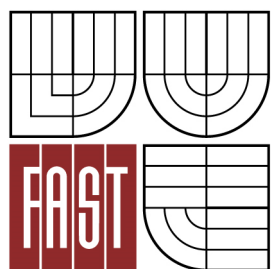




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

ANALÝZA EFEKTIVITY VZT SYSTÉMŮ RODINNÝCH DOMŮ

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF VENTILATION SYSTEMS OF HOUSES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

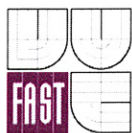
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JANA ŠOŠOLÍKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV VÝSKALA, Ph.D.

BRNO 2016




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T038 Management stavebnictví (N)
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení


ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Jana Šošolíková
Název	Analýza efektivity VZT systémů rodinných domů
Vedoucí diplomové práce	Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2015
Datum odevzdání diplomové práce	15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015


.....
doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

SMOLA, Josef. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2011, 352 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.

PREGIZER, Dieter. Zásady pro stavbu pasivního domu. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 126 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2431-7.

TYWONIAK, Jan. Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Cílem práce je definovat pasivní dům z hlediska pořizovacích a provozních nákladů a provést srovnání s běžnou výstavbou se zaměřením na posouzení efektivity VZT zařízení.

Předpokládaná osnova práce:

1. Požadavky na výstavbu pasivního domu,
2. Energetická náročnost budov,
3. Soustavy TZB v domech s nízkou energetickou náročností,
4. Analýza investičních nákladů RD,
5. Analýza provozních nákladů RD.

Očekávaným výstupem práce je srovnání a vyhodnocení efektivity používání VZT zařízení v rodinných domech.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....
Ing. Miloslav Výskala, Ph. D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá analýzou efektivity vzduchotechnických systémů. Klíčovým pojmem práce jsou soustavy TZB v domech s nízkou energetickou náročností. V této nejrozsáhlejší kapitole jsou objasněny pojmy: vzduchotěsnost, větrání, klimatizace, vytápění a příprava teplé vody. Cílem práce je definovat pasivní dům z hlediska pořizovacích a provozních nákladů včetně systému větrání a provést srovnání se systémy aplikovanými v běžné výstavbě se zaměřením na posouzení efektivity vzduchotechnických zařízení.

Klíčová slova

Pasivní dům, energetická náročnost, vzduchotechnické systémy, investiční náklady, provozní náklady, doba návratnosti.

Abstract

This Master's thesis deals with the analysis of the effectiveness of ventilation systems. The key concept of the thesis is HVAC system in buildings with low energy demand. In the most comprehensive chapter are some concepts clarified: air tightness, ventilation, air conditioning, heating and hot water preparation. The aim of the thesis is to define passive house in terms of acquisition and operating costs, including the ventilation system and to make comparison with systems applied in conventional construction with focusing on assessment of effectiveness of ventilation equipment.

Keywords

Passive house, energy consumption, ventilation systems, investment cost, operating cost, payback time.

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Jana Šošolíková *Analýza efektivity VZT systémů rodinných domů*. Brno, 2016. 99 s., 39 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10.1.2016

.....
podpis autora

Bc. Jana Šošolíková

Poděkování:

Děkuji panu Ing. Miloslavu Výskalovi, Ph.D. za vedení diplomové práce, cenné rady, ochotu a za čas, který mi věnoval.

Obsah

1 Úvod.....	12
2 Požadavky na výstavbu pasivního domu	14
2.1 Historie pasivních domů	14
2.2 Charakteristika pasivního domu.....	14
2.3 Zastavovací podmínky lokality	15
2.4 Tvarové řešení budovy	16
2.5 Stavební konstrukce	16
2.5.1 Tepelná izolace.....	16
2.5.2 Obvodové stěny.....	17
2.5.3 Podlahy a základy	18
2.5.4 Střechy	19
2.5.5 Okenní konstrukce	20
2. 6 Tepelná ochrana	21
2.7 Tepelné mosty	22
2.8 Vzduchotěsnost	23
2.8.1 Hodnocení vzduchotěsnosti	24
2.8.2 Nejčastěji hodnotící veličiny.....	24
3 Energetická náročnost budov	26
3.1 Porovnávací ukazatele.....	26
3.2 Energetická náročnost budovy v souladu s vyhláškou č. 148/2007 Sb.	27
3.3 Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií.....	30
4 Soustavy TZB v domech s nízkou energetickou náročností.....	31

4.1 Větrání.....	31
4.1.1 Přirozené větrání	31
4.1.2 Nucené větrání	34
4.2 Větrací zařízení nuceného větrání.....	34
4.2.1 Podtlakové větrání s pouze nuceným odvodem vzduchu	34
4.2.2 Lokální větrání s rekuperací tepla.....	35
4.2.3 Centrální systémy s nuceným přívodem a odvodem vzduchu.....	37
4.3 Klimatizace	38
4.3.1 Tepelná zátěž.....	38
4.3.2 Systémy na bázi chladiva.....	39
4.3.3 Vodní systémy.....	41
4.4 Vytápění	42
4.4.1 Základní pojmy	42
4.4.2 Paliva a zdroje tepla	43
4.4.3 Nízkoteplotní otopná soustava	43
4.4.4 Podlahové a stěnové vytápěcí systémy	44
4.4.5 Kotle na pevná paliva ve spojení s akumulací nádrží	44
4.4.6 Krby, krbová a kachlová kamna.....	45
4.4.7 Tepelná čerpadla	46
4.5 Příprava teplé vody	49
4.5.1 Tepelné ztráty a cirkulace	49
4.5.2 Zpětné získávání tepla.....	49
5 Doba návratnosti	51
5.1 Prostá doba návratnosti	51

5.2	Diskontovaná doba návratnosti	51
5.3	Nevýhody ukazatele doby návratnosti	51
6	Analýza investičních nákladů RD.....	52
6.1	Všeobecná charakteristika rodinného domu	52
6.2	Technická charakteristika stávajícího vzduchotechnického zařízení.....	56
6.3	Rozpočet stávajícího vzduchotechnického zařízení.....	57
6.4	Technická charakteristika nového vzduchotechnického zařízení	59
6.5	Rozpočet nového vzduchotechnického zařízení	63
6.6	Zhodnocení investičních nákladů uvažovaných vzduchotechnických systémů....	64
7	Analýza provozních nákladů RD.....	66
7.1	Energetická náročnost rodinného domu.....	66
7.1.1	Vytápění	66
7.1.2	Větrání.....	67
7.1.3	Příprava teplé vody	68
7.2	Provozní náklady rodinného domu	68
7.2.1	Vytápění	68
7.2.2	Větrání.....	69
7.2.3	Ohřev teplé vody	70
7.2.4	Stanovení ceny provozních nákladů.....	71
7.3	Energetická náročnost rodinného domu s nově navrženým vzduchotechnickým zařízením	72
7.3.1	Provozní režimy jednotky DUPLEX	72
7.3.2	Spotřeba energie.....	76

7.4 Provozní náklady rodinného domu s nově navrženým vzduchotechnickým zařízením	78
7.4.1 Stanovení ceny provozních nákladů.....	81
7.5 Chlazení rodinného domu	82
7.6 Zhodnocení uvažovaných vzduchotechnických systémů.....	83
7.6.1 Prostá doba návratnosti	83
7.6.2 Stávající vzduchotechnické zařízení	86
7.6.3 Nově navržené vzduchotechnické zařízení	87
7.7 Dotace	88
7.8 Vyhodnocení energetické náročnosti RD.....	90
8 Závěr.....	91

1 Úvod

Výstavba rodinných i bytových domů prochází postupným vývojem, stejně tak jako ostatní stavby a obory. Dříve domy měly netěsná okna a fungoval zde systém větrání spárami, tedy infiltrací. Z důvodu požadavku na snížení nákladů pro vytápění dochází k výraznému zateplování budov a výměně oken za těsná. Nyní nastává problém s větráním. Uživatelé domu většinou nevětrají tak často, jak zateplená budova bez okenních spár potřebuje a současný stav v mnoha případech neodpovídá požadavkům, které by umožňovaly zdravé vnitřní prostředí. Dochází k zvyšování relativní vlhkosti a někdy se tvoří i plísně. Existuje mnoho systémů nuceného větrání, které svým provozem dostatečně snižují koncentraci CO₂, vlhkost a vznik plísní eliminují.

Nízkoenergetické a pasivní domy jsou již dlouho diskutovaným tématem a neustále si získávají pozornost veřejnosti. Mnoho odborníků se zabývalo a stále zabývá jejich výhodami, nevýhodami, kvalitou bydlení a v neposlední řadě dobou návratnosti vložených investic.

Hlavním důvodem, proč se tyto domy začaly stavět, je nesporně jejich výrazně nižší spotřeba tepla na vytápění oproti obvyklé výstavbě. Ceny za energie rostou a z toho důvodu je přirozeně stále větší snaha provozní náklady snížit. Poptávka i nabídka nízkoenergetických staveb samozřejmě vzrostla.

Nízkoenergetické i pasivní stavby jsou finančně náročnější než obvyklá výstavba, záleží na konkrétních faktorech, jako je například použitý materiál, zdroj vytápění atd. Pro tyto domy se navrhuje různé technologie (nucené větrání, systémy vytápění apod.), které prochází neustálým vývojem a modernizací.

Tato diplomová práce se zabývá analýzou efektivity vzduchotechnických systémů. Nejdříve jsou popsány požadavky na výstavbu pasivního domu. Dále je pozornost věnována energetické náročnosti, kde je vysvětlena energetická bilance a průkaz energetické náročnosti budov. Klíčovým pojmem práce jsou soustavy TZB v domech s nízkou energetickou náročností. V této nejobsáhlejší kapitole jsou objasněny pojmy: vzduchotěsnost, větrání, klimatizace, vytápění a příprava teplé vody.

Pro praktickou část byl zvolen samostatně stojící rodinný dům se zahradou v obci Rapotín. Dle průkazu energetické náročnosti byla tato budova zařazena do třídy B, tedy jako úsporná.

Cílem práce je definovat pasivní dům z hlediska pořizovacích a provozních nákladů vč. systému větrání a provést srovnání se systémy aplikovanými v běžné výstavbě se zaměřením na posouzení efektivity vzduchotechnických zařízení.

V první části bude popsána charakteristika stávajícího systému nuceného větrání ve vybraném objektu. Bude vytvořen položkový rozpočet zařízení včetně montáže a doplňujících ostatních položek. Po té bude navržen nový vzduchotechnický systém s rekuperací pro větrání pasivních domů. Pro názornost zde bude doplněno schéma včetně legendy a technické charakteristiky. V dalším kroku bude vytvořen rozpočet na nový stav a následně se provede zhodnocení investičních nákladů.

V druhé části budou zjišťovány provozní náklady zvoleného rodinného domu na mechanické větrání, vytápění a ohřev vody. Pro srovnání budou libovolně vybráni tři dodavatelé energií. Bude provedeno zhodnocení provozních nákladů stávajícího systému větrání a větrání s rekuperací. Pro zhodnocení provozních nákladů byly některé potřebné údaje odborně odhadnuty.

Závěrem práce bude výpočet doby návratnosti vzduchotechnického zařízení a celkové zhodnocení stávajícího a nově navrženého systému a u obou případů budou doplněny výhody a nevýhody.

Tato diplomová práce má poukázat na to, že nejdůležitější nejsou pouze pořizovací náklady, ale i provozní náklady, jejichž cena se neustále zvyšuje. Dále jaká je reálná cena energií rodinného domu a zda je pasivní dům pro uživatele výhodný.

2 Požadavky na výstavbu pasivního domu

2.1 Historie pasivních domů

Zájem o pasivní domy se dle [1] zvedl v průběhu 80. a 90. let. V té době vědci z Německa začínají zkoumat, zda principy pasivních staveb lze přenést pomocí nejnovějších technologií do jiných klimatických podmínek

Zmínka o pasivních domech je i v chladných oblastech. Dle [1] byly na Islandu již od středověku konstruovány hlínou, mechem a trávou dobře izolované domy, které umožňovaly minimalizovat tepelné úniky. Tyto stavby postrádaly odpovídající okna nebo větrání.

Zajímavým příkladem využívajícím principy pasivního domu, který řešil již i tyto otázky, byla výzkumná loď polárníka Fridtjofa Nansena s názvem Fram. Její boky a stropy byly zatepleny bezmála čtyřiceti centimetry různých izolačních materiálů (dehtovanou plstí a korku) a okna byla vyrobena s trojitým zasklením. Podle Nansenových zápisků tak nebylo třeba v interiéru topit, ať již byla venkovní teplota plus 5 °C nebo minus 30 °C a o veškeré vyhřátí vnitřního prostoru se dokázala postarat petrolejová lampa. Nutné větrání pak bylo řešeno za pomoci směrování menších plachet směrem na ventilátor, který v případě potřeby vháněl do interiéru čerstvý vzduch. [1]

Poslední krok k pasivnímu energetickému standardu byl ale udělán v Německu v rámci mezinárodní výzkumné skupiny zkoumající potenciál širšího budování pasivních domů. Výsledkem se stala série čtyř testovacích domů v Hessensku, které začaly být od roku 1991 normálně obývány. Data z jejich fungování a chování jejich obyvatel ukázala výhody řešení pasivních domů, které stavělo na všech zde zmíněných předchozích zkušenostech a dalo základ standardu pasivního domu v podobě, jak jej známe dnes. [1]

Jak ale uvádí sami výzkumníci z Institutu pasivního domu v Darmstadtu, pasivní domy nebyly nikým "vynalezeny", princip jejich fungování byl spíše "objeven" a pokrok v technice umožnil jeho jednoduché rozšíření do celého světa. [1]

2.2 Charakteristika pasivního domu

Pasivní dům využívá tzv. pasivní tepelné zisky v budově. Mezi vnější zisky patří sluneční záření, které prochází okny dovnitř domu a za vnitřní zisky je označováno teplo, které vyzařují lidé a spotřebiče. Základním principem těchto staveb je zamezení tepelných ztrát a není zde již nutné navrhovat obvyklou otopnou soustavu.

Pasivní stavby lze považovat za podskupinu mezi nízkoenergetickými stavbami. Na nízkoenergetické domy nejsou kladeny tak vysoké požadavky jako na pasivní. Dle ČSN 730540:2 roční měrná potřeba tepla na vytápění u obvyklých novostaveb je v rozmezí 80–140 kWh/(m²a), u nízkoenergetických staveb nepřesahuje hodnotu 50 kWh/(m²a) a u pasivních není tato hodnota vyšší než 15 kWh/(m²a).

Tabulka 2.1 – Součinitele prostupu tepla pro běžný, nízkoenergetický a pasivní dům [2]

Součinitel prostupu tepla U [W/m ² .K]	Běžné novostavby (ČSN 73 0540-2)		Nízkoenergetický dům	Pasivní dům
	Požadované	Doporučené	Doporučené	
Obvodové stěny těžké	0,38	0,25	0,19	0,15
Obvodové stěny lehké	0,30	0,20	0,15	0,12
Střecha plochá šikmá do 45°	0,24	0,16	0,12	0,12
Podlaha nad exteriérem	0,24	0,16	0,12	0,12
Podlaha na terénu	0,45	0,30	0,20	0,15
Okna	1,70	1,20	0,80	0,80

2.3 Zastavovací podmínky lokality

Řešení samotného návrhu pasivního domu je stejně důležité jako specifické danosti lokality a jsou rozhodujícím faktorem k předurčení kvality i provozních nákladů užívání stavby.

Při umístění objektu na pozemku a jeho návrhu je již ve stádiu navrhování potřeba zohlednit určující faktory lokality:

- orientaci vzhledem ke světovým stranám se zřetelem na dopad slunečního záření během roku,
- míru zastínění okolní zástavbou, zelení nebo terénní konfigurací včetně dynamických faktorů, tj. možností zahuštění zástavby nebo růstu okolní vegetace,
- topografii terénu s ohledem na orientaci svahu na slunečnou stranu, vliv větru na vrcholu kopce nebo tvorbu tzv. jezera studeného vzduchu v údolních oblastech,
- povětrnostní poměry v lokalitě - vliv převládajících větrů, eliminace ochlazovacího účinku umístěním domu do závětrí vegetace, terénní vlny nebo okolní zástavby, případně natočení objektu v závislosti na směru větru,
- vodní plochy v okolí zabezpečující zmírňování teplotních výkyvů lokálního klimatu v zimě i v létě. [3]

2.4 Tvarové řešení budovy

Nejvhodnější tvar pasivních domů je bez výčnělků a výstupů. Kompaktní stavby se snáz realizují a jsou i finančně méně náročné. Vícepodlažní a řadové budovy jsou značně výhodnější než samostatně stojící dům.

Tvarové řešení budovy je definováno poměrem mezi ochlazovanou plochou obvodových konstrukcí budovy A (m^2) a obestavěným prostorem V (m^3). Budova by měla mít podle možností co nejmenší poměr A / V . [3]

2.5 Stavební konstrukce

2.5.1 Tepelná izolace

Silná vrstva tepelné izolace musí být součástí každého pasivního domu. Za pomoci této izolace lze dosáhnout velmi nízké spotřeby tepla a nedochází k tak velkým tepelným ztrátám.

Tabulka 2.2 – Doporučené tloušťky tepelné izolace pro pasivní domy [3]

Stavební prvek	Tloušťka izolace
Obvodová stěna masivní (např. děrovaná cihla 25 cm)	34 cm
Obvodová stěna lehká (např. rámová konstrukce 16 cm)	44 cm
Střecha/strop k půdě (např. železobetonový strop)	40 cm
Stěny a stropy k nevytápěnému prostředí/zemině	26 cm
Podlaha k exteriéru (např. železobetonový strop)	36 cm

V tabulce 2.2 jsou uvedeny doporučené tloušťky tepelných izolací pro pasivní domy. Čím je tloušťka tepelné izolace silnější, tím lze dosáhnout větší úspory tepla.

Výhody kvalitního zateplení:

- snížení tepelných ztrát a výrazné navýšení teplotního komfortu,
- snížení rizika plísně zvýšením vnitřní povrchové teploty,
- menší namáhání nosné konstrukce atmosférickými vlivy,
- odstranění typických tepelných mostů a vazeb,
- snížení přehřívání budovy v letním období,
- redukce tloušťky nosného systému (zejména u zděných staveb). [4]

2.5.2 Obvodové stěny

Při návrhu skladeb konstrukcí pasivních domů musí být zvážena jejich proveditelnost za běžných podmínek a spoje i detaily musí být velmi dobře navrženy a následně zrealizovány.

Stavební systémy pasivních domů se zásadním způsobem neliší od obvyklé výstavby. Pasivní stavby se navrhují např. jako zděné stavby s kontaktním zateplovacím systémem, masivní nosné konstrukce v kombinaci s prefabrikovanými lehkými obvodovými prvky nebo jako ryze lehké stavební systémy.

Doporučený součinitel prostupu tepla pro obvodové stěny pasivního domu je uveden v tabulce 2.1.

2.5.3 Podlahy a základy

Pasivní domy se obvykle navrhují jako nepodsklepené a to z důvodu úspory nákladů nebo kvůli vyloučení náročnějších konstrukčních opatření.

Při zohlednění tepelně izolačního účinku zeminy se teplo ztrácí tím více, čím je podlaha na terénu menší. [3]

Doporučený součinitel prostupu tepla pro podlahy pasivního domu je uveden v tabulce 2.1.

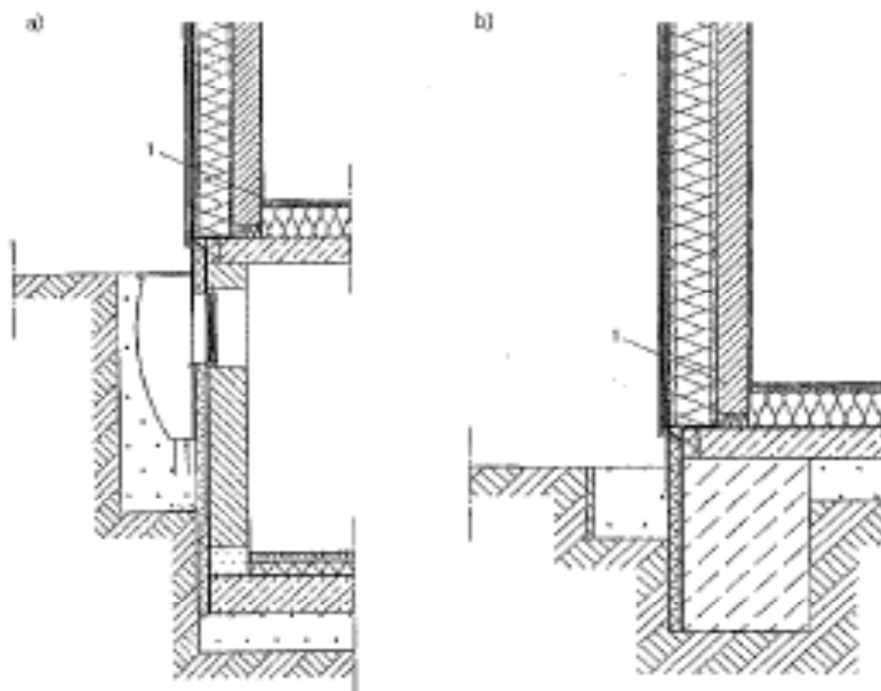
Umístit tepelně izolační vrstvu podlahy lze několika způsoby, nejčastěji se realizuje nad hydroizolací. Podle způsobu uložení podlahové krytiny na nosnou konstrukci:

- plovoucí podlaha na potěru – uložení tvrzených desek (např. z EPS),
- plovoucí podlaha na násypu – nasypání volné izolace (např. perlitu, keramzitu),
- samonosná podlaha – vyplnění dřevěného roštu rohožemi (minerální vlnou, lanem, celulózou) a jeho překrytí bedněním (OSB, sádrovláknité, cementotřískové desky). [3]

U podsklepených domů je vhodné navrhnout tepelnou izolaci nad stropní konstrukcí pod nevytápěným prostorem, čímž se zamezí tepelným ztrátám (obrázek 2.1a).

Čelo základového pasu nebo desky musí být opatřeno po celé délce tepelnou izolací a to až do hloubky, kde nedochází k zamrznutí podkladu. Mezi tepelně vodivou svislou nosnou konstrukcí a podlahovou deskou musí být navržen tepelně izolační pás např. XPS, pěnové sklo nebo pórobeton (obrázek 2.1b).

Stavba se navrhuje tak, aby nedocházelo ke styku srážkové nebo stékající vody v oblasti základů a podlahy.



Obrázek 2.1 – Detail soklové části pasivního domu, a) podsklepený, b) nepodsklepený [3]

2.5.4 Střechy

Pro pasivní stavby lze navrhnout jakoukoli střechu. Z důvodu vysokých požadavků z hlediska energetické náročnosti není vhodné volit prvky, které mají složité detaily napojení a izolování. Střecha by měla být jednoduchá, kompaktní a bez zbytečných vikýřů a úžlabí.

Nejvýhodnější střecha pro pasivní dům je plochá nebo pultová se severním sklonem a to z důvodu menší ochlazované plochy a zároveň jsou pro realizaci nejjednodušší.

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro střechy pasivních domů je $0,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (viz tabulka 2.1).

Podle [3] tepelné ztráty střechou představují asi 10 až 15 % celkových ztrát.

Pro možnost osazení kolektorů nebo fotovoltaických článků je potřeba zvážit orientaci střechy a zastínění. Fotovoltaika se navrhuje na jižní nezastíněné části střechy (obrázek 2.2).

Fotovoltaika je technologie pro přímou přeměnu slunečního záření na elektřinu. Jedná se o jediný zdroj elektřiny bez pohyblivých součástí. [5]

V současné době se fotovoltaika používá hlavně k ohřevu vody v bazénu a pro domácnost.



Obrázek 2.2 – Fotovoltaika [6]

2.5.5 Okenní konstrukce

Okenní konstrukce umožňují vnikání světla dovnitř budovy a zajišťují pasivní solární zisky. Okna musí být po celý rok zisková a ne ztrátová, jako jsou u běžných domů.

Pro pasivní domy se navrhují kvalitní rámy a trojitě zasklení, které se díky nízkému prostupu tepla neorosuje a již není potřeba pod okna navrhovat radiátory.

Velikost prosklení podle [3] by měla být do 40 % jižní fasády. Větší plochy oken způsobují v létě výrazné přehřívání.

K přehřívání interiéru lze zamezit různými opatřeními, některá mohou též bránit ochlazování za zimních nocí. Dříve byly využívány vnější okenice, po té vnější rolety. Nyní jsou nejběžnější záclony, ale jejich velkou nevýhodou je, že se zahřívají a fungují jako radiátor. Obdobně je to i u vnitřních žaluzií nebo rolet. Nejvýhodnější jsou venkovní žaluzie. Je nutné s nimi uvažovat již při návrhu konstrukce a celkového zasazení do fasády.

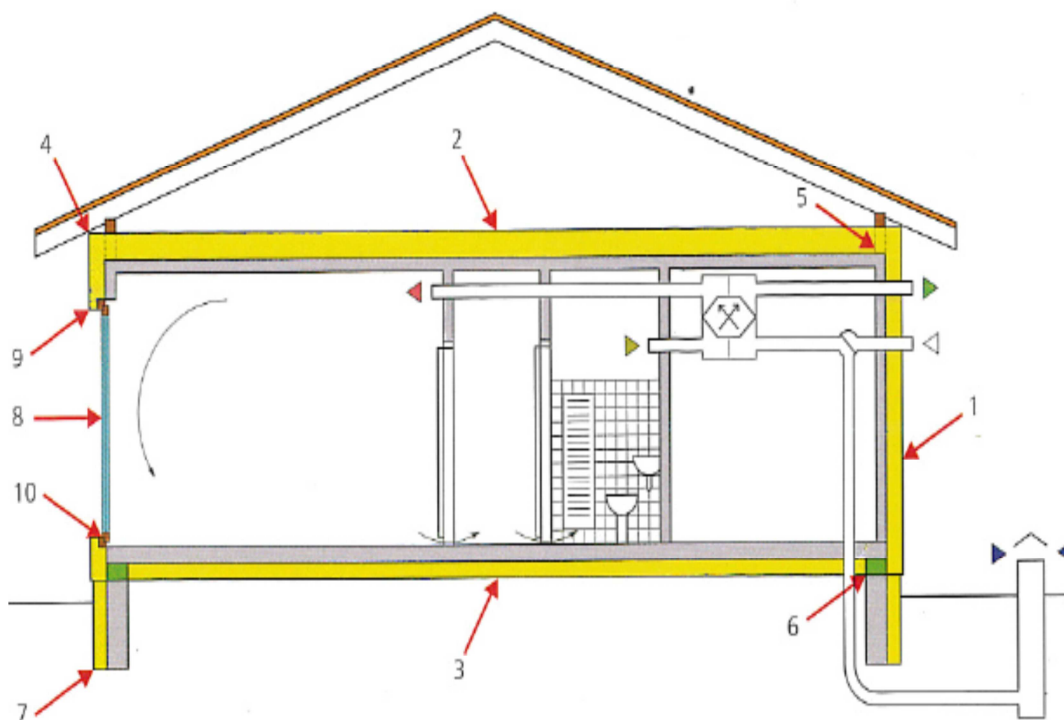
Při volbě oken pro pasivní domy je důležité:

- izolovaný rám okna a nízká pohledová výška,
- vysoká těsnost oken ve funkční spáře,
- kvalitní zasklení s výplní inertním plynem,
- dostatečná hodnota propustnosti slunečního záření,
- správné osazení okna do konstrukce a utěsnění při montáži,
- možnost stínění proti nadměrnému přehřívání v létě. [3]

Okenní rám je nejslabším prvkem celé obálky domu, protože nepřináší žádné zisky jen tepelné ztráty. Z toho důvodu musí být rám opatřen tepelnou izolací.

Nejdůležitějším požadavkem okenních konstrukcí je součinitel prostupu tepla. Tato hodnota je stále zpřísnována (viz tabulka 2.1).

2. 6 Tepelná ochrana



Obrázek 2.3 – Tepelná ochrana [3]

Na vnější stavební konstrukce pasivního domu – obvodové stěny (1), střechu nebo strop nad nejvyšším podlažím (2), strop nad nevytápěným prostorem, podlahu na terénu (3), okna a dveře – se kladou zvýšené tepelně technické nároky (obrázek 2.3). Při navrhování obvodových konstrukcí pasivního domu je třeba v zájmu potlačení tepelných mostů (viz kapitola 2.7) celou obalovou konstrukci budovy ohraničit nepřerušenu tepelně izolační vrstvou (4). Ta nesmí být přerušena ani v konstrukčních uzlech, proto se na těchto místech musí použít dilatační konstrukční prvek (5) nebo tepelné oddělení (6) masivních konstrukcí, např. únosným materiálem s nízkou tepelnou vodivostí. Důležitým prvkem tepelné ochrany je i dostatečné zateplení základových konstrukcí (7) (až po úroveň základové spáry). Pro pasivní domy byla speciálně využita trojskla (8). Okenní rámy se zásadně překrývají tepelně izolační vrstvou (9). Vynikající zasklení proto vyžaduje i rám (10) s výbornými parametry. [3]

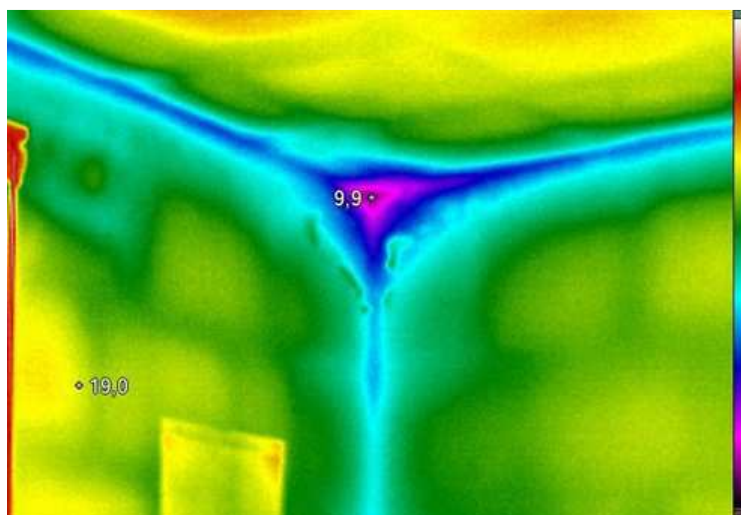
Základním úkolem pasivních domů je uchování tepla uvnitř budovy. Každá stavba v zimním období ztrácí svoje teplo do vnitřního prostředí. Pomocí kvalitního zateplení venkovních konstrukčních prvků lze velmi zvýšit teplotu vnitřních povrchů. Tato izolace dokáže zajistit i komfortní teploty v letním období, protože brání nežádoucímu vzestupu vnitřních teplot.

2.7 Tepelné mosty

Tepelný most je nežádoucí přímé spojení mezi interiérem a exteriérem stavby, kudy dochází k úniku tepla.

Tepelné mosty vznikají v místech napojení konstrukcí (zakládání, stropní konstrukce, pozednice, napojení oken a stavebních otvorů). Problematické jsou i místa, jejichž venkovní ochlazovaná plocha je výrazně větší oproti vnitřní vytápěné místnosti, jedná se například o rohy stavby. Je velmi pravděpodobné, že se v těchto místech začne srážet vzdušná vlhkost a vzniknou zde plísně.

Termosnímek dokáže odhalit mimo jiné vlhkost i plísně uvnitř domu, které škodí organismu a ohrožují naše zdraví. Pomocí termovizního měření v elektroinstalacích lze odhalit zahřívání kabelových rozvodů, zatížení zařízení, které mohou způsobit požár. V topné sezóně jsme schopni zjistit např. průtok jednotlivých radiátorů a také únik nebo poruchu v místech, kde nelze přímo vidět na rozvod topného tělesa. Specifickou záležitostí je i nález hnízd a cest od zvířat, jako jsou kuny nebo myši v konstrukcích domu. Živočichové nechávají tepelnou stopu a je možné je za pomoci termovize zaměřit. [7]



Obrázek 2.4 – Záběr termokamery na roh obvodových stěn, objekt není zateplen [7]

Na stěně uvnitř vytápěného objektu byl nalezen tzv. rosný bod, který způsobuje srážení vlhkosti a tvoření plísní (obrázek 2.4). Tyto místa jsou na lidský organismus s dlouhodobým užíváním nebezpečná. [7]

U veškerých staveb je snaha co nejvíce eliminovat tepelné mosty. Pasivní domy by měly být navrženy tak, aby tato místa vůbec nevznikala. Z toho důvodu jsou preferovány málo členité stavby bez výčnělků. Důležitým požadavkem je také aby tepelná izolace probíhala všude bez přerušení a pokud možno ve stejné tloušťce.

2.8 Vzduchotěsnost

Vzduchotěsnost můžeme chápat jako schopnost propouštět vzduch. Tuto schopnost můžeme sledovat u jednotlivých stavebních materiálů, stavebních prvků nebo také u obálky budovy jako celku, což je v praxi, při návrhu a výstavbě nízkoenergetických a pasivních domů ten nejčastější případ (často se jednoduše hovoří o vzduchotěsnosti budovy). [12]

Obvodové stavební konstrukce se vyrábí v současné době v ploše vzduchotěsné, stejně tak je to i parotěsných vrstev, které se vkládají do lehkých skládaných konstrukcí, jako jsou např. dřevostavby. V těžkých masivních konstrukcích jsou vzduchotěsné jiné vrstvy, jako jsou například omítky nebo vrstvy betonu. U spojů jednotlivých konstrukčních vrstev dochází k proudění vzduchu. Vzduchotěsnost obálky celé stavby je závislá na množství a nepropustnosti těchto spojů. Vzduch mohou propouštět i defekty v konstrukci např. trhliny v omítce. Obecně se tyto defekty označují jako lokální netěsnosti.

Tyto lokální netěsnosti můžeme rozdělit do dvou kategorií:

- záměrné (otvory záměrně navržené v obálce budovy z důvodu větrání),
- druhotné (netěsnosti, které vznikají neplánovaně a do značné míry nahodile jako chyby při návrhu a výstavbě budovy). [12]

Počet, umístění i vlastnosti záměrných netěsností jsou již při návrhu stavby známé. Opakem těchto netěsností jsou netěsnosti druhotné. U pasivních domů hrají velmi podstatnou roli, protože zvyšují tepelné ztráty budovy a z toho důvodu se snažíme jejich výskytu zabránit. Nelze je ani považovat za součást větracího systému.

2.8.1 Hodnocení vzduchotěsnosti

Průtok vzduchu netěsným prvkem V stoupá se zvětšujícím se rozdílem tlaku vzduchu na jeho vnitřním a vnějším líci. Tato závislost se nejčastěji vyjadřuje tzv. empirickou rovnicí proudění:

$$V = C \Delta p^n, \quad (2.1)$$

kde je:

C – součinitel proudění [$\text{m}^3 / (\text{h} \cdot \text{Pa}^n)$],

n – exponent proudění [bezrozměrný],

Δp – rozdíl tlaku [Pa]. [12]

2.8.2 Nejčastěji hodnotící veličiny

Pro hodnocení vzduchotěsnosti budov se nejčastěji používají intenzita výměny vzduchu n_{50} a vzduchová propustnost q_{50} :

$$n_{50} = V_{50} / V, \quad (2.2)$$

$$q_{50} = V_{50} / A_E, \quad (2.3)$$

kde je:

V_{50} – objemový tok při $\Delta p = 50$ Pa zjištěný měřením [m^3 / h],

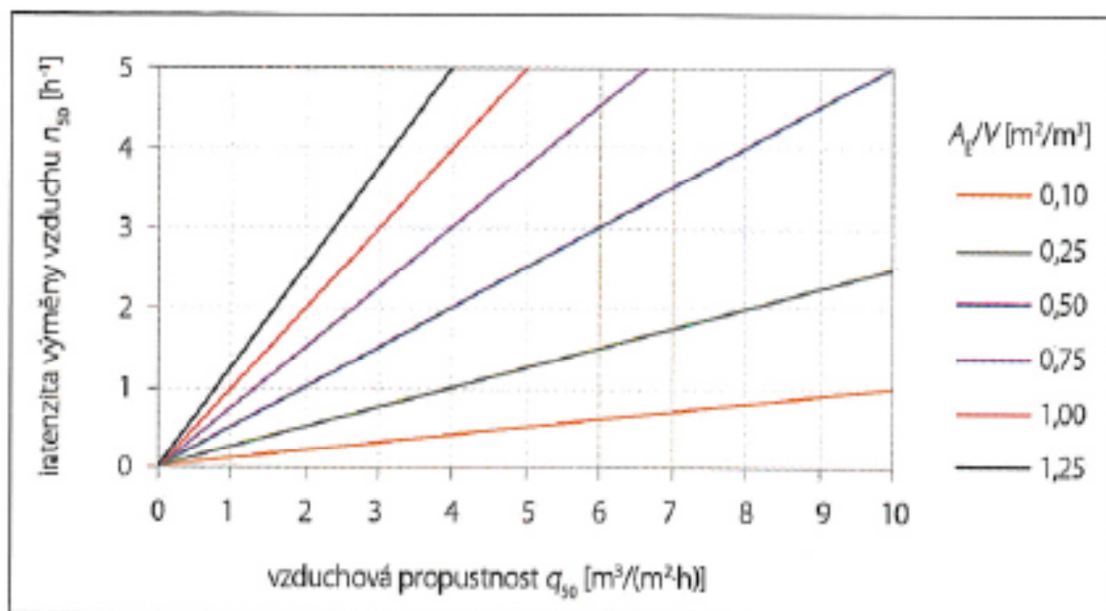
V – vnitřní objem budovy vypočítaný z vnitřních rozměrů [m^3],

A_E – plocha obálky budovy vypočítaná z celkových vnitřních rozměrů [m^2]. [12]

Mezi oběma veličinami platí tento převodní vztah:

$$n_{50} = (A_E / V) q_{50}. \quad (2.4)$$

Dosažení přísných limitních hodnot n_{50} bude v případě malých rodinných domů obtížné, neboť bude zapotřebí velmi těsných obalových konstrukcí s nízkou vzduchovou propustností q_{50} . U velkých budov bude dosažení stejné hodnoty n_{50} snazší, postačí konstrukce s vyšší vzduchovou propustností, tedy méně těsné (obrázek 2.3).



Obrázek 2.5 – Závislost intenzity výměny vzduchu n_{50} na vzduchové propustnosti q_{50} pro budovy s různým poměrem A_E/V [12]

3 Energetická náročnost budov

Energetická náročnost budov hraje významnou roli pouze při návrhu stavby nebo její rekonstrukci, kdy ji lze velmi ovlivnit.

Stanovení energetických potřeb objektu při jeho provozu je za pomoci výpočtových metod možné a podle způsobu výpočtu i přiměřeně přesné. Na počátku je nutno si uvědomit, jaké faktory budou energetickou potřebu objektu ovlivňovat.

Celková potřeba energie obytné budovy se bude skládat z potřeby:

- energie (tepla) pro vytápění,
- energie (tepla) pro větrání,
- energie pro chlazení, klimatizaci,
- energie (tepla) pro přípravu (ohřev) teplé vody,
- energie pro osvětlení,
- energie pro provoz spotřebičů (nezahrnuje se do energetického hodnocení budovy). [8]

V průběhu provozu domu budou tyto potřeby sníženy o tepelné zisky od:

- vnitřních zdrojů,
- slunečního záření. [8]

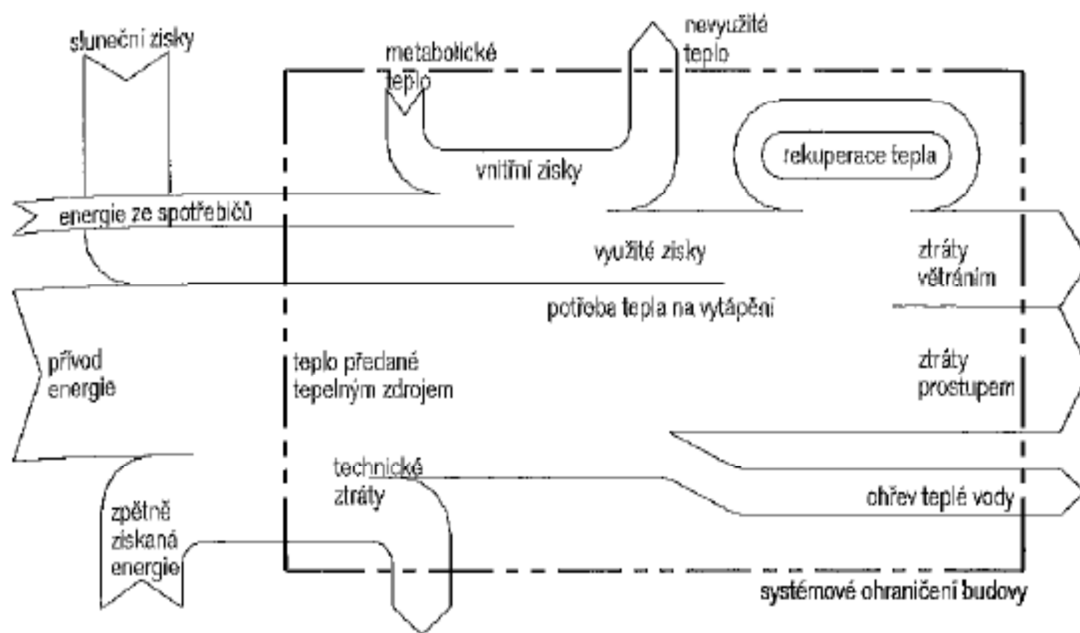
3.1 Porovnávací ukazatele

Z hlediska stavebního jsou porovnávací ukazatele splněny, pokud:

- konstrukce a jejich styky mají takový tepelný odpor, že na jejich vnitřní konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry ani růstu plísní,
- stavební konstrukce splní nejvýše požadovaný součinitel prostupu tepla,
- funkční spáry vnějších výplní otvorů (oken, balkonových a vstupních dveří) mají nejvýše normový požadavek součinitele průvzdušnosti,
- budova nepřesahuje hodnotu požadovaného průměrného součinitele prostupu tepla,
- podlahové konstrukce vyhoví požadavku poklesu dotykové teploty podlahy,
- místnosti splňují požadavky tepelné stability v letním a zimním období,
- uvnitř stavebních konstrukcí nedochází ke kondenzaci vodní páry nebo jen v množství neohrožujícím jejich funkci po dobu předpokládané životnosti. [8]

3.2 Energetická náročnost budovy v souladu s vyhláškou č. 148/2007 Sb.

Stavba splňuje požadavky na energetickou náročnost, jestliže má energetickou náročnost nižší než budova referenční stejného druhu.



Obrázek 3.1 – Systémové ohraničení a energetická bilance budovy [8]

Nejpřesněji lze energetickou náročnost budovy stanovit bilančním hodnocením, což znamená rozdělením po časových intervalech, obvykle měsíčních. Každý měsíc je z hlediska exteriéru charakterizován referenčním dnem s odpovídajícími klimatickými daty. Pro měsíční časové intervaly a jejich součtem pro celý rok lze stanovit dílčí spotřeby energie (pro vytápění, mechanické větrání, klimatizaci a chlazení, přípravu teplé vody a osvětlení) a jejich roční měrné hodnoty ($\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$). Metodiky posuzování v sobě zahrnují i další vlivy na spotřeby energií, jako například účinnost zdrojů a distribuce, vnitřní zisky, zisky ze slunečního záření, spotřebu pomocné energie pro provoz čerpadel, ventilátorů a dalších zařízení, poměry mezi výkonem a příkonem u tepelných čerpadel apod. Bilance musí zhodnocovat všechny faktory, které v daném typu budovy v průběhu roku spotřeby energií daných systému ovlivní. Energetickou náročnost lze ovlivnit instalací systému využívajících obnovitelné zdroje (solární kolektory, fotovoltaické panely, tepelná čerpadla) nebo kombinované výroby elektřiny a tepla. [8]

Měrná spotřeba energie budovy se vypočítá podle vztahu:

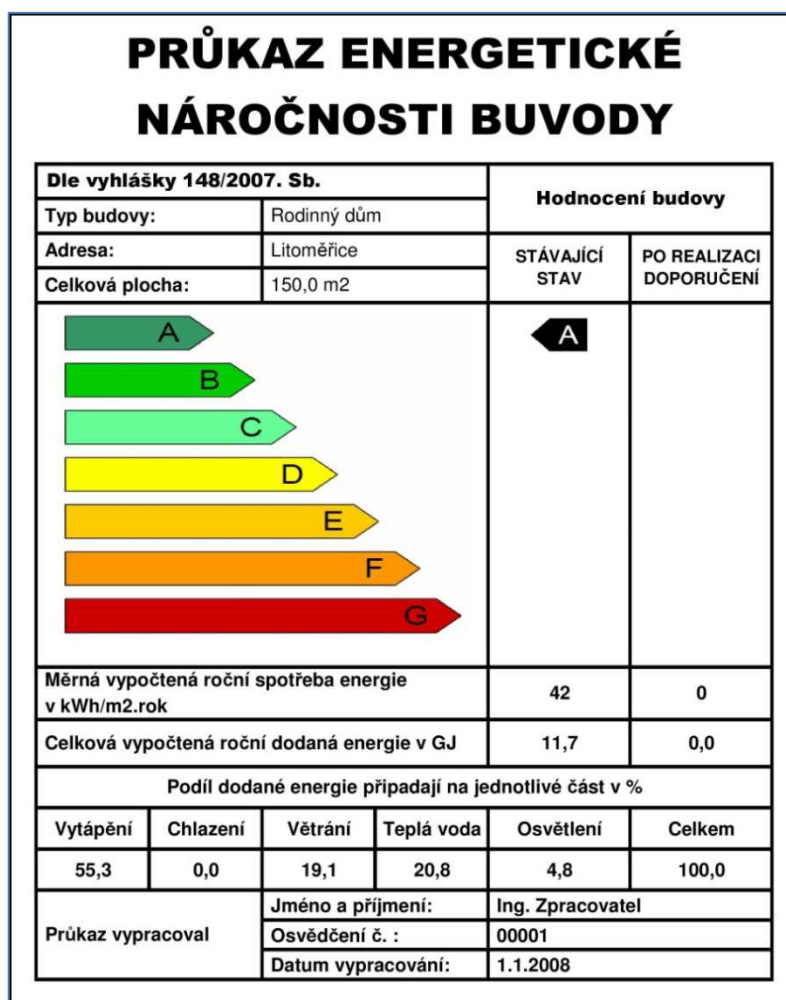
$$E_{PA} = 277,8 E_p / A_c, \quad [\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}] \quad (3.1)$$

kde je:

E_p – celková roční dodaná energie na systémové hranici budovy [$\text{GJ} \cdot \text{a}^{-1}$],

A_c – celková podlahová plocha [m^2]. [8]

Energetickou náročnost budov lze vyhodnotit pomocí průkazu energetické náročnosti (obrázek 3.2), jedná se o obdobu energetických štítků, které jsou uvedeny například na ledničkách nebo jiných spotřebičích. Průkaz energetické náročnosti udává všechny spotřebované energie budovy v provozu. Podle množství spotřebované energie se budovy řadí do příslušné třídy.



Obrázek 3.2 – Průkaz energetické náročnosti budovy [9]

Zařazení do třídy energetické náročnosti se provádí dle [35] na základě porovnání s tzv. referenční budovou.

Referenční budovou je výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy. Referenčními hodnotami jsou zpravidla požadované hodnoty vycházející z aktuálně platných tepelně technických norem. Zjednodušeně lze říct, že referenční budova představuje vyhovující třídu C, budovy lepší spadají do tříd A nebo B, horší budovy z energetického posouzení vyjdou jako nevyhovující – třídy D až G. [35]

Zařazení do jednotlivé třídy je pak na základě násobku hodnoty budovy referenční, podrobněji v následující tabulce.

Tabulka 3.1 – Třídy energetické náročnosti budov [35]

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy		Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy
	Energie	U_{em}	
A	$0,5 \times E_R$	$0,65 \times E_R$	Mimořádně úsporná
B	$0,75 \times E_R$	$0,8 \times E_R$	Úsporná
C	E_R		Vyhovující
D	$1,5 \times E_R$		Nevyhovující
E	$2 \times E_R$		Nehospodárná
F	$2,5 \times E_R$		Velmi nehospodárná
G	horší		Mimořádně nehospodárná

Cílem zavedení průkazu energetické náročnosti je snaha snížit spotřebu energií. Tyto průkazy jsou základním faktorem při prodeji domů. Neúsporné domy a byty mají cenu nižší, naopak úsporné stavby jsou více vyhledávány a cena je vyšší.

Průkaz energetické náročnosti je podle [9] platný 10 let.

3.3 Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií

Již od 1. 1. 2009 je stavebník, vlastník nebo společenstvo vlastníků jednotek podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií povinen zajistit splnění požadavků na energetickou náročnost budovy a doložit jej průkazem. [11]

Tato povinnost je však od 1. ledna 2013 přesněji specifikována. Stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek je povinen zajistit zpracování průkazu:

- při výstavbě nové budovy nebo při větší změně dokončené budovy,
- pro budovu užívanou orgánem veřejné moci,
 - o od 1. července 2013 (budova s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 500 m²),
 - o od 1. července 2015 (budova s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m²),
- pro užívané bytové domy nebo administrativní budovy. [11]

Od 1. ledna 2013 je rovněž stanovena povinnost vypracování PENB v případě prodeje a pronájmu nemovitostí. Podle § 7a odst. 2 zákona je totiž vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek povinni zajistit zpracování průkazu:

- při prodeji budovy nebo ucelené části budovy,
- při pronájmu budovy,
- od 1. ledna 2016 při pronájmu ucelené části budovy. [11]

4 Soustavy TZB v domech s nízkou energetickou náročností

Při návrhu domu s nízkou energetickou náročností musíme velmi dbát na systémy technických zařízení budov. Špatně zvolený systém může energetické potřeby zvyšovat. Zařízení a systémy musí splňovat požadavky nízkoenergetických domů. Každý systém TZB má určité prostorové požadavky a nelze jej umístit na jakékoli místo. O umístění zařízení se rozhoduje již v prvních fázích projektu, musí být splněny pokyny pro umístění a veškeré ostatní předpisy.

Rozhodnutí investora pro plánovaný systém v domě bývá nejčastěji podle doby návratnosti zařízení.

4.1 Větrání

Větrání budov je důležité z potřeb dýchání lidí a z důvodu odvádění vlhkosti z objektu, odvádí se i uvolňující se látky z vybavení interiéru, barev, čisticích prostředků, zplodiny hoření vznikající u plynových sporáků při vaření a další. U novostaveb je důležité odvést vlhkost, která je zabudovaná. V neposlední řadě větrání dokáže snížit koncentraci radonu, která se do stavby dostane z podloží.

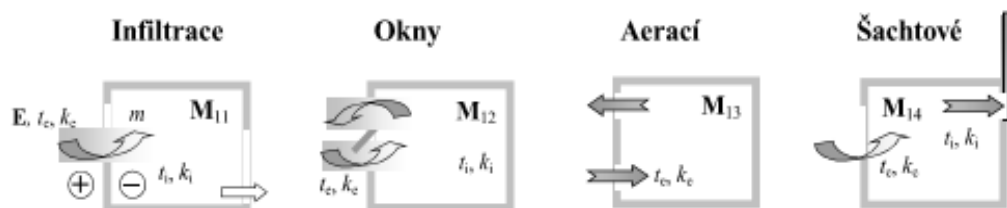
4.1.1 Přirozené větrání

Přirozené větrání lze definovat jako výměnu vzduchu ve vnitřním prostoru vlivem tlakového rozdílu, který je vyvolán účinkem přírodních sil vznikajících teplot nebo dynamickým účinkem větru. [13]

Výměna vzduchu představuje přívod jistého množství vnějšího vzduchu náhradně vzduchu vnitřního. Nutná množství vyplývající ze zákonných předpisů, event. ČSN či doporučení. [13]

Základní veličina pro stanovení přirozeného větrání je průtok vzduchu. K jeho zjištění se vychází z rozložení tlaku po výšce budovy, vyvolaného oběma zdroji přirozeného větrání.

Přirozené větrání se dělí na větrání infiltrací, aerací, okny, šachtové a šachtové s větrací hlavicí. Principiální schéma je na obrázku 4.1. [13]



Obrázek 4.1 – Schéma systémů přirozeného větrání [13]

Větrání infiltrací

Jako větrání infiltrací je označována výměna vzduchu spárami otvíravých oken či venkovních dveří nebo vlivem netěsností stavebních konstrukcí.

Exfiltrace představuje samovolné unikání vzduchu z budovy účinkem přetlaku v budově spárami. Zdrojem přetlaku je nucený přívod vzduchu do místnosti vzduchotechnických zařízení. [13]

Větrání aerací

Tento způsob přirozené výměny vzduchu je zajištěn pomocí otvorů umístěných v místnosti nad sebou. Při jiné teplotě exteriéru a interiéru dochází k rozdílu tlaku.

Větrání okny

Jedná se o výměnu vzduchu, kdy je zapotřebí rozdílná teplota interiéru a exteriéru a samozřejmě působení větru. Větrání okny je označováno jako základní prostředek větrání u menších místností.

Mikroventilací bývá označován systém, který umožňuje nastavit okenní křídlo do polohy, kdy mezi rámem a křídlem vznikne spára, která slouží jako infiltrace.

Šachtové větrání

Jako další způsob přirozeného větrání se uvádí šachtové větrání, kdy je vzduch do místnosti přiváděn pomocí přívodní sací šachty napojené na vnější prostředí, nebo je do exteriéru nad střechem budovy odváděn odváděcí výtlačnou šachtou. Další možností je, že je vzduch přiváděn i odváděn otvory, které se nachází ve svislých průduchách a tím je zabezpečen přirozený odvod škodlivin.

Šachtové větrání využívající dynamický účinek větru

Pro šachtové větrání využívající dynamický účinek větru je vhodné použít pro zvýšení jeho efektu samotahové hlavice a větrací turbínu, viz obrázek 4.2. Tyto elementy se nachází na střeše stavby a to na vyústění odváděcí šachty.

Ventilační turbína je typem větrací hlavice, která využívá působení větru k vytvoření sacího účinku. V době bezvětří je zapotřebí k vyvolání sacího efektu termodynamický vztlak teplého vzduchu, který otáčí rotorem turbíny a vytváří ve větrací šachtě trvalý podtlak. Konstrukce turbíny zabraňuje vzniku srážek do šachty. Pohled na typickou větrací hlavici na obrázku 4.2. [13]



Obrázek 4.2 – Větrací turbína [13]

Analýza systému přirozeného větrání

Velkou výhodou přirozeného větrání jsou dle [14] minimální pořizovací náklady a téměř nulová finanční náročnost na provoz. V podstatě se jedná o nejjednodušší a nejlevnější variantu.

Nevýhodou přirozeného větrání je dle [15] malá účinnost systému v těsných objektech. Při větrání je třeba zabezpečit nejen přívod vzduchu, ale i jeho odvod. Znečištěný vzduch se odvádí výstupními větracími komíny (šachtami), čerstvý vzduch se dovnitř dostává otevřenými okny. Trvalé otevření oken není vhodné kvůli tepelným ztrátám budovy. Další nevýhodou je nemožnost řízení systému větrání. Výměna vzduchu je tím intenzivnější, čím je venkovní prostředí chladnější. Méně intenzivní je u teplejšího venkovního prostředí. Proto je velmi obtížné kontrolovat množství přiváděného vzduchu, který se navíc nijak neupravuje (filtrací, ohřevem). Otevřená okna způsobují v chladném období nepříjemný průvan.

4.1.2 Nucené větrání

Kde není možné zajistit přirozené větrání, musí být zrealizováno nucené. Toto větrání je obvyklou součástí pasivních domů. Každý navržený systém by měl zajistit kvalitu vnitřního prostředí.

K úsporám energie v systému nuceného větrání dochází z těchto důvodů:

- množství vzduchu je relativně přesně dávkováno, uživatel nemá důvod větrat trvale pootevřeným oknem apod.,
- u systému s řízeným přívodem vzduchu bude pravděpodobně použito energeticky účinného zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu,
- systém je možné kombinovat s dalšími prvky, jako jsou zemní výměníky tepla. [16]

4.2 Větrací zařízení nuceného větrání

Systémy pro nucenou výměnu vzduchu mohou zajišťovat výměnu vzduchu pouze pro jednu či několik místností nebo objekt jako celek. Z tohoto hlediska je lze rozdělit na:

- lokální (decentrální) – zajišťuje větrání jedné místnosti,
- centrální (ústřední) – zajišťuje větrání skupiny místností nebo celého bytu či domu,
- systémy s nuceným odvodem vzduchu (podtlakové),
- systémy s nuceným přívodem i odvodem vzduchu (rovnotlaké). [8]

4.2.1 Podtlakové větrání s pouze nuceným odvodem vzduchu

Podtlakové větrání s pouze nuceným odvodem vzduchu se navrhuje například v kuchyních, koupelnách, WC. Vzduch z vnitřního prostředí je odváděn do venkovního prostředí pomocí ventilátoru. Přívod vzduchu je zajištěn otvory v obvodovém plášti budovy, k místu odvodních prvků se vzduch dostane skrz dvevní spáry nebo mřížkami, které jsou situované ve stěně nebo ve dveřních křídlech. Přívod čerstvého vzduchu do místnosti lze přivést pomocí zabudovaných prvků v obvodové konstrukci nebo může být řešen i v konstrukcích rámu oken.

Tento systém na realizaci je jednoduchý, ale obvykle je neregulovatelný. Při odvodu opotřebovaného vzduchu ventilátorem dochází ke ztrátě nevyužitého tepla. Veškeré tepelné ztráty větráním musí být pokryty otopným systémem.

4.2.2 Lokální větrání s rekuperací tepla

Rekuperace = zpětné získávání tepla. Přiváděný venkovní čerstvý vzduch prochází přes rekuperační výměník uvnitř vzduchotechnické jednotky, do kterého z druhé strany vstupuje teplý odpadní vzduch z objektu. Oba proudy vzduchu jsou od sebe dokonale odděleny soustavou kanálků, aby nedocházelo ke zpětnému průniku pachů z odváděného do přívodního vzduchu. Přes stěny kanálků je teplo z odpadního vzduchu předáváno do přívodního, který je tak předehříván. Rekuperační výměníky dosahují vysokých účinností předání tepla, běžně kolem 90 %. [10]

Účinnost rekuperace = účinnost zpětného získávání tepla = využití odpadního tepla pro předehřev chladného, čerstvého vzduchu. Účinnost rekuperace je udávána v procentech:

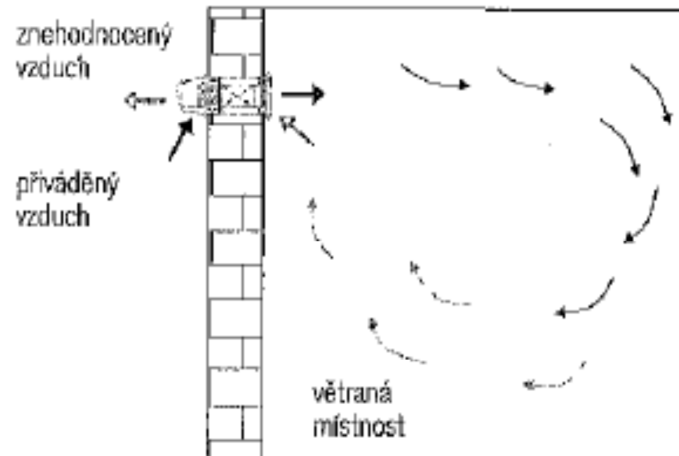
- Nulová účinnost – je účinnost otevřeného okna. Teplý vzduch je bez užitku odváděn a studený, čerstvý vzduch je přiváděn do místnosti, která se rychle ochlazuje až na venkovní teplotu.
- Stoprocentní účinnost (technicky nerealizovatelné) – by byla tehdy, pokud by se přiváděný vzduch ohřál od odváděného na jeho původní teplotu. Místnost by byla větrána bez ztráty energie.
- Reálná účinnost – se pohybuje u běžné dostupných vzduchotechnických zařízení od 30 do 90 %, přičemž účinnost nad 60 % se považuje za dobrou, nad 80 % za špičkovou. [10]

Lokální větrání s rekuperací tepla se navrhuje do jednotlivých místností, které jsou propojeny přímo s venkovním prostředím. Tento systém zajišťuje nepřetržitou výměnu vzduchu. Do místnosti je přiváděn předehřátý a filtrovaný vzduch. Součástí jednotek je ventilátor, rekuperační výměník a filtry.

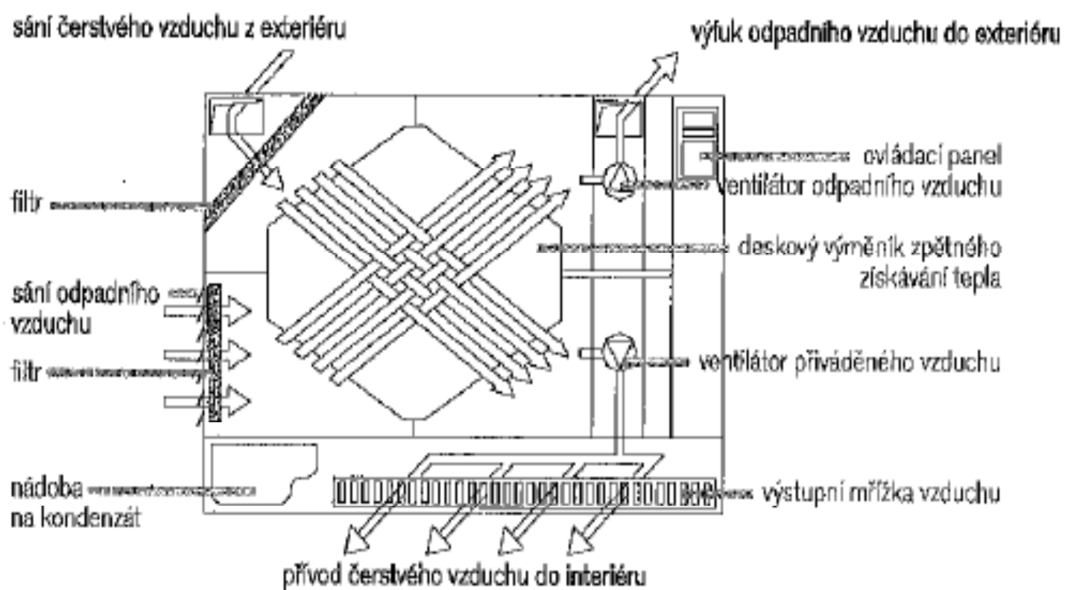
Objekt musí být vybaven systémem pro vytápění, který v zimním období pokrývá tepelnou ztrátu prostupem a část tepelné ztráty větráním (podle účinnosti rekuperace). Využití rekuperace k předehřevu venkovního přiváděného vzduchu pro větrání přináší úsporu energie. [8]

Podle umístění rozlišujeme:

- jednotky pro zabudování do obvodových stěn (obrázek 4.3),
- parapetní rekuperační jednotka (obrázek 4.4). [8]



Obrázek 4.3 – Rekuperační větrací jednotka pro zabudované stěny [8]



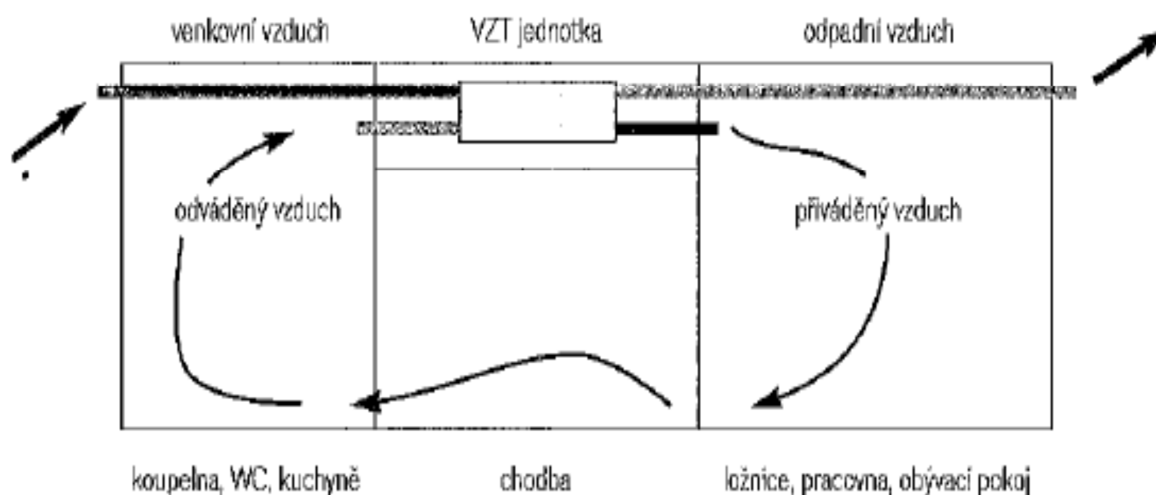
Obrázek 4.4 – Skladba vnitřní parapetní rekuperační jednotky [8]

Velkou nevýhodou lokálního větrání s rekuperací tepla je, že nedokáže zajistit větrání místností, které jsou uvnitř dispozice a nelze je přímo propojit s exteriérem. Obvykle se jedná o WC, koupelny, technické místnosti atd.

4.2.3 Centrální systémy s nuceným přívodem a odvodem vzduchu

Centrální soustavy s nuceným přívodem i odvodem vzduchu umožňují řadu výhod, jejichž využití vede jak k úsporám energetickým tak ovlivní žádoucím způsobem mikroklima objektu. Mezi nesporné přednosti patří:

- Regulace množství vzduchu z hlediska okamžité potřeby uživatele (na základě sledování čidel vlhkosti, oděrů, CO₂ nebo senzorů pohybu osob), výměnu vzduchu za jeho nepřítomnosti, za nepříznivých tlakových podmínek (při inverzích), odvod nejvíce znehodnoceného vzduchu.
- Filtrace – bezprašnost a pylová ochrana čerstvého vzduchu, při které jsou na tkaninových či elektrostatických filtrech zachycovány částice 1 až 3 mikrony s účinností 95–99 %. Filtrován je i cirkulační vzduch, pokud je využito směšování.
- Zpětné získávání tepla ze znehodnocovaného vzduchu (s účinností 60–80 %), využití tepelných zisků (oslunění, osob, osvětlení, zařízení atd.), neboť odvádíme vzduch, jehož teplota je zvýšená právě od těchto zdrojů. Systémy je možno doplnit o další prvky zisku solárního tepla (cirkulační okruhy přes prosklené pasivní zákryty – solární vzduchové kolektory, zimní zahrady, skleníky atd.).
- Optimalizovaná distribuce vzduchu v jednotlivých místnostech tak, aby bylo eliminováno riziko průvanu, úprava tlakových poměrů mezi místnostmi.
- Řízení maximální vlhkosti interiéru, minimalizace kolísání teplot v interiéru. Systémy lze doplnit o výměníky pro chlazení. Přiváděný vzduch můžeme ohřívat, případně i vlhčit. [8]



Obrázek 4.5 – Princip mechanického větrání zařízení s nuceným přívodem a odvodem vzduchu [8]

Na obrázku 4.5 je šipkami znázorněn princip mechanického větrání s nuceným přívodem a odvodem vzduchu. K odvodu dochází v místnostech, kde je nejvíce znehodnocený vzduch (hygienická zázemí, kuchyně, technická místnost atd.) a k přívodu naopak v obytných místnostech.

Nevýhodou tohoto systému jsou vyšší pořizovací náklady.

4.3 Klimatizace

Obecně je klimatizace zaměřována laickou veřejností pouze za chlazení. Pojem klimatizace v sobě zahrnuje veškeré možné úpravy vzduchu, tedy zajištění interního mikroklima (filtraci, ohřev, chlazení, zvlhčování, odvlhčování). Hlavním zástupcem tohoto systému jsou jednotky přesné klimatizace, které zajišťují přísné parametry v místnostech s požadovaným stálým prostředím např. serverovny.

Klimatizace = chlazení, nemusí zajišťovat větrání chlazeného prostoru. Jedná se pouze o lokální zařízení pracující s chlazeným nebo cirkulačním vzduchem. Pro svou chladicí funkci potřebují zdroj chladu (venkovní jednotka) a vnitřní jednotku pro distribuci chladu. Tyto jednotky jsou propojeny potrubím s chladícím médiem.

Jako chladícím médiem může být:

- vzduch (systém pracující s venkovním vzduchem, který má nižší teplotu než ten vnitřní),
- voda (systémy vodní),
- chladiivo (systémy chladiivové).

4.3.1 Tepelná zátěž

Pro návrh klimatizačního zařízení je potřeba spočítat jaké jsou tepelné zisky v letním období. Tyto zisky zvyšují teplotu uvnitř domu nad požadované maximum a označují se jako zátěž.

V létě je snaha tepelným ziskům co nejvíce zabránit a v zimě naopak tyto zisky využít, protože snižují potřebu tepla na vytápění.

Vnější tepelná zátěž proniká do místnosti zvenčí vlivem teploty vzduchu a slunečního záření a je tvořena:

- osluněním okny (zcela zásadní),
- tepelným tokem prostupem tepla venkovními stěnami (nevýznamné),
- infilrací a větráním (méně významné). [8]

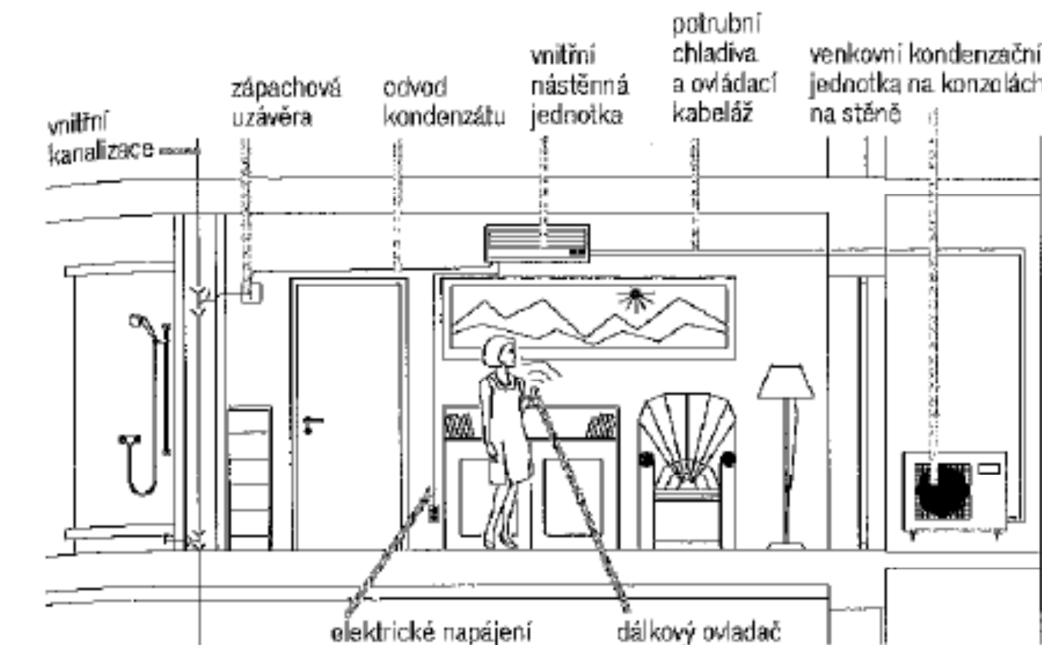
Vnitřní tepelná zátěž je tvořena vnitřními zdroji tepla a je to produkce tepla:

- od lidí,
- od svítidel,
- od ostatních zdrojů (elektrospotřebičů – televizor, počítač, lednička, mikrovlnka, trouba, mraznička atd.). [8]

4.3.2 Systémy na bázi chladiva

Split systémy

Split systém se skládá z jedné venkovní jednotky a jedné nebo více vnitřních jednotek (duo-split = dvě vnitřní jednotky, tri-split = tři vnitřní jednotky). Venkovní díl systému se navrhuje na střechu, terasu, k obvodové stěně apod. Tato jednotka se skládá z kompresoru, kondenzátoru, expanzního ventilu a ventilátoru. Vnitřní jednotka je složena z chladiče (výparníku), filtru vzduchu, ventilátoru a navrhuje se přímo do ochlazované místnosti. Podle umístění je rozlišujeme na podstropní, parapetní, nástěnné, kazetové a potrubní. Všechny díly splitu musí být propojeny dvěma izolovanými měděnými trubkami (kapalina/plyn) a komunikačním kabelem. U vnitřních jednotek při užívání klimatizace vzniká kondenzát, který se musí odvádět přes zápachovou uzávěrku do kanalizace.



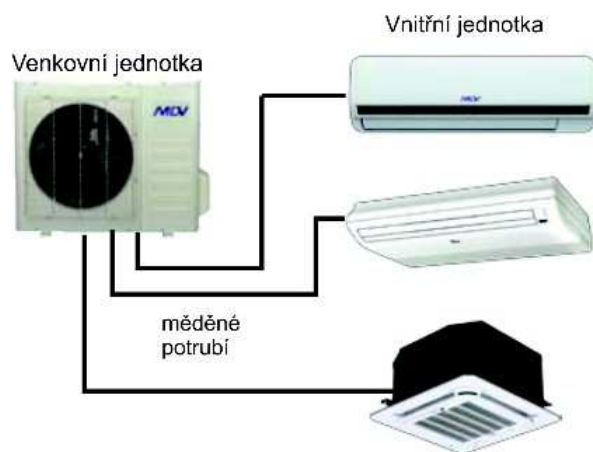
Obrázek 4.6 – Schéma prvku klimatizace Split [8]

Nevýhodou split systému je, že lze jednotky regulovat pouze stejně a z tohoto důvodu se navrhují pouze do jedné místnosti.

Multi-split a VRF systémy na bázi chladiva

Multi-split i VRF systémy mají více vnitřních jednotek, které jsou napojeny pouze na jednu venkovní jednotku.

Multi-split systém (obrázek 4.7) má jednu až pět vnitřních jednotek. Výhodou je, že lze aplikovat do více místností, protože všechny vnitřní jednotky jsou propojeny vlastním potrubím na venkovní jednotku.



Obrázek 4.7 – Multi-split [17]

Na VRF systém (obrázek 4.8) lze napojit až sto vnitřních jednotek. Na rozdíl od multi-splitu je VRF propojen s venkovní jednotkou pouze jedním společným potrubím. V místě napojení jsou umístěné tzv. refnety.



Obrázek 4.8 – VRF systém [18]

4.3.3 Vodní systémy

Chladicí stropy (stěny, podlahy)

Povrch stropu, stěny nebo podlahy se ochladí na příslušnou teplotu. Celý systém funguje tak, že do konstrukce se navrhnu potrubní rozvody nebo kapilární rohože. Jedná se o obdobu podlahového vytápění. Existují dva druhy chladících stropů a to otevřené a uzavřené.

Jednotky fan-coil

Jednotky fan-coil obsahují ventilátor s vodním výměníkem (chladič vzduchu) a filtr. Součástí může být i vodní výměník (ohřívač) nebo elektrická topná vložka. Jednotky zajišťují distribuci vzduchu pouze za předpokladu, jsou-li dopojeny potrubím přiváděného vzduchu z větrací jednotky.

Fan-coily lze umístit na podlaze, na stěně nebo pod stropem a mohou být vestavěné, volně stojící nebo zavěšené.

Tento systém je nejvíce rozšířený u administrativních budov a hotelů. Vodní chladicí systémy se pro rodinné domy nepoužívají z důvodu neekonomičtosti celého systému včetně výroby chladné vody.

Hlavní tepelné zisky vznikají osluněním. Pro snížení tepelných zisků během letního období využíváme převážně stínících prvků např. venkovních žaluzií. Pokud není možné vhodnými konstrukčními prvky tyto zisky dostatečně eliminovat, pak

chlazení prostor zajišťuje decentrální (lokální) chladicí systém nebo centrální zařízení (chlazení přiváděného vzduchu). V obou těchto případech je vzduch chlazen médiem na bázi chladiva.

4.4 Vytápění

4.4.1 Základní pojmy

Tepelná soustava – soustava, ve které se teplo vyrábí a dopravuje potrubím s teplovodním médiem nebo párou ke spotřebičům. Sestává ze:

- zdrojů tepla,
- rozvodů tepla (tvoří je tepelná síť, úpravny parametrů a tepelné přípojky),
- distribuce tepla. [19]

Rozsah tepelné soustavy může být meziměstský, městský, okrskový (areálový), objektový, etážový a bytový. Tepelná soustava může obsahovat jednu či více částí s různými úrovněmi teplot. Sériově řazená odběrná místa rozdělují tepelnou soustavu na část prvního řádu, část druhého řádu atd. [19]

Nízkoteplotní otopná soustava a přenosy tepla jsou uvedeny v kapitole 4.4.3

Vytápěcí soustava – soubor koncových částí tepelné soustavy určený pouze pro vytápění. Prostřednictvím spotřebičů tepla v jednotlivých místnostech zajišťuje předepsaný teplotní stav vnitřního prostředí. Začíná v tom místě tepelné soustavy, ve kterém jsou parametry teplotní látky upraveny pouze pro potřeby vytápění. V případě, že zdroj tepla dodává teplo pro vytápění, je vytápěcí soustava shodná s tepelnou soustavou. [19]

Ohřívací soustava – soubor koncových částí tepelné soustavy určený pro ohřev vzduchu, vody nebo technologické látky. [19]

Zdroj tepla – úplné zařízení, ve kterém se získává teplo pro tepelnou soustavu. Teplo se získává buď využíváním prvotní, nebo druhotné energie. Zdrojem tepla může být kotelna, teplárna, kogenerační zařízení, (vše se spalováním paliv), výměníky tepla, tepelná čerpadla, (vše druhotné teplo), tepelná čerpadla, sluneční kolektory (vše prvotní energie). V kotlích může také docházet k přeměnám energií, např. z elektřiny na teplo. [19]

Prvotní energie – energie obsažená v přírodě. Je obnovitelná nebo uložená ve fosilních palivech. [19]

Druhotné teplo – vzniká při technologické činnosti, např. při výrobě elektřiny, při větrání v odváděném vzduchu, při chlazení zdrojů energií či materiálů apod. [19]

4.4.2 Paliva a zdroje tepla

Zemní plyn – lze využít pro domy s nízkou energetickou náročností jako palivo. Klasické kotle jsou pro tyto domy velmi předimenzovány, z toho důvodu se navrhuje kotel tak, aby výkonově odpovídal nízkým potřebám tepla. Nejvhodnější zdroj tepla je kondenzační kotel.

Dřevo, dřevní hmoty a biomasa – jsou obnovitelným zdrojem a jejich ekologická zátěž má pozitivní hodnocení. Využití je ovlivněno dostupností typu paliva a skladovacím prostorem investora. Nejčastěji se používá dřevo a to ve formách polen, štěpků, lisovaných pilin v podobě pelet a briket.

Elektrická energie – vytápět nízkoenergetické domy elektrickou energií ze sítě se nedoporučuje a to díky nepříznivé bilanci primární energie.

Elektrická energie je hnací energií u kompresoru tepelného čerpadla (mění se na teplo, které využíváme), u akumulčních zásobníků topné vody může být zdrojem dohřevu, u solárních systémů pro teplou vodu může v zimním nebo některých dnech přechodného období dobíjet zásobník teplé vody, u větracích nebo teplovzdušných systémů může být v jednotce elektrický ohřívač vzduchu. Je poháněcí energií prvků zařízení TZB (čerpadel, ventilátorů apod.). Ve vztahu k domům nulovým či s určitou energetickou soběstačností bude nutností si alespoň část elektrické energie vyrábět, například s využitím fotovoltaických systémů. [8]

4.4.3 Nízkoteplotní otopná soustava

Každá otopná soustava má k dispozici zdroj tepla, otopné plochy, potrubní rozvod, expanzní a pojistné zařízení, armatury, čerpadla atd. Teplonosným médiem je obvykle otopná voda, podle které se dělí vodní soustavy na teplovodní a nízkoteplotní. Způsoby oběhu otopných soustav dělíme na samotížný a s nuceným oběhem.

Pro domy s nízkou energetickou náročností jsou nejvhodnější systémy s nuceným oběhem a nízkou teplotou otopné vody. Podle [8] je nízká teplotní otopná soustava definována teplotou do 65 °C, ale i tato teplota je pro úsporné domy vysoká. Vyhovující teplota topné vody je pod 50 °C a to v závislosti na zdroji tepla na otopné ploše.

Otopná plocha systému ústředního vytápění je ta část, která předává teplo vyrobené zdrojem do jednotlivých místností. Přenos tepla se z hlediska fyzikálního uskutečňuje vedením přes konstrukční stěnu tělesa a do prostoru je teplo předáváno prouděním a sáláním. Sdílení se děje všemi uvedenými způsoby, ale v různém poměru složek. Převažuje-li sálání, jsou tělesa nazývána sálavými plochami. Při převažující konvekci (proudění) nazýváme tělesa konvekčními. [8]

Mezi konvekční tělesa řadíme tělesa článková, desková, trubková a konvektory. Většina článkových těles se vyznačuje velkým objemem teplé vody a dlouhou tepelnou setrvačností. Pro instalaci v úsporných domech nejsou vhodná. Nejvíce používaným typem jsou tělesa desková. [8]



Obrázek 4.9 – Deskové otopné těleso [20]

4.4.4 Podlahové a stěnové vytápěcí systémy

Otopnou plochou tvoří stavební konstrukce. V závislosti na umístění trubních rozvodů se jedná o podlahu nebo stěnu. Teplota otopné vody je nízká a díky tomu jsou podlahové a stěnové systémy vhodné spojit s alternativními zdroji tepla nebo kondenzačními kotly. Výhodou těchto systémů je především minimalizace cirkulace vzduchu a díky tomu nedochází k víření prachu.

4.4.5 Kotle na pevná paliva ve spojení s akumulací nádrží

Výkonové parametry kotlů na pevná paliva u úsporných rodinných domů neodpovídají požadavkům objektů. Kotle mohou mít jeden výkonový stupeň nebo řízený výkon v určitém rozmezí. Nejmenší výkony kotlů na pevná paliva začínají u 10 kW, nejběžnější typy mají výkonové parametry okolo 20–25 kW. Tyto výkony jsou pro potřeby nízkoenergetických domů vysoké, ve spojení s akumulací tepla do topné vody (zásobníku) je však můžeme použít. [8]

4.4.6 Krby, krbová a kachlová kamna

Krby nebo krbová kamna se v současné době opět navrhují do rodinných domů. Umísťují je obvykle do obývacích pokojů v přízemí. Většinou jde o nezávislý druhý zdroj tepla.

Podle [8] výkony krbových kamen a vložek začínají u 6 kW. Tato hodnota je pro domy s nízkou energetickou náročností více než dostatečná.

Místnost, kde se nachází krb nebo kamna musí mít dostatečný objem a přívod vzduchu z exteriéru. U novostaveb, které mají velmi těsná okna, lze realizovat pro přívod samostatné uzavíratelné potrubí. Nesmí dojít k narušení tahu komína a to zejména při zatápění.

Základní dělení krbů a kamen:

- teplovzdušná kamna a krby,
- kombinovaná sálavá a akumulční kamna,
- kachlová kamna,
- dvouplášťové krbové vložky,
- krbové vložky a kamna s teplovodním výměníkem,
- peletová kamna. [8]

U teplovzdušných krbů a kamen proudí vzduch kolem zahřáté zabudované vložky, ohřívá se a současně se sáláním vytápí okolní prostor. Je tedy lokálním topidlem pro danou místnost, v níž je umístěn. Kombinovaná sálavá a akumulční kamna pracují na podobném principu, ale navíc jsou oplášťená akumulčním materiálem, takže předávají teplo ještě delší čas po vyhasnutí. [8]

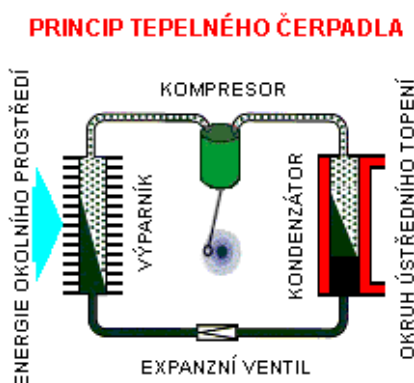


Obrázek 4.10 – Teplovzdušný krb [21]

4.4.7 Tepelná čerpadla

Pod pojmem tepelné čerpadlo se rozumí zařízení, které získává tepelné energie z obnovitelných přírodních zdrojů a to z vody, země a vzduchu. Obecně lze říct, že tepelné čerpadlo pracuje na obdobném principu jako chladicí zařízení.

Hnacím prvkem čerpadla je kompresor poháněný elektromotorem. Pracovním médiem je chladivo, které v chladícím okruhu cirkuluje a cyklicky mění své skupenství. Při styku výparníku s venkovním vzduchem nebo vodou dochází k odebrání potřebného tepla ze zařízení a chladivo přejde z kapalného stavu do plynného. Následně se zdroj tepla ochladí až o několik stupňů. Kompresor nasaje chladivo a po té jej stlačí. Při zvýšení tlaku dojde i ke zvýšení jeho teploty. Pracovní médium odevzdá své teplo v kondenzátoru do prostředí s vyšší teplotou (otopné vody, vzduchu). Následně změní chladivo své skupenství na kapalné. V expanzním ventilu se tlak změní opět na původní a celý oběh se znovu opakuje.



Obrázek 4.11 – Princip tepelného čerpadla [22]

Výhody při využívání tepelných čerpadel:

- Energetické – kompresorové tepelné čerpadlo poháněné elektřinou šetří průměrně 65 % elektřiny, která by byla ve srovnatelném případě spotřebována v elektricky vytápěném objektu.
- Ekologické – snížením spotřeby elektřiny se ve stejném poměru sníží spotřeba primárního paliva (uhlí) v uhelné elektrárně, a tím i emise z elektrárny.
- Ekonomické – uživatel tepelného čerpadla zaplatí za spotřebu elektřiny při stejné ceně jako u přímého elektrického vytápění v průměru o 65 % méně. [22]

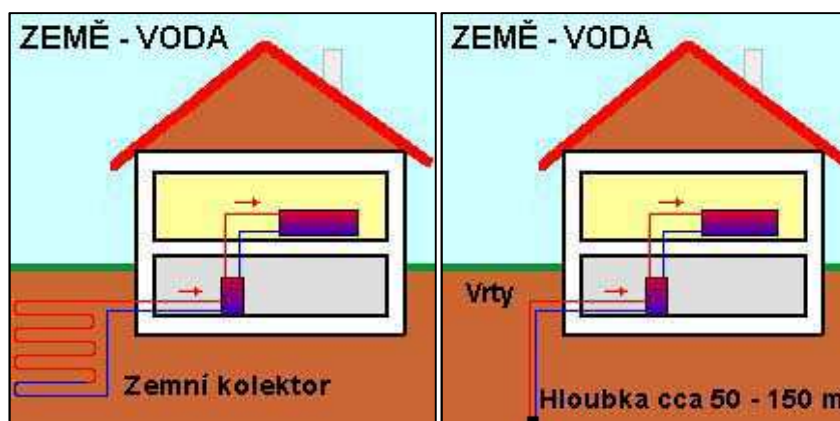
Tepelná čerpadla se dělí podle toho, z jakého obnovitelného zdroje je energie odebírána a do jaké látky dodávána:

- země – voda,
- voda – voda,
- vzduch – voda.

Tepelné čerpadlo země – voda

Tepelné čerpadlo země – voda získává tepelnou energii země a to pomocí zemního kolektoru nebo zemní sondy.

- Zdroj tepla: země (teplota země: -5 až $+17$ °C blízko povrchu země, $+8$ až $+12$ v cca 1,5 m hloubky).
- K dispozici: celoročně.
- Připojení: zemní tepelný výměník (trubky nebo sondy). [22]

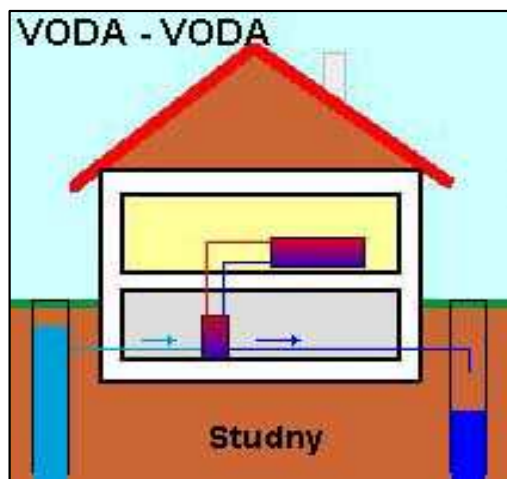


Obrázek 4.12 – Tepelné čerpadlo země – voda [22]

Tepelné čerpadlo voda – voda

Tepelné čerpadlo voda – voda získává tepelnou energii ze spodní vody. Podmínkou je, aby byla k dispozici v dostatečném množství a kvalitě.

- Zdroj tepla: spodní voda (teplota vody: $+7$ až $+12$ °C).
- K dispozici: celoročně.
- Předpoklady: povolení příslušného vodohospodářského orgánu, analýza vody, 2 studny, studnové čerpadlo, zemní práce.
- Instalace: v nezámrazném prostředí. [22]

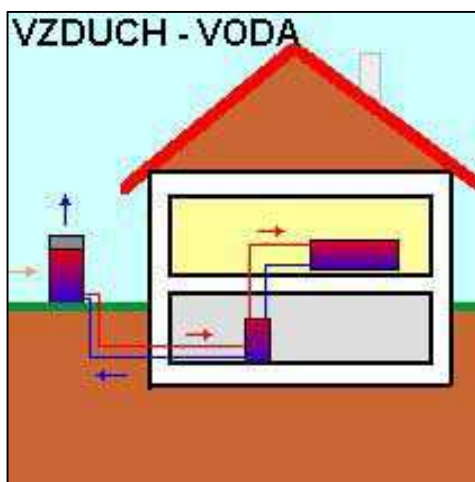


Obrázek 4.13 – Tepelné čerpadlo voda - voda [22]

Tepelné čerpadlo vzduch – voda

Tepelné čerpadlo vzduch – voda získává tepelnou energii z venkovního vzduchu. Při teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ lze využít energii i pro vytápění.

- Zdroj tepla: vzduch.
- K dispozici: bez omezení $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Předpoklady při venkovní instalaci: na místních podmínkách.
- Předpoklady při vnitřní instalaci: vzduchové kanály nebo vzduchové hadice, stavební práce. [11]



Obrázek 4.14 – Tepelné čerpadlo vzduch – voda [22]

4.5 Příprava teplé vody

Pro přípravu teplé vody je velmi důležité, aby veškerá zařízení a tepelné soustavy dokázaly zajistit teplou vodu v požadované teplotě, množství a hygienické kvalitě. Tepelné ztráty musí být minimální.

Potřeba tepla na přípravu teplé vody tvoří u obytných budov s nízkou potřebou energie významný podíl na celkové bilanci. Pro dosažení nízké energetické náročnosti přípravy teplé vody se doporučuje v maximální míře omezit tepelné ztráty zdroje přípravy tepelné vody a rozvodů, využívat zpětného získávání tepla z odpadní vody pro předeřev přiváděného studené vody a obnovitelných zdrojů tepla pro její celoroční přípravu. [12]

Možnosti zapojení zásobníku na vodu lze pomoci elektrické energie nebo solárního systému (kapitola 4.4.2 elektrická energie).

4.5.1 Tepelné ztráty a cirkulace

Tepelné ztráty u soustav teplé vody vznikají při ohřevu v zásobnících a ohřivačích nebo ztrátami rozvodu. Zásobníky teplé vody je nutné opatřit tepelnou izolací. Podle [12] požaduje vyhláška tepelné izolace zásobníků zhruba dvojnásobné tloušťky ve srovnání se zahraničními požadavky a požadavky evropských norem.

Nadměrným tepelným ztrátám na potrubí, v němž cirkuluje teplá voda, lze zabránit taktéž tepelnou izolací. Na krátkých rozvodech teplé vody není vhodné realizovat cirkulační rozvod. Na dlouhých rozvodech lze analýzou zvážit potřebu rozvodu nebo použití topných kabelů. Při realizaci cirkulačního rozvodu je vhodnější řídit jeho provoz časově.

4.5.2 Zpětné získávání tepla

Ke snížení energetické náročnosti přípravy teplé vody je např. využití tepla z odváděné odpadní vody pro předeřev přiváděného studené vody. Podle [12] lze běžným způsobem uspořit 20–50 % potřebné energie.

System využití tepla z odpadní vody může být řešen na několika úrovních, jednak jako:

- Centrální – zařízení pro zpětné získávání tepla je instalováno před vstupem studené vody do centrální přípravy teplé vody (např. zásobníku) a zvyšuje její teplotu.
- Decentrální – zařízení pro zpětné získávání tepla je umístěno přímo u zařizovacího předmětu (sprcha, umyvadlo). Mezi decentrální způsoby patří např. horizontální výměník umístěný pod sprchovým koutem, omývaný odcházející odpadní vodou a předehřívající studenou vodou do baterie, která se mísí s teplou vodou. Předehřev je funkční pouze v případě aktivního použití sprchy a zvýšení teploty se pohybuje okolo 10 K. [12]

5 Doba návratnosti

5.1 Prostá doba návratnosti

Dobou návratnosti rozumíme počet let, za které projekt vytvoří výnosy ve výši investovaných nákladů projektu. Pokud jsou výnosy v jednotlivých letech konstantní, lze dobu návratnosti stanovit jednoduchým podílem investičních nákladů a ročního výnosu:

$$DN = \frac{IC}{R}, \quad (5.1)$$

kde je:

DN – doba návratnosti součinitel proudění [v letech],

IC – investiční náklady [Kč],

R – výnosy [Kč]. [23]

V praxi se však většinou nesetkáváme s projekty, které by měly konstantní výnosy v jednotlivých letech hodnoceného období. Proto dobu návratnosti stanovujeme kumulativním načítáním ročních výnosů až do výše investičních nákladů. [23]

5.2 Diskontovaná doba návratnosti

Z pohledu časové hodnoty peněz je nutné opět jednotlivé peněžní toky diskontovat a porovnávat sumu diskontovaných toků s počátečními investičními náklady. Čím je doba návratnosti kratší, tím je investice hodnocena příznivěji. Postup výpočtu je shodný s prostou dobou návratnosti. Jedná se opět o kumulaci, tentokrát diskontovaných toků až do okamžiku, ve kterém se budou rovnat investičním nákladům. [23]

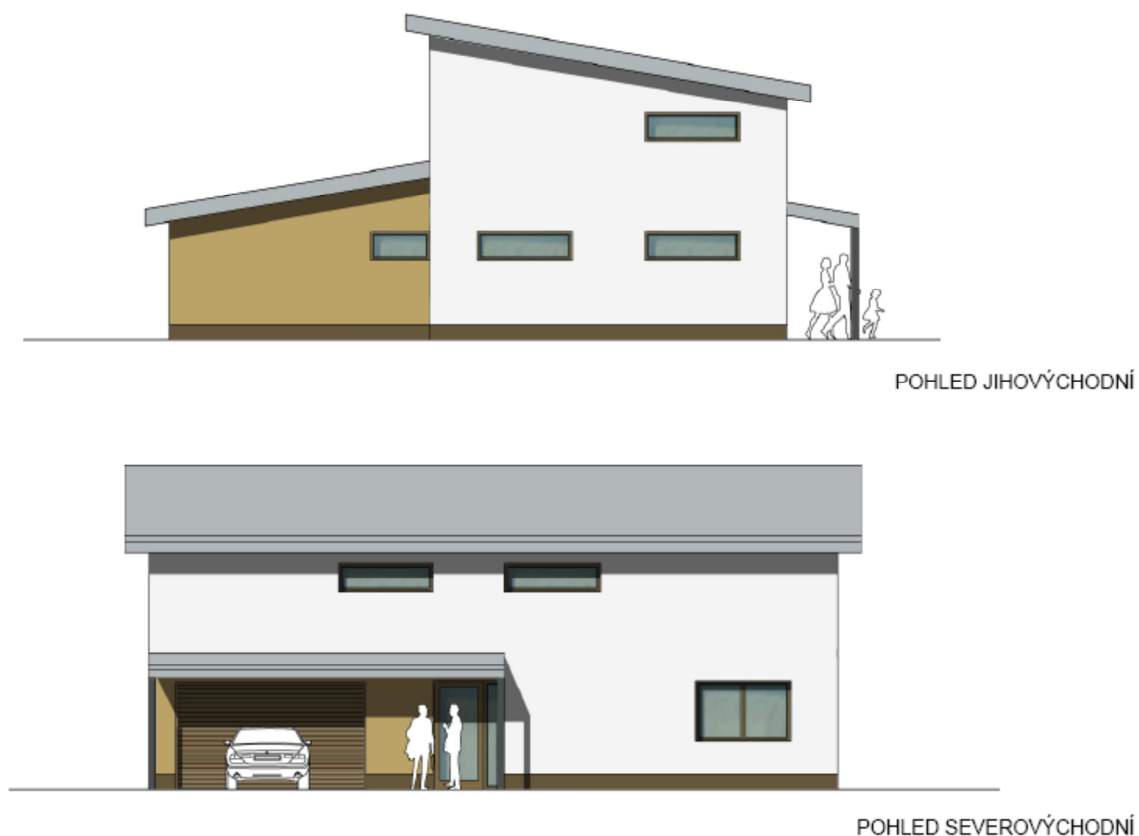
5.3 Nevýhody ukazatele doby návratnosti

Je nutné si uvědomit, že metoda doby návratnosti (prostá i diskontovaná) je používána vždy pouze jako doplňkový ukazatel při výběru investičních projektů. Ukazatel doby návratnosti totiž nebere v úvahu peněžní toky, které vznikají po době návratnosti. Mohlo by tedy dojít k situaci, že by byla vybrána investice více likvidní, ale méně efektivní. [23]

6 Analýza investičních nákladů RD

6.1 Všeobecná charakteristika rodinného domu

Rodinný dům o jedné bytové jednotce s garáží byl postaven v roce 2012 na parcele č. 2245/18 v k.ú. Rapotín. Příjezd a přístup k RD je zajištěn z přístupové komunikace parcele č. 2245/1 v k.ú. Rapotín, zpevněná plocha od komunikace k RD je ze zámkové dlažby a šterkového lože.



Obrázek 6.1 – Rodinný dům v Rapotíně

Dle průkazu energetické náročnosti (příloha č. 2) byla tato budova zařazena do třídy B, tedy jako úsporná. Dům splňuje veškeré požadavky nízkoenergetického standardu.

Tabulka 6.1 – Charakteristika ochlazovaných konstrukcí budovy

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² .K)]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H _T [W/K]
Obvodová stěna	255,8	0,17	43,5
Střecha	151,9	0,14	21,7
Podlaha	150,0	0,25	23,8
Otvorová výplň	49,8	0,87	43,2

Rodinný dům je osazen do rovinného terénu ve dvou vzájemně navazujících úrovních.

V přízemí rodinného domu se vstupuje přes krytý vstup do zádveří, z kterého je přístup do garáže pro osobní automobil a do chodby se schodištěm. Z chodby je přístup do obývacího pokoje s jídelním koutem a kuchyně se spíží, dále do pracovny, koupelny s navazující technickou místností a samostatného WC. Z obývacího pokoje a chodby je přístup na částečně krytou terasu. V podkroví rodinného domu je ze schodiště přístup do haly, z které se vchází do dvou pokojů, ložnice, šatny a WC se sprchou.

Dům využívá jedna rodina. Obytné místnosti jsou pro nejlepší oslunění orientovány na jihovýchod a jihozápad.

Založení zdiva a nosných prvků RD je navrženo na základových pasech a patkách. Základy v rostlém terénu (hl. založení v R.T. – 0,6 m) a základové patky jsou provedeny z monolitického betonu C16/20 XC2, nadzemní část základových pasů (mimo základových patek) je provedena z tvarovek ztraceného bednění BEST 40 a BEST 50.

Nosné obvodové zdivo RD je tvořeno cihelnými bloky HELUZ STI 30 broušená (P8) s celoplošným lepidlem. Obvodové zdivo je zatepleno v systému ETICS – STX. THERM ALFA s fasádním polystyrénem EPS tl. 140 mm.

Nosné vnitřní stěny v 1.NP jsou navrženy z cihelných bloků HELUZ STI 30 broušená (P8) s celoplošným lepidlem. V podkroví je zdivo oddělující pokoj od šatny navrženo z cihelných bloků HELUZ AKU 20 těžká (P20) na zdící maltu MC 10.

Příčky jsou navrženy z broušených cihelných bloků HELUZ 14 broušená na celoplošné lepidlo, z broušených cihelných bloků HELUZ 11,5 broušená na celoplošné lepidlo a z Ytong tvárnice tl. 150 mm, tl. 100 mm na Ytong maltu.

Strop nad 1.NP je navržen z keramických stropních nosníků HELUZ MIAKO a vložek HELUZ MIAKO 5/62,5. Výška zmonolitnění stropní konstrukce je 210 mm. Stropní konstrukci a věnce jsou betonované betonem tř. C 20/25.

Podhledy jsou navrženy z desek Knauf WHITE tl. 12,5 mm a RED tl. 12,5 mm, u všech podhledů tvoří parozábranu DELTA REFLEX PLUS.

Rodinný dům je zastřešen pultovými střechami. Krov je dřevěný, krytinu tvoří titanzinkový plech RHEZINK.

Okna a vstupní dveře jsou plastová VEKA ALPHALINE 90 s izolačním trojsklem – $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, VEKA SOFTLINE 70 AD s izolačním trojsklem – $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ a VEKA SOFTLINE 70 AD s izolačním dvojsklem (garáž).

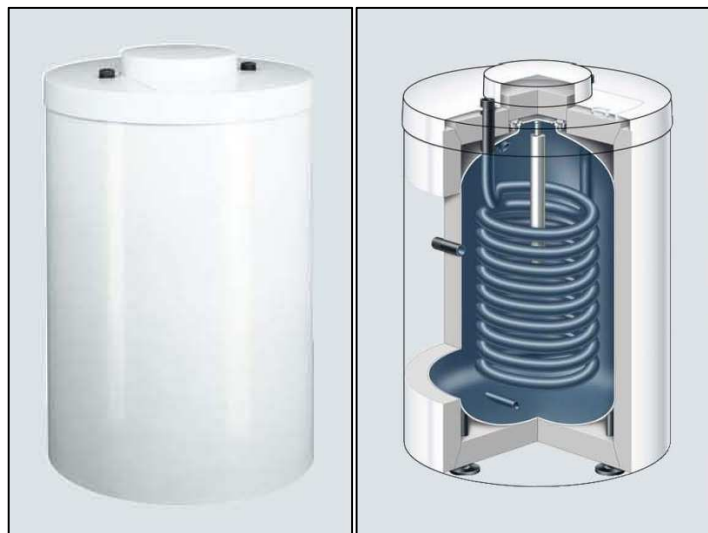
Z izolací proti zemní vlhkosti i jako protiradonová bariéra je navržen modifikovaný asfaltový pas – POLYELAST EXTRA + SKLOELAST EXTRA + APL–M. Z tepelných izolací je ve střešní konstrukci navržena izolace URSA SF 35 tl. 240 mm a 160 + 140 mm, a URSA DF 40, tl. 80 mm. Celková tloušťka ve střešní konstrukci je 320 mm, 300 mm. Z tepelných izolací u zateplovacích systému ETICS – STX THERM je navržen fasádní polystyrén EPS F tl. 180 mm, u soklové části je navržena EPS izolační deska PERIMETR tl. 120 mm.

Napájení se sítě NN je provedeno z elektroměrového rozvaděče RE typu ER212/PKP7P osazeného v plastovém pilíři na hranici pozemku.

Jako zdroj tepla je navržen plynový kondenzační kotel Viessmann, Vitodens 100 W 6,5–19kW (obrázek 5.2). Jmenovitý tepelný výkon činí 6,5–19 kW. Odtah spalin a přívod spalovacího vzduchu je řešen pomocí koaxiálního odkouření 60/100 systém C33x. Teplá voda je připravována nepřímotopným zásobníkem Vitocell 100 W – objem 150 l (obrázek 5.3). Systém vytápění je teplovodní. Pro vytápění místností objektu byla navržena desková otopná tělesa RADIK – Ventil Kompakt, trubková otopná tělesa typu Koralux a topná lavice LICON OL/D. Systém rozvodu potrubí ústředního vytápění v objektu byl navržen jako uzavřená dvoutrubková otopná soustava s nuceným oběhem topného média (voda).



Obrázek 6.2 – Kondenzační kotel Viessmann Vitodens 100 W [24]



Obrázek 6.3 – Nepřímotopný zásobník Vitocell 100 W [25]

Charakteristika rodinného domu je napsaná dle skutečné technické zprávy.

6.2 Technická charakteristika stávajícího vzduchotechnického zařízení

Vzduchotechnické zařízení řeší odvod vzduchu v malém rozsahu. Jedná se o nucené větrání sociálních a technických zařízení včetně kuchyně (viz kapitola 4.2.2). V sociálním zařízení v přízemí RD (m. č. 103, 106) je v podhledu osazen malý radiální ventilátor FFCF 234 T. Ventilátor je napojen na vzduchotechnické potrubí, které je vyvedeno na fasádu objektu, kde je osazena protidešťová žaluzie. Spínání ventilátoru je pomocí samostatného vypínače. V technické místnosti (m. č. 107) a koupelně v podkroví RD je v obvodové stěně osazen malý axiální ventilátor Decor 200 CRZ. Odvod vzduchu je řešen přímo přes stěnu. Na fasádě je osazena protidešťová žaluzie. Spínání ventilátoru v technické místnosti je provedeno pomocí prostorového hydrostatu HYG 2. Spínání ventilátoru v koupelně je pomocí samostatného vypínače. Přívod vzduchu je zajištěn pomocí štěrbin pod dveřmi, není osazen dvevní práh. Nad sporákem je osazena kuchyňská digestoř, která je napojena na VZT potrubí, to je vyvedeno na fasádu.



Obrázek 6.4 – Malý radiální ventilátor FFCF 234 T [26]



Obrázek 6.5 – Malý axiální ventilátor DECOR 200 CRZ [27]

System, který se zde v současnosti využívá, je téměř ten nejlevnější a nejjednodušší, který na trhu existuje. Náhrada odsávaného vzduchu je z okolních prostor. Větrání obytných místností je přirozeně otevíravými okny. Jedná se o standardní systém větrání rodinných a bytových domů. System je na realizaci jednoduchý, ale z hlediska staveb s nízkou energetickou náročností nevhodný. Při odvodu znehodnoceného vzduchu ventilátorem dochází k ztrátě tepla. Veškeré tepelné ztráty větráním musí být pokryty otopným systémem. Navržené větrání je nevyhovující i z hlediska interního mikroklima a zdraví vnitřního prostředí.

6.3 Rozpočet stávajícího vzduchotechnického zařízení

Veškeré stávající zařízení vzduchotechniky je vypsáno v následující tabulce 6.2. Ke každému výrobku je doplněn přesný typ a zvolený dodavatel (tabulka 6.3.)

Tabulka 6.2 – Stávající vzduchotechnické zařízení

Č. p.	Dodavatel	Popis položky	Typ výrobku
1.001	Elektrodesign	Malý radiální ventilátor, součástí je zpětná klapka a časový doběh 2 – 20 min	FFCF 234 T
1.002	Elektrodesign	Malý axiální ventilátor, součástí je zpětná klapka a časový doběh	DECOR 200 CRZ
1.003	Elektrodesign	Prostorový hydrostat	HYG 2
1.004	AZ KLIMA	Protidešťová žaluzie vč. síta proti hmyzu	AZK PRZ 200x200 .S
1.005	Mora	Kuchyňská digestoř	OT 631 X
1.006	AZ KLIMA	Potrubí kruhové SPIRO z pozinkovaného plechu sk.I – 30% tvarovek	AZK-PKI-TS 100
1.007	AZ KLIMA	Potrubí kruhové SPIRO z pozinkovaného plechu sk.I – 30% tvarovek	AZK-PKI-TS 125

Tabulka 6.3 – Rozpočet stávajícího vzduchotechnického zařízení

Č. p.	Typ výrobku	MJ	Množ.	Dodávka MJ (Kč)	Montáž MJ (Kč)	D + M Celkem
1.001	FFCF 234 T	Ks	2	3 613	722,6	8 671,2
1.002	DECOR 200 CRZ	Ks	2	1 858	371,6	4 459,2
1.003	HYG 2	Ks	1	2 158	431,6	2 589,6
1.004	AZK PRZ 200x200.S	Ks	5	737	147,4	4 422,0
1.005	OT 631 X	Ks	1	1 870	374	2 244,0
1.006	AZK-PKI-TS 100	Bm	10	146,9	58,76	2 056,6
1.007	AZK-PKI-TS 125	Bm	2	177,6	71,04	497,28
1.008	AZK-PKI-TS 175	Bm	1	219,7	87,77	307,58
Mezisoučet						25 247,46
	Ostatní položky					
1.008	Montážní, těsnící a spojovací materiál	Kpl	1	400	120	520
1.009	Prostupy pro potrubí vč. zapravení po montáži	Kpl	1		1 500	1 500
1.010	Komplexní vyzkoušení a zaregulování systému	Kpl	1		2 000	2 000
Mezisoučet						4 020
Vzduchotechnika (celkem bez DPH)						29 268 Kč

V tabulce 6.3 je z výkresů (příloha č. 1) odměřena délka potrubí a spočítané přesné množství prvků vzduchotechniky.

Ceny výrobků jsou do tabulky doplněny z aktuálních ceníků zvolených dodavatelů. Veškeré ceny jsou uvedeny bez DPH.

Montáž vzduchotechnických výrobků je vypočtena z ceny dodávky. Pro montáž ventilátorů, prostorového hydrostatu, protidešťových žaluzií a kuchyňské digestoře je počítáno s 20 % ceny dodávky a pro montáž potrubí s 40 % a to z důvodu náročnější montáže.

Rozpočet je doplněn nezbytnými ostatními položkami a to montážním, těsnícím a spojovacím materiálem, dále prostupy pro potrubí vč. zapravení po montáži a komplexním vyzkoušením a zaregulováním systému.

Montážní, spojovací a těsnící materiál je počítán s 2 % z celkové ceny dodávky všech výrobků.

Cena prostupu pro potrubí vč. zapravení po montáži, komplexního vyzkoušení a zaregulování systému je odborně odhadnuta dle rozsahu prací a počtu vzduchotechnického zařízení.

Pro vybraný rodinný dům v Rapotíně je cena stávající vzduchotechniky vypočtena na 29 268 Kč bez DPH.

6.4 Technická charakteristika nového vzduchotechnického zařízení

Pro zvolený dům je navržena rekuperační, větrací a chladicí vzduchotechnická jednotka (obrázek 6.7), která obsahuje protiproudový rekuperátor s by-passovou a cirkulační klapkou se servopohony, přímý výparník (topení/chlazení), ventilátory s EC motorem, filtry třídy G4 a uzavírací klapky se servopohony.

Vzduchotechnická jednotka bude umístěna v technické místnosti v 1.NP. Sání čerstvého vzduchu do jednotky je situováno na jihozápadní světovou stranu. Potrubí do jednotky je vedeno pod stropem v technické místnosti a je opatřeno tlumičem hluku a tepelnou izolací. Přívodní potrubí do jednotlivých obytných místností je vedeno taktéž v podhledech a je opatřeno tlumiči hluku. Jako distribuční prvky jsou použity přívodní talířové ventily. Odvody z nepobytných místností (koupelna, WC atd.) jsou zajištěny odvodními talířovými ventily. V odvodních trasách jsou rovněž použity tlumiče hluku. Výfukové potrubí je vedeno v technické místnosti pod stropem a je opatřeno tepelnou izolací a tlumičem hluku. Vyústění výfuku je situováno na jihovýchodní světovou stranu. Vzduchotechnická jednotka umožňuje napojení

cirkulačního potrubí. Na obrázku 6.8 a 6.9 jsou schematicky zakresleny rozvody včetně umístění navržených zařízení.

Rozvody ústředního vytápění budou zrušeny včetně plynového kotle. Vytápění prostorů bude zajištěno centrální větrací jednotkou. Ohřev teplé vody bude nově zajišťovat přímotopný elektrický zásobník s elektrickou topnou patronou. V koupelně bude instalován elektrický topný trubkový žebřík.

Jako zdroj tepla bude nově použita venkovní kondenzační jednotka, která bude umístěna na jihovýchodní fasádě objektu. Jednotka bude v provedení tepelné čerpadlo, tzn., že v létě bude chladit a v zimě topit.

Nově je navržena cirkulační digestoř s kvalitním uhlíkovým filtrem, která byla zvolena s ohledem na tepelně technické vlastnosti pasivního domu. Navrženou digestoř nedochází k odsávání teplého vzduchu do exteriéru a tím pádem nedochází k zvětšování tepelných ztrát větráním.



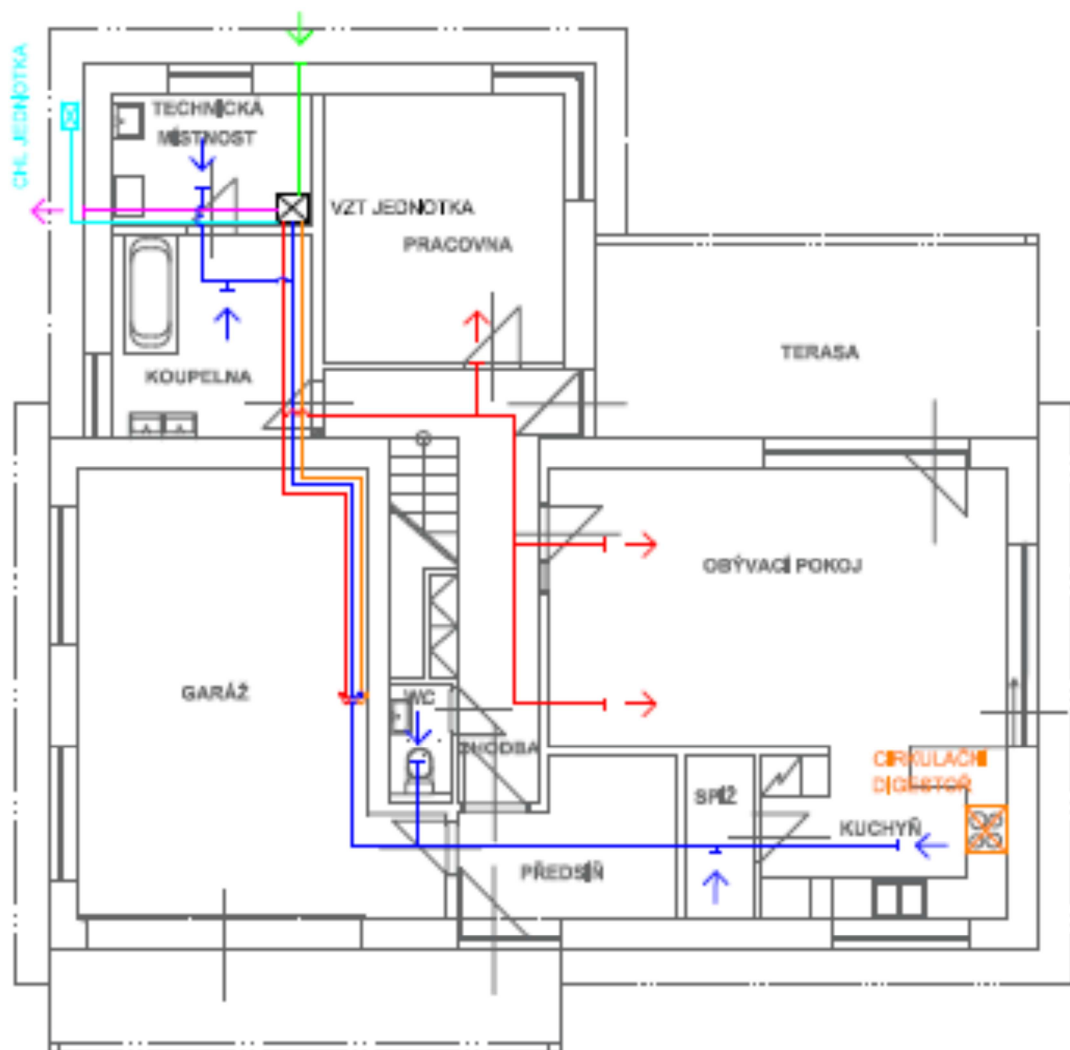
Obrázek 6.6 – Cirkulační digestoř [28]

Ovládání vzduchotechnické jednotky je řešeno pomocí ovladače, který je součástí dodávky od firmy Atrea. Ovladač je umístěn v obývacím pokoji a umožňuje nastavení teploty a časových režimů. Jednotku lze ovládat i ze vzdálených zařízení např. PC, mobil.



Obrázek 6.7 – Vzduchotechnická jednotka DUPLEX [29]

PŮDORYS 1.NP

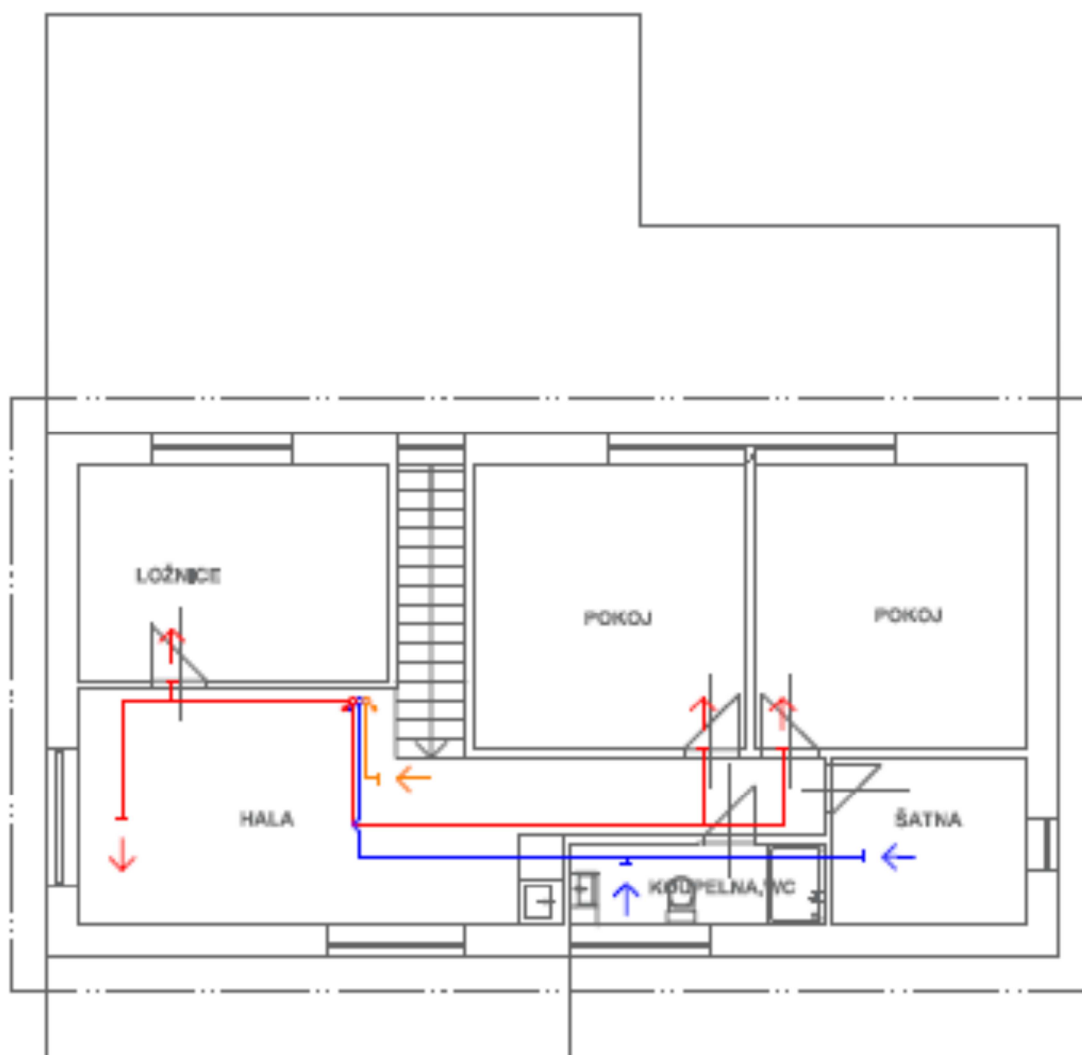


LEGENDA:

- VÝFUK
- SÁNÍ
- PŘÍVOD
- ODVOD
- CIRKULACE
- CU POTRUBÍ

Obrázek 6.8 – Schéma vzduchotechniky – půdorys 1.NP

PŮDORYS 2.NP



LEGENDA:

- VÝFUK
- SÁNÍ
- PŘÍVOD
- ODVOD
- CIRKULACE
- CU POTRUBÍ

Obrázek 6.9 – Schéma vzduchotechniky – půdorys 2.NP

6.5 Rozpočet nového vzduchotechnického zařízení

Nově navržené vzduchotechnické zařízení je charakterizováno v kapitole 6.4.

Veškeré položky vzduchotechniky jsou vypsány v rozpočtu (příloha č. 4). Ke každému výrobku je doplněn přesný typ. Délky a trasy potrubí vychází ze schémat vzduchotechniky (obrázek 6.8 a 6.9), distribuční elementy a ostatní prvky jsou navrženy tak, aby splňovaly požadavky na funkčnost vzduchotechnického zařízení.

Ceny výrobků jsou do tabulky doplněny z aktuálních ceníků zvolených dodavatelů. Veškeré ceny jsou uvedeny bez DPH.

Montáž vzduchotechnických výrobků je vypočtena z ceny dodávky. Pro montáž veškerých prvků kromě potrubí a izolace je počítáno s 10–20 % a pro montáž potrubí a izolace s 40 % a to z důvodu náročnější montáže.

Rozpočet je doplněn nezbytnými ostatními položkami, jako jsou např. výchozí revize, zprovoznění jednotky autorizovaným technikem, doplnění chladiva, prostupy, zkouška těsnosti potrubí, doprava, montážní, těsnící a spojovací materiál, dokumentace, komplexní vyzkoušení a zaregulování systému atd.

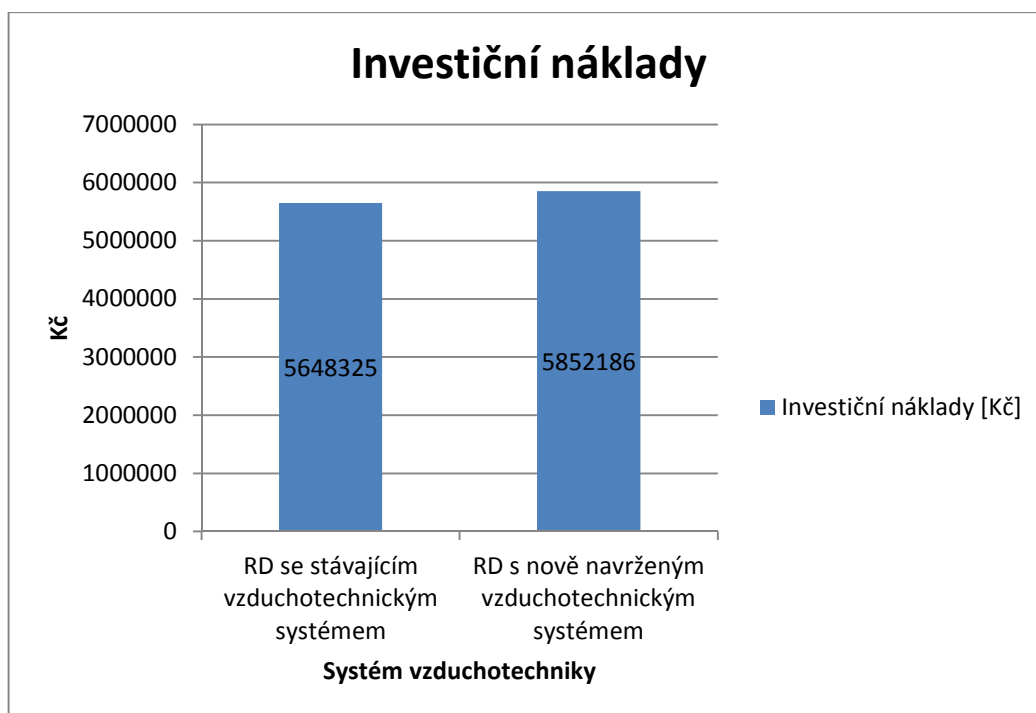
Montážní, spojovací a těsnící materiál je počítán s 2 % z celkové ceny dodávky všech výrobků.

Ceny ostatních nákladů jsou odborně odhadnuty dle rozsahu a náročnosti prací a skutečného množství výrobků.

Pro vybraný rodinný dům v Rapotíně byla cena nově navržené vzduchotechniky vypočtena na 393 392 Kč bez DPH.

Rozpočet nově navržené vzduchotechniky je v příloze č. 4.

6.6 Zhodnocení investičních nákladů uvažovaných vzduchotechnických systémů



Obrázek 6.10 – Investiční náklady

V grafu (obrázek 6.10) jsou mezi sebou porovnávány ceny rodinného domu se vzduchotechnickým systémem stávajícím a s nově navrženým.

Rozpočet stavby se stávajícím VZT systémem z roku 2012 včetně montáže a vedlejších rozpočtových nákladů činí 5 648 325 Kč bez DPH (příloha č. 3). Nově navržený VZT systém byl vypočten na 393 392 Kč bez DPH (příloha č. 4).

Při realizaci stavby s nově navrženým VZT systémem lze od rozpočtu odečíst cenu za ÚT a za plyn. Tyto položky se v RD nebudou již využívat. Celková cena za ÚT je dle rozpočtu 197 135 Kč a za plyn 29 531 Kč (příloha č. 3).

Za ÚT nelze odečíst přesnou částku 197 135 Kč, z důvodu pořízení nového přímotopného elektrického zásobníku s elektrickou patronou a elektrického topného trubkového žebříku navrženého do koupelny.

Rozpočet nového zařízení ÚT je v následující tabulce 6.4.

Tabulka 6.4 – Rozpočet nově navržené zařízení ÚT

Č. p.	Popis položky	MJ	Množ.	Dodávka MJ (Kč)	Montáž MJ (Kč)	D + M Celkem
1.001	Elektrický zásobníkový ohřívač vody, 100 l Typ: VLS inox 100	Ks	1	9796	1 959	11 755
1.002	Koupelnový, trubkový, nástěnný, elektrický radiátor Typ: ISAN Melody Spira 1180/500	Ks	1	3 329	666	3 995
Ústřední topení (celkem bez DPH)						15 750 Kč

Ceny výrobků jsou do tabulky doplněny z aktuálních ceníků zvolených dodavatelů. Montáž zařízení je počítána s 20 % ceny dodávky. Veškeré ceny jsou uvedeny bez DPH. Rozpočet nového zařízení ÚT včetně montáže je vypočten na 15 750 Kč bez DPH.

Cena RD s nově navrženým VZT systémem se tedy stanoví jako rozpočet stávající stavby – ÚT – plyn + rozpočet nově navrženého VZT systému.

$$5\,648\,325 - 181\,385 - 29\,531 + 393\,392 = 5\,830\,801 \text{ Kč bez DPH}$$

Investiční náklady pro realizaci rodinného domu se VZT systémem vzrostou o 182 476 Kč bez DPH ($5\,648\,325 - 5\,830\,801 = -182\,476$ Kč).

Podle výše uvedeného grafu investičních nákladů lze usuzovat, že nově navržené vzduchotechnické zařízení, které splňuje požadavky standardu pasivních budov, je finančně náročnější, ale je třeba při posuzování obou variant vzít v potaz jejich výhody a nevýhody, které budou vyhodnoceny v kapitole 7.6.1 a 7.6.2.

7. Analýza provozních nákladů RD

7.1 Energetická náročnost rodinného domu

Energetická náročnost vybraného domu je pomocí průkazu energetické náročnosti z roku 2012 (příloha č. 2) vyhodnocena jako úsporná (viz tabulka 3.1).

V následující tabulce 7.1 jsou uvedeny základní geometrické charakteristiky budovy.

Tabulka 7.1 – Geometrické charakteristiky budovy

Objem budovy V – vnější objem vytápěné budovy [m ³]	804,0
Celková plocha obálky A – součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy [m ²]	607,5
Celková podlahová plocha budovy A _c [m ²]	215,8
Objemový faktor tvaru budovy A/V [m ² /m ³]	0,76

V rodinném domě se využívá na mechanické větrání elektrická energie a na ohřev vody a vytápění zemní plyn.

7.1.1 Vytápění

Jako zdroj tepla se v rodinném domě využívá plynový kondenzační kotel, který je charakterizován v kapitole 6.1.

V následující tabulce 7.2 je uvedena hodnota dodané energie na vytápění, spotřeby pomocné energie na vytápění, energetické náročnosti vytápění a měrné spotřeby energie na vytápění. Veškeré hodnoty jsou doplněny dle průkazu energetické náročnosti z roku 2012 (příloha č. 2).

Tabulka 7.2 – Dílčí hodnocení energetické náročnosti vytápění

Vytápění	Bilanční
Dodaná energie na vytápění $Q_{\text{fuel,H}}$ [GJ/rok]	55,97
Spotřeba pomocné energie na vytápění $Q_{\text{AUX,H}}$ [GJ/rok]	1,79
Energetická náročnost vytápění $EP_{\text{H}} = Q_{\text{fuel,H}} + Q_{\text{AUX,H}}$ [GJ/rok]	57,77
Měrná spotřeba energie na vytápění vztážená na celkovou podlahovou plochu $EP_{\text{H,A}}$ [kWh/(m ² .rok)]	74

7.1.2 Větrání

Nucené větrání je využíváno pouze v koupelnách, WC a kuchyňském koutu. Vzduchotechnické zařízení je popsáno v kapitole 6.2.

V následující tabulce 7.3 je uvedena hodnota spotřeby pomocné energie na mechanické větrání, dodané energie na zvlhčování, energetické náročnosti mechanického větrání a měrné spotřeby energie na mechanické větrání. Veškeré hodnoty jsou doplněny dle průkazu energetické náročnosti z roku 2012 (příloha č. 2).

Tabulka 7.3 – Dílčí hodnocení energetické náročnosti mechanického větrání

Mechanické větrání a úprava vnitřní vlhkosti	Bilanční
Spotřeba pomocné energie na mechanické větrání $Q_{\text{AUX;Fans}}$ [GJ/rok]	0,80
Dodaná energie na zvlhčování $Q_{\text{fuel,Hum}}$ [GJ/rok]	0
Energetická náročnost mechanického větrání (vč. zvlhčování) $EP_{\text{Fans}} = Q_{\text{Aux;Fans}} + Q_{\text{fuel,Hum}}$ [GJ/rok]	0,80
Měrná spotřeba energie na mechanické větrání vztážená na celkovou podlahovou plochu $EP_{\text{Fans,A}}$ [kWh/(m ² .rok)]	1

7.1.3 Příprava teplé vody

Teplá voda je připravována nepřímotopným zásobníkem Vitocell 100 W, který je napojený na plynový kondenzační kotel, viz kapitola 6.1.

V následující tabulce 7.4 je uvedena hodnota dodané energie na přípravu teplé vody, spotřeby pomocné energie na přípravu TV, energetické náročnosti přípravy TV a měrné spotřeby energie na přípravu TV. Veškeré hodnoty jsou doplněny dle průkazu energetické náročnosti z roku 2012 (příloha č. 2).

Tabulka 7.4 – Dílčí hodnocení energetické náročnosti přípravy teplé vody

Příprava teplé vody	Bilanční
Dodaná energie na přípravu TV $Q_{\text{fuel,DHW}}$ [GJ/rok]	8,18
Spotřeba pomocné energie na přípravu TV $Q_{\text{AUX,DHV}}$ [GJ/rok]	0
Energetická náročnost přípravy TV $EP_{\text{DHW}} = Q_{\text{fuel,DHV}} + Q_{\text{AUX,DHV}}$ [GJ/rok]	8,18
Měrná spotřeba energie na přípravu teplé vody vztažená na celkovou podlahovou plochu $EP_{\text{DHW,A}}$ [kWh/(m ² .rok)]	11

7.2 Provozní náklady rodinného domu

V této kapitole budou zjišťovány roční provozní náklady rodinného domu na mechanické větrání, vytápění a ohřev teplé vody.

7.2.1 Vytápění

Vynásobením podlahové plochy a měrné spotřeby energie na vytápění se zjistí celková roční spotřeba na vytápění.

$$215,8 \times 74 = 15\,969,20 \text{ kWh}$$

Celková roční spotřeba na vytápění plynovým kondenzačním kotlem byla spočítána na 15 969,20 kWh.

Celkové roční provozní náklady na vytápění se stanoví vynásobením roční spotřeby a ceny zemního plynu. Pro srovnání ceny jsou zde uvedeni tři různí dodavatelé zemního plynu.

Cena zemního plynu:

- PP: 1,05702 Kč/kWh bez DPH [30]
 $15\,969,20 \times 1,05702 = 16\,880$ Kč bez DPH
- RWE: 1,06373 Kč/kWh bez DPH [30]
 $15\,969,20 \times 1,06375 = 16\,988$ Kč bez DPH
- E.ON: 1,14158 Kč/kWh bez DPH [30]
 $15\,969,20 \times 1,14158 = 18\,231$ Kč bez DPH

Roční náklady na vytápění kondenzačním kotlem se liší podle zvoleného dodavatele. Výše je vypočítána cena zemního plynu od firmy RWE, PP a E.ON. Nejvýhodnější dodavatel je v tomto případě Pražská plynárenská. Vypočítaná cena je 16 880 Kč bez DPH.

Pro přehlednost jsou v následující tabulce uvedeny ceny ročních nákladů na vytápění od tří vybraných dodavatelů.

Tabulka 7.5 – Roční náklady na vytápění

Dodavatel	Roční náklady na vytápění [Kč]
Pražská plynárenská, a.s.	16 880
RWE Energie, s.r.o	16 988
E.ON Distribuce, a.s.	18 231

7.2.2 Větrání

Postup výpočtu je obdobný jako v kapitole 7.2.1

Vynásobením podlahové plochy a měrné spotřeby energie na větrání se zjistí celková roční spotřeba na nucené větrání.

$$215,8 \times 1 = 215,8 \text{ kWh}$$

Celková roční spotřeba na nucené větrání byla spočítána na 215,8 kWh.

Celkové roční provozní náklady na větrání se stanoví vynásobením roční spotřeby a ceny elektřiny. Pro srovnání ceny jsou zde uvedeni tři různí dodavatelé elektřiny.

Cena elektřiny:

- E.ON: 1,95425 Kč/kWh bez DPH [31]
 $215,8 \times 1,95425 = 422$ Kč bez DPH
- PRE: 2,04776 Kč/kWh bez DPH [31]
 $215,8 \times 2,04776 = 442$ Kč bez DPH
- ČEZ: 2,21356 Kč/kWh bez DPH [31]
 $215,8 \times 2,21356 = 478$ Kč bez DPH

Výše je vypočítána cena elektřiny na mechanické větrání od firmy ČEZ, E.ON a PRE. Nejvýhodnější dodavatel v tomto případě je E.ON. Roční náklady jsou vypočteny od tohoto dodavatele na 422 Kč bez DPH.

Pro přehlednost jsou v následující tabulce uvedeny ceny ročních nákladů na mechanické větrání od tří vybraných dodavatelů.

Tabulka 7.6 – Roční náklady na mechanické větrání

Dodavatel	Roční náklady na mechanické větrání [Kč]
E.ON Energie, a.s.	422
Pražská energetika, a.s.	442
ČEZ Prodej, s.r.o.	478

7.2.3 Ohřev teplé vody

Postup výpočtu je obdobný jako v kapitole 7.2.1

Vynásobením podlahové plochy a měrné spotřeby energie na ohřev teplé vody se zjistí celková roční spotřeba na ohřev teplé vody.

$$215,8 \times 11 = 2\,373,8 \text{ kWh}$$

Celková roční spotřeba na ohřev teplé vody byla spočítána na 2 373,8 kWh.

Celkové roční provozní náklady na ohřev teplé vody se stanoví vynásobením roční spotřeby a ceny zemního plynu. Pro srovnání ceny jsou zde uvedeni tři různí dodavatelé zemního plynu.

Cena zemního plynu:

- PP: 1,05702 Kč/kWh bez DPH [30]
 $2\,373,8 \times 1,05702 = 2\,510$ Kč bez DPH
- RWE: 1,06373 Kč/kWh bez DPH [30]
 $2\,373,8 \times 1,06375 = 2\,526$ Kč bez DPH
- E.ON: 1,14158 Kč/kWh bez DPH [30]
 $2\,373,8 \times 1,14158 = 2\,710$ Kč bez DPH

Pro přehlednost jsou v následující tabulce uvedeny ceny ročních nákladů na ohřev teplé vody od vybraných tří dodavatelů.

Nejvýhodnější dodavatel v tomto případě je Pražská plynárenská. Vypočítaná cena je 2 510 Kč bez DPH.

Tabulka 7.7 – Roční náklady na ohřev teplé vody

Dodavatel	Roční náklady na ohřev teplé vody [Kč]
Pražská plynárenská, a.s.	2 510
RWE Energie, s.r.o	2 526
E.ON Distribuce, a.s.	2 710

7.2.4 Stanovení ceny provozních nákladů

V rodinném domě se užívají celkem dva druhy energie. Na mechanické větrání elektrická energie a na vytápění a ohřev teplé vody zemní plyn. Pro srovnání ceny jsou zde uvedeni tři různí dodavatelé zemního plynu i elektrické energie.

V tabulkách níže jsou vyplněny sečtené roční provozní náklady dle druhu energie. Pro srovnání ceny jsou zde uvedeni tři již zmiňovaní dodavatelé elektrické energie (tabulka 7.8) i zemního plynu (tabulka 7.9).

Tabulka 7.8 – Roční náklady na mechanické větrání – elektrická energie

Dodavatel	Roční náklady na mechanické větrání [Kč]
E.ON Energie, a.s.	422
Pražská energetika, a.s.	442
ČEZ Prodej, s.r.o.	478

Tabulka 7.9 – Roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody – zemní plyn

Dodavatel	Roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody [Kč]
Pražská plynárenská, a.s.	19 390
RWE Energie, s.r.o	19 514
E.ON Distribuce, a.s.	20 941

Ze tří uvažovaných dodavatelů elektrické energie se jako nejlevnější jeví E.ON a zemního plynu Pražská plynárenská.

Celkové roční náklady na mechanické větrání (422 Kč), vytápění a ohřev teplé vody (19 390 Kč) uvažovanou nejlevnější variantou vychází na 19 812 Kč bez DPH.

7.3 Energetická náročnost rodinného domu s nově navrženým vzduchotechnickým zařízením

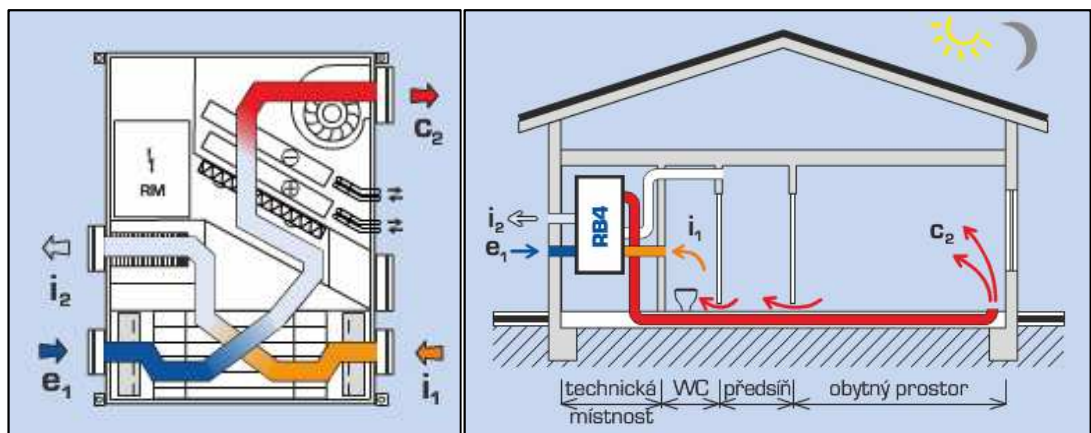
7.3.1 Provozní režimy jednotky DUPLEX

V této kapitole jsou stručně popsány všechny provozní režimy jednotky DUPLEX, která je navržena do rodinného domu. Ke každému režimu je doplněno pro názornost schéma (jiné jednotky než je uvažována, ale princip režimů je zcela stejný).

A) Rovnotlaký větrací systém

- celoroční období
- $n_v = 0,15 - 0,5 \text{ h}^{-1}$
- $n_c = 0 \text{ h}^{-1}$

Rovnotlaké větrání s nastavitelným výkonem 75 až 350 m³/h, s rekuperací nebo přes by-pass. Je určen pro větrání a dotápění (bez cirkulace) v přechodném období. Oba ventilátory zapnuty, směšovací klapka uzavřena. [32]

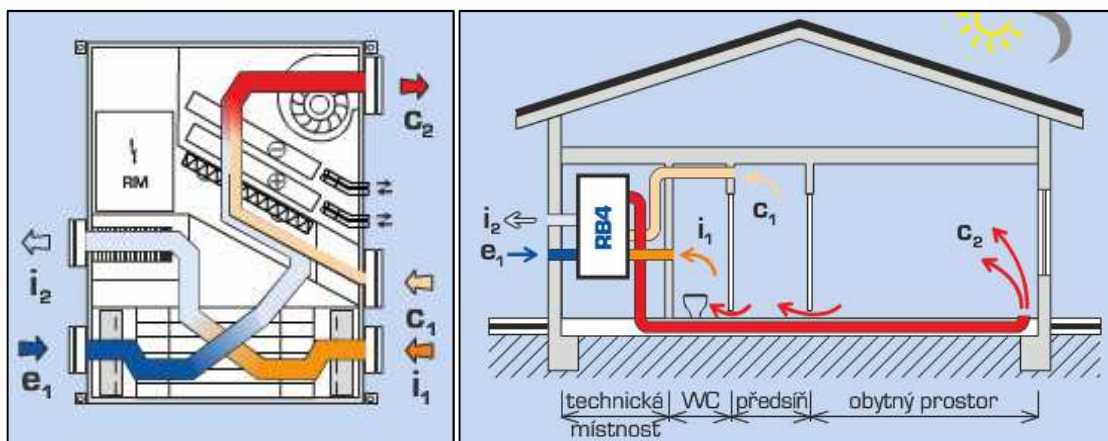


Obrázek 7.1 – Rovnotlaký větrací systém [32]

B) Cirkulační vytápěcí a větrací režim

- topné období
- $n_v = 0,15 - 0,5 \text{ h}^{-1}$
- $n_c = 0,5 - 1,5 \text{ h}^{-1}$

Teplovzdušné cirkulační vytápění a rovnotlaké větrání s rekuperací odpadního tepla s cirkulačním výkonem až 600 m³/h (při 150 Pa) a větracím výkonem do 350 m³/h. Oba ventilátory zapnuty, směšovací klapka směšuje venkovní a cirkulační vzduch. [32]

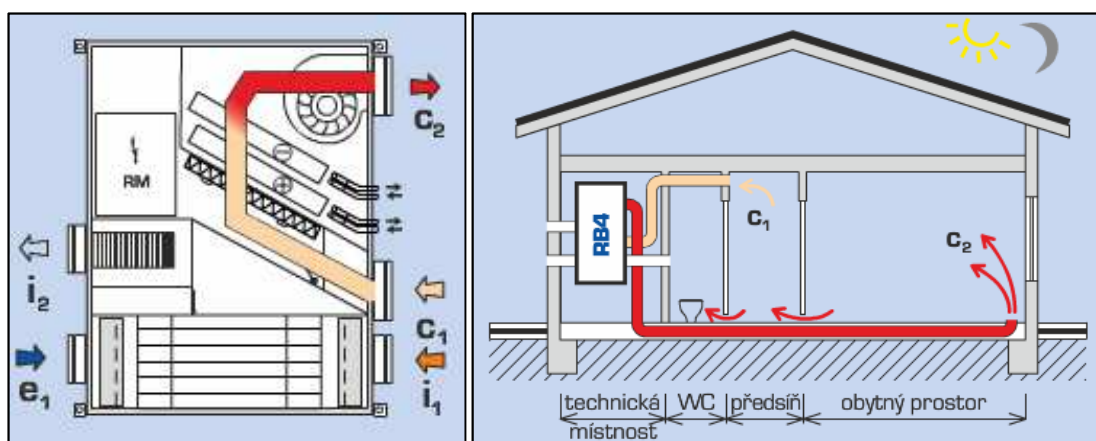


Obrázek 7.2 – Cirkulační vytápěcí a větrací systém [32]

C) Cirkulační vytápěcí režim s nárazovým větráním

- topné období
- $n_v = 0$
- $n_c = 0,5 - 1,5 \text{ h}^{-1}$

Základní doporučený provozní režim cirkulačního vytápění. Při pohybu osob se impulzem z WC a koupelny přepíná nárazově odtahový ventilátor s nastavitelným doběhem impulsem z kuchyně na režim č. 1 bez doběhu. Případně se větrání periodicky spíná v nastaveném intervalu, vše s rekuperací. Při realizaci strojního chlazení je pro temperování klimatizační jednotkou v přechodném období (jaro, podzim) tento režim také využít. [32]

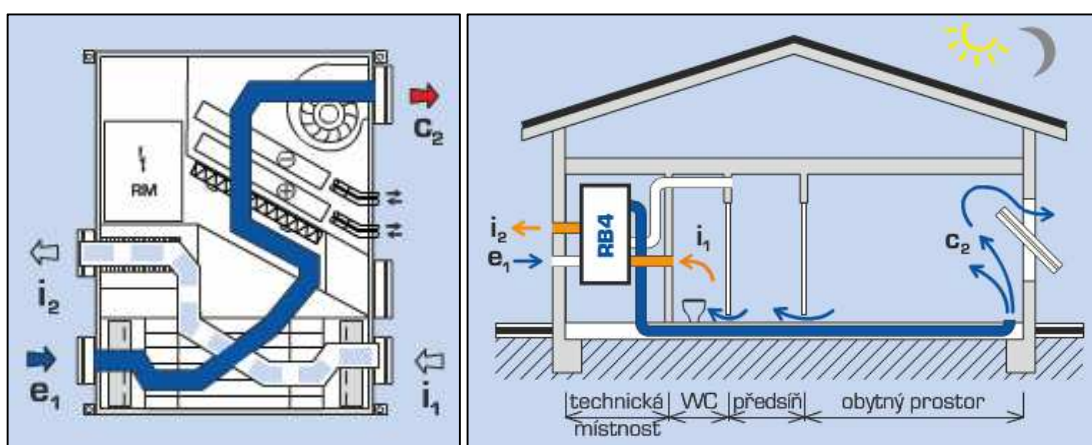


Obrázek 7.3 – Cirkulační vytápěcí režim s nárazovým větráním [32]

D) Větrací režim přetlakový

- letní období
- $n_v = 0,5 - 2,0 \text{ h}^{-1}$
- $n_c = 0 \text{ h}^{-1}$

Intenzivní letní přetlakové větrání obytných prostor plným přívodem venkovního vzduchu, případně ze zemního výměníku tepla. Lze využít i pro noční předchlazení. Odvod vzduchu pootevřenými okny. Ventilátor odpadního vzduchu spínán impulsem, směšovací klapka v poloze „2“, klapka by-passu otevřena. [32]

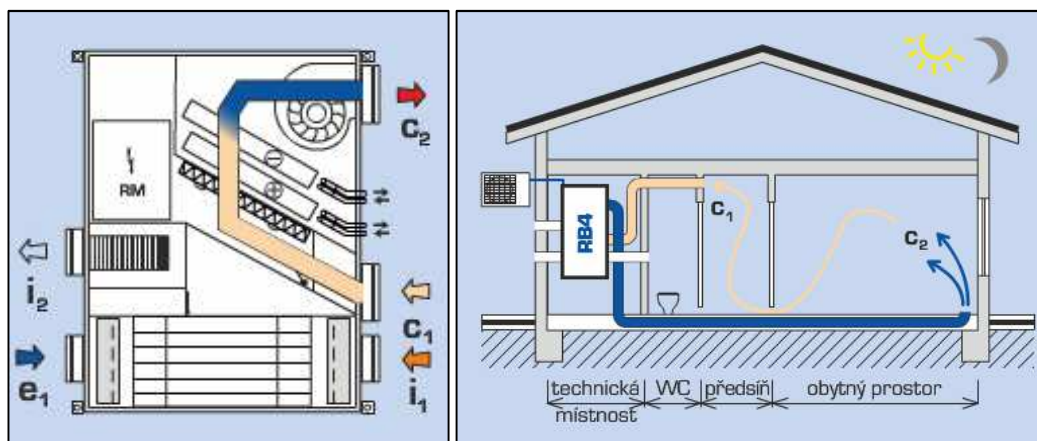


Obrázek 7.4 – Větrací režim přetlakový [32]

E) Cirkulační režim strojního chlazení:

- letní období
- $n_v = 0 \text{ h}^{-1}$
- $n_c = 0,5 - 1,5 \text{ h}^{-1}$

Intenzivní cirkulační chlazení obytných prostor ve spojení s venkovní kondenzační jednotkou („strojní chlazení“). Při pobytu osob se impulsem z koupelny a WC připíná nárazově větrací ventilátor s nastavitelným doběhem impulsem z kuchyně na režim č. 1 bez doběhu. V tomto případě není chlazení povoleno. Případně se větrání periodicky spíná v nastaveném intervalu [32]



Obrázek 7.6 – Cirkulační režim strojního chlazení [32]

Legenda:

C1 – vstup cirkulačního vzduchu z obytných místností do jednotky,

C2 – výstup topného, chladicího a čerstvého vzduchu z jednotky do obytných místností,

E1 – vstup čerstvého venkovního vzduchu,

I1 – vstup odpadního vzduchu ze sociálního zařízení do jednotky,

I2 – výstup odpadního vzduchu z jednotky. [32]

7.3.2 Spotřeba energie

Cirkulační i odtahový ventilátor bude v provozu nepřetržitě po celý rok odhadem 18 hod/den, tedy 6 570 hodin za rok. Ventilátory jsou pomocí EC motoru řízeny od maximálního režimu provozu (cirkulace) až po útlumový režim provozu (větrání). Výměna vzduchu 0,15 až 0,5 h⁻¹.

Zdrojem tepla je kondenzační jednotka (tepelné čerpadlo). Délka otopného období je odhadem 240 dní, 15 hodin denně, celkem tedy 3 600 hodin za rok.

Pro ohřev teplé vody se bude využívat zásobník na elektrickou topnou spirálu.

V tabulce 7.10 jsou uvedené odhadnuté počty hodin za rok pro jednotlivá zařízení. Jedná se pouze o orientační uvažované časy potřebné k dalším výpočtům.

Tabulka 7.10 – Počet hodin za rok

Název zařízení	Počet hodin za rok
Cirkulační ventilátor	6 570
Odtahový ventilátor	6 570
Kondenzační jednotka	3 600

V následující tabulce 7.11 jsou uvedené příkony jednotlivých zařízení.

Tabulka 7.11 – Příkon zařízení

Název zařízení	Příkon [kW]
Cirkulační ventilátor	0,25
Odtahový ventilátor	0,1
Kondenzační jednotka	1,65

Celková roční spotřeba energie vzduchotechnického zařízení se vypočítá vynásobením počtem hodin, kdy je zařízení v provozu a jeho příkonem.

Ventilátory dosahují maximálního výkonu při výměně vzduchu $0,5 \text{ h}^{-1}$. Spotřeba energie bude snížena koeficientem 0,3 a to z důvodu, že nebudou v provozu neustále na maximální výkon.

Cirkulační ventilátor

$$6\,570 * 0,25 = 1\,643 \text{ kW/h}$$

$$1\,643 * 0,3 = 493 \text{ kW/h}$$

Celková roční spotřeba energie cirkulačního ventilátoru byla spočítána na 423 kWh.

Odtahový ventilátor

$$6\,570 * 0,1 = 657 \text{ kWh}$$

$$657 * 0,3 = 197 \text{ kWh}$$

Celková roční spotřeba energie odtahového ventilátoru byla spočítána na 197 kWh.

Kondenzační jednotka

Venkovní kondenzační jednotka neběží neustále na maximální výkon. Spotřeba energie bude tedy snížena odhadnutým koeficientem 0,4.

$$3\,600 * 1,65 = 5\,940 \text{ kWh}$$

$$5940 * 0,4 = 2\,376 \text{ kWh}$$

Celková roční spotřeba energie kondenzační jednotky byla spočítána na 2 376 kWh.

Vypočítané spotřeby jednotlivých zařízení jsou vyplněny v následující tabulce.

Tabulka 7.12 – Spotřeba zařízení

Název zařízení	Spotřeba [kWh]
Cirkulační ventilátor	493
Odtahový ventilátor	197
Kondenzační jednotka	2 376

7.4 Provozní náklady rodinného domu s nově navrženým vzduchotechnickým zařízením

V této kapitole budou zjišťovány roční provozní náklady nově navrženého vzduchotechnického systému.

Postup výpočtu je obdobný jako v kapitole 7.2.

Celkové roční náklady se stanoví vynásobením roční spotřeby a ceny elektřiny. Pro srovnání ceny jsou zde uvedeni tři různí dodavatelé elektřiny.

Roční náklady na mechanické větrání

Celková spotřeba energie na mechanické větrání je složena ze spotřeby cirkulačního (493 kWh) a odtahového ventilátoru (197 kWh).

$$493 + 197 = 690 \text{ kWh}$$

Cena elektřiny:

- E.ON: 1,95425 Kč/kWh bez DPH [31]
 $690 \times 1,95425 = 1\,349 \text{ Kč bez DPH}$
- PRE: 2,04776 Kč/kWh bez DPH [31]
 $690 \times 2,04776 = 1\,413 \text{ Kč bez DPH}$
- ČEZ: 2,21356 Kč/kWh bez DPH [31]
 $690 \times 2,21356 = 1\,528 \text{ Kč bez DPH}$

Tabulka 7.13 – Roční náklady na mechanické větrání

Dodavatel	Roční náklady na mechanické větrání [Kč]
E.ON Energie, a.s.	1 349
Pražská energetika, a.s.	1 413
ČEZ Prodej, s.r.o.	1 528

Roční náklady na vytápění

V koupelně bude nově nainstalován elektrický topný trubkový žebřík. Jeho spotřeba energie za rok je odhadnuta na 500 kWh.

Celková spotřeba energie na vytápění je složena ze spotřeby kondenzační jednotky (2 376 kWh) a trubkového žebříku (500 kWh).

$$2\,376 + 500 = 2\,876 \text{ kWh.}$$

Cena elektřiny:

- E.ON: 1,95425 Kč/kWh bez DPH [31]
 $2\,876 \times 1,95425 = 5\,621$ Kč bez DPH
- PRE: 2,04776 Kč/kWh bez DPH [31]
 $2\,876 \times 2,04776 = 5\,890$ Kč bez DPH
- ČEZ: 2,21356 Kč/kWh bez DPH [31]
 $2\,876 \times 2,21356 = 6\,367$ Kč bez DPH

Tabulka 7.14 – Roční náklady na vytápění

Dodavatel	Roční náklady na vytápění[Kč]
E.ON Energie, a.s.	5 621
Pražská energetika, a.s.	5 890
ČEZ Prodej, s.r.o.	6 367

Roční náklady na ohřev teplé vody

Celková spotřeba pro ohřev teplé vody je 2 373,8 kWh. Tato hodnota je stejná jako u stávajícího stavu, viz kapitola 7.2.3. Pro tento zásobník se ale bude využívat elektrická energie.

Cena elektřiny:

- E.ON: 1,95425 Kč/kWh bez DPH [31]
 $2\,373,8 \times 1,95425 = 4\,639$ Kč bez DPH
- PRE: 2,04776 Kč/kWh bez DPH [31]
 $2\,373,8 \times 2,04776 = 4\,861$ Kč bez DPH
- ČEZ: 2,21356 Kč/kWh bez DPH [31]
 $2\,373,8 \times 2,21356 = 5\,255$ Kč bez DPH

Tabulka 7.15 – Roční náklady na ohřev teplé vody

Dodavatel	Roční náklady na ohřev teplé vody [Kč]
E.ON Energie, a.s.	4 639
Pražská energetika, a.s.	4 861
ČEZ Prodej, s.r.o.	5 255

7.4.1 Stanovení ceny provozních nákladů

U nově navrženého vzduchotechnického zařízení se bude využívat pouze elektrická energie.

Provozní náklady pro ochlazování domu jsou stanoveny zvlášť v kapitole 7.5.

V následující tabulce jsou vyplněny sečtené roční náklady energie na mechanické větrání, vytápění a ohřev teplé vody.

Tabulka 7.16 – Roční náklady na mechanické větrání, vytápění a ohřev teplé vody

Dodavatel	Roční náklady na mechanické větrání, vytápění a ohřev teplé vody [Kč]
E.ON Energie, a.s.	11 609
Pražská energetika, a.s.	12 164
ČEZ Prodej, s.r.o.	13 150

Celkové roční náklady nově navrženého vzduchotechnického zařízení na mechanické větrání (1 349 Kč), vytápění (5 621) a ohřev teplé vody (4 639 Kč) uvažovanou nejlevnější variantou vychází na 11 609 Kč bez DH.

7.5 Chlazení rodinného domu

Navržené vzduchotechnické zařízení umožňuje i chlazení rodinného domu. K tomuto účelu slouží venkovní kondenzační jednotka. V nejteplejších měsících a to v červenci a v srpnu bude zařízení v provozu odhadem 8 hodin denně. V březnu, dubnu, září a říjnu 2 hodiny denně. Zařízení bude odhadem v provozu 732 hodin za rok. Jednotku lze využívat dle požadavků na vnitřní teplotu. Příkon jednotky je 1,65 kW.

Vynásobením počtu hodin, kdy bude zařízení v provozu a jeho příkonu se vypočítá celková roční spotřeba energie k ochlazení rodinného domu.

Venkovní kondenzační jednotka neběží neustále na maximální výkon. Spotřeba energie bude tedy snížena odhadnutým koeficientem 0,4.

$$732 * 1,65 = 1\ 208 \text{ kWh}$$

$$1\ 208 * 0,4 = 484 \text{ kWh}$$

Celková roční spotřeba energie k ochlazení rodinného domu je odhadnuta na 1 208 kWh.

Cena elektřiny:

- E.ON: 1,95425 Kč/kWh bez DPH [31]
484 x 1,95425 = 946 Kč bez DPH
- PRE: 2,04776 Kč/kWh bez DPH [31]
484 x 2,04776 = 992 Kč bez DPH
- ČEZ: 2,21356 Kč/kWh bez DPH [31]
484 x 2,21356 = 1 072 Kč bez DPH

Tabulka 7.17 – Roční náklady k ochlazení domu

Dodavatel	Roční náklady k ochlazení domu [Kč]
E.ON Energie, a.s.	946
Pražská energetika, a.s.	992
ČEZ Prodej, s.r.o.	1 072

V tabulce 7.19 jsou uvedeny roční náklady k ochlazení domu od třech vybraných dodavatelů elektřiny. Jako nejlevnější dodavatel je vyhodnocen E.ON, cena činí 946 Kč za rok.

Celkové roční náklady nově navrženého vzduchotechnického zařízení rodinného domu včetně chlazení jsou stanoveny na 12 555 Kč bez DPH.

7.6 Zhodnocení uvažovaných vzduchotechnických systémů

7.6.1 Prostá doba návratnosti

Investiční náklady navrženého vzduchotechnického systému včetně montáže a ostatních nezbytných položek nutných pro zprovoznění zařízení byly vypočteny na 182 476 Kč bez DPH.

Životnost vzduchotechnické jednotky DUPLEX od firmy Atrea je zhruba 15 let.

Celkové roční náklady na mechanické větrání, vytápění a na ohřev teplé vody pro stávající stav byly stanoveny na 19 812 Kč bez DPH a pro nově navržený systém na 10 682 Kč bez DPH.

Roční provozní náklady jsou znázorněny v níže uvedeném grafu (obrázek 7.7).

Pomocí nově navrženého vzduchotechnického systému se sníží roční náklady energií. Roční úspora je stanovena na 8 203 Kč (19 812 – 11 609), nejsou zde započítány náklady na chlazení rodinného domu.

U zařízení je potřeba provádět každoroční servis autorizovaným technikem a také pravidelně měnit filtry. Tyto náklady činí 2 500 Kč za rok.

Roční úspory energií a roční údržby vzduchotechnického zařízení jsou v tabulce 7.23 vyplněny pro 15 let, tedy po dobu životnosti navržené jednotky.

Investiční náklady pro realizaci RD s VZT systémem se stanoví jako rozpočet navržené vzduchotechniky – ÚT – plyn (viz kapitola 6.6).

$393\,392 - 181\,385 - 29\,531 = 182\,476$ Kč bez DPH

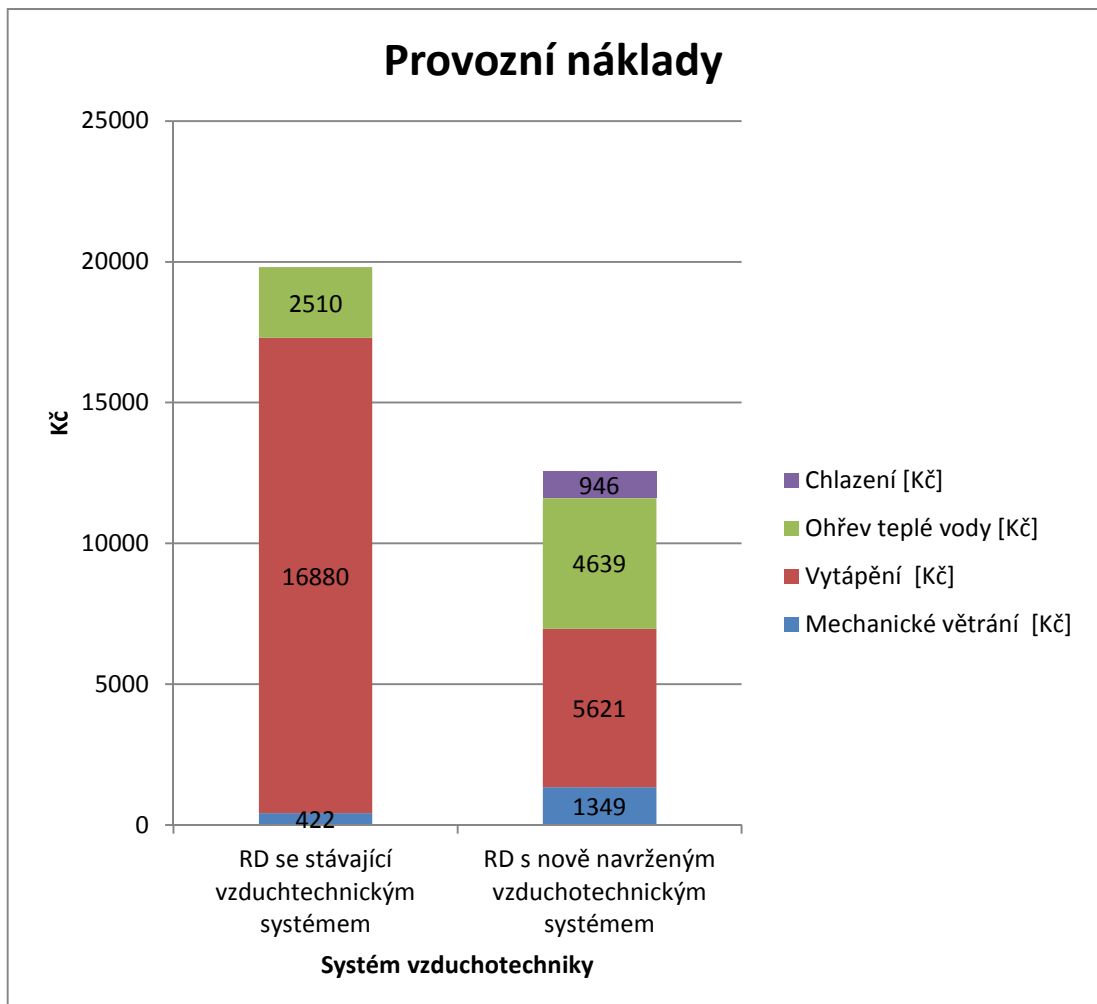
Výpočet prosté doby návratnosti je dle vzorce 5.1:

$$DN = \frac{182\,476}{(8\,203 - 2\,500)},$$

$$DN = 32 \text{ let.}$$

Doba návratnosti vzduchotechnického zařízení je vypočítána na 32 let.

V následující tabulce jsou uvedeny finanční bilance pro jednotlivé roky až do konce životnosti jednotky. Z této tabulky lze vyčíst, že navržený VZT systém je finančně nevýhodná investice. Po 15-ti letech se uspoří 85 545 Kč, ale vložené investice byly ve výši 182 476 Kč.



Obrázek 7.7 – Provozní náklady

Tabulka 7.18 – Prostá doba návratnosti

Rok	Investice	Roční úspora energie	Roční údržba	Bilance
0	- 182 476			
1		+ 8 203	- 2 500	- 176 776
2		+ 8 203	- 2 500	- 171 070
3		+ 8 203	- 2 500	- 165 367
4		+ 8 203	- 2 500	- 159 664
5		+ 8 203	- 2 500	- 153 961
6		+ 8 203	- 2 500	- 148 258
7		+ 8 203	- 2 500	- 142 555
8		+ 8 203	- 2 500	- 136 852
9		+ 8 203	- 2 500	- 131 149
10		+ 8 203	- 2 500	- 125 446
11		+ 8 203	- 2 500	- 119 743
12		+ 8 203	- 2 500	- 114 040
13		+ 8 203	- 2 500	- 108 337
14		+ 8 203	- 2 500	- 102 634
15		+ 8 203	- 2 500	- 96 931

Veškeré investiční i provozní náklady jsou vypočteny bez DPH. Při skutečné realizaci nesmí investor zapomenout, že k veškerým cenám musí být připočteno DPH.

Při rozhodování pořízení vzduchotechnicky do rodinného domu nesmí být brán zřetel pouze na investiční náklady, které jsou tedy nenávratné, ale i na výhody tohoto zařízení a komfort bydlení.

Hlavní výhody a nevýhody navrhovaného systému jsou uvedeny v kapitole 7.6.3

7.6.2 Stávající vzduchotechnické zařízení

Ve zvoleném RD v Rapotíně jsou zrealizovány 4 malé ventilátory (WC, koupelna, technická místnost) a 1 kuchyňská digestoř. Tyto zařízení řeší odvod vzduchu jen v malém rozsahu. Jedná se o podtlakové větrání pouze s nuceným odvodem vzduchu. Technická charakteristika je popsána v kapitole 4.2.

V ostatních místnostech funguje systém přirozeného větrání.

V následujících tabulkách jsou stručně vypsány hlavní výhody a nevýhody stávajícího systému a to podtlakového větrání s pouze nuceným odvodem vzduchu a přirozeného větrání.

Tabulka 7.19 – Hlavní výhody a nevýhody přirozeného větrání

Hlavní výhody	Hlavní nevýhody
Minimální pořizovací náklady	Malá účinnost systému v těsných objektech
Téměř nulová finanční náročnost na provoz	Tepelné ztráty budovy
Nejjednodušší varianta	Vyšší provozní náklady na ohřev větracího vzduchu
	Nemožnost řízení systému
	Nepříjemný průvan
	Horší bezpečnost objektu (otevřená okna v nepřítomnosti osob)

Tabulka 7.20 – Hlavní výhody a nevýhody podtlakové větrání s pouze nuceným odvodem vzduchu

Hlavní výhody	Hlavní nevýhody
Nízké pořizovací náklady	Absence zařízení pro zpětné získávání tepla
Jednoduchost zařízení	Vyšší provozní náklady na ohřev větracího vzduchu
Snadná údržba	

7.6.3 Nově navržené vzduchotechnické zařízení

Pro zvolený rodinný dům byl navržen nový vzduchotechnický systém. Jedná se o rekuperační, větrací a chladicí vzduchotechnická jednotku. Technická charakteristika je popsána v kapitole 6.4.

Tabulka 7.21 – Hlavní výhody a nevýhody nově navrženého VZT systému

Hlavní výhody	Hlavní nevýhody
Snížení nákladů na vytápění a ohřev TV	Vyšší pořizovací náklady
Zajišťuje výměnu vzduchu ve všech místnostech	Nutný každoroční servis jednotky
Čerstvý, přefiltrovaný vzduch s požadovanou teplotou	Omezená životnost jednotky
Odvádí nadbytečnou vlhkost (předchází k tvorbě plísní)	
Chrání vnitřní prostot před průvanem a hlukem z venkovního prostředí	

7.7 Dotace

Nová zelená úsporám

Program Ministerstva životního prostředí, administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR, podporuje energeticky úsporné rekonstrukce rodinných domů, bytových domů, výměnu nevyhovujících zdrojů na vytápění a využívání obnovitelných zdrojů energie. [33]

Hlavním cílem programu je zlepšení stavu životního prostředí snížením produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů (především emisí CO₂), dále pak úspora energie v konečné spotřebě a stimulace ekonomiky ČR s dalšími sociálními přínosy, kterými jsou například zvýšení kvality bydlení občanů, zlepšení vzhledu měst a obcí a nastartování dlouhodobých progresivních trendů. [33]

Díky programu Nová zelená úsporám je možné dle [34] získat státní podporu na instalaci centrálního systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla a to ve výši 100 000 Kč.

Investiční náklady pro realizaci RD s VZT systémem je možné pomocí poskytnuté podpoře snížit o 100 000 Kč:

$$182\,476 - 100\,000 = 82\,476 \text{ Kč.}$$

Výpočet prosté doby návratnosti je dle vzorce 5.1:

$$DN = \frac{82\,476}{(8\,203 - 2\,500)},$$

$$DN = 14,5 \text{ let.}$$

Doba návratnosti vzduchotechnického zařízení je vypočítána na 14,5 let.

V tabulce 7.22 jsou uvedeny finanční bilance se sníženými investičními náklady a to pro jednotlivé roky až do konce životnosti jednotky. Z této tabulky lze vyčíst, že doba návratnosti investice je rovna životnosti navržené jednotky.

Tabulka 7.22 – Prostá doba návratnosti

Rok	Investice	Roční úspora energie	Roční údržba	Bilance
0	- 82 476			
1		+ 8 203	- 2 500	- 76 776
2		+ 8 203	- 2 500	- 71 070
3		+ 8 203	- 2 500	- 65 367
4		+ 8 203	- 2 500	- 59 664
5		+ 8 203	- 2 500	- 53 961
6		+ 8 203	- 2 500	- 48 258
7		+ 8 203	- 2 500	- 42 555
8		+ 8 203	- 2 500	- 36 852
9		+ 8 203	- 2 500	- 31 149
10		+ 8 203	- 2 500	- 25 446
11		+ 8 203	- 2 500	- 19 743
12		+ 8 203	- 2 500	- 14 040
13		+ 8 203	- 2 500	- 8 337
14		+ 8 203	- 2 500	- 2 634
15		+ 8 203	- 2 500	+ 3 069

Dotace Nová zelená úsporám se stále obměňuje a z toho důvodu na ni nelze při stavbě domu spoléhat, protože není jisté, zda v době uvažované realizace bude tato státní podpora stále aktuální.

7.8 Vyhodnocení energetické náročnosti RD

Pojem energetická náročnost budov je definována v kapitole 3.

Dle průkazu energetické náročnosti (příloha č. 2) byl zvolený rodinný dům zařazen do třídy B, tedy jako úsporný. Měrná spotřeba energie referenční budovy, tj. energetická náročnost referenční budovy vztažená na celkovou podlahovou plochu je $142 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$.

S nově navrženým vzduchotechnickým systémem se energetická náročnost samozřejmě změní. Spotřeba energie na mechanické větrání je 690 kWh , vytápění $2\,876 \text{ kWh}$, ohřev teplé vody $2\,373,8 \text{ kWh}$ a ochlazování rodinného domu je $1\,208 \text{ kWh}$ (viz kapitola 7.4), celkem tedy $7\,147,8 \text{ kWh}$. Vztaženo na $215,8 \text{ m}^2$ celkové podlahové plochy to představuje spotřebu dodané energie ve výši $33,12 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. K této hodnotě je potřeba přičíst spotřebu energie na osvětlení, která zůstane stejná jako u stávajícího systému a to $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Výsledná měrná spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu s nově navrženým vzduchotechnickým systémem je vypočítána na $42,12 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$.

Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy energie je $0,5 \times E_R$ (viz tabulka 3.1):

$$0,5 \times 142 = 71 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}),$$

$$42,12 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) < 71 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}).$$

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} referenční budovy je $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a pro zvolený RD je dle PENB (příloha č. 2) ve výši je $0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy U_{em} je $0,65 \times E_R$ (viz tabulka 3.1):

$$0,65 \times 0,5 = 0,33 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}),$$

$$0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < 0,33 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Rodinný dům s nově navrženým VZT systémem splňuje jednoznačně obě hodnoty pro horní klasifikaci třídy (energie a U_{em}) a stavbu lze zařadit do třídy A (mimořádně úsporná), viz tabulka 3.1.

8 Závěr

V každém rodinném domě a v ostatních budovách je větrání, tedy výměna znehodnoceného vzduchu za čerstvý venkovní vzduch, nezbytností. V teoretické části byly uvedeny a definovány možnosti přirozeného a nuceného větrání.

Pro diplomovou práci byl zvolen samostatně stojící rodinný dům se zahradou v obci Rapotín. V praktické části bylo charakterizováno stávající vzduchotechnické zařízení a následně proveden položkový rozpočet. Jedná se tedy o nejjednodušší a nejlevnější systém nuceného větrání, který na trhu existuje. Celková cena včetně montáže a ostatních položek nezbytných pro uvedení do provozu byla vypočítána na 29 268 Kč bez DPH.

V dalším kroku byl navržen nový vzduchotechnický systém, který řeší odvětrání, vytápění i chlazení každé místnosti. Jako zdroj tepla a chladu pro vzduchotechnickou rekuperační jednotku byla navržena kondenzační jednotka. Zásobník na ohřev teplé vody byl navržen s elektrickou topnou patronou. Desková otopná tělesa se již v domě nevyužívají. Celková cena nového vzduchotechnického systému včetně montáže a ostatních položek byla stanovena na 393 392 Kč bez DPH.

Následně byly zjištěny provozní náklady stávajícího stavu na vytápění, mechanické větrání a na ohřev teplé vody. U stávajícího systému se pro mechanické větrání používá elektrická energie a na vytápění i ohřev teplé vody zemní plyn. Pro srovnání ceny byli libovolně zvoleni tři dodavatelé jednotlivých energií. Pro zemní plyn byla vybrána Pražská plynárenská, RWE Energie a E.ON. Distribuce a pro elektrickou energii ČEZ Prodej, Pražská energetika a E.ON Energie. Jako nejlevnější dodavatel elektrické energie z výpočtu vyšel E.ON Energie a pro zemní plyn Pražská plynárenská. Celkové roční náklady na nucené větrání byly stanoveny na 422 Kč bez DPH, na vytápění 16 880 Kč bez DPH a na ohřev teplé vody 2 510 Kč bez DPH.

Pro nově navržený vzduchotechnický systém byly taktéž zjištěny provozní náklady na vytápění, mechanické větrání a na ohřev teplé vody. Pro všechna zařízení se používá jen elektrická energie. Pro stanovení ročních nákladů se uvažovalo se stejnými dodavateli energií. Cirkulační i odtahový ventilátor budou v provozu po celý rok 18 hodin denně, tedy 6 570 hodin za rok. Kondenzační jednotka bude v provozu po dobu otopného období, což činí odhadem 3 600 hodin za rok. Celkové roční náklady nově navrženého vzduchotechnického zařízení na mechanické větrání byly stanoveny na 1 349 Kč bez DPH, vytápění na 5 621 Kč bez DPH a ohřev teplé vody na 4 639 Kč bez DPH.

Nově navržený vzduchotechnický systém umožňuje i chlazení rodinného domu. Venkovní kondenzační jednotka bude odhadem v provozu 732 hodin za rok. Roční náklady na ochlazování byly stanoveny dodavatelem E.ON Energie na 946 Kč bez DPH.

V další kapitole byla zjišťována doba návratnosti zařízení, jehož životnost je 15 let. Pomocí navrženého systému dojde ke snížení ročních nákladů energií. Tato úspora byla stanovena jen na 8 203 Kč za rok. Doba návratnosti byla vypočítána na 32 let. Navržené vzduchotechnické zařízení je samozřejmě finančně nevýhodné. Po 15-ti letech se uspoří 85 545 Kč, ale vložené investice byly ve výši 182 476 Kč. Díky dotaci z programu Nová zelená úsporám je možné tyto investice snížit až o 100 000 Kč a tím i dobu návratnosti, která byla po této redukci stanovena na 14,5 let, tedy téměř na životnost jednotky. Ani v tomto případě se však nejedná o finančně výhodnou investici.

V poslední závěrečné kapitole diplomové práce byly vypsány hlavní výhody a nevýhody u obou uvažovaných systémů. Při rozhodování pořízení rekuperace do rodinného domu nelze brát zřetel na úsporu provozních či investičních nákladů, ale na nutnosti řešit hygienu vnitřního mikroklimatu. Hlavním kritériem při výběru je tedy zdraví obyvatel domu. Nedostatečné větrání přispívá k výskytu vysokého obsahu CO₂ a vlhkosti v místnosti, což negativně ovlivňuje zdraví člověka.

Seznam použité literatury

- [1] PASIVNÍ DOMY. *Z historie pasivních domů*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/z-historie-pasivnich-domu/t1083>
- [2] EKOWATT. *Zásady výstavby pasivních domů*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-pasivnich-domu>
- [3] NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava: Jaga group, 2009, 207 s. Home. ISBN 978-80-8076-077-9.
- [4] PASIVNÍ DOMY. *Tepelné izolace*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/tepelne-izolace/t231>
- [5] TZB INFO. *Fotovoltaika*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika>
- [6] ELEKTRO UH. *Fotovoltaika*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.elektrouh.cz/fotovoltaika-172>
- [7] TERMOHOSPITAL. *Termosnímký*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.termohospital.cz/termosnimky>
- [8] POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a Olga RUBINOVÁ. *Úsporný dům*. 1. vyd. Brno: CPress, 2012, viii, 184 s. Stavíme. ISBN 978-80-264-0014-1.
- [9] ZELENÁ ÚSPORÁM. *PENB*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://www.zelenausporam-2.cz/?page_id=52
- [10] ATREA. *Rekuperace*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/co-je-to-rekuperace>
- [11] MPO. *PENB*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument119528.html>
- [12] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [13] HIRŠ, Jiří. *TZB - vzduchotechnika*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005, 28. s.

- [14] TRIGAS. *Přirozené větrání*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.trigas.cz/vzduchotechnika-prirozene-vetrani.htm>
- [15] ASB portál. *Větrací systémy v domech* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/vetrani-a-klimatizace/vetraci-systemy-vdomech>
- [16] HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. 1. čes. vyd. Praha: Grada, 1999, 353 s. Stavitel. ISBN 80-716-9657-9
- [17] AIRCON CLIMA. *Multisplit*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.airconclima.cz/multisplit.html>.
- [18] TOPAIRE. *VRF*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.topaire.com.my/DC-Inverter-VRF-Digital-Scroll-System-R410A/q?doit=showclass&cid=48>
- [19] TZB INFO. *Topenářské definice*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3311-zakladni-topenarske-definice-slovník-pojmu>
- [20] TZB INFO. *Desková otopná tělesa*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/6655-kompletni-program-deskovych-otopnych-teles-znacky-buderus>
- [21] BANADOR. *Teplovzdušný krb*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.banador.cz/cz/banador-radi/spravna-volba-materialu-pro-stavbu-teplovzdušneho-krbu.html>
- [22] MARUKO. *Tepelná čerpadla*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.maruko.cz/cerpadlo2.htm>
- [23] KORYTÁROVÁ, Jana. *Ekonomika investic: Studijní opora* [soubor PDF]. Brno, 2006, 170 s.
- [24] VIESMANN. *Plynový kondenzační kotel*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://www.viessmann.cz/cs/Bytove_domy/produkty/plynove_kondenzacni_kotle/vitode ns_100-w.html 13
- [25] TZB INFO. *Zásobník na vodu*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/9627-novy-vitocell-100-w-typ-cug>
- [26] ELEKTRODESING. *Radiální ventilátor*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/ffcf-234-t-radialni-ventilator>
- [27] ELEKTRODESING. *Axiální ventilátor*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/decor-200-crz-ipx4-maly-axialni-ventilator>

- [28] MORA. *Odsavač par*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.mora.cz/odsavac-par-op-610-x/>
- [29] ATREA. *Duplex RK*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/d3-duplex-rk>
- [30] CENY ENERGIE. *Ceníky plynu*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/ceniky-plynu-2015/#/promo-ele>
- [31] CENY ENERGIE. *Ceníky elektřiny*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/ceniky-elektřiny-2015/#/promo-ele>
- [32] ATREA. *Duplex RK*. [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://www.atrea.cz/img/obytno/duplex_r4_cz/#7/z
- [33] NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM. *Dotace*. [online]. [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/o-programu-3-vyzva/>
- [34] NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM. *Dotace*. [online]. [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/podminky-oblasti-podpory-c-3-vyzva/>
- [35] BYDLENÍ. *PENB*. [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://www.bydleni.cz/clanek/Prukaz-energeticke-narocnosti-budov-5-dil>

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Výkresy RD (půdorys 1.NP, půdorys podkroví)

Příloha č. 2 – Průkaz energetické náročnosti budovy

Příloha č. 3 – Rozpočet stavby

Příloha č. 4 – Rozpočet nově navrženého vzduchotechnického systému

Seznam obrázků

- 2.1 – Detail soklové části pasivního domu, a) podsklepený, b) nepodsklepený
- 2.2 – Fotovoltaika
- 2.3 – Tepelná ochrana
- 2.4 – Záběr termokamery na roh obvodových stěn, objekt není zateplen
- 2.5 – Závislost intenzity výměny vzduchu n_{50} na vzduchové propustnosti q_{50} pro budovy s různým poměrem A_E / V
- 3.1 – Systémové ohraničení a energetická bilance budovy
- 3.2 – Průkaz energetické náročnosti budovy
- 4.1 – Schéma systémů přirozeného větrání
- 4.2 – Větrací turbína
- 4.3 – Rekuperační větrací jednotka pro zabudované stěny
- 4.4 – Skladba vnitřní parapetní rekuperační jednotky
- 4.5 – Princip mechanického větrání zařízení s nuceným přívodem a odvodem vzduchu
- 4.6 – Schéma prvků klimatizace Split
- 4.7 – Multi-split
- 4.8 – VRF systém
- 4.9 – Deskové otopné těleso
- 4.10 – Teplovzdušný krb
- 4.11 – Princip tepelného čerpadla
- 4.12 – Tepelné čerpadlo země – voda
- 4.13 – Tepelné čerpadlo voda – voda
- 4.14 – Tepelné čerpadlo vzduch – voda

- 6.1 – Rodinný dům v Rapotíně
- 6.2 – Kondenzační kotel Viessmann Vitodens 100 W
- 6.3 – Nepřímotopný zásobník Vitocell 100 W
- 6.4 – Malý radiální ventilátor FFCF 234 T
- 6.5 – Malý axiální ventilátor DECOR 200 CRZ
- 6.6 – Cirkulační digestoř
- 6.7 – Vzduchotechnická jednotka DUPLEX
- 6.8 – Schéma vzduchotechniky – půdorys 1.NP
- 6.9 – Schéma vzduchotechniky – půdorys 2.NP
- 6.10 – Investiční náklady
- 7.1 – Rovnotlaký větrací systém
- 7.2 – Cirkulační vytápěcí a větrací systém
- 7.3 – Cirkulační vytápěcí režim s nárazovým větráním
- 7.4 – Větrací režim přetlakový
- 7.5 – Cirkulační režim chlazení se zemním výměníkem tepla
- 7.6 – Cirkulační režim strojního chlazení
- 7.7 – Provozní náklady

Seznam tabulek

- 2.1 – Součinitele prostupu tepla pro běžný, nízkoenergetický a pasivní dům
- 2.2 – Doporučené tloušťky tepelné izolace pro pasivní domy
- 3.1 – Třídy energetické náročnosti budov
- 6.1 – Charakteristika ochlazovaných konstrukcí budovy
- 6.2 – Stávající vzduchotechnické zařízení
- 6.3 – Rozpočet stávajícího vzduchotechnického zařízení
- 6.4 – Rozpočet nově navržené zařízení ÚT
- 7.1 – Geometrické charakteristiky budovy
- 7.2 – Dílčí hodnocení energetické náročnosti vytápění
- 7.3 – Dílčí hodnocení energetické náročnosti mechanického větrání
- 7.4 – Dílčí hodnocení energetické náročnosti přípravy teplé vody
- 7.5 – Roční náklady na vytápění
- 7.6 – Roční náklady na mechanické větrání
- 7.7 – Roční náklady na ohřev teplé vody
- 7.8 – Roční náklady na mechanické větrání – elektrická energie
- 7.9 – Roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody – zemní plyn
- 7.10 – Spotřeba zařízení
- 7.11 – Příkon zařízení
- 7.12 – Spotřeba zařízení
- 7.13 – Roční náklady na mechanické větrání
- 7.14 – Roční náklady na vytápění
- 7.15 – Roční náklady na ohřev teplé vody

- 7.16 – Roční náklady na mechanické větrání, vytápění a ohřev teplé vody
- 7.17 – Roční náklady k ochlazení domu
- 7.18 – Prostá doba návratnosti
- 7.19 – Hlavní výhody a nevýhody přirozeného větrání
- 7.20 – Hlavní výhody a nevýhody podtlakové větrání s pouze nuceným odvodem vzduchu
- 7.21 – Hlavní výhody a nevýhody nově navrženého VZT systému
- 7.22 – Prostá doba návratnosti

Seznam použitých zkratk

RD – Rodinný dům

PENB – Průkaz energetické náročnosti budov

ÚT – Ústřední topení

TV – Teplá voda

TZB – Technické zařízení budov

VZT – Vzduchotechnika