovzdušnou jednotku DUPLEX RK2⁵⁶

7.1.1.2 Dimenzování přívodních výustek

Pro návrh počtu výustek vycházím z limitního průtoku vzduchu na jednu výustku $\text{PMR} \leq 80 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. Počty výustek v jednotlivých místnostech viz. Tab. 7.1.

7.1.1.3 Množství cirkulačního vzduchu V_{NORM}

Množství cirkulačního vzduchu V_{NORM} odpovídá hodnotě průtoku cirkulačního vzduchu při průměrné venkovní teplotě vzduchu $t_e = 1$ až 3 °C. Cirkulační ventilátor teplovzdušné jednotky je v tomto případě v provozním režimu „NORM“, což pro běžné nastavení odpovídá přibližně 55 % až 60 % množství vzduchu při provozním režimu ventilátoru „MAX“.

Kvůli kontrole splnění požadavku na minimální průtok cirkulačního vzduchu $V_{m \text{ min}}$ porovnám právě tuto hodnotu s množstvím cirkulačního vzduchu V_{NORM} .

$$V_{\text{NORM}} = V_m \cdot 0,55$$

$$V_{\text{NORM}} \geq V_{m \text{ min}}$$

nadzemním podlaží. V tomto případě přičteme ještě $5,1 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ pro pokrytí tepelných ztrát haly v přízemí (místnost číslo 1.02).

⁵⁵ ATREA. Systém teplovzdušného vytápění a větrání rodinných domů s rekuperací tepla: Projektční podklad. 2007, s. 14

⁵⁶ Tamtéž.

7.1.2 Dimenzování množství cirkulačního vzduchu V_{c1} ⁵⁷

System je dimenzován jako rovnotlaký, proto by množství odváděného cirkulačního vzduchu v pokojích mělo být rovno množství vzduchu přiváděnému. Nesmí docházet k nasávání vzduchu z prostoru chodby do obývacího pokoje a ostatních obytných místností.

Množství cirkulačního vzduchu V_{cl} se doporučuje dimenzovat na provoz jednotky DUPLEX RK2 v režimu č. 3⁵⁸, což je základní provozní režim cirkulačního vytápění s přepínáním na nárazový větrací režim impulsem z WC či koupelny.

$$V_{c1} = V_{c2}$$

7.1.3 Dimenzování množství čerstvého vzduchu V_{e1} ⁵⁹

Množství čerstvého vzduchu dimenzují na provoz teplovzdušné jednotky DUPLEX RK2 v režimu č. 5⁶⁰. Jedná se o přetlakový větrací režim plným přívodem venkovního vzduchu, v tomto případě vzduchu ze zemního výměníku tepla, využívaný pro částečné ochlazení obytných prostor v letním období. Tento režim lze využít i pro noční předchlazení objektu. Odvod vzduchu je řešen pootevřenými okny.

$$V_{e1} = V_{e2}$$

7.1.4 Dimenzování množství odsávaného vzduchu V_{i1} ⁶¹

Množství odsávaného vzduchu se doporučuje dimenzovat dle normy DIN 1946. Nárazová množství větracího vzduchu V_{i1} uvádím v následující tabulce.

Místnost	Druh větrání	Množství větracího vzduchu [$m^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
kuchyně	základní větrání, libovolná provozní doba	60
	základní větrání, provozní doba delší než 12 hod/den	40
koupelna	libovolná provozní doba	60
	provozní doba delší než 12 hod/den	40
WC	libovolná provozní doba	30
	provozní doba delší než 12 hod/den	20
šatna	libovolná provozní doba	10
	provozní doba delší než 12 hod/den	5
zádveří	libovolná provozní doba	15
	provozní doba delší než 12 hod/den	10

Tab. 7.2: Nárazové množství větracího vzduchu dle DIN 1946

⁵⁷ c_1 - označení vstupu cirkulačního vzduchu do teplovzdušné a větrací jednotky

⁵⁸ ATREA. DUPLEX RK2: Teplovzdušné vytápěcí a větrací jednotky pro nízkoenergetické a pasivní domy. 2008, s. 4

⁵⁹ e_1 - označení vstupu čerstvého vzduchu do teplovzdušné větrací jednotky

⁶⁰ ATREA. DUPLEX RK2: Teplovzdušné vytápěcí a větrací jednotky pro nízkoenergetické a pasivní domy. 2008, s. 4

⁶¹ i_1 - označení vstupu odváděného odpadního vzduchu do teplovzdušné větrací jednotky

Číslo místnosti s nárazovým odsáváním vzduchu	Účel místnosti	Množství odsávaného vzduchu
		$V_{il} [m^3 \cdot hod^{-1}]$
1.01	zádveří	15
1.04	WC	30
1.05	kuchyně	60
2.04	koupelna	60

Tab. 7.3: Přehled množství odsávaného vzduchu

7.2 Návrh a dimenzování rozvodů vzduchu

Trasy rozvodů vzduchu pro systém teplovzdušného vytápění a větrání řešeného nízkoenergetického domku s jejich rozměry jsou zřejmé z příložených výkresů⁶².

Rozvody v podlahách jsou navrženy z ocelového plechu s pozinkováním spojovaného pájením. Těsněné budou plastovou samolepící páskou. Ostatní rozvody jsou navrženy z ohebných hadic se zvukovou nebo tepelnou izolací *Sono MI* nebo *Thermo MI* o průměrech dle příložených výkresů.

V Příloze 6 jsou uvedeny tabulky s hodnotami výpočtu tlakových ztrát potrubního systému teplovzdušného vytápění a větrání včetně výkresů s očíslovanými úseky potrubní sítě pro snadnější orientaci ve výpočtu. Lze zde také nalézt několik grafů průběhu místní tlakové ztráty v závislosti na průtoku vzduchu některých prvků potrubní sítě (podlahové, stěnové a stropní výustky vzduchu, krycí mřížky apod.)⁶³.

7.3 Návrh ventilátorů

Teplovzdušná a větrací jednotka DUPLEX RK2 obsahuje mimo jiné dva ventilátory. Jeden pro cirkulační vzduch (c_1 , c_2), druhý pro vzduch odsávaný z WC, koupelny, kuchyně a zádveří (i_1 , i_2). U každého z ventilátorů jsou na výběr dodávány dvě varianty s rozdílnou charakteristikou.

⁶² viz. Příloha 4.

⁶³ ATREA. *Ke stažení*. [online]. c2008, [cit. 12.5.2008].

Dostupné z [www: <http://www.atrea.cz/?page=cz,d3_download>](http://www.atrea.cz/?page=cz,d3_download)

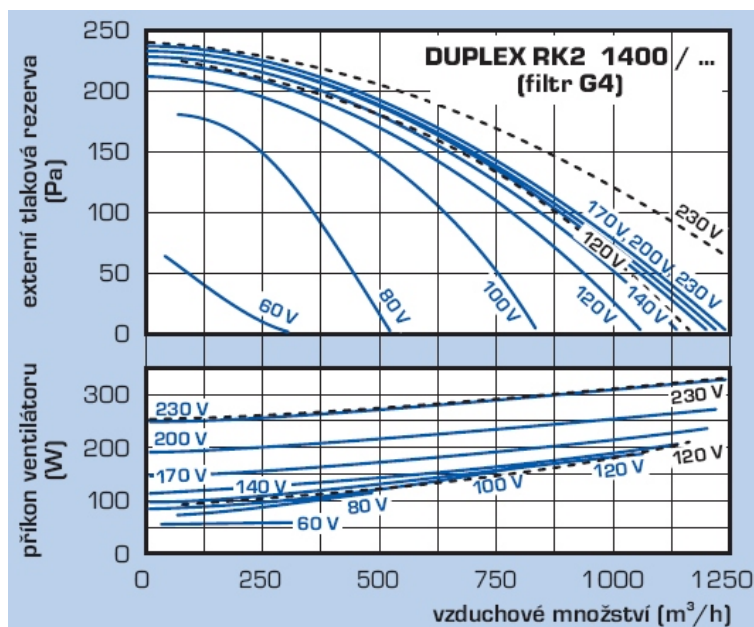
7.3.1 Návrh ventilátoru cirkulačního vzduchu

Ventilátor je navrhován na tyto parametry:

Tlaková ztráta rozvodů vzduchu: **55,2 Pa**

Objemový průtok vzduchu: **496 m³·hod⁻¹**

Dle grafu byl ze dvou výrobcem nabízených variant vybrán ventilátor s nižším výkonem, který plně postačuje pro požadovanou distribuci vzduchu.



Obr. 7.3: Charakteristika ventilátoru cirkulačního vzduchu

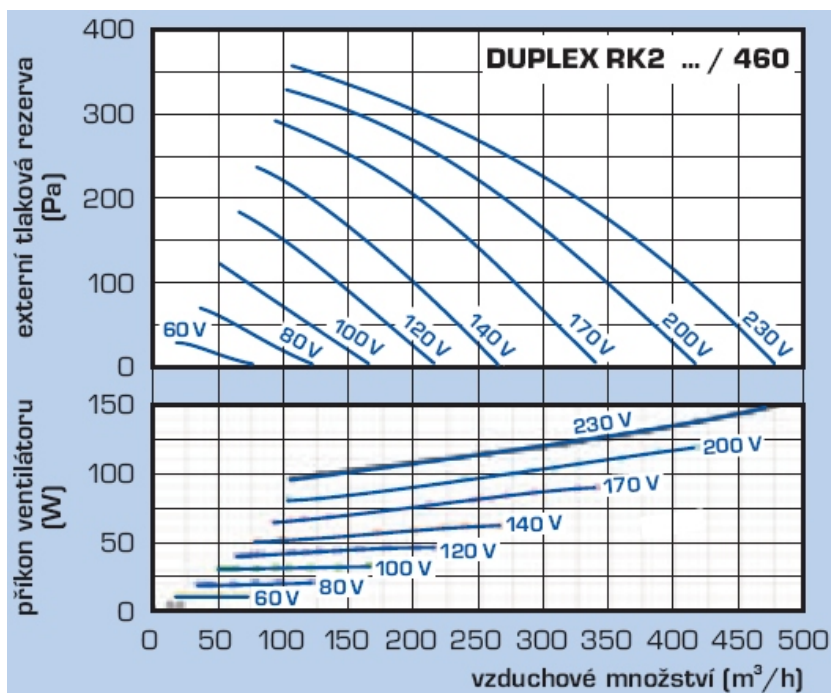
7.3.2 Návrh ventilátoru odsávaného vzduchu

Ventilátor je navrhován na tyto parametry:

Tlaková ztráta rozvodů vzduchu: **31,8 Pa**

Objemový průtok vzduchu: **165 m³·hod⁻¹**

Dle grafu byl ze dvou výrobcem nabízených variant opět vybrán ventilátor s nižším výkonem, který plně postačuje pro požadované odsávání vzduchu z WC, koupelny, kuchyně a zádveří.



Obr. 7.4: Charakteristika ventilátoru odsávaného vzduchu

8 Teplovodní část systému

8.1 Návrh teplovodní části systému

Teplovodní část otopné soustavy bude navržena jako nízkoteplotní s nuceným oběhem topné vody a uzavřenou tlakovou expanzní nádobou s pružnou membránou.

Pomyslným centrem otopné soustavy bude integrovaný zásobník tepla IZT-SN 925 o objemu 925 litrů s bivalentním ohřevem. Zásobník obsahuje v horní části výměník tepla pro průtočný ohřev teplé vody. Ve spodní části je umístěn výměník tepla pro okruh solárních kolektorů. Získané teplo ze solárních kolektorů bude primárně využíváno k ohřevu teplé vody. Při přebytku tepla ze solárních kolektorů bude využito pro podporu vytápění domku.

Pro podporu vytápění a ohřevu teplé vody je v systému navržen okruh krbové topné vložky, která je instalována v obývacím pokoji (1.03). V době provozu krbových kamen bude část tepla získaného z krbové vložky akumulována do zásobníku a část se bude přímo odebírat dle aktuální potřeby tepla na vytápění a průtočný ohřev teplé vody.

Pro případ, kdy krbová vložka ani solární kolektory nebudou schopny zajistit dostatečné pokrytí aktuální potřeby tepla, jsou v zásobníku tepla instalovány 3 elektrické topné patrony (každá o výkonu 2 kW), které zajistí dostatečný přísun energie.

Další podrobnosti jsou zřejmé z příložených výkresů⁶⁴.

8.1.1 Dimenzování potrubí teplovodní části

Trasy měděného potrubí teplovodní části systému řešeného nízkoenergetického domku s jejich rozměry jsou zřejmé též z příložených výkresů.

Při dimenzování jednotlivých potrubních úseků byly voleny spíše nižší rychlosti proudění otopné vody kvůli maximálnímu snížení tlakových ztrát třením v potrubí.

Vypočtené hodnoty tlakových ztrát úseků potrubí jsou podrobně sepsány v příložených tabulkách⁶⁵.

8.1.2 Návrh oběhového čerpadla pro větev podlahového vytápění a teplovzdušné jednotky

Oběhové čerpadlo je navrhováno na tyto parametry:

Tlaková ztráta potrubních rozvodů: **5461 Pa**

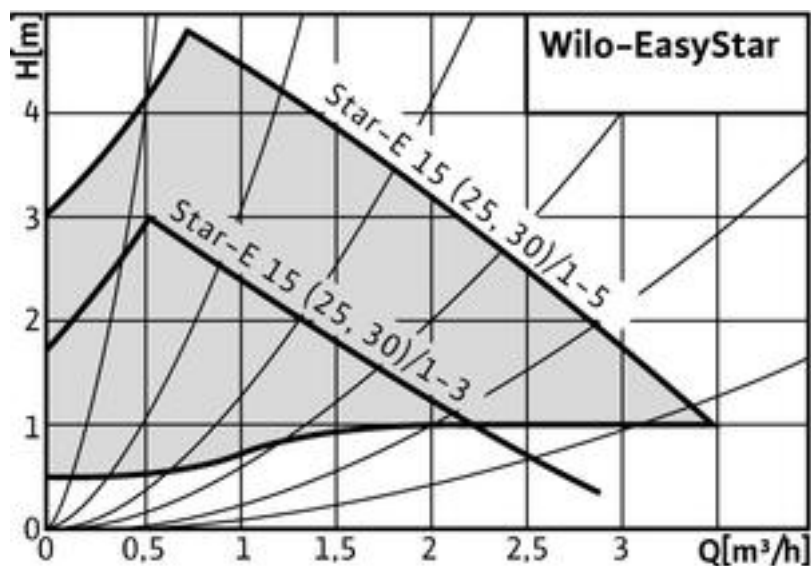
Hmotnostní průtok topné vody: **262,09 kg·hod⁻¹**

Bylo vybráno energeticky úsporné čerpadlo s elektronicky řízenými otáčkami **WILO STAR-E 25/1-3**⁶⁶. Jeho charakteristiku přikládám.

⁶⁴ viz. Příloha 5.

⁶⁵ viz. Příloha 2.

⁶⁶ WILO. *Wilo-Star-E (EasyStar) – Pumpen Intelligenz* [online]. [cit. 18.5.2008]. Dostupné z [www: <http://www.wilo.cz/cps/rde/xchg/cz-cs/layout.xsl/1059.htm>](http://www.wilo.cz/cps/rde/xchg/cz-cs/layout.xsl/1059.htm)



Obr. 8.1: Charakteristiky čerpadel WILO STAR-E

8.1.3 Návrh oběhového čerpadla okruhu krbové vložky

Oběhové čerpadlo je navrhováno na tyto parametry:

Tlaková ztráta potrubních rozvodů: **8426 Pa**

Hmotnostní průtok topné vody: **473,01 kg·hod⁻¹**

Také bylo vybráno energeticky úsporné čerpadlo s elektronicky řízenými otáčkami **WILO STAR-E 25/1-3**. Jeho charakteristika je na Obr. 8.1.

8.1.4 Návrh expanzní nádoby a pojistného ventilu systému

Výpočet minimálního průřezu sedla pojistného ventilu, vnitřního průměru pojistného potrubí a tlakové expanzní nádoby vychází z normy ČSN 06 0830.

Návrh pojistného ventilu:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}}$$

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p}$$

$$S_o = \frac{2 \cdot 6}{0,444 \cdot \sqrt{250}} = \underline{\underline{1,7}} \text{ mm}^2$$

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{6} = \underline{\underline{18,4}} \text{ mm}$$

Navržen je pojistný ventil **GIACOMINI R 140, 1/2"**⁶⁷ s otevíracím přetlakem 250 kPa.

⁶⁷ GIACOMINI. R140 [online]. c2004, [cit. 18.5.2008].

Dostupné z [www: <http://www.arnema.cz/arnema_data/soucast.php?idtypy=203>](http://www.arnema.cz/arnema_data/soucast.php?idtypy=203)

Návrh expanzní nádoby:

$$V_e = 1,3 \cdot \Delta v \cdot V_s$$

$$V_e = 1,3 \cdot 0,04 \cdot 1,42 = \underline{\underline{0,074}} \quad m^3$$

Byla navržena expanzní nádoba **REFLEX N 80**⁶⁸ o objemu 80 litrů.

8.1.5 Návrh pojistného ventilu okruhu krbové vložky

Výpočet minimálního průřezu sedla pojistného ventilu a vnitřního průměru pojistného potrubí opět vychází z normy ČSN 06 0830.

Návrh pojistného ventilu:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}}$$

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p}$$

$$S_o = \frac{2 \cdot 11}{0,444 \cdot \sqrt{250}} = \underline{\underline{3,13}} \quad mm^2$$

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{11} = \underline{\underline{19,6}} \quad mm$$

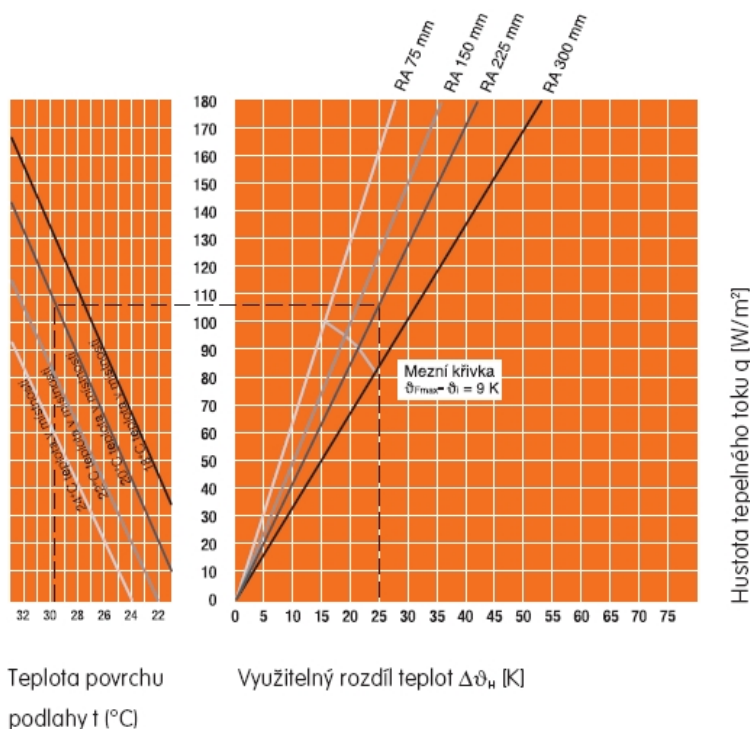
Navržen je pojistný ventil **Prescor A100 1/2"** s otevíracím přetlakem 180 kPa.

⁶⁸REFLEX. *Expanzní nádoby REFLEX N* [online]. c2008, [cit. 18.5.2008].
Dostupné z www: <<http://www.reflexcz.cz/?page=products1a2>>

8.2 Podlahové vytápění

Pro vytápění WC (č. m. 1.04), koupelny (č. m. 2.04) a zádveří (č. m. 1.01) se doporučuje navrhnout doplňkové teplovodní vytápění. V řešeném projektu je proto navržen teplovodní nízkoteplotní systém podlahového vytápění GABOTHERM.

Topné smyčky z materiálu RAUTHERM S 16x2 uložené v podlaze budou napojeny na omezovače teploty vratné vody HEIMEIER MULTIBOX C/RTL⁶⁹ umístěné vždy s kulovými uzavěři a automatickými odvzdušňovacími ventily ve zdi v krabici pod omítkou.



Obr. 8.2: Volba rozteče potrubí podlahového vytápění⁷⁰

Vstupní teplota do teplovodního výměníku jednotky DUPLEX RK2 na straně vody byla zvolena 35 °C⁷¹. Jelikož je teplovodní okruh podlahového vytápění napojen na společný okruh s tímto výměníkem⁷², je teplota na přívodu podlahových otopných ploch zvolena shodně 35 °C. Teplota zpětné vody podlahového vytápění je uvažována 27 °C. Rozteč topných trubek podlahového vytápění je volena dle následujícího grafu.

Místnost	Účel místnosti	Podlahová plocha	Tepelná ztráta	Požadovaný tepelný tok podlahou	Rozteč trubek v podlaze
		$S_p [m^2]$	$Q_c [W]$	$q [W \cdot m^{-2}]$	$RA [mm]$
1.01	zádveří	5,4	254	47,0	150
1.04	WC	3,1	138	44,5	150
2.04	koupelna	4,3	279	64,9	75

Tab. 8.1: Parametry pro návrh teplovodního podlahového vytápění⁷³

⁶⁹ IMI INTERNATIONAL. *Přehled produktů* [online]. c2008, [cit. 15.5.2008].

Dostupné z [www: <http://www.imi-international.net/cs/>](http://www.imi-international.net/cs/)

⁷⁰ KKH. *Download – podlahové vytápění* [online]. c2007, [cit. 15.5.2008].

Dostupné z [www: <http://www.kkh.cz/download/>](http://www.kkh.cz/download/)

⁷¹ viz. kapitola 7.1.1.1, str. 57.

⁷² viz. schema v Příloze 5.

⁷³ Podlahová plocha v koupelně zmenšena o plochu instalovaného sprchového koutu.

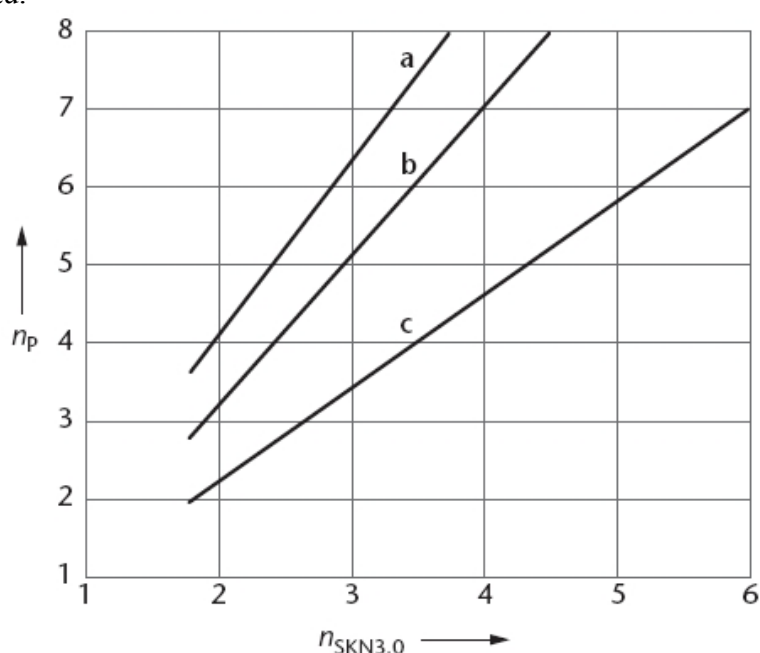
8.3 Systém solárního ohřevu

Na střeše rodinného domku budou instalovány 3 ks solárních kolektorů Logasol SKN 3.0⁷⁴. Teplo ze slunečního záření se bude akumulovat v centrálním zásobníku tepla IZT-SN 925 se stratifikátorem pomocí výměníku tepla integrovaného v centrálním zásobníku.

Solární ohřev je navržen primárně pro ohřev teplé vody, dále pro podporu vytápění nízkoenergetického domku.

8.3.1 Volba počtu kolektorů Logasol SKN 3.0

Podle následujícího grafu byl zvolen počet kolektorů **3** pro instalaci na střechu ve svislé poloze. Uvažováno bylo s průměrnou spotřebou teplé vody $50 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ a počtem 4 obyvatel v objektu.



Obr. 8.3: Volba počtu solárních kolektorů Logasol SKN 3.0 v závislosti na počtu osob v objektu⁷⁵

- a – nízká spotřeba teplé vody ($< 40 \text{ l}$ na osobu a den)
- b – průměrná spotřeba teplé vody (50 l na osobu a den)
- c – vysoká spotřeba teplé vody (75 l na osobu a den)

$n_{SKN3.0}$ – počet kolektorů

n_p – počet osob

8.3.2 Návrh oběhového čerpadla pro solární systém

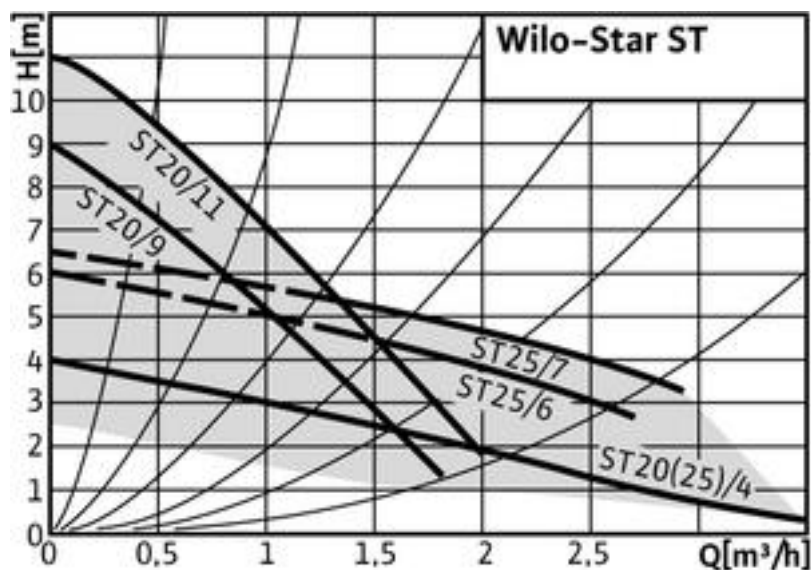
Pokud nejsou v solárním okruhu zařazeny mimořádné konstrukční díly s velkým průtočným odporem, plocha navržených kolektorů nepřesahuje 10 m^2 a délka potrubí dosahuje maximálně 50 m , není třeba potrubí pro solární okruh detailně dimenzovat (LADENER a SPÄTE⁷⁶). Pro uvedenou oblast výkonů vyhovují tří- nebo čtyřstupňová topenářská čerpadla nejmenších výkonů.

⁷⁴ BUDERUS. Produkty – Logasol SKN 3.0 [online]. [cit. 15.5.2008]. Dostupné z [www: <http://www.buderus.cz/produkty/solarni-technika/solarni-kolektory/logasol-skn-3-0.html>](http://www.buderus.cz/produkty/solarni-technika/solarni-kolektory/logasol-skn-3-0.html)

⁷⁵ BUDERUS. Projekční podklady - Solární technika Logasol k ohřevu pitné vody podpoře vytápění. 06/2007, str. 82

⁷⁶ LADENER, H., SPÄTE, F. Solární zařízení. 2003, str. 170

Zvolil jsem proto čerpadlo **WILO STAR-ST 20/4 (SolarStar)**⁷⁷, jehož charakteristiku přikládám.



Obr. 8.4: Charakteristiky čerpadel Wilo Star-ST

8.3.3 Návrh expanzní nádoby a pojistného ventilu okruhu solárního ohřevu

Návrh vychází z doporučení autorů LADENERA a SPÄTEHO⁷⁸.

$$V_K = 0,86 \text{ l}$$

$$V_L = 11 \text{ l}$$

$$V_A = V_K + V_L$$

$$V_A = 0,86 + 11 = 11,86 \text{ l}$$

Pro směs vody a glykolu platí:

$$V_D = V_K + 0,1 \cdot V_A$$

$$V_D = 0,86 + 0,1 \cdot 11,86 = 2,046 \text{ l}$$

Minimální objem expanzní nádoby:

$$V_{G \min} = V_D \cdot (p_{B \max} + 1) / (p_{B \max} - p_{vor})$$

$$p_{B \max} = 2,2 \text{ bar}$$

$$p_{vor} = 0,5 + p_{stat,G}$$

$$p_{vor} = 0,5 + 0,58 = 1,08 \text{ bar}$$

$$V_{G \min} = 2,046 \cdot (2,2 + 1) / (2,2 - 1,08) = \underline{\underline{5,85 \text{ l}}}$$

Navržena je tlaková expanzní nádoba s membránou **REFLEX S 8**⁷⁹ o objemu 8 litrů.

⁷⁷ WILO. *Wilo-Star-ST (SolarStar) – Pumpen Intelligenz* [online]. [cit. 15.5.2008].

Dostupné z [www: <http://www.wilo.cz/cps/rde/xchg/cz-cs/layout.xsl/1028.htm>](http://www.wilo.cz/cps/rde/xchg/cz-cs/layout.xsl/1028.htm)

⁷⁸ LADENER, H., SPÄTE, F. *Solární zařízení*. 2003, str. 172

⁷⁹ REFLEX. *Expanzní nádoby REFLEX S* [online]. c2008, [cit. 18.5.2008].

Dostupné z [www: <http://www.reflexcz.cz/?page=products1a5>](http://www.reflexcz.cz/?page=products1a5)

Maximální přípustný provozní tlak p_{Bmax} má být cca o 0,3 bar nižší než otevírací tlak pojistného ventilu. V systému je navržen pojistný ventil **Giacomini R410, 1/2"** s otevíracím přetlakem **2,5 bar**.

9 Regulace

9.1 Regulace a provozní režimy teplovzdušné jednotky DUPLEX RK2⁸⁰

Regulace výkonu teplovzdušné jednotky bude na základě venkovní teploty snímáné čidlem ADS11 umístěným na severní fasádě domku a vnitřní teploty, která bude snímána čidlem prostorového termostatu TR2. Regulační modul jednotky DUPLEX RK2 umožňuje také regulaci podle týdenního uživatelem přednastaveného programu.

Pro možnost vytápění pouze koupelny, WC nebo zádveří musí být na přívodu do teplovodního výměníku jednotky osazen uzavírací ventil s elektropohonem HONEYWELL MT-4-230-NC⁸¹, který se v případě takového požadavku uzavře.

Teplovzdušná jednotka DUPLEX RK2 je schopna pracovat v šesti odlišných provozních režimech, které se přepínají automaticky v závislosti na externích signálech (např. pohybové čidlo, hygroskop, čidlo CO₂, ...) nebo je možno je ručně navolit na regulátoru CP 05 RD umístěném v referenční místnosti objektu. Zde uvádím přehled provozních režimů teplovzdušné větrací jednotky.

- *Rovnotlaký větrací režim* – jednotka pracující v tomto režimu zajišťuje rovnotlaké větrání s nastavitelným výkonem 80 až 300 m³·hod⁻¹ s rekuperací tepla nebo volitelně bez rekuperace (zařazen bypass). Režim je určen pro větrání a vytápění bez cirkulace vzduchu v přechodném období. Oba ventilátory jsou zapnuty, uzavřena je směšovací klapka.
- *Cirkulační větrací a vytápěcí režim* – jednotka zajišťuje teplovzdušné cirkulační vytápění a rovnotlaké větrání s rekuperací tepla. Cirkulační výkon dosahuje až 1200 m³·hod⁻¹, větrací výkon do 300 m³·hod⁻¹. Oba ventilátory jsou v provozu společně se směšovací klapkou, která směšuje venkovní a cirkulační vzduch.
- *Cirkulační vytápěcí režim s nárazovým větráním* – jedná se o základní provozní režim jednotky. Impulzem z WC (1.04) nebo koupelny (2.04)⁸² se při pobytu osob nárazově přepíná na režim předchozí s nastavitelným doběhem. Režim se přepíná také při sepnutí signálu z kuchyně (1.05), ale v tomto případě na režim první bez doběhu ventilátoru. Je zde také možnost pravidelného spínání na předchozí režim v nastavitelném intervalu.
- *Podtlakový větrací režim* – jednotka pracující v tomto režimu zajišťuje podtlakové odsávání vzduchu ze sociálních zařízení s částečným přívodem filtrovaného větracího vzduchu. Ventilátor cirkulačního vzduchu není v provozu. Tento větrací režim je využíván v letním a přechodném období.
- *Přetlakový větrací režim* – jedná se o intenzivní přetlakové větrání přímým přívodem venkovního vzduchu nebo vzduchu ze zemního výměníku tepla v letním období. Tento režim lze použít také pro noční předchlazení objektu. Odvod vzduchu je v tomto případě řešen pootevřenými okny přímo do venkovního prostoru. Klapka bypassu je otevřena.

⁸⁰ ATREA. DUPLEX RK2: Teplovzdušné vytápěcí a větrací jednotky pro nízkoenergetické a pasivní domy. 2008

⁸¹ Pozice 11, Příloha 6.

⁸² Označeno jako vstup EXT, Příloha 6.

- *Cirkulační režim chlazení* – je možno ho realizovat pouze při instalaci cirkulačního zemního výměníku tepla⁸³. V tomto režimu je cirkulující vnitřní vzduch přes cirkulační vzduchový zemní výměník tepla intenzivně chlazen.

Regulační modul jednotky umožňuje také automatické ovládání klapek na připojovacím křížovém kusu zemního výměníku tepla⁸⁴ v závislosti na zvoleném provozním režimu jednotky.

9.2 Regulace větve teplovzdušné jednotky a podlahového vytápění

Pro kvalitativní regulaci teploty topné vody okruhu UT bude do systému instalován termostatický směšovací ventil ESBE VTA 322⁸⁵, který bude zajišťovat společnou regulaci teploty topné vody jak pro výměník teplovzdušné jednotky, tak i pro podlahové vytápění.

Oběh topné vody pro výměník teplovzdušné jednotky a podlahové vytápění zajistí čerpadlo WILO STAR-E 25/1-3 s elektronicky regulovanými otáčkami.

Regulace jednotlivých smyček podlahového vytápění bude realizována pomocí omezovačů teploty zpětné vody HEMEIER MULTIBOX C/RTL⁸⁶, které budou instalovány vždy přímo v příslušné místnosti v plastové krabici ve zdi pod omítkou společně s uzavíracími a automatickými od vzdušňovacími ventily.

9.3 Regulace solárního ohřevu

Cirkulace směsi vody a etylenglykolu v solárním okruhu bude zajišťovat oběhové čerpadlo WILO STAR-ST 20/4 s třístupňovou regulací otáček. Běh čerpadla bude řízen v závislosti na rozdílu teploty teplotnosného media v solárním kolektoru⁸⁷ a teploty ve spodní části stratifikačního zásobníku tepla IZT-SN 925⁸⁸.

Při překročení teplotního rozdílu mezi kolektorem a zásobníkem nastaveném na regulační jednotce solárního okruhu⁸⁹ se uvede do provozu oběhové čerpadlo a zásobník tepla se začne nahřívat. Po dosažení maximální teploty vody v zásobníku se oběhové čerpadlo solárního okruhu automaticky vypne.

9.4 Regulace krbové vložky

Nabíjení zásobníku tepla IZT-SN 925 z krbové vložky I1200 Small⁹⁰ o jmenovitém výkonu 11 kW bude zajišťovat oběhové čerpadlo WILO STAR-E 25/1-3 s elektronicky regulovanými otáčkami, které bude v provozu v závislosti na teplotě topné vody v krbové vložce snímané teplotním čidlem umístěným v blízkosti krbové vložky⁹¹.

⁸³ Označení ZVT-C, Příloha 6.

⁸⁴ Pozice 4.1, Příloha 6.

⁸⁵ Pozice 10, Příloha 6 a Příloha 5.

⁸⁶ Pozice 9, Příloha 6 a Příloha 5.

⁸⁷ Čidlo teploty FSK, Příloha 6.

⁸⁸ Čidlo teploty FSS Příloha 6.

⁸⁹ Označení RS Příloha 6.

⁹⁰ Označení KR, Příloha 6 a Příloha 5.

⁹¹ Označení TK Příloha 6.

Proti přehřátí krbové vložky v důsledku zastavení čerpadla při náhlém výpadku dodávky elektrické energie a tím i zastavení průtoku topné vody přes krbovou vložku, které by mohlo vést k jejímu poškození, bude napájení oběhového čerpadla okruhu krbové vložky jištěno záložním zdrojem UPS.

10 Závěr

Výstupem této diplomové práce je ucelený návrh systému teplovzdušného vytápění a větrání nízkoenergetického rodinného domku. Během tvorby celého návrhu byl kladen důraz na vysokou kvalitu vnitřního prostředí domku s ohledem na šetrnost k životnímu prostředí, tzn. minimalizaci energetických ztrát a vysokou efektivitu využití zdrojů energie.

Při vypočtené tepelné ztrátě objektu 2438 W s uvažovanou účinností zpětného získávání tepla 80 % v rekuperačním výměníku teplovzdušné jednotky a přesnou regulací potřebné hygienické výměny vzduchu v objektu je toto řešení jisté nadstandardem v rámci České republiky.

Právě minimalizace tepelných ztrát infiltrací a větráním objektu obecně je, podle mého názoru, jedna z mála možných cest k dalším úsporám energie při vytápění a větrání obytných domů⁹². Systém teplovzdušného vytápění a větrání, jak zde byl prezentován, spojuje vytápění a větrání objektu do jednoho celku a řeší tyto problémy společně, což je nepopiratelná výhoda, která napomáhá k dalším úsporám energie.

K velmi příznivé energetické bilanci celého systému, a v úvodu již zmiňované energetické a ekologické návratnosti, jistě přispívá ucelený systém měření a regulace. Stav vnitřního prostředí budovy je snímán řadou čidel (čidlo teploty v referenční místnosti, čidlo teploty v koupelně, hygroskop v koupelně, čidla koncentrace CO₂ ve vzduchu a čidla pohybu osob), které snímají potřebné informace o vnitřním mikroklimatu. Umožňují tak centrální regulační jednotce automaticky zvolit nejpříznivější provozní režim, a to jak z hlediska kvality vnitřního mikroklimatu, tak i z hlediska úspor energie.

⁹² Zejména nízkoenergetických a pasivních obytných domů, kde tepelná ztráta infiltrací a větráním budovy představuje nemalé procento z celkové tepelné ztráty.

11 Použité zdroje

EBERHARD, Paul. *Využití zemních výměníků tepla ve spojení se zařízením pro bytové větrání a rekuperaci tepla* [online]. Přeložila Květa Otcovská. c 2005.

URL: <<http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2772>>

HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. Přeložil Jan Tywoniak. 1. české vydání. Praha: Grada Publishing, 1999. ISBN 80-7169-657-9

KABELE, Karel. *Teplovzdušné vytápění obytných budov* [online]. c 2001, poslední revize 3.8.2001. URL: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=620>>

LADENER, H., SPÄTE, F. *Solární zařízení*. Přeložili Ján Struška a Jiří Kramoliš. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-247-0362-9

LAIN, Miloš. *Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II)* [online]. c 2006.

URL: <<http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3688>>

PETRÁŠ, Dušan a kol. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 1. vydání. Bratislava: Jaga group, 2005. ISBN 80-8076-020-9

RUBINOVÍ, O. a A. *Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka* [online]. c 2005, poslední revize 22.8.2005. URL: <<http://vytapieni.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2650>>

SZÉKYOVÁ, M., FERSTL, K., NOVÝ, R. *Větrání a klimatizace*. 1. české vydání. Bratislava: Jaga group, 2006. ISBN 80-8076-037-3

TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2006. ISBN 80-247-1101-X

Legislativní dokumenty a normy

Nariadení vlády ČR č. 107/2001 Sb., o hygienických požadavcích na stravovací služby

Vyhláška MZ ČR č. 108/2001 Sb., která stanovuje hygienické požadavky na prostory a provoz škol

Nariadení vlády ČR č. 178/2001 Sb., které stanovuje podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci

ČSN 06 0210 - Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění

ČSN 73 0540/1-4 - Tepelná ochrana budov

ČSN EN 12831 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu

ČSN 06 0830 – Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřev teplé vody

Firemní zdroje

ATEG TEPELNÁ TECHNIKA. *Ventilační jednotky* [online]. c 2008.

URL: <<http://www.ateg.cz/cz/ventilacni-jednotky>>

ATREA. *DUPLEX RK2: Teplovzdušné vytápěcí a větrací jednotky pro nízkoenergetické a pasivní domy*. 2008

ATREA. *Systém teplovzdušného vytápění a větrání rodinných domů s rekuperací tepla: Projektční podklad*. 2007

ATREA. *Vzduchotechnická zařízení, rekuperace tepla* [online]. c 2008.

URL: <<http://www.atrea.cz>>

BUDERUS. *Produkty – Logasol SKN 3.0* [online]. URL:

<<http://www.buderus.cz/produkty/solarni-technika/solarni-kolektory/logasol-skn-3-0.html>>

BUDERUS. *Projektční podklady - Solární technika Logasol k ohřevu pitné vody podpoře vytápění*. 06/2007

ELEKTRODESIGN. *Rekuperační jednotky a rekuperátory* [online]. c 2003.

URL: <<http://www.elektrodesign.cz/index.php?C=VO&LNG=cz&P=cat&CID=75>>

GIACOMINI. *R140* [online]. c2004.

URL: <http://www.arnema.cz/arnema_data/soucast.php?idtypy=203>

IMI INTERNATIONAL. *Přehled produktů* [online]. c2008.

URL: <<http://www.imi-international.net/cs/>>

KKH. *Download – podlahové vytápění* [online]. c2007.

URL: <<http://www.kkh.cz/download/>>

REFLEX. *Expanzní nádoby REFLEX N* [online]. c2008.

URL: <<http://www.reflexcz.cz/?page=products1a2>>

REFLEX. *Expanzní nádoby REFLEX S* [online]. c2008.

Dostupné z www: <<http://www.reflexcz.cz/?page=products1a5>>

REGULUS. *Rekuperace vzduchu v rodinných domech a bytech* [online]. c 2008.

URL: <<http://www.regulus.cz/Vetrani-a-rekuperace.asp>>

STIEBEL ELTRON. *Ventilační jednotky – přehled sortimentu* [online]. c 2008.

URL: <http://www.stiebel-eltron.cz/?page=se_ventilacni>

WILO. *Wilo-Star-ST (SolarStar) – Pumpen Intelligenz* [online].

URL: <<http://www.wilo.cz/cps/rde/xchg/cz-cs/layout.xsl/1028.htm>>

WILO. *Wilo-Star-E (EasyStar) – Pumpen Intelligenz* [online].

URL: <<http://www.wilo.cz/cps/rde/xchg/cz-cs/layout.xsl/1059.htm>>

12 Použité symboly a označení

Δv	- součinitel zvětšení objemu	[-]
a	- šířka průřezu vzduchovodu	[mm]
A/V	- faktor tvaru budovy	[m ⁻¹]
B	- charakteristické číslo budovy	[Pa ^{0,67}]
b	- výška průřezu vzduchovodu	[mm]
c_N	- vzduchová kapacitní konstanta	[Wh·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
D	- tloušťka stavební konstrukce	[mm]
d_h	- hydraulický průměr potrubí	[mm]
d_{min}	- minimální průměr teplovodního potrubí	[mm]
d_p	- minimální vnitřní průměr pojistného potrubí	[mm]
d_{sk}	- skutečný navržený průměr teplovodního potrubí	[mm]
e_i	- stínící činitel	[-]
H	- hloubka teplovzdušné jednotky	[mm]
	- dopravní výška čerpadla	[m]
i_{LV}	- součinitel spárové průvzdušnosti	[m ³ ·s ⁻¹ ·m ⁻¹ ·Pa ^{-0,67}]
k_c	- průměrný součinitel prostupu tepla	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
L	- délka teplovzdušné jednotky (bez hrdel)	[mm]
l	- délka potrubního úseku	[m]
m_{hod}	- hmotnostní průtok	[kg·hod ⁻¹]
m_{sec}	- hmotnostní průtok	[kg·s ⁻¹]
n_{50}	- celková intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa	[hod ⁻¹]
$n_{50,N}$	- doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa	[hod ⁻¹]
n_p	- počet osob	[-]
$n_{SKN3,0}$	- počet solárních kolektorů	[ks]
P	- příkon kompresoru	[kW]
p_1	- přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[-]
p_2	- přírážka na urychlení zátopy	[-]
p_3	- přírážka na světovou stranu	[-]
p_{Bmax}	- maximální provozní tlak	[bar]
PMR	- množství přívodních výustek	[ks]
p_{vor}	- přetlak, kterým je solární soustava plněna	[bar]
Q	- průtok otopné vody	[m ³ ·hod ⁻¹]
q	- požadovaný tepelný tok podlahou	[W·m ⁻²]
$Q_{l,2}$	- tepelný tok	[W]
Q_c	- tepelná ztráta teplovzdušně vytápěné části objektu	[W]
Q_m	- celková tepelná ztráta místnosti	[W]
Q_o	- základní tepelná ztráta místnosti prostupem tepla	[W]
Q_p	- tepelná ztráta místnosti prostupem tepla s přírážkami	[W]
Q_r	- tepelná ztráta místnosti větráním	[W]
Q_{vi}	- tepelná ztráta místnosti infiltrací	[W]
Q_w	- přenášený tepelný výkon v teplovodním potrubí	[W]
Q_z	- tepelné zisky místnosti	[W]
R	- měrná tlaková ztráta třením v potrubí	[Pa·m ⁻¹]
RA	- rozteč potrubí podlahového vytápění v podlaze	[mm]
s	- tloušťka vrstvy materiálu	[m]

S	- plocha stavební konstrukce	$[m^2]$
S_j	- celková plocha konstrukcí v místnosti	$[m^2]$
S_{min}	- minimální průřez teplovodního potrubí	$[mm^2]$
S_o	- minimální průřez sedla pojistného ventilu	$[mm^2]$
S_p	- podlahová plocha	$[m^2]$
t_{c2}	- teplota přiváděného vzduchu do místnosti	$[^{\circ}C]$
t_e	- venkovní výpočtová teplota vzduchu	$[^{\circ}C]$
t_i	- vnitřní výpočtová teplota vzduchu	$[^{\circ}C]$
$t_{P.O.}$	- teplota vzduchu před teplovodním ohříváčem	$[^{\circ}C]$
t_r	- teplota vzduchu po rekuperaci	$[^{\circ}C]$
U	- součinitel prostupu tepla	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
V_A	- objem kapaliny v solární soustavě	$[litr]$
V_{c2}	- množství topného vzduchu pro pokrytí tepelné ztráty vytápěné části objektu	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
V_{c2}	- množství odváděného cirkulačního vzduchu	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
V_D	- objem expanze	$[litr]$
V_e	- minimální objem expanzní nádoby	$[m^3]$
V_{e1}	- množství čerstvého vzduchu	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
V_{Gmin}	- minimální objem expanzní nádoby solární soustavy	$[litr]$
V_{hod}	- objemový průtok vzduchu	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
V_i	- objem místnosti vypočtený z vnitřních rozměrů	$[m^3]$
V_{i1}	- celkové množství odsávaného vzduchu z objektu	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
V_{i2}	- množství odsávaného vzduchu	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
V_k	- objem kapaliny v solárním kolektoru	$[litr]$
V_L	- objem kapaliny solárního ohřevu (bez kolektorů)	$[litr]$
V_m	- množství topného vzduchu pro pokrytí tepelné ztráty místnosti	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
$V_{m,max}$	- maximální přípustné množství cirkulačního vzduchu	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
$V_{m,min}$	- doporučené minimální množství cirkulačního vzduchu	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
V_{NORM}	- množství cirkulačního vzduchu v režimu „NORM“ teplovzdušné jednotky Duplex RK2	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
V_s	- objem otopné soustavy	$[m^3]$
V_{sec}	- objemový průtok vzduchu	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
V_{vh}	- požadovaný objemový průtok větracího vzduchu	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
w	- rychlost proudění	$[m \cdot s^{-1}]$
w_{sk}	- skutečná rychlost proudění v teplovodním potrubí	$[m \cdot s^{-1}]$
α_e	- součinitel přestupu tepla na vnější straně	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
α_i	- součinitel přestupu tepla na vnitřní straně	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
Δp_{ξ}	- tlaková ztráta místními odpory	$[Pa]$
Δp_c	- tlaková ztráta v uzlu	$[Pa]$
Δp_{mi}	- přímo odečtená místní tlaková ztráta z technických podkladů	$[Pa]$
Δp_r	- tlaková rozdíl v uzlu	$[Pa]$
Δp_t	- tlaková ztráta třením	$[Pa]$
Δt	- teplotní rozdíl potrubního úseku	$[K]$
ε_i	- výškový korekční činitel	$[-]$
ϕd	- průměr vzduchovodu	$[mm]$
η_r	- účinnost rekuperace	$[-]$
λ	- součinitel tepelné vodivosti vrstvy	$[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
ρ	- hustota	$[kg \cdot m^{-3}]$
ξ	- součinitel místní tlakové ztráty	$[-]$

c ₁	- vstup cirkulačního vzduchu do teplovzdušné jednotky
c ₂	- výstup cirkulačního a čerstvého vzduchu z jednotky
CO ₂	- oxid uhličitý
DN ₋	- dveře vnitřní neochlazované
DO ₋	- dveře ochlazované
e ₁	- vstup čerstvého vzduchu do teplovzdušné jednotky
e _{1ZR}	- nasávání venkovního vzduchu přes zemní výměník tepla
F ₋	- označení stupně filtrace vzduchového filtru
G ₋	- označení stupně filtrace vzduchového filtru
i ₁	- vstup odpadního vzduchu do teplovzdušné jednotky
i ₂	- výstup odpadního vzduchu z teplovzdušné jednotky
OJ ₋	- okno jednoduché
OpV	- vnější vzduch
PDL ₋	- podlaha
RVJ	- rekuperační vzduchotechnická jednotka
SCH ₋	- střecha
SN ₋	- stěna neochlazovaná
SO ₋	- stěna ochlazovaná
STR ₋	- strop
TV	- teplá voda
VV	- odpadní vzduch
ZVT	- zemní výměník tepla
ZZT	- zpětné získávání tepla

13 Seznam příloh

Příloha 1 - Tepelné ztráty nízkoenergetického domku

TABULKY HODNOT VÝPOČTU TEPELNÝCH ZTRÁT

Příloha 2 – Tlakové ztráty, dimenzování potrubí

TABULKY HODNOT VÝPOČTU TLAKOVÝCH ZTRÁT VZDUCHOVODŮ
GRAFY MÍSTNÍ TLAKOVÉ ZTRÁTY VYBRANÝCH PRVKŮ POTRUBNÍ SÍTĚ
TABULKY VÝPOČTU TLAKOVÝCH ZTRÁT TEPLOVODNÍHO POTRUBÍ

Příloha 3 - Stavební podklady nízkoenergetického domku

A - 01 - R1 PŮDORYS 1. NP
A - 02 - R1 PŮDORYS 2. NP
B - 01 - R1 ŘEZ A - A
B - 02 - R1 ŘEZ B - B
B - 03 - R1 ŘEZ C - C
B - 04 - R1 ŘEZ D - D

Příloha 4 - Výkresová dokumentace teplovzdušné části topného systému

TZB 01 PŮDORYS 1. NP
TZB 02 PŮDORYS 2. NP
TZB 03 POHLED A - A
TZB 04 POHLED B - B
TZB 05 POHLED C - C

Příloha 5 - Výkresová dokumentace teplovodní části topného systému

TZB 06 PŮDORYS 1. NP - DOPLŇKOVÉ TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ
TZB 07 PŮDORYS 2. NP - DOPLŇKOVÉ TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ
TZB 08 SCHEMA ZAPOJENÍ - TEPLOVODNÍ ČÁST

Příloha 6 - Regulace

TZB 09 SCHEMA REGULACE SYSTÉMU

Příloha 7 - Dimenzování vzduchovodů

TZB 10 OZNAČENÍ ÚSEKŮ PRO DIMENZOVÁNÍ VZDUCHOVODŮ
TZB 11 OZNAČENÍ ÚSEKŮ PRO DIMENZOVÁNÍ VZDUCHOVODŮ

Příloha 8 - Dimenzování potrubí teplovodní části systému

TZB 12 OZNAČENÍ ÚSEKŮ - DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ TEPLOVODNÍ ČÁSTI

