

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ RODINNÉHO DOMU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala:

Jitka Růžičková

Vedoucí práce:

Ing. Pavla Dvořáková, Ph.D.

Školní rok:

2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Růžičková</u>	Jméno: <u>Jitka</u>	Osobní číslo: <u>468418</u>
Zadávací katedra: <u>K 125 - Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>SI - Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>C - Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Vytápění a větrání rodinného domu</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Design of heating and ventilation system of a family house</u>	
Pokyny pro vypracování: Pro zadaný objekt rodinného domu navrhnete formou studie možné varianty řešení systému vytápění a systému větrání. Vyberte vhodné řešení obou systémů. Tato řešení rozpracujte ve formě rozšířené projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení. Projekt dokumentujte půdorysy, řezy, výpočty a technickou zprávou.	
Seznam doporučené literatury: Kabele a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 1, ČVUT 2010 Kabele a kol.: Technická zařízení budov. Vytápění - podklady pro cvičení. ČVUT 2013 Papež a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 2 Petráš a kol.: Vytápění rodinných a bytových domů, Jaga 2005 Gebauer G., Horká H., Rubínová O. - Vzduchotechnika, Era-vydavatelství, ISBN:80-7366-027-X, 262 s., 2005 příslušné normy.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Pavla Dvořáková, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>26.2.2020</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>17.5.2020</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
<u>26.2.2020</u> Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Pavle Dvořákové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích této práce.

Vytápění a větrání rodinného domu

Design of Heating and Ventilation System of a Family House

Obsah

1	Úvod.....	9
1.1	Popis rodinného domu.....	9
1.1.1	Architektonické řešení	9
1.1.2	Materiálové řešení	9
1.1.3	Popis lokality umístění	9
2	Vytápění rodinného domu	11
2.1	Kotle na pevná paliva	12
2.1.1	Prohořivací kotel	12
2.1.2	Odhořivací kotel	13
2.1.3	Zplyňovací kotel.....	13
2.1.4	Automatický kotel	14
2.1.5	Litinové kotle	15
2.1.6	Ocelové kotle.....	15
2.1.7	Shrnutí	16
2.2	Tepelné čerpadlo.....	16
2.2.1	Země / voda.....	17
2.2.2	Voda / voda	18
2.2.3	Vzduch / voda.....	19
2.2.4	Vzduch / vzduch	20
2.2.5	Shrnutí	20
2.3	Solární energie	21
2.3.1	Termické solární kolektory	21
2.3.2	Fotovoltaické solární kolektory	22
2.3.3	Shrnutí	23
2.4	Bivalentní zdroje.....	24
2.4.1	Elektrokotel	24
2.4.2	Shrnutí	25
2.5	Otopné plochy	25
2.5.1	Čláňková otopná tělesa	26
2.5.2	Desková otopná tělesa	27
2.5.3	Trubková otopná tělesa	28
2.5.4	Konvektory	28
2.5.5	Plochy tvořící místnost	29
2.5.6	Shrnutí	31
2.6	Komparace jednotlivých zdrojů tepla	32
2.6.1	Kotle na tuhá paliva.....	32
2.6.2	Tepelná čerpadla	35
2.6.3	Solární energie	37

3	Větrání rodinného domu	39
3.1	Přirozené větrání	40
3.1.1	Infiltrace	40
3.1.2	Provětrávání	40
3.1.3	Šachtové větrání	41
3.1.4	Aerace	42
3.1.5	Shrnutí	42
3.2	Nucené větrání	43
3.2.1	Centrální nucené větrání	44
3.2.2	Decentrální nucené větrání	45
3.2.3	Centrální nucené větrání se zpětným získáváním tepla	46
3.2.4	Necentrální nucené větrání se zpětným získáváním tepla	48
3.2.5	Shrnutí	49
3.3	Komparace systémů pro větrání	49
3.3.1	Přirozené větrání	49
3.3.2	Nucené větrání	50
4	Kombinace větrání a vytápění	52
4.1	Ventilační tepelné čerpadlo	52
4.2	Teplovzdušné vytápění	53
4.3	Shrnutí	53
4.4	Komparace sdružených systémů	54
4.4.1	Ventilační tepelné čerpadlo	54
4.4.2	Teplovzdušné vytápění	54
5	Výběr vhodného řešení	55
5.1	Vytápění	55
5.1.1	Tepelné ztráty	55
5.1.2	Otopné plochy	55
5.1.3	Otopná soustava	55
5.1.4	Zdroj tepla	57
5.2	Větrání	57
5.2.1	Vzduchotechnický systém	57
5.2.2	Vzduchotechnická jednotka	59
6	Závěr	60
7	Seznam literatury a podkladů	61
7.1	Použitá literatura	61
7.2	Použité internetové zdroje	61
7.3	Seznam obrázků:	66
7.4	Seznam grafů:	67
7.5	Seznam tabulek:	68
7.6	Seznam výkresové dokumentace:	68

Anotace:

V bakalářské práci navrhnu vytápění a větrání pro zadaný rodinný dům v Královéhradeckém kraji. Pro sekce vytápění a větrání jsou vybrány varianty, které jsou nakonec porovnány mezi sebou. Ze zhodnocených možností zvolím systém vytápění a větrání. V praktické části dojde k detailnějšímu navržení vybrané varianty. Zahrnuté výpočty budou zpracovány v příslušném programu nebo v Microsoft Excel. Veškeré výsledky budou přiloženy v přílohách technické zprávy. V konečné fázi bude zpracována projektová dokumentace pro stavební povolení pro oblast vytápění a větrání. Výkresová dokumentace bude obsahovat půdorys vytápění, schématický řez vytápění, schéma zapojení otopné soustavy v technické místnosti a půdorys vzduchotechnické soustavy.

Klíčová slova:

Vytápění, zdroj tepla, otopná soustava, větrání, vzduchotechnický systém, vzduchotechnická jednotka

Annotation:

In this bachelor thesis, I devise heating and ventilation for a specified family house, which is located in a Hradec Králové region. I select some variations of system of heating and ventilation and then I compare them with each other. From evaluated options, I will choose the best system and then the practical part of the thesis will disassemble it into details. Calculations encompassed in this part will be created in the relevant program or Microsoft Excel. The results will be attached to the technical report. The final part is sustained from project documentation for a building permit for an area of heating and ventilation. Drawing documentation includes heating floor plan, a schematic section of heating, diagram of heating system in a technical room and floor plan of an air conditioning system.

Keywords:

Heating, heat source, heating system, ventilation, air condition system, airhandling unit

1 Úvod

1.1 Popis rodinného domu

Dům je řešen jako 5+kk o celkové zastavěné ploše 140,25 m². Bydlení je navrženo pro čtyřčlennou rodinu bez požadavku na bezbariérový přístup.

1.1.1 Architektonické řešení

Jedná se o novostavbu rodinného domu na parcele č. 701/5 v Domašíně u Dobrušky, okres Rychnov nad Kněžnou, kraj Královehradecký. Rodinný dům představuje objekt obdélníkového půdorysného tvaru o vnějších rozměrech 12,75x11 m.

Dvoupodlažní dům se sedlovou střechou o sklonu 20°, který není podsklepen.

V přízemí domu je umístěno zádveří, technická místnost, sklad, WC, koupelna, kancelář, obývací pokoj včetně kuchyně a jídelního koutu. Chodba slouží jako komunikační prostor mezi těmito místnostmi.

Ve 2.NP se nachází koupelna, WC, šatna, ložnice a dva pokoje. Všechny místnosti jsou propojeny chodbou, která je napojena na schodiště.

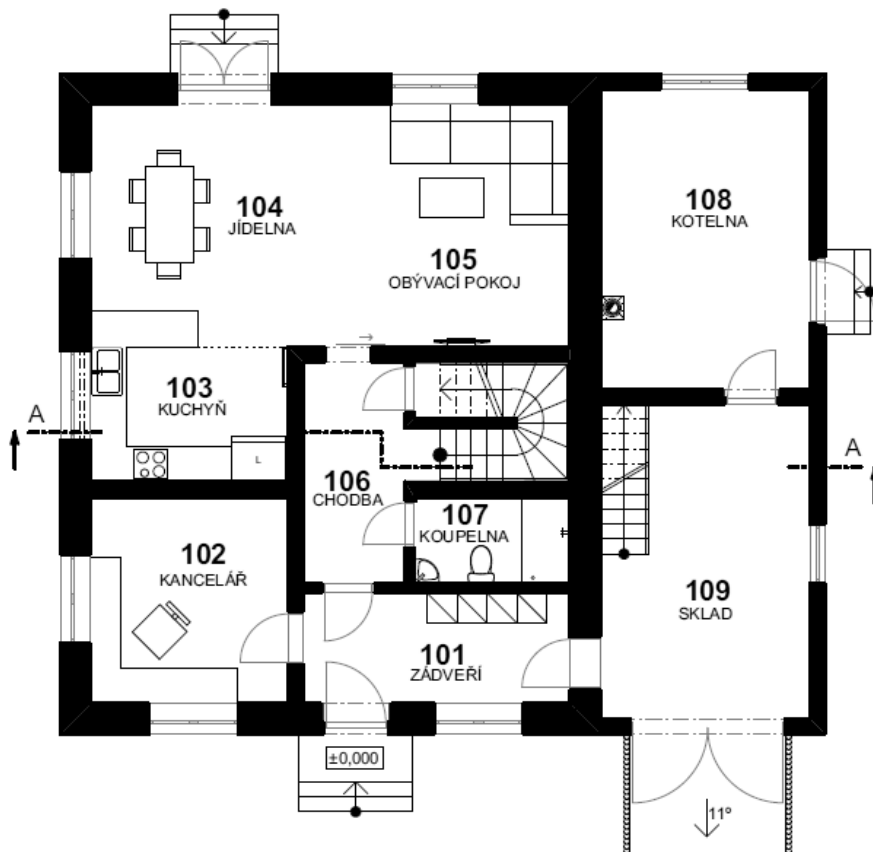
1.1.2 Materiálové řešení

Základové konstrukce jsou řešeny pomocí základových pasů z prostého betonu a ztraceného bednění. Nosné a nenosné stěny jsou řešeny pomocí cihel Porfix o různých tloušťkách. Zastřešení je provedeno z plechových šablon s imitací keramické tašky o sklonu 20°.

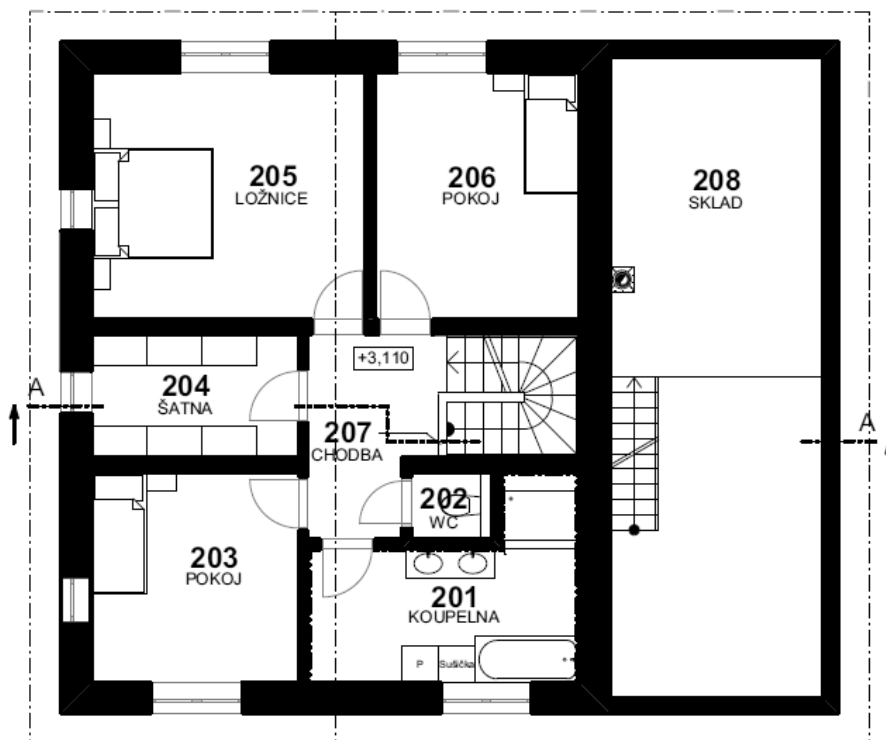
Podlahová nášlapná vrstva v 1.NP je tvořena převážně keramickou dlažbou. V obývacím pokoji je využita vinylová podlaha, tak jako v celém 2. podlaží kromě koupelny a WC, kde bude keramická dlažba.

1.1.3 Popis lokality umístění

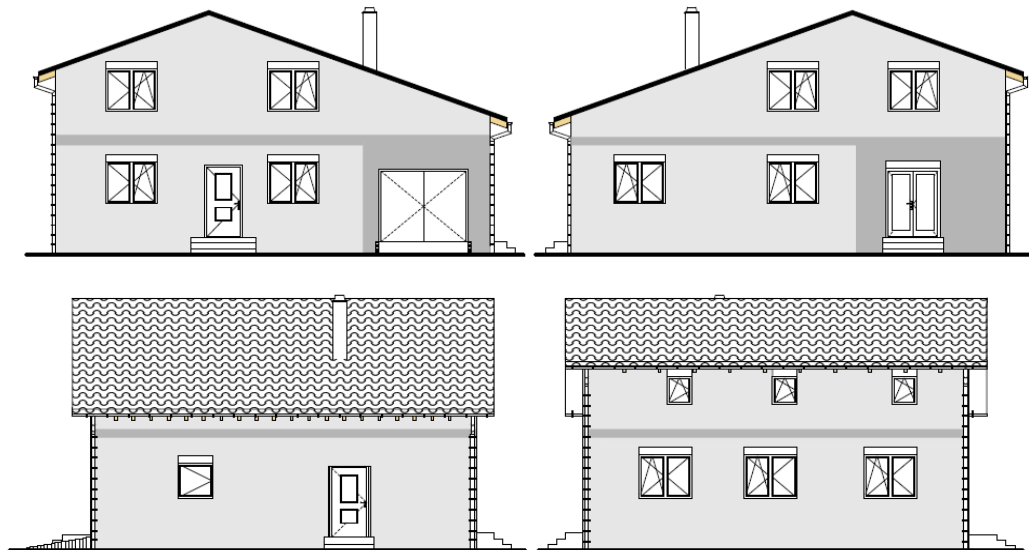
Domašín u Dobrušky je obec, která leží na východě Čech a je vzdálena přibližně 150 km od hlavního města Prahy. Pozemek je mírně svažité, téměř rovinný a vzdálen od hlavní silnice III. třídy 290 m. Na tento pozemek připadá II. větrná oblast s $v_{b,0} = 25,0$ m/s (základní rychlost větru) a $q_b = 0,39$ kN/m² (základní dynamický tlak větru), IV. sněhová oblast $s_k = 2,00$ kN/m² (charakteristická hodnota) [8].



Obr. 1 – Půdorys 1.NP



Obr. 2 – Půdorys 2.NP



Obr. 3 – Pohled (zleva doprava) SV, JZ, SZ, JV

2 Vytápění rodinného domu

Vytápění je jedna z nejdůležitějších věcí v rodinném domě pro zajištění vhodného klimatu pro obyvatele v jednotlivých místnostech. Tato činnost je závislá na klimatických a provozních podmínkách s uvážením architektonických a konstrukčních řešení. Vytápěcí zařízení obsahuje zdroje tepla a zařízení pro jeho distribuci, které mají podstatný účel pro vytvoření tepelné pohody.

Existuje nepřehledné množství výrobků a zaleží jaké máme vstupní okrajové podmínky. Vytápění má zásadní vliv na náklady celkového provozu objektu, a tudíž je potřeba vhodný návrh systému.

Tepelná pohoda celkově závisí na dvou parametrech, a to na člověku a dané místnosti. Člověk jako zdroj tepla v místnosti má svoji metabolickou teplotu a odpor oděvu. Další ovlivňující prvky jsou podmínky v místnosti, resp. teplota vzduchu, povrchová teplota okolních stěn, rychlost proudění vzduchu, vlhkost vzduchu. Snažíme se o vyrovnaní metabolického tepla s pocitovou teplotou místnosti, aby došlo k vytvoření tepelného komfortu.

Na pozemek rodinného domu je přiveden pouze vodovodní řád a nízké elektrické napětí, jelikož se v blízkosti pozemku nenachází přípojka plynu a ani jiný zdroj tepla. V této práci porovnáme příslušné varianty vytápění a vybereme vhodný zdroj tepla a systém pro ohřev teplé vody.

2.1 Kotle na pevná paliva

Můžeme je rozdělit na kotle pro pevná fosilní paliva (uhlí, koks) nebo kotle na spalování biomasy (dřevo, pelety). Mezi tuhými palivy převládá černé a hnědé uhlí v přirozeném nebo upraveném stavu. Existují různé druhy fosilních tuhých paliv jako například antracit, lignit, rašelina. Mezi upravená a zušlechtěná paliva řadíme koks, brikety a dřevné uhlí. U biomasy je podstatné, že se jedná o obnovitelný zdroj energie.

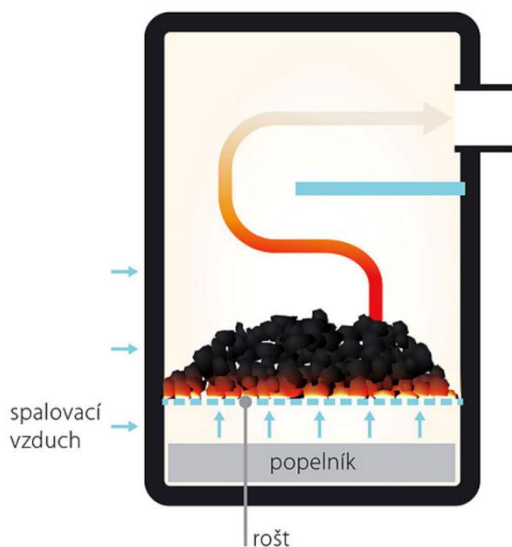
Kotle můžeme dělit i podle použitého materiálu. Vybíráme mezi ocelovými a litinovými kotli. Nejrozšířenější výběr najdeme u litinových kotlů, jelikož mají i větší poptávku na trhu.

2.1.1 Prohořivací kotel

Jedná se o kotel s ruční dodávkou paliva, ve kterém díky využití přirozeného tahu vzduchu dochází k prohořívání vrstvy nespáleného paliva.

Přívod vzduchu je zajištěn roštem pod palivem. Rychlost spalovacího procesu ovlivňuje parciální tlak mezi vnějším prostředím a prostředím komínového průduchu (vnitřní prostředí), resp. komínový tah.

Tento typ patří k nejstarší a nejjednodušší konstrukci pro spalování tuhých paliv, což nám ovlivňuje cenu produktu, ale i účinnost. Výhodou jsou nižší pořizovací náklady při výstavbě. Mezi nevýhody se řadí nižší transformace energie na teplo a vyšší tvorba nežádoucích látek s porovnáním modernějších kotlů. Cena těchto kotlů se v průměru pohybuje mezi 15 až 30 tis. Kč a účinnost je v rozmezí 50-60 % [9].

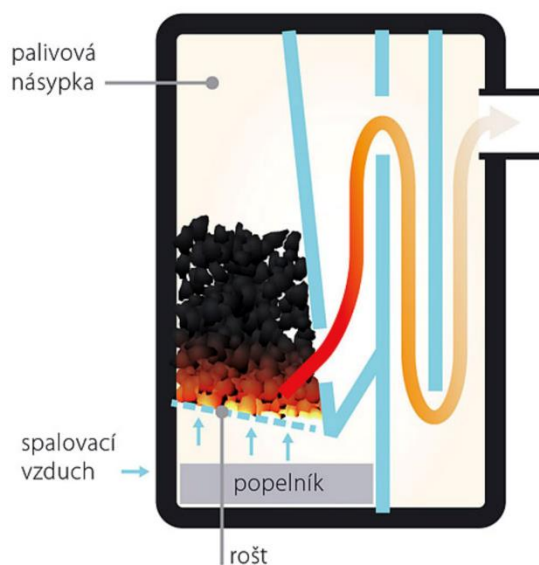


Obr. 4 – Schématický řez prohořivacího kotle [10]

2.1.2 Odhořivací kotel

Opět je využíváno přirozeného tahu bez využití ventilátorů, ale je nutné zajistit dostatečný tah komínu. Palivo ležící na roštu ve spodní části kotle postupně odhořívá a plamen směřuje do zadní části kotle k výměňkové části.

Primární spalovací vzduch postupuje přes regulační klapky a roštu k ohnisku. V porovnání s prohořivacím kotlem, dochází k plynulejšímu spalování a tím k navýšení efektivity až na 75 %. Peněžní hodnota kotle je přibližně 20-40 tis. Kč [9].

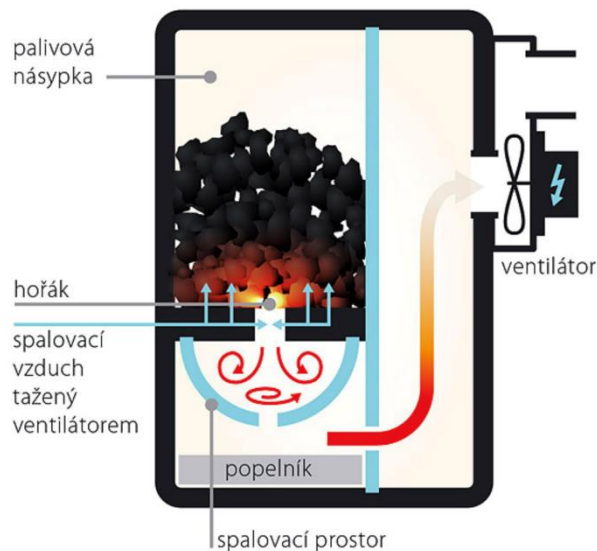


Obr. 5 – Schématický řez odhořivacího kotle [10]

2.1.3 Zplyňovací kotel

Jinak nazýván jako pyrolytický kotel je rozdělen na dvě části, resp. spalovací komory. V první komoře dochází ke spalování paliva, většinou dřeva, přičemž dochází k uvolňování těkavé hořlaviny. Plyn vstupuje přes spalovací trysku do spalovací komory. Na rozdíl od předchozích typů dochází k přísunu vzduchu do zásobníku paliva či spalovací trysky pomocí ventilátoru.

Díky ventilátoru dojde k pravidelnému přísunu vzduchu, a tak i k rovnoměrnému spalování paliva. Účinnost se, díky tomu zvedne přibližně o 10 % v porovnání s odhořivacím kotlem, jinak řečeno, se dostaneme na hranici 85 % [9].



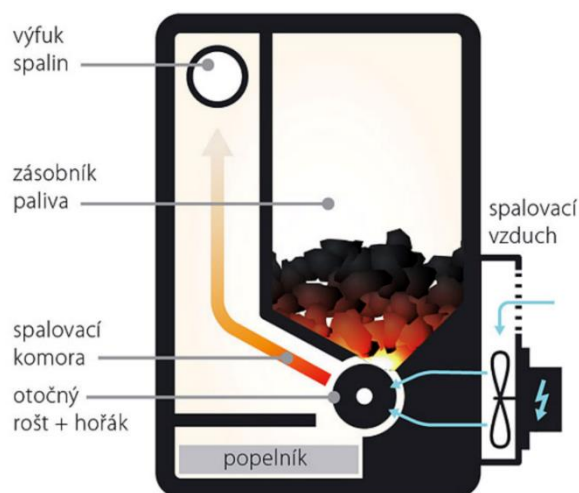
Obr. 6 – Schématický řez zplyňovacího kotle [10]

2.1.4 Automatický kotel

Představuje nejekologičtější a nejpohodlnější typ zdroje na tuhá paliva, ale kvůli tomu se nám zvýší pořizovací náklady za toto zařízení. Cenová dostupnost je od 50 000 Kč až do 120 000 Kč.

Princip je v tom, že pomocí dopravníku (skluz, šnek apod.) je palivo postupně dávkováno do hořáku kotle, kde dochází ke spalování. Kotel je řízen pomocí řídicí jednotky, která upravuje množství dávkování v závislosti na výhřevnosti, typu paliva a na potřebě tepla [9].

Další výhodou je, že se protáhne délka periody přikládání, a to v rozmezí na 1 – 10 dnů, přičemž u předešlých typů se jednalo řádově o hodiny. Důležité je zmínit, že v případě využití uhlí je potřeba použít palivo o menších rozměrech, tj. max 3 cm. Nejčastěji se používají dřevní pelety anebo štěpky [11].



Obr. 7 – Schématický řez automatického kotle [10]

2.1.5 Litinové kotle

Nejčastěji se jedná o kotle s prohřívacím principem spalování. Dávkování paliva probíhá většinou ručně. Často zde zužitkováváme černé uhlí, koks či velké kusové dřevo kvůli nízkému obsahu prchavých látek, které se postupně uvolňují a tím dochází k většímu nahřívání oproti hnědému uhlí. Regulace výhřevnosti probíhá podle hojnosti paliva ve spalovací komoře a pomocí klapky na sání spalovacího vzduchu. Jedno z největších předností litiny je odolnost proti vysokému tlaku či teplotě a zároveň nízké pružnosti [12].

2.1.6 Ocelové kotle

V zásadě je dělíme na dva druhy, a to na kotle s ruční dodávkou s využitím odhořivacího systému paliva nebo kotle speciální, tzv. zplyňovací.

Pro kotle s odhořivacím principem můžeme využít drobnější kusové dřevo, hnědé uhlí, brikety anebo menší dřevní odpad, protože spaliny odvádíme do výměníku mimo vrstvu topiva. Vzhledem k tomu, že nedochází k prohoření celé dávky paliva lze jednoduše regulovat tah pomocí přísávacího vzduchu.

Zplyňovací kotle jsou navrhovány především na kusové dřevo a brikety s malou vlhkostí. Nicméně se dnes vyrábějí kotle vhodné i pro spalování uhlí.

2.1.7 Shrnutí

Kotle na tuhá paliva jsou v dnešní době nenahraditelné, ačkoliv máme velký výběr v alternativních zdrojích, ale ne vždy jsou dostupné finance a potřebné podmínky.

Jednoduchost, spolehlivost a nízké pořizovací náklady jsou výhody, které často rozhodují při výběru tohoto zdroje pro vytápění. Obsluha kotle je snadná, intuitivní a bez využití technické inteligence.

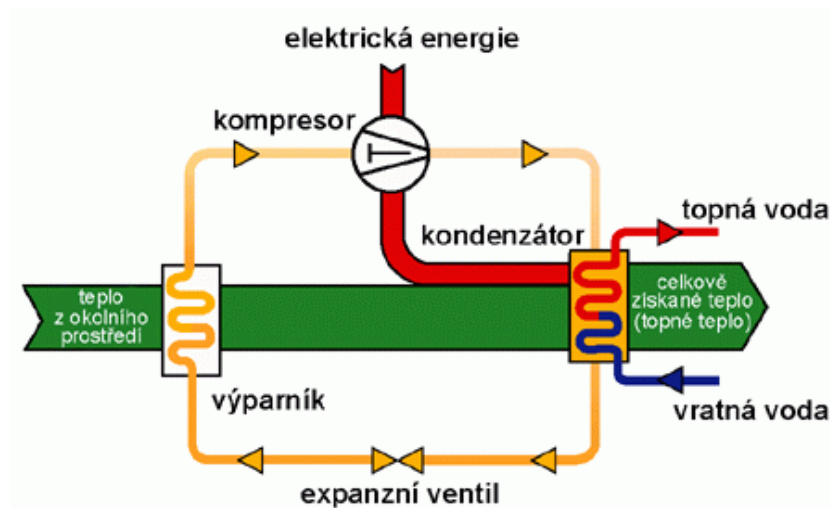
Poměrně levný provoz, který takřka nezávisí na inženýrských sítích, ale pro doplňování kotle pevnými palivy, je potřeba určitá fyzická zdatnost, nehledě na to, že musíme mít prostory pro uskladnění topiva. Neměla by se opomenout obtížná regulace a téměř nemožná automatizace pro tento typ vytápění [13].

2.2 Tepelné čerpadlo

Mechanismus, který pracuje na inverzním principu lednice. Odebírá tepelnou energii z venkovního prostředí a předává jí do teplotosné látky sloužící pro vytápění budovy. Tepelné čerpadlo využívá energii z obnovitelných zdrojů (voda, vzduch, země).

Princip spočívá v tom, že nemrzoucí směs se ohřeje v exteriéru a odvede se do výparníku. Ve výparníku dojde k odpaření chladiva a vzniklý plyn je odebrán kompresorem, kde se prudce stlačí. Fyzikální podstata kompresoru spočívá v tom, že při zvyšování tlaku stoupá i teplota plynu. Zahřáté chladivo odchází do kondenzátoru. Tam dojde k výměně tepla mezi tepelným čerpadlem a vnitřním rozvodem tepla. Přitom dojde ke zkapalnění plynu, který dále putuje do expanzního ventilu. Nastane prudké ochlazení a kapalina může být znovu využita ve výparníku [14].

Čtyři nejvyužívanější druhy na trhu jsou čerpadla země/voda, voda/voda, vzduch/voda a vzduch/vzduch.



Obr. 8 – Schéma tepelného čerpadla [15]

Topný faktor (COP - Coefficient of performance) je jeden z porovnávacích aspektů na trhu. Určuje nám energetickou účinnost tepelného čerpadla. Jedná se o poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou energií. Mluvíme o bezrozměrné veličině, která se většinou pohybuje v intervalu od 2,5 do 5 [16]. Jinak řečeno, čím je vyšší topný faktor, tím je efektivnější provoz čerpadla.

2.2.1 Země / voda

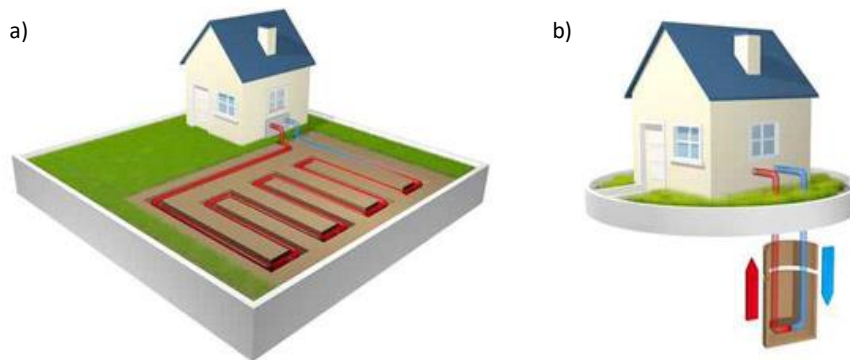
Tento typ se často kombinuje s bivalentním provozem, resp. jakmile venkovní teplota klesne pod -5°C až -8°C (bod bivalence) zapne záložní zdroj pro zajištění tepelné pohody. Jako bivalentní (záložní) zdroj nejčastěji používáme elektrokotel.

Zařízení je často uloženo v prostorách kotelny nebo technické místnosti a je napojeno na primární okruh, který čerpá potřebnou energii pro vytápění. Pro získání tepla ze země aplikujeme buď zemní kolektory (horizontální kolektory) anebo geotermální vrty (vertikální kolektory).

Plošný sběrač tepelné energie je nejčastějším řešením, pokud máme dostatečně velký pozemek, ačkoliv jsou výkopové poměry poměrně náročné (dlouhé a rozsáhlé), jsou s porovnáním vertikálních vrtů levnější [17].

Toto čerpadlo patří k nejstabilnějšímu a nejúčinnějšímu řešení ze čtyř výše jmenovaných typů, jelikož systém není závislý na venkovní teplotě. Jsme schopni vytápět a zároveň chladit vnitřní prostory pomocí jednoho zařízení. Nízké provozní náklady, velmi tichý chod a bezúdržbovost jsou další kladné vlastnosti čerpadla typu země/voda.

Často je problém s tím, že při aplikování horizontálních kolektorů již nelze využít zastavěný pozemek k výstavbě bazénu apod.



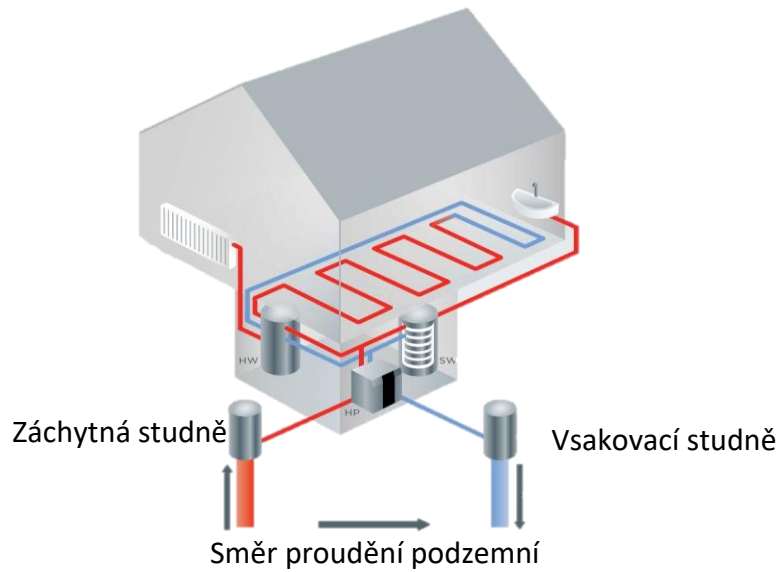
Obr. 9 – Schéma principu tepelného čerpadla země/voda
a) horizontální kolektory b) vertikální kolektory [18]

2.2.2 Voda / voda

Tepelnou energii můžeme čerpat z podzemních či povrchových vod. U prvně zmíněného typu má voda celkem stabilní teplotu a to 8 °C až 10 °C, u geotermálních vod se teplota může navýšit až na 30°C.

Soustava v zásadě odebírá vodu ze zdrojové studně a vrací ji zpět do vsakovací studně, které musí být od sebe vzdáleny minimálně 15 m. Každý zdroj musí mít vlastní vodní plochu nebo pramen, který má vhodné chemické složení vody a dostatečnou vydatnost. Pokud se rozhodneme pro tuto možnost, nemělo by se šetřit na kvalitních zkouškách, které prokáží intenzitu a chemické složení vod.

Návratnost čerpadla je okolo 10 let a je spojená s nižší finanční hodnotou tepelného čerpadla. Je potřeba vhodná lokalita pro umístění tohoto mechanismu, a tím nejsou tak často využívány [19].



Obr. 10 – Schéma principu tepelného čerpadla voda/voda [20]

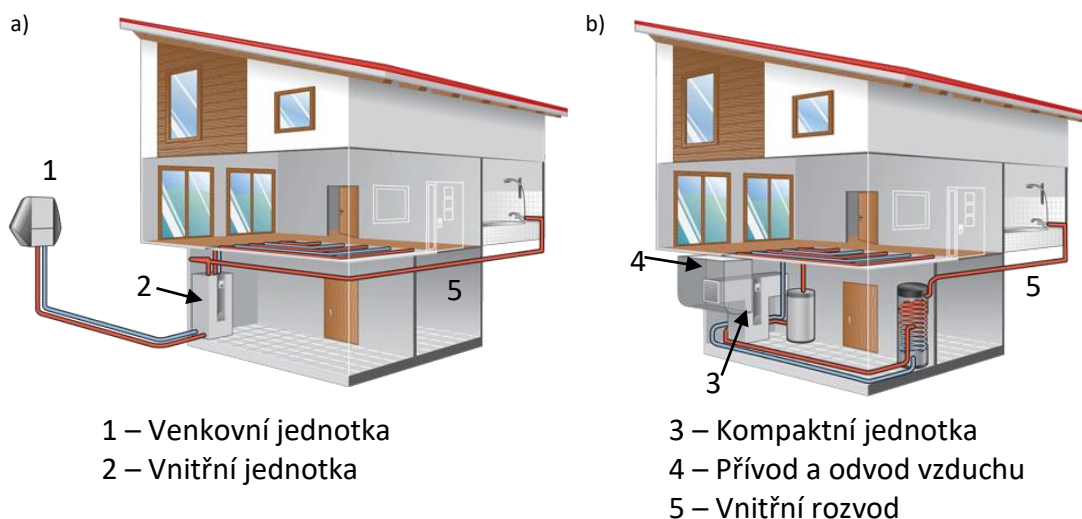
2.2.3 Vzduch / voda

Jedná se o nejznámější a nejžádanější čerpadlo na trhu. Hlavní nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady, ačkoliv návratnost se pohybuje okolo 8 let.

Jak už napovídá název, teplo z venkovního prostředí odebíráme za pomoci vzduchu. Účinnost čerpadla je závislá na venkovní teplotě, resp. čím je teplota venkovního vzduchu menší, tím efektivita klesá a je zapotřebí sepnutí bivalentního zdroje. Opět pracujeme s bodem bivalence jako u tepelného čerpadla země/voda. Z toho vyplývá, že se tento typ čerpadla nehodí do oblastí, kde jsou převážně velmi nízké teploty (vysokohorské oblasti), protože vzduchová čerpadla pracují většinou do -20 °C až -25 °C . Po přesáhnutí limitní teploty je pro vytápění použit pouze záložní zdroj.

Jednotka se skládá ze dvou částí či z kompaktního řešení. V případě separace je venkovní část umístěna v blízkosti stavby a vnitřní jednotka zajišťuje ohřev topného systému. U instalace kompaktního systému je důležité zajistit přívod a odvod vzduchu před obvodovou zeď pomocí potrubí [21].

Každopádně je toto tepelné čerpadlo prakticky vhodné pro každou stavbu a také nejsou vyžadovány velké stavební či zemní úpravy.



Obr. 11 – Schéma principu tepelného čerpadla vzduch/ voda
a) Instalace ve venkovním prostředí b) Vnitřní instalace [22]

2.2.4 Vzduch / vzduch

Tato čerpadla pracují na stejném principu jako předchozí typ až na to, že tepelný výkon je předáván přímo do vnitřního prostředí.

Existují dvě varianty, první má jen jednu vnitřní jednotku (split) a druhý více vnitřních jednotek (multisplit). Přímý ohřev vzduchu nám zvyšuje topný faktor, který je vyšší než u ostatních čerpadel [23].

Často se používá jak pro vytápění, tak i pro chlazení a může být doplněno prvky pro úpravu vzduchu. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je nemožnost ohřívání zásobníku na teplou vodu. Počet vnitřních jednotek je omezen, tudíž to není vhodné pro velké budovy s větším počtem malých místností [24].

2.2.5 Shrnutí

Častým důvodem návrhu tepelného čerpadla je snížení spotřeby elektrické energie, a to až na 2,5 až 4 násobně nižší spotřebu oproti vytápění elektrokotlem. Obsluha je mnohem komfortnější ve srovnání s kotli na tuhá paliva. Díky svým vlastnostem dokáže vyhřát domácnost pohodlně a ekologicky s nízkými provozními náklady [25]. Ve srovnání s kotli na pevná paliva se odbourává potřeba velkých skladovacích prostorch. Vymezíme pouze místo pro samotné tepelné čerpadlo ať už v interiéru či v exteriéru.

Vyšší pořizovací cena je hlavním atributem, která ovlivňuje investory. Jak už bylo řečeno v předchozích odstavcích, čerpadla nejúčinněji pracují do bodu bivalence a poté už je vhodné nakombinovat vytápění například s elektrokotlem.

2.3 Solární energie

Představitel obnovitelných zdrojů je jednoznačně sluneční energie. Důraz na toto téma je kladen teprve v posledních letech. Všichni vědí, že fosilní paliva budou dříve nebo později vyčerpána a je třeba hledat náhradu za tento typ paliva pro zdroj vytápění, ačkoliv mnohem větší hrozbu představuje oxid uhličitý vyprodukovaný z pevných paliv při spalování [26].

Existují dva hlavní typy technologie solárního zařízení. Termické sluneční kolektory sloužící k dodávce tepelné energie a fotovoltaické sluneční kolektory vyrábějící elektrickou energii. V České republice je větší zastoupení solárních panelů či kolektorů pro spotřebu solární energie [27].

Klíčové je umístění panelů či kolektorů. Pokud máme střechu situovanou na jižní stranu, jedná se o nejlepší řešení. Jestliže není možné solární zařízení natočit na jižní stranu, spokojíme se s jihozápadem nebo jihovýchodem. Optimální sklon se pohybuje okolo 35° ($\pm 10^\circ$) pro sezonní letní provoz, $40^\circ - 45^\circ$ v celoročním provozu a $60^\circ - 90^\circ$ v sezonním zimním provozu [28].

2.3.1 Termické solární kolektory

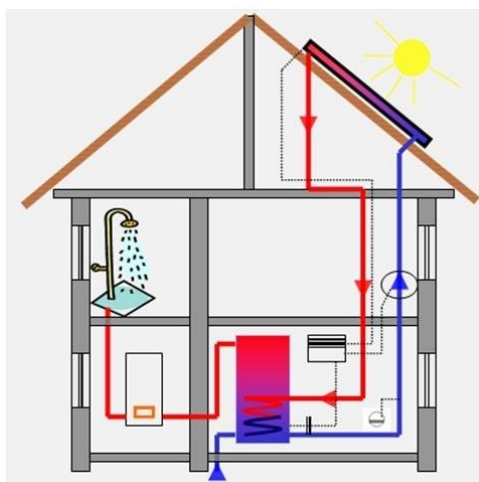
Nachází běžné využití v oblasti ohřevu bazénů, teplé vody a vytápění. Systém využívá přímý ohřev nemrznoucí směsi na bázi vody s propylenglykolem. Součástí systému jsou oběhové čerpadlo, solární panely s nosnou konstrukcí a řídicí jednotka. Pro ohřev teplé vody je zapotřebí navíc minimálně jedna expanzní nádoba a zásobník teplé vody.

Teplonosná kapalina v kolektoru ohřívá teplou vodu v zásobníku. Absorbér, prvek termického kolektoru, přeměňuje sluneční záření, resp. na jeho povrchu dochází k přeměně na tepelnou energii. Je zapotřebí důkladně zvážit povrchovou úpravu absorbéru na základě plánovaného využívání kolektoru (černá barva, speciální selektivní vrstva aj.) [29].

Kolektory máme dvojího typu. Ploché (deskové) panely, ve kterých se často skrývá tvrzené sklo, plech s vysoce selektivní vrstvou, trubkový registr s kapalinou a tepelná izolace. Druhý typ je účinnější, ale také dražší. Jedná se o trubky s proudící

tekutinou, které jsou umístěny ve skleněných trubicích, společně s vysoce selektivním plechem jsou odizolovány vakuem [30].

Výhodou je šetrnost k životnímu prostředí, snadná údržba, možnost získání dotace a nevyčerpatelnost zdroje. Nevýhodou je, že v dnešní době není možné 100 % využít sluneční energii a výše počáteční investice, kolísavá a někdy i nedostatečná intenzita paprsků. Pro vytápění je nutné navrhnout kombinaci s jiným zdrojem tepla například s tepelným čerpadlem anebo elektrokotlem, abychom docílili tepelné pohody v zimním období.



Obr. 12 – Schéma termického solárního systému [30]

2.3.2 Fotovoltaické solární kolektory

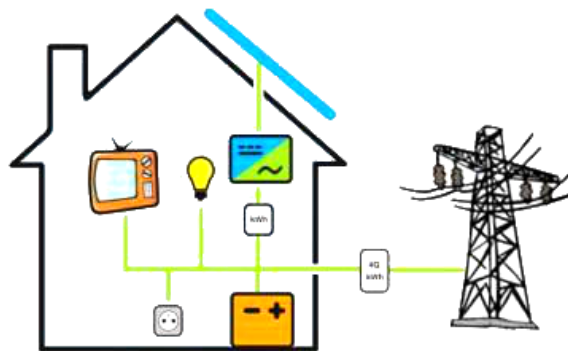
Navrhujeme do objektů, které mají větší spotřebu elektrické energie, ale nejsou náročné na vytápění jako jsou pasivní nebo nízkoenergetické domy.

Princip spočívá v přeměně solární energie na energii elektrickou. Schopnost přeměny popisuje tzv. fotovoltaický jev. Zjednodušeně, fotovoltaické panely se skládají z fotovoltaických článků, které po dopadu slunečního záření (fotonu) přenechají svoji energii neutronům a vznikne elektrický proud.

Nejčastější základní složkou při výrobě článků je křemík. Na základě krystalické báze fotovoltaického článku rozlišujeme tři základní typy: monokrystalickou (nejkvalitnější a nejdražší), polykrystalickou a články z amorfního křemíku (nejméně kvalitní a nejlevnější).

System může být napojen na distribuční síť elektrické energie, anebo může být separován a energie spotřebována pouze v místech výroby (ostrovní solární systém) [31].

Fotovoltaický panel je lehčí téměř o polovinu na m² oproti termickým panelům. K výhodám řadíme také nepřetržitou dodávku elektrické energie (i při výpadku el. proudu), nízké náklady na údržbu, vysoká spolehlivost a úspora energií. To ale s sebou nese nižší účinnost a tím dojde ke zvýšení počtu panelů na střeše. Efektivita klesá po 10 letech cca o 10 %, což se u termických solárních panelů nestává. Přebytky energií se dají částečně vyřešit pomocí akumulčních baterií.



Obr. 13 – Schéma fotovoltaického systému [32]

2.3.3 Shrnutí

Při výběru jednoho z typu je důležité položit si otázku, na co chceme solární energii využívat. Pokud se rozhodneme pro ohřev teplé vody a snížení spotřeby elektrické energie ze sítě, pak bude vhodné řešení bude fotovoltaický systém. Jestliže budeme chtít využít sluneční záření pro vytápění a ohřev teplé vody, jasnou volbou je termický solární systém.

Je zapotřebí zvážit v jaké oblasti chceme solární systém zrealizovat. Nejideálnější podmínky v České republice jsou na jižní Moravě, kde je intenzita slunečního paprsků nejsilnější.

Kolektory (panely) by neměly být ničím zakryté, ať už se jedná o okolní zástavbu, stromy apod. Termické solární kolektory nejsou tak náchylné na zakrytí jako fotovoltaické, v jejich případě účinnost okamžitě klesá.

2.4 Bivalentní zdroje

Představuje sekundární zdroj ve vytápění, který je zapnutý v době, kdy primární zdroj tepla má nedostačující výkon pro zajištění tepelné pohody celého objektu. Náhradní zdroj je nejčastěji využíván u tepelných čerpadel, protože při velmi nízkých venkovních teplotách klesne topný výkon a je vhodné je doplnit.

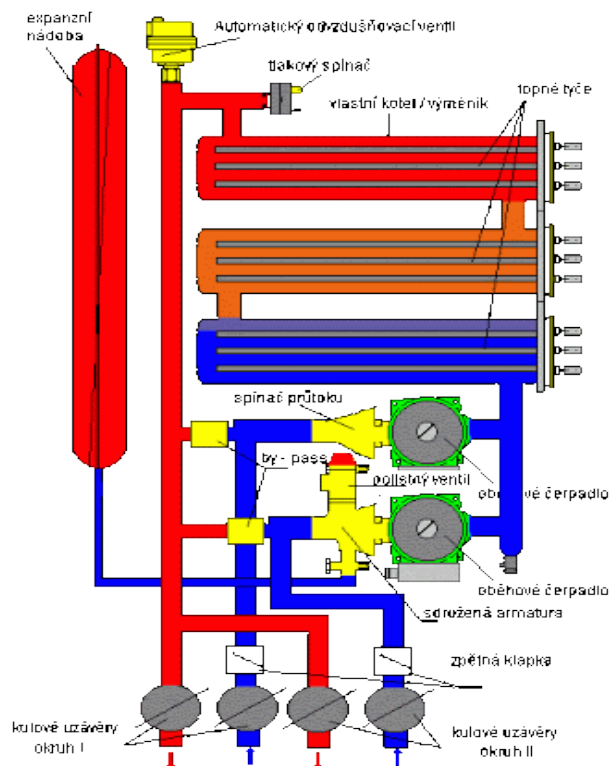
Bivalentních zdrojů je hned několik například elektrokotel, plynový kotel nebo kotel na tuhá paliva. Zkráceně se jedná o obyčejné zdroje tepla vyjmenované například na předešlých stránkách, které jsou napojeny na otopnou soustavu společně s primárním zdrojem.

2.4.1 Elektrokotel

Elektrické vytápění je z hlediska ekonomického a ekologického nevhodné. Cena za 1kWh stoupá a myšlenka stavebnictví je taková, že bychom měli co nejvíce využívat obnovitelné zdroje a šetřit neobnovitelné.

Proto v dnešní době vidíme elektrokotle jako bivalentní zdroj, například k solárním systémům, tepelným čerpadlům aj. Jedná se o kotel, který nepotřebuje komín, zabere málo prostoru a má minimální hlučnost. Hlavní výhodou jsou nízké pořizovací náklady (cca 15 000 - 20 000 Kč). Obrovskou nevýhodou jsou provozní náklady, ale u vhodně zvolených objektů (pasivní a nízkoenergetické domy) nemusí být cena tak vysoká, protože nedochází k tak velkým tepelným ztrátám v objektu jako u starších staveb. U tohoto typu můžeme mluvit o plynulé regulaci celého systému. Někteří výrobci uvádějí až 99% účinnost zařízení.

Elektrické zařízení, díky čerpadlu na vodu, dopravuje otopnou vodu do radiátorů či podlahové vytápění a ohřev teplotonosné látky je zajištěn topnými tyčemi [33].



Obr. 14 – Pracovní schéma elektrokotle [34]

2.4.2 Shrnutí

Elektrokotel může fungovat jako primární zdroj tepla, ale je zapotřebí dbát na tepelné ztráty objektu. U pasivních a nízkoenergetických domů se vytápění nemovitostí pomocí elektrické energie vyplatí mnohem více než u jiných staveb (rekonstrukcích).

Bivalentní zdroj může být cokoliv, ať už kotel na pevná paliva, plynový kotel anebo krbová kamna. Pro návrh ideálního zdroje tepla jsou zásadní vstupní údaje (typ, velikost a umístění objektu, druh vytápění, možnosti financí atd.).

2.5 Otopné plochy

Otopné plochy jsou hlavním prostředkem v otopné soustavě. Jejich hlavním úkolem je přenos tepla z teplonosné látky do okolního vzduchu k zajištění tepelné pohody v interiéru. Dbáme na to, že existuje na trhu spousta druhů otopných ploch a je třeba svědomitě porovnat vstupní údaje s možnostmi daných typů.

Teplonosnou látkou je nejčastěji voda, která má teplotu maximálně 75°C. Provozní bezpečnost a hygienu provozu tělesa je nutno prokázat certifikátem od příslušné autorizované osoby na území České republiky.

Otopná tělesa dělíme na 5 základních druhů: desková, článková, trubková (vč. koupelnových a dekoračních těles), konvektory (vč. podlahových konvektorů) a ostatní (často se jedná o kombinace předchozích druhů).

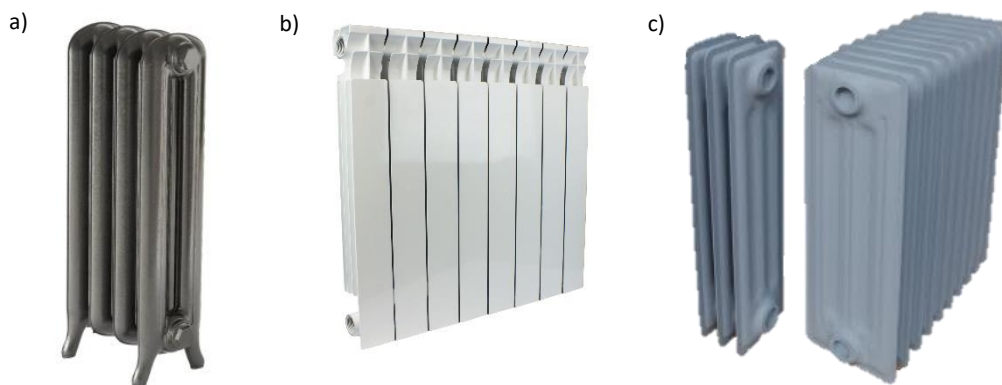
2.5.1 Článková otopná tělesa

Jak už napovídá název, tělesa jsou složená z jednotlivých článků, které jsou propojeny pomocí závitových vsuvek. Základními částmi článků jsou horní a dolní komora se závitů. Komory jsou spojovány různě tvarovanou teplosměnnou plochou. Pro výrobu nejčastěji používáme ocelový plech, litinu nebo slitinu hliníku.

Na tělesa z šedé litiny je využita technologie s lupínkovým grafitem. Hlavními výhodami jsou malé tlakové ztráty a dlouhá životnost otopné plochy. Trvanlivost je kompenzována velkým obsahem teplotnosné látky a tím i velkou hmotností a pomalejší reakcí na regulaci soustavy.

Tělesa ze slitin hliníku se buď odlévají ze slitiny $AlSi_9Cu$, kde tloušťka stěny ve styku s teplotnosnou látkou je minimálně 1,5 mm anebo jsou taženy z tvárné slitiny $AlMgSi$, kde je tloušťka stěny 1,1 mm a více. Ostražitě volíme materiál potrubní sítě a zdroje tepla, protože při použití měděných trubek v uzavřeném oběhu otopné vody dojde ke vzniku elektrochemické korozi a mohou tím nastat provozní potíže. Jinak jednoznačnou výhodou je dobrá tepelná vodivost hliníku či estetika otopných těles.

Pro tělesa z ocelových plechů jsou základem svařené výlisky z ocelových plechů, které tvoří horní a spodní komoru. Ty jsou propojeny otopnou plochou představovanou prolisy pro kanálky. Části přicházející do styku s otopnou vodou jsou z plechu tloušťky min. 1,11 mm s nízkým obsahem uhlíku bez okují a rzi. Nevýhody jsou stejné jako u předchozích podobných typů, ale otopná tělesa mají tenčí stěny.



Obr. 15 – a) OT z šedé litiny [35], b) OT ze slitiny hliníku [36], c) OT z ocelových plechů [37]

2.5.2 Desková otopná tělesa

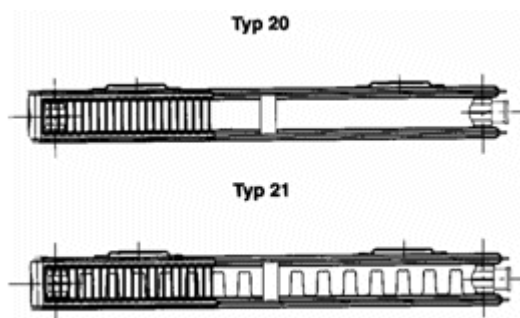
V dnešní době jsou nejvyžívanějším typem. Jsou to souvisle poskládané hladké, popřípadě zvlněné desky. Pokud je deska tvořena jednotlivými články, nejedná o deskové otopné těleso, ačkoliv na první pohled tak vypadá.

Horní rozvodná a dolní sběrná komora situovaná po délce tělesa, jsou charakteristické části pro tento typ tělesa. Obě komory jsou propojeny prolisy, které tvoří tzv. kanálky. Těleso je tvořeno dvěma prolisovanými deskami z ocelového plechu o tl. 1,25 až 2 mm. Těleso, laicky řečeno radiátor, má boční či osový výstup zakončen závitem, jímž se připojí na potrubní rozvody vytápění.

Tento druh se pyšní nízkým obsahem otopné vody, a tudíž dochází i k rychlé reakci na regulační zásah. Z toho můžeme soudit, že mají i nižší hmotnost oproti článkovým tělesům.

Pro vylepšení vzhledu se již při výrobě tělesa zakryjí z boku bočnicí a shora mřížkou. Pro ještě náročnější uživatele lze plochou čelní desku obložit kamenem nebo keramickým materiálem.

Typové značení se skládá ze dvou čísel. Číslo na první pozici nám určuje počet desek v tělese. Druhé číslo říká, kolik je konvekčních plechů v otopném tělese. Například: OT typu 21 – skládá se ze dvou desek a jednoho konvekčního plechu.



Obr. 16 – Typy deskových otopných těles [38]

2.5.3 Trubková otopná tělesa

V podstatě se jedná o sběrnou a rozvodnou komoru, ty jsou navzájem propojeny řadou trubek o menším průřezu. Dělíme je dle rozmístění spojovacích trubek, a to ve tvaru meandru, registru s vodorovnými trubkami a registru se svislými trubkami.

Nejčastěji jsou použity trubky z ocele nebo mědi, mohou být hladké či různě profilované. Do této skupiny nepatří tělesa z taženého hliníku nebo ocelových profilů složitějších tvarů.

V dnešní době se velmi rozšířila trubková tělesa s registrem s vodorovnými trubkami v koupelnách a podobných místnostech. Primárně plní funkci topnou, ale slouží i k osušení textilií. V těchto variantách plní svislá komora úlohu rozdělovače a druhá sběrače.

Vývody pro připojení otopných těles jsou většinou umístěny ve všech čtyřech rozích, aby bylo co nejvíce způsobů pro připojení. Při návrhu míst pro připojení musíme dbát na to, že různá připojení určují odlišné tepelné výkony téhož tělesa. Je třeba využít opravné součinitele, které by měly být zpřístupněny od výrobců.



Obr. 17 – Trubkové OT [39]

2.5.4 Konvektory

Jsou tělesa, která sdílí teplo většinou konvekcí. Samotné těleso obvykle obsahuje skříň, která je v horní části chráněna mřížkou a výměník tepla. Konvektory rozdělujeme dle umístění na skříňové, soklové a zapuštěné.

Funkcí výměníku je transportovat teplo z teplotné látky do vzduchu proudícího do vytápěného prostoru. Cirkulace vzduchu je zajištěna přirozeným vztlakem nebo ventilátorem. Musíme zajistit, aby docházelo k co nejhladšímu průchodu ohřátého vzduchu do interiéru (co nejméně překážek a co nejmenší odpory materiálů).

Skříň splňuje provozně technickou a estetickou funkci. Je to nedílná součást tělesa, přičemž je dodávána jako komplet s otopnými články. Na trhu máme největší výběr z hliníkových nebo ocelových skříní.

U tohoto typu pokládáme malý vodní obsah a nízkou hmotnost za výhody, ale zvýšené nároky na údržbu (čištění) a malý podíl sdíleného tepla sáláním už za nevýhody.

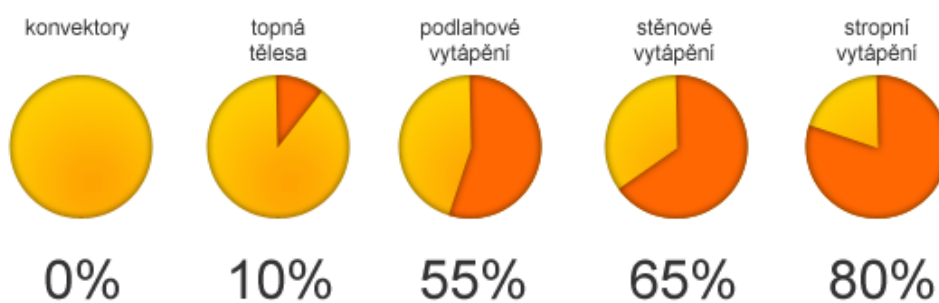


Obr. 18 – Podlahový konvektor [40]

2.5.5 Plochy tvořící místnost

Do velkoplošného vytápění řadíme podlahové, stěnové a stropní vytápění, které sdílí teplo do interiéru převážně sáláním. Otopné plochy (stěny, stropy a podlaha) tvoří plochy dotýkající se sálající plochy. V rámci bezpečnosti a komfortu volíme nízkou povrchovou teplotu otopných ploch, resp. potřebujeme nízkou teplotu teplonosné látky a tím pádem mluvíme o nízkoteplotní otopný soustavě, kam navrhne nízkopotenciální zdroj tepla (tepelné čerpadlo, kondenzační kotel, solární systém) [41].

Konstrukční a materiálové provedení se různí, ale v zásadě rozdělujeme vytápění dle topného média: teplovodní, elektrické a nakonec teplovzdušné.



Obr. 19 – Podíl tepelného toku sáláním pro různé druhy vytápění. [41]

- Podlahové vytápění

U podlahového vytápění můžeme využít vše tři kategorie: teplovodní, elektrické i teplovzdušné. Rozlišujeme dva způsoby aplikace mokrý nebo suchý proces. Pro suchý systém platí, že potrubí, které se vloží do izolační vrstvy, se zalije betonovou deskou. U

mokrého provedení zalijeme otopného hada přímo do betonu, pod kterým je tepelná izolace.

Existuje několik možností skladeb podlah, záleží na jednotlivých případech, např. pokud nechceme tolik zatěžovat strop, zvolíme suchou výstavbu (bez použití betonové vrstvy). Při výběru podlahové krytiny se řídíme její tepelnou vodivostí. Čím vyšší hodnota, tím se nám zvýší povrchová teplota podlahy. Standartně se snažíme dosáhnout 25 až 30 °C.

V porovnání předchozími otopnými plochami jsou výhody spojeny s tím, že v interiéru nepřekáží otopná tělesa, vnitřní teplota je rovnoměrná v celé místnosti a nedochází k vysoké cirkulaci vzduchu, tak jako to je například při použití kamen. A problém je v regulace systému kvůli masivním vrstvám betonu.

- Stěnové vytápění

Zde je otopnou plochou stěna, na kterou je nejdříve nutné připravit tepelnou izolaci (tloušťky většinou 20 až 80 mm). Následující vrstva jsou otopné trubky malých průměrů např. 6x1 a 8x1 mm s roztečí 10 až 75 mm. Díky malým průměrům trubek není potřeba dělat masivní vápenocementovou omítku, která zakončí souvrství stěnového vytápění.

System opět dělíme dle typu provedení na mokrý a suchý proces. Mokrý proces je nejvyužívanější pro zděné stavby a rekonstrukce. Otopný had je na stěně pod omítkou a je upevňován příchýtkami či zatloukacími spony. Na upevněnou sálající plochu se aplikuje omítací síť a poté mokrá omítka. Suchý proces využíváme nejvíce u nízkoenergetických a montovaných domů a též i u rekonstrukcí. V sádrovláknitých deskách je uložen otopný had, který se instaluje přímo na sádrokartonové stěny. Jako finální vrstvu použijeme vrstvu stěrky nebo omítky. Suchý proces je finančně náročnější než mokrý, ale má nízkou hmotnost a není potřeba pracovat s vodou [42].

- Stropní vytápění

Hustota vzduchu při vyšších teplotách klesá, resp. teplý vzduch stoupá nahoru a studený vzduch klesá dolů. Ve skutečnosti se teplo šíří do chladnějšího prostředí a vzhůru stoupá jen teplý vzduch. Sálavé záření primárně ohřívá předměty v blízkosti

dopadu paprsku (podlaha, nábytek). A teprve až poté se vzduch ohřeje o naakumulované plochy.

Existuje několik druhů provedení stropního vytápění. Rozdělujeme je na otopnou plochu s trubkami zalitými ve stropě, tvořenou lamelami či sálavými panely a pásy, poslední možností je otopná plocha v dutém podhledu.

U první možnosti vkládáme trubky přímo do konstrukce stropu v průběhu hrubé stavby anebo rovnou do omítek. U omítkové verzi můžeme dosáhnout tloušťky vrstvy jen cca 30 mm za použití měděných či plastových trubek. Je zapotřebí dbát na správnost vyspádování a vyrovnání otopných hadů, jinak bude docházet k častým problémům s odvodušněním či vypouštěním.

Stropní vytápění vykazuje mnohem rychlejší odezvu na regulaci oproti podlahovému vytápění. Nevýhodou je naopak nezbytnost kombinace se sádkartonovým podhledem anebo musí být vytápění spjato s konstrukcí stropu [43].

2.5.6 Shrnutí

Při výběru jsme nejprve ovlivněni konstrukcí daného tělesa či systému a provozních podmínek. Konstrukce rozlišujeme jak materiálově, tak i rozměrově (délka, šířka, hloubka, průměr). Pro docílení vyššího výkonu zvětšujeme rozměry otopných ploch, ale musíme přihlížet i na ekonomickou stránku. U použitého materiálů pro danou konstrukci porovnáváme především tepelnou vodivost a tloušťku stěn u radiátorů.

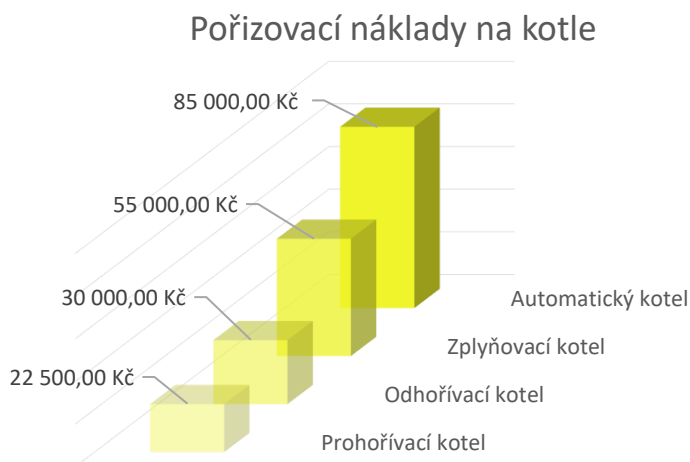
Provozní faktor deskových nebo trubkových těles má vliv na způsob připojení, umístění otopného tělesa, teplota teplonosné látky a místností, a nakonec hmotností tok teplonosné látky tělesem.

Hlavní rozdíl u otopných ploch tvořících místnost najdeme v cílových povrchových teplotách jednotlivých systémů. Pro podlahové vytápění je ideální rozmezí 25 – 30°C, pro stropní vytápění to jsou teploty od 35°C až do 45°C a nakonec pro stěnové vytápění to je 50 – 60°C. Každá varianta má své nedostatky, ale i přednosti a nelze jednoznačně říct, že by existovala ideální otopná plocha.

2.6 Komparace jednotlivých zdrojů tepla

2.6.1 Kotle na tuhá paliva

Klíčovým aspektem je vždy cena. Nejprve konfrontujeme pořizovací náklady na dané typy kotlů, které jsme si uvedli v této práci. Jedná se o tržní ceny v průměrných hodnotách.

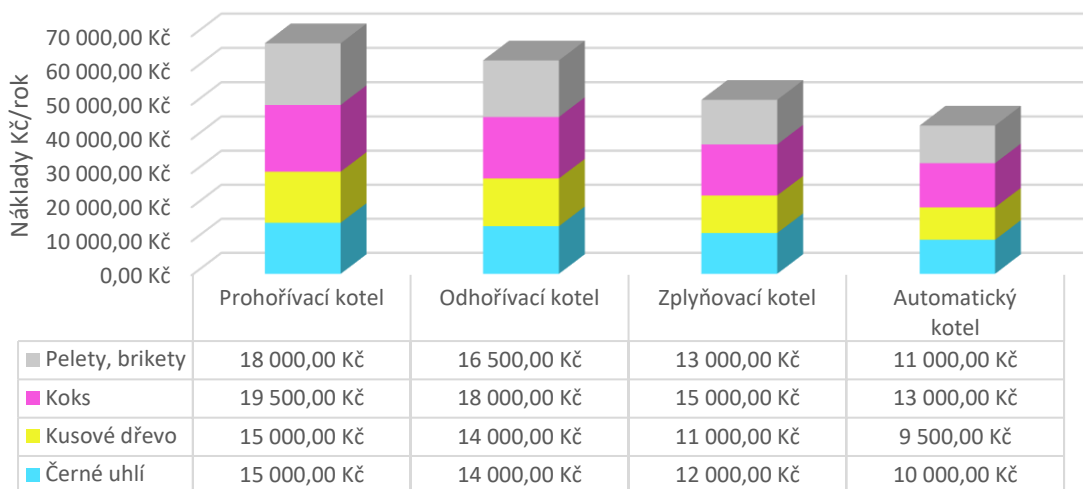


Graf 1 – Pořizovací náklady na kotle na tuhá paliva

Ze shromážděných dat z trhu jsem zvolila průměrnou kupní cenu pro daný typ kotle. Pokud bychom se chtěli dostat blíže k celkovým počátečním nákladům, bylo by nutné zahrnout k těmto cenám i ceny za montáže a zprovoznění, které se liší dle daného druhu kotle a využitého příslušenství.

Následně porovnáme provozní náklady na vytápění a ohřev teplé vody, kde jsem zvolila čtyři základní druhy paliv, a to černé uhlí, kusové dřevo, koks, briketami, případně dřevěné pelety, které se dají srovnat s briketami.

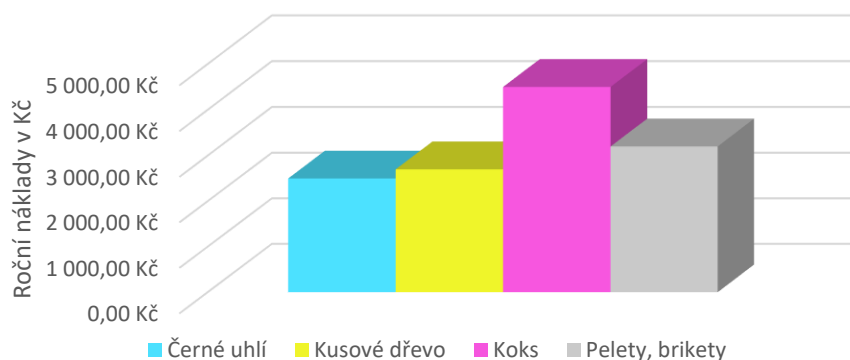
Provozní náklady na vytápění s kotlem na tuhá paliva



Graf 3 – Provozní náklady na vytápění za rok pro paliva typu černé uhlí, koks, kusové dřevo, pelety a brikety

Na grafu jsou vidět provozní náklady na vytápění, kde jsem použila dva srovnávací parametry, druh paliva a cenu. Indikují čtyři různé druhy kotlů na tuhá paliva a čtyři různé druhy topiva. Ačkoliv prohořivací kotel koupíme za velmi nízkou pořizovací cenu, u ročních provozních nákladů je to přesně opačně. Roční náklady na provoz prohořivacího kotle jsou v průměru 16 500 Kč, oproti 12 700 Kč, které připadají pro zplyňovací kotel či 10 800 Kč pro automatický kotel.

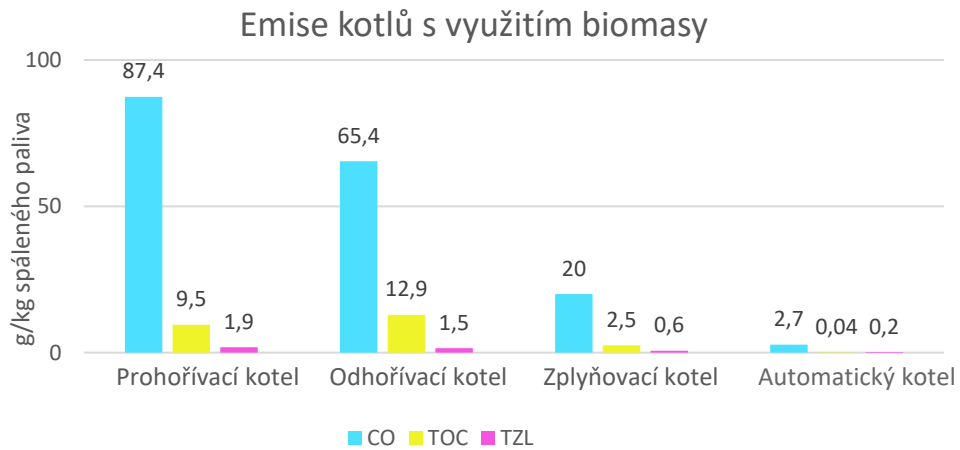
Provozní náklady na ohřev teplé vody



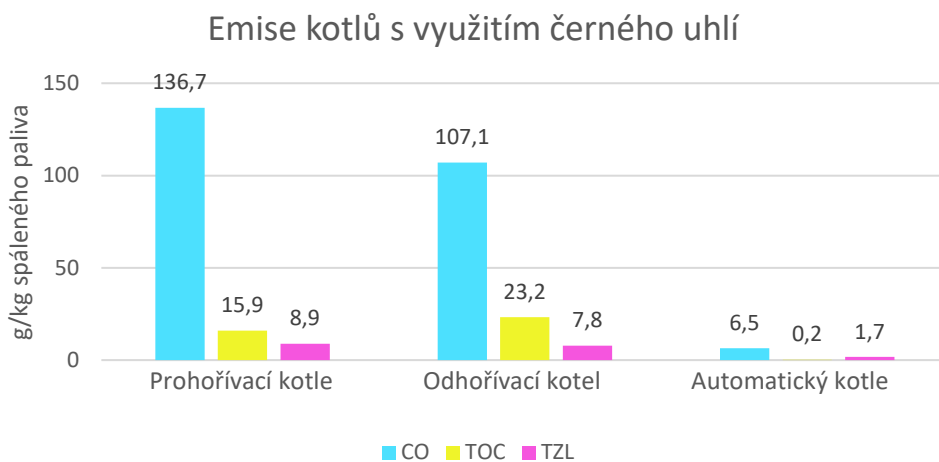
Graf 2 - Provozní náklady na ohřev teplé vody dle typu paliv

Graf č.3 zobrazuje náklady na ohřev teplé vody. Pro co nejméně peněžně náročný provoz vyhovuje černé uhlí a kusové dřevo oproti koksu či briketách.

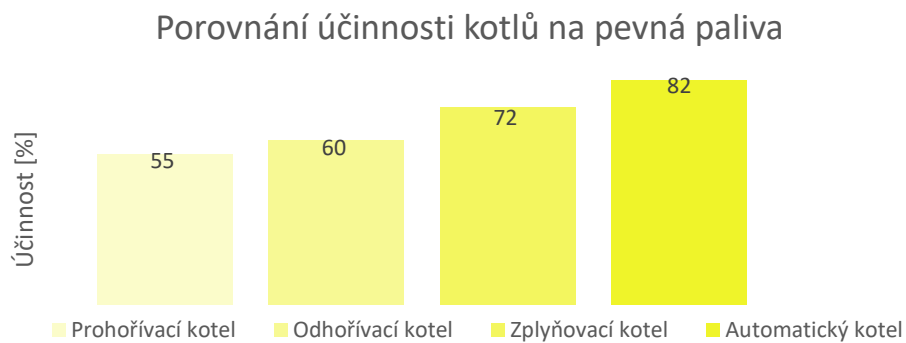
Dalším srovnávacím hlediskem je účinnost kotlů a lokální ekologičnost (emise), která je vztažena na 1 kg spáleného paliva. U emisí jsou použity srovnávací hodnoty: oxid uhelnatý (CO), celkový organický uhlík (TOC) a tuhé znečišťující látky (TZL) jako je prach atd.



Graf 4 – Emise kotlů na tuhá paliva s využitím biomasy vztažené na 1 kg spáleného paliva



Graf 5 - Emise kotlů na tuhá paliva s využitím černého uhlí vztažené na 1 kg spáleného paliva



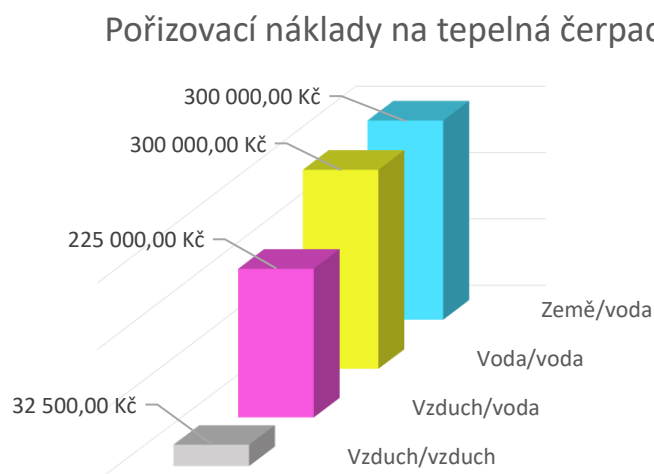
Graf 6 – Porovnání účinností kotlů na pevná paliva

Z hlediska ekologie je určitě nejlepší automatický kotel a případně ještě zplyňovací kotel. Podle zákona č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší jsou kotle rozřazovány do jednotlivých tříd kotle. Máme celkově 5 tříd, kde 1 označuje nejnižší kvalitu kotle. Vstupní parametry pro určení jsou předchozí účinnost a emise kotle [44].

Účinnost kotlů je zřetelná z grafu 6. Automatický kotel se průměrně pohybuje okolo 80 % účinnosti. Na rozdíl od prohořivacího kotle, který se blíží k 60 % hranici.

2.6.2 Tepelná čerpadla

Následně porovnáme tepelná čerpadla z hlediska pořizovacích nákladů, provozních nákladů a efektivity.

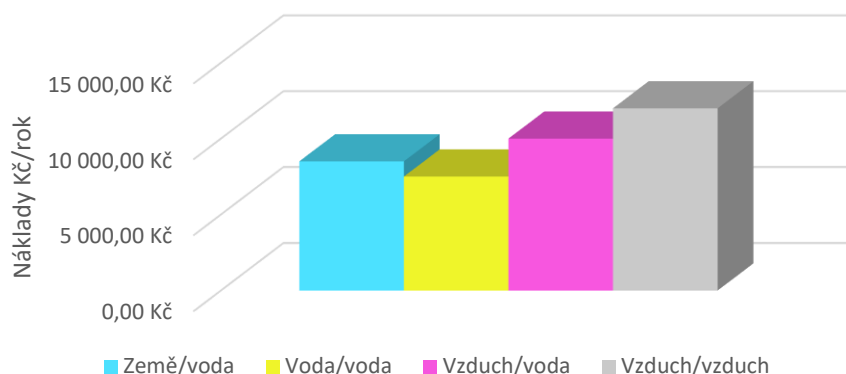


Graf 7 – Pořizovací náklady na tepelné čerpadla

Ceny jsou uvedené bez instalace a každoroční revize. U tepelných čerpadel země/voda a voda/voda závisí pořizovací náklady na možnosti zapojení a čerpání energie. Zemní vrty jsou finančně náročnější než plošné kolektory. Výrazně menší cena je u tepelného čerpadla vzduch/vzduch, tam nám, ale porostou roční provozní náklady na vytápění.

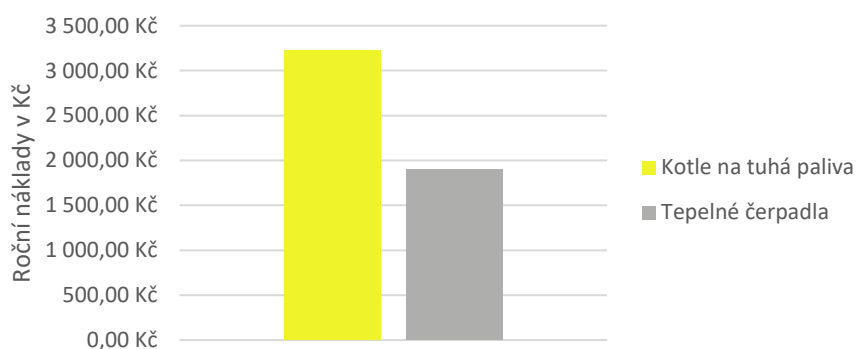
Topný faktor (COP) nejsme schopni přesně určit, protože závisí na venkovní teplotě a vstupní teplotě vody. Ale můžeme z toho usoudit, že tepelné čerpadlo země/voda, případně voda/voda, bude mít nejstálější topný faktor, jelikož systémy nejsou závislé na venkovní teplotě. Čím více vnější teplota klesne pod 0 °C, tím se topný faktor snižuje a tím je potřeba při větších mrazech zapojit do vytápění bivalentní zdroj.

Provozní náklady na vytápění



Graf 8 – Provozní náklady na vytápění pro tepelné čerpadla

Průměrné provozní náklady na ohřev TV



Graf 9 – Provozní náklady na ohřev TV

Provozní náklady na vytápění jsou vidět v grafu 8. Pokud to porovnávám s automatickým kotlem na uhlí či zplyňovacím kotlem na biomasu, jsou výdaje srovnatelné a jedinou výhodou je bezúdržbovost pro tepelná čerpadla.

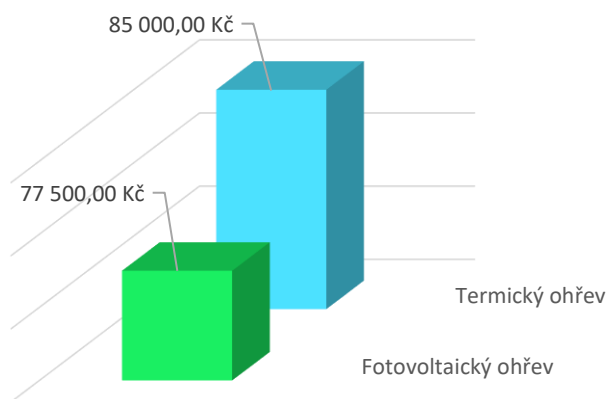
V posledním grafu jsou znázorněny provozní náklady na ohřev teplé vody. Průměrná cena pro tepelná čerpadla je o více jak 1/3 nižší v porovnání s kotli na pevná paliva. Ačkoliv zase platí, že u automatických kotlů na uhlí či biomasu se náklady téměř rovnají a nedá se určit jaký systém je v tomto ohledu výhodnější.

Velká výhoda je v neprodukcí škodlivin do ovzduší a jiných znečišťujících látek. Žádné tepelné čerpadlo nevykazuje známky produkce nežádoucích látek, a tudíž z ekologického hlediska je to nejlepší varianta s porovnáním s teplovodními kotli.

2.6.3 Solární energie

Jednu z posledních možností vytápění v porovnání hned s několika aspekty, zejména ekonomickými a ekologickými. Solární systémy jsou závislé na obnovitelném zdroji, resp. slunečnímu záření. Z tohoto důvodu nejčastěji využíváme tyto principy k ohřátí teplé vody pro spotřebu domácnosti. Vytápění potřebujeme spíše v zimních měsících, to intenzita slunečního záření klesá a tím je potřeba navrhnout bivalentní zdroj, který by nesl spíše primární funkci.

Pořizovací náklady na ohřev teplé vody

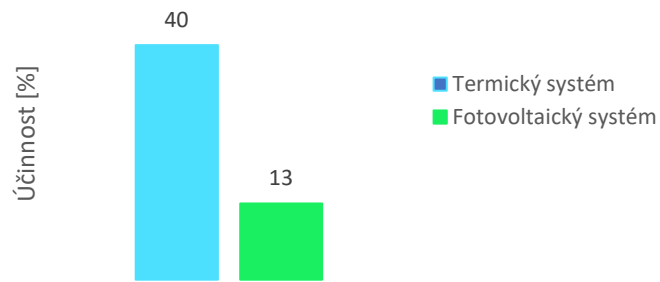


Graf 10 – Pořizovací náklady na solární systémy

V pořizovací ceně nejsou tak velké rozdíly. Můžeme se dostat i na vyšší cenu, záleží na volbě kvality solárního systému. V těchto průměrných cenách nejsou započítané finance potřebné pro montáž, servis a doplňkové příslušenství.

Pro fotovoltaický systém jsou provozní náklady na ohřev teplé vody nulové neboli systém vytváří energii jak pro svoji činnost, tak i pro ohřev. Oproti tomu fototerminický systém nevyrábí elektřinu a tím vznikají výlohy nejen na provoz vodního čerpadla v hodnotě cca 800 Kč na rok. V této sumě je započítána i výměna nemrznoucí kapaliny po intervalu životnosti, což je přibližně 10 let.

Účinnost solárních systémů



Graf 11 – Účinnost solárních systémů

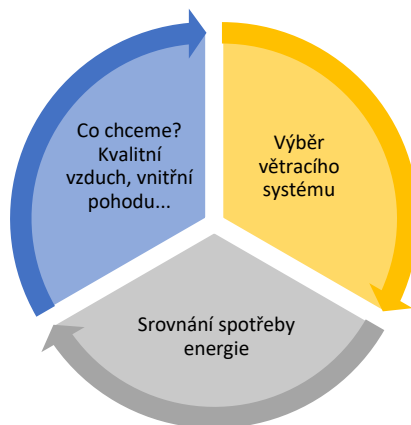
V účinnosti jednotlivých systémů je rozdíl, termický systém dosahuje téměř 40% efektivnosti oproti fotovoltaickému systému, který má velmi malou účinnost, a to v průměru 13%.

3 Větrání rodinného domu

Vnitřní prostředí budovy je pro člověka velmi důležité a má prokazatelný vliv na zdraví člověka. Trávíme v něm většinu času mimo pracovní dobu. Na tento obor nebyl v minulosti kladen tak vysoký důraz jako v nynější době, rozdíl je v utěšňování otvorů, především abychom snížili tepelné ztráty, ale i z důvodu protihlukových opatření. V důsledku tohoto vývoje odstraňujeme přirozené větrání jako je infiltrace otvorů apod., tudíž je nutné řešit kvalitu vnitřního vzduchu objektu.

Hlavním cílem je odvádět škodlivé látky (odéry, prach, bakterie, viry, VOC – těkavé organické látky, CO₂ z produkce člověka atd.) z interiéru do venkovního prostředí a zajistit čerstvý vzduch pro dýchání a garanci vhodného mikroklima. Při špatném návrhu či provedení větracího systému se vznikají negativní účinky (plísně, kondenzace par na povrchu konstrukcí, nedostatečný vzduch pro spalování atd.).

Uživatel má několik požadavků při výběru daného systému ať už hlučnost jednotek a ventilátorů, automatizace, zabránění průniku pachů, účinnost či zabránění průniku požáru (hlavně u větších objektů).



Obr. 20 – Cyklus návrhu větracího systému

3.1 Přirozené větrání

Přirozené větrání stavby, resp. místností vytváří výměnu vzduchu působením vnějších klimatických podmínek. Teplota vzduchu, směr a síla větru určují účinnost tohoto typu větrání, ale výsledný účinek nám ovlivňuje i poloha místnosti či celého objektu a koneckonců i způsob využívání objektu, resp. místnosti.

Větrání může nastat pouze za předpokladu, že místnost bude vybavena nejméně jedním otvorem pro přívod venkovního čerstvého vzduchu a jedním otvorem, který je situován nejlépe na protější straně přívodnímu otvoru, odvádějícím vnitřní znečištěný vzduch do exteriéru.

Díky všem závislostem lze tento druh označit jako nestabilní a nespolehlivý. Největší efektivitu můžeme sledovat v přechodném období, tj. jaro, podzim, případně zima. V létě díky malému rozdílu měrných hmotností vzduchu účinnost zanedbatelná. Přesto však přirozené větrání má své výhody.

3.1.1 Infiltrace

K výměně vzduchu dochází otevřením nebo provzdušností (infiltrace) oken. V minulosti to byl jediný způsob větrání. Vzduch může pronikat netěsnostmi oken, dveří a stavebními konstrukcemi. Při bezvětrí se vzduch vyměňuje na základě rozdílu teplot, pro zvýšení intenzity větrání je zapotřebí otevření oken.

Je to nejstarší, nejlevnější a bezúdržbová metoda, ale uživatel nemůže rozhodnout o intenzitě větrání, a dokonce dochází i k přenosu pachů mezi jednotlivými místnostmi. Princip je zcela závislý na povětrnostních podmínkách a při aplikaci moderních těsnících oken je infiltrace zcela nefunkční.

3.1.2 Provětrávání

Je cílené přerušované větrání okenními otvory. Z energetického a hygienického hlediska je doporučováno větrat často, krátce a velkými průřezy. Větrání zajistí okna umístěné v následnosti za sebou a tomu musí být přizpůsobena dispozice bytu.

Nevýhodou je průvan, který s sebou může brát lehčí předměty (papíry atd.) a také to závisí na disciplíně uživatele, který musí pravidelně zajišťovat provětrávání místností.

Dnes není možno zaručit větrání pouze provětráváním, ale je velmi vhodné pro nárazové větrání (při návštěvě), které mnohokrát nezvládne ani automatizovaná centrální jednotka.

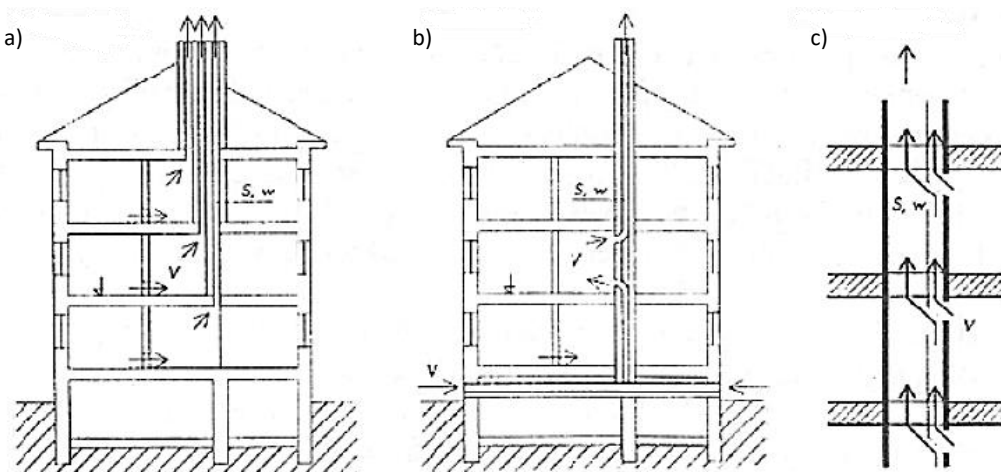
3.1.3 Šachtové větrání

Rozumíme tím přívod čerstvého venkovního vzduchu do místnosti přes nasávací otvor, resp. vodorovný průduch. Odvod odpadního vzduchu z interiéru je zajištěn vstupní mřížkou do šachty (svislý průduch) s vyústěním do venkovního prostoru nad střechou objektu.

Otvory pro přívod umísťujeme k podlaze v místnosti, blízko otopné plochy, aby došlo k prohřátí studeného vzduchu. Nejteplejší vzduch se zákonitě shromažďuje v horní části místnosti společně se škodlivinami (CO₂, vodní páry, ...). V zásadě proto situujeme odpadní otvor ke stropu a co nejbliž k hlavní šachtě.

Tento systém je často využíván v obytných budovách. Je doporučováno na vyústění šachty osadit tzv. turbínku nad střechu budovy. Negativa tohoto systému najdeme u přívodního otvoru, kterým proniká hluk z venkovního prostředí. Dochází k poruchám šachet z důvodu silného větru apod. K výhodám můžeme určitě řadit bezúdržbovost a velmi nízké provozní náklady.

Existují hned tři varianty šachtového větrání. Na obrázcích jsou zřetelně znázorněny jejich principy.



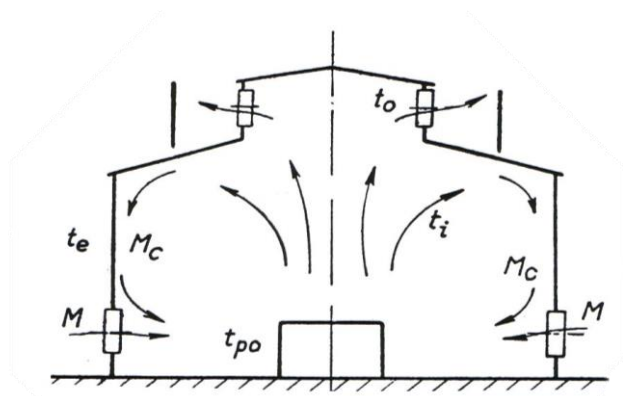
Obr. 21 – Varianty šachtového větrání [5]

3.1.4 Aerace

Větrání místností vzniká analogickým způsobem jako u infiltrace. S tím rozdílem, že přívod a odvod vzduchu je rozmístěn s dostatečným výškovým rozdílem. Přiváděcí otvory najdeme nejčastěji na obvodových stěnách, které dokážeme regulovat společně s odváděcími otvory na střeše (např. aerační světlík).

Využívá se zejména v průmyslových prostorech za předpokladu, že prostor obsahuje zdroj konvekčního tepla (zvířata). Jsou to především horké a teplé provozy.

Při vyrovnání teplotního rozdílu je aerace neúčinná. Další klady a zápory se shodují s infiltrací [45].



Obr. 22 – Schéma aerace [46]

3.1.5 Shrnutí

Zjistili jsme, že v každém případě je přirozené větrání nejlevnější variantou. Avšak při vyrovnání teplot venkovního a vnitřního prostředí a v bezvětrí hrozí nefunkčnost systémů. Nicméně, pro zajištění celoroční výměny vzduchu je vhodné navrhnout jiné sofistikovanější řešení, které nám zaručí dostatečné množství čerstvého vzduchu během pobytu uživatele v budově.

Přirozené větrání můžeme brát jako doplňkovou soustavu pro vytvoření například nárazového větrání při mimořádných situacích (návštěva) pro zajištění vhodného mikroklima v místnosti nebo celém objektu.

Další možností může být využití okenních nebo stěnových štěrbin pro zaručení proudění vzduchu, tento typ často aplikujeme u hybridního vytápění.

3.2 Nucené větrání

Základním prvkem je ventilátor, mechanický element, který má odpovídající rozměr a výkon, sloužící k dopravě vzduchu do místnosti a z místnosti. Ventilátor je poháněn elektromotorem, mluvíme tedy o vyšších počátečních i provozních nákladech.

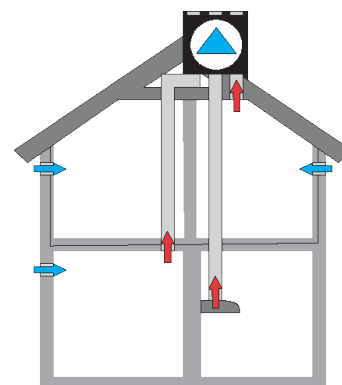
System navrhujeme tam, kde jsou vysoké hygienické nároky nebo požadujeme neměnné vnitřní prostředí. Zkráceně řečeno tam, kde nevystačí pouze přirozené větrání.

Nucené větrání nezávisí na venkovních klimatických podmínkách a je možno zapojit doplňkové zařízení typu filtrů, ohřivačů, chladičů, zvlhčovačů atd., jak už bylo zmíněno v předchozím odstavci, představuje to vyšší náklady a je na místě řešit hlučnost ventilátorů. U tohoto typu funguje přímá úměra, čím vyšší výkon, tím větší hlučnost.

Hlavní členění nuceného větrání je z hlediska tlaku vzduchu v posuzované oblasti.

- Podtlakový systém

Zkráceně, přivádíme méně vzduchu, než odvádíme z větrané místnosti. Tlakový rozdíl je vyrovnáván přirozeným přívodem vzduchu otvory. Často instalujeme do laboratoří, WC a koupelen, protože chceme zabránit šíření škodlivin do sousedních místností.



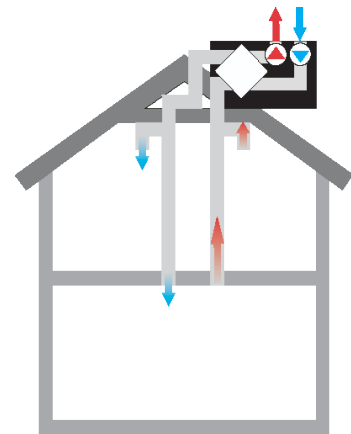
Obr. 23 – Podtlakový systém nuceného větrání [47]

- Přetlakový systém

Zde přivádíme více vzduchu, než odvádíme. Tlakový rozdíl kompenzujeme únikem vzduchu přes otvory do vnějšího okolí. Jedná se o přesný opak podtlakovému systému. Z toho vyplývá, že to využijeme v místnostech, ve kterých chceme zabránit vniknutí škodlivin z okolních prostor (operační sály).

- Rovnotlaký systém

Samotný název nám už říká, že objem přiváděného vzduchu do místnosti je roven objemu odváděného vzduchu z místnosti. Tudíž nevzniká tlakový rozdíl a není potřeba jej vyrovnávat. V tomto systému můžeme pracovat s proměnnými průtoky vzduchu za pomoci VAV boxů anebo s konstantním průtokem vzduchu, který využijeme na místnosti se stejnými požadavky [48].



Obr. 24 – Rovnotlaký systém nuceného větrání [49]

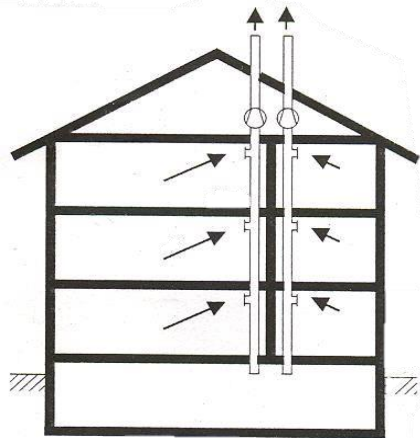
Nakonec můžeme nucené větrání rozdělit na centrální, decentrální, centrální se zpětným získáváním tepla a decentrální se zpětným získáváním tepla.

3.2.1 Centrální nucené větrání

Sběrné stoupačí potrubí je zakončeno centrálním ventilátorem na střeše. Svou činností odvádí odpadní vzduch z jednotlivých bytových jednotek (místností). Každý uživatel si ventilátor zapne podle své volby, ale začne odvětrávat všechny místnosti, které jsou napojeny na příslušné potrubí. Odváděcí ventilátor má výkon okolo 2000 m³/h pro bytové domy, s tím je spojena vysoká hlučnost v blízkosti elementu, která je velmi nepříjemná pro obyvatele, kteří zrovna nevyužívají odvětrávání. Zásadní nevýhodou jsou provozní náklady centrálního ventilátoru, ale je možnost jej vybavit regulační jednotkou otáček, která usměrní potřebný výkon pro odvod vzduchu.

Systém nalezneme v obytných domech, a hlavně v hromadné panelové zástavbě. V minulosti se přišlo na to, že je vhodné umístit jednotlivé sběrné průduchy pro kuchyně, WC a koupelny, protože docházelo k pronikání pachů, a to je nepřístupné, resp. každá bytová koupelna měla samostatný průduch, na který se v žádném případě nenapojují koupelny či WC.

Má to i své výhody, jedná se o účinnou metodu, zdroj hluku je mimo bytovou jednotku, náklady na větrání jsou společné pro všechny bytové jednotky aj.



Obr. 25 – Centrální nucené větrání

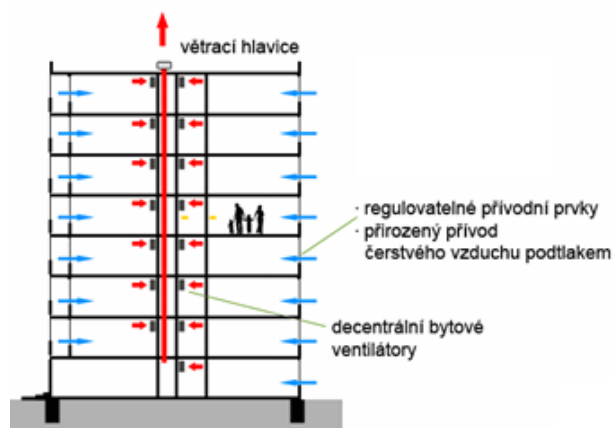
Centrální nucené větrání lze aplikovat do rodinného domu, s tím že hlavní ventilátor bych umístila do nevyužitého půdního prostoru a průduchy určené k odvodu znečištěného vzduchu bych vedla pod stropem do jednotlivých místností. Při realizaci je nutné přihlídnout na hlučnost systému a účinnost. Nevýhodou jsou určitě vysoké tepelné ztráty při odvodu vnitřního znehodnoceného vzduchu do exteriéru.

3.2.2 Decentrální nucené větrání

Metoda pracující na podobném principu jako centrální nucené větrání. S rozdílem, že ventilátory jsou osazeny do jednotlivých místností v bytových jednotkách a znehodnocený vzduch je odváděn společným sběrným průduchem.

Nedochází tedy k odvětrávání nechtěných místností a při použití těsných klapek nedojde ani k vniknutí pachů do okolních prostor. Celkově má systém dostatečný tlak na zakrytí ztrát od tlumičů hluku apod.

Náklady na provoz ventilátorů jsou hrazeny jednotlivými uživateli, kteří rozhodují o sepnutí ventilátoru v místnostech. Větrání můžeme vybavit ještě dalším příslušenstvím, které nám umožní efektivnější a levnější využívání systému (čidla na CO₂, hydrostaty atd.) [45].



Obr. 26 – Decentrální podtlakový systém (hybridní) [50]

S tímto typem se nejčastěji setkáváme ve formě podtlakového režimu. Ventilátor nasává vzduch z místnosti a přirozeným větráním, resp. infiltrací oken se přivede čerstvý vzduch do místnosti. Jak už bylo zmíněno, otvory se dnes utěšňují a přísun vzduchu by neodpovídal minimálním požadavkům, tudíž je nutno navrhovat větrací štěrbinu a jiné otvory, které si umísťují okolo otopných ploch a zajišťují přívod čerstvého vzduchu. Je důležité porovnat tepelné ztráty pro zajištění efektivity vybraného systému. Jinak řečeno, abychom netopili „Pánu Bohu“ do oken.

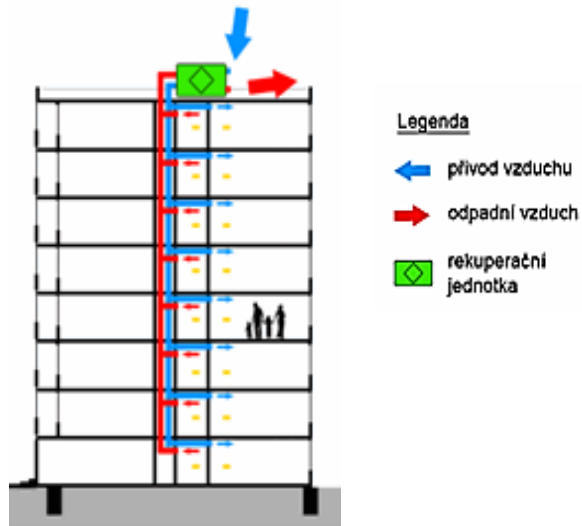
3.2.3 Centrální nucené větrání se zpětným získáváním tepla

Centrální vytápění jsme si vysvětlili v odstavci 3.2.1. Víme, že se jedná o princip, který má sběrný svislý průduch, který odvádí škodliviny a znehodnocený vzduch z jednotlivých místností. Jeden centrální ventilátor je umístěn na vyústění průduchu na střeše. V objektu můžeme mít hned několik průduchů, ale všechny slouží pro transport odpadního vzduchu, to ale neplatí u centrálního větrání s výměníkem. Zde musíme využít nejméně dva průduchy, jeden přívodní a druhý odvodní.

System pracuje se zpětným získáváním tepla (ZZT), resp. s rekuperací nebo regenerací. Tím snížíme náklady na ohřívání přiváděného vzduchu. V zásadě mluvíme o teplotovzdušném vytápění, které má centrální vzduchotechnickou jednotku s přídatným rekuperačním zařízením.

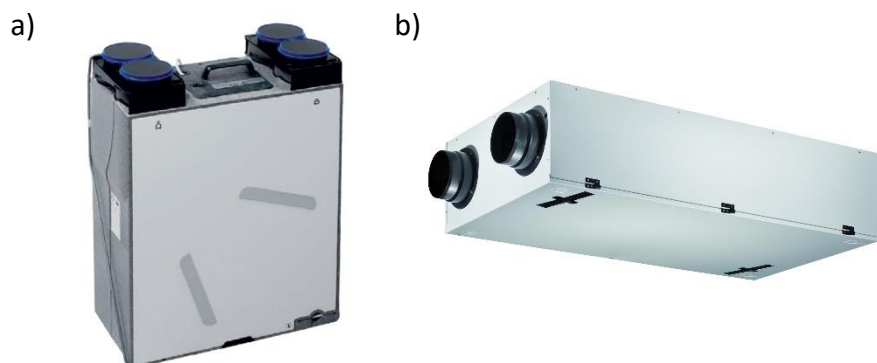
Soustavu můžeme navrhnout jak do rodinných jednopodlažních domů, tak i do vícepodlažních bytových domů. Komplexně je navrhován rovnotlaký systém s nuceným oběhem vzduchu.

Lze konstatovat, že díky zpětnému získávání tepla jsme schopni uspořit energii, tím i naše finance. Ačkoliv jsou vysoké investiční náklady, mluvíme o nejčastějším řešení pro nízkoenergetické objekty. Dalších úspor můžeme docílit za pomoci tepelného čerpadla.



Obr. 27 – Centrální větrání s rekuperací [50]

Větrací jednotku s průtokem vzduchu cca do 300 m³/h s výměníkem pro rodinné domy nejčastěji umísťujeme do technické místnosti, abychom k ní měli snadný přístup pro údržbu a servis. Rozvody můžeme vést v podlaze nebo pod stropem. Tak jako u centrálního nuceného systému je zapotřebí brát v potaz hlučnost vzduchotechnické jednotky s výměníkem, kterou můžeme uložit do stopu (podstropní rekuperace) nebo na stěnu (nástěnná rekuperace).

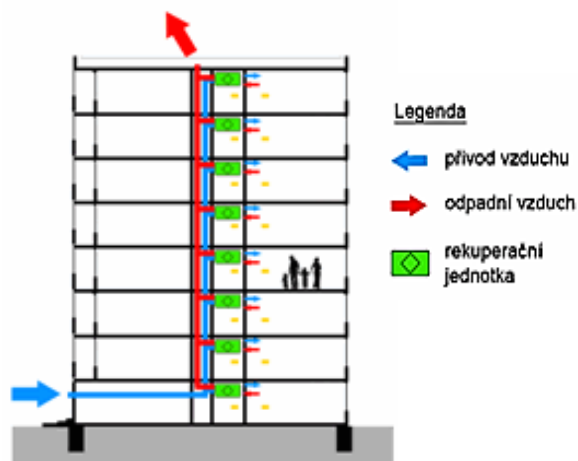


Obr. 28 – a) nástěnná jednotka s rekuperací [51], b) podstropní jednotka s rekuperací [52]

3.2.4 Necentrální nucené větrání se zpětným získáváním tepla

Můžeme to přirovnat k decentrálnímu nucenému větrání s tím rozdílem, že v každé bytové jednotce (místnosti) najdeme rekuperační nebo regenerační jednotku, která nám zajistí kvalitnější vnitřní mikroklima. V porovnání s přirozeným větráním s vysokou infiltrací je značně rozdílná cena. U toho to řešení musíme počítat s vyššími pořizovacími a provozními náklady [53].

Pro samotné uživatele je pohodlné, že si můžou vzduchotechnickou jednotku nastavit dle svého uvážení v nezávislosti na okolních bytech. To s sebou přináší velké stavební úpravy v samotných bytech a je potřeba dbát na vyšší spolupráci při projektování stavební části a technického zařízení budov, aby došlo k dokonalému zakomponování jednotlivých dílců lokálního nuceného větrání se ZZT.



Obr. 29 – Necentrální větrání s rekuperací [50]

Pro rodinný dům využíváme lokální rekuperační jednotky, které fungují na principu rovnotlakého větrání. Toto zařízení s výměníkem zajišťuje individuální větrání jedné místnosti, je tedy zapotřebí průraz obvodovou zdí a tím je spojena tvorba tepelných mostů. Decentrální jednotky pracují s průtoky vzduchu většinou menší jak $100 \text{ m}^3/\text{h}$. U toho typu je opět zapotřebí brát v potaz hluk v dané místnosti a odvod kondenzátu, který se zpravidla nedá napojit do kanalizace.



Obr. 30 – Lokální větrací jednotka [54]

3.2.5 Shrnutí

Nucené větrání je sofistikovanější řešení oproti přirozenému větrání a musí být projektováno do objektů, které nesplňují požadavek na množství přiváděného čerstvého vzduchu. Díky stálému snižování provozních nákladů je nejvhodnější řešení vzduchotechnická jednotka s výměníkem.

Při instalaci rekuperace (příp. regenerace) využijeme odpadní vzduch, resp. tepelnou energii, k ohřátí přivodního čerstvého vzduchu. Tudíž nejsou tak velké tepelné ztráty a provozní náklady na vytápění.

Můžeme se setkat i s takzvaným hybridním větráním. Jde o inteligentní verzi větrání, kde sdružujeme jak přirozené, tak i nucené větrání. Systém dokáže rozpoznat, kdy je potřeba zapnout či vypnout nucené větrání a využívat jen přirozené větrání, a to jak ve dne, tak v noci. Tím pádem jsme schopni ještě snížit náklady na větrání budovy.

3.3 Komparace systémů pro větrání

3.3.1 Přirozené větrání

Přirozené větrání nemůžeme nikterak hodnotit, ačkoliv je to nejlevnější možnost, nevyřeší to náš problém se zajištěním vzduchu. Okenní nebo stěnové větrací štěrby se pohybují okolo stovek až tisíce korun. Záleží na vybraných typech. Na trhu jsou štěrby obyčejné, akustické, ale i s reakcí na vlhkost.

3.3.2 Nucené větrání

Sofistikovanější řešení jako nucené větrání, budeme srovnávat hlavně v ceně a hlučnosti základních jednotek systémů. V tabulce jsou uvedené ceny za individuální jednotky pro nucený princip větrání.

Větrací systém pro nucené větrání				
	Decentrální	Centrální	Necentrální se ZZT	Centrální se ZZT
Cena za základní jednotku [Kč]	300 – 1 000	2 000 – 3 500	6 000 – 10 000	60 000 – 70 000
	<i>Za 1 lokální ventilátor do pokoje</i>	<i>Za 1 centrální ventilátor</i>	<i>Za 1 lokální rekuperační ventilátor</i>	<i>Za 1 rekuperační jednotku</i>

Tab. 1 – Pořizovací cena větracích systémů

Pro lokální větrání je cena poměrně nízká, ale nesmíme opomenout, že se jedná o cenu za 1 kus ventilátoru a ten je potřeba nainstalovat do každé obytné místnosti v rodinném domě. Tudiž se nám cena navýší, a to nesmíme zapomenout na tepelné ztráty vytvořeným otvorem.

Další systém, centrální nucené větrání, může být cenově přijatelnější v případě, že je navrženo mnoho lokálních ventilátorů. U tohoto typu je především rozhodující zásah do konstrukce (rozvody vzduchotechniky, umístění ventilátorů) a hlučnost v blízkosti obytných prostorch.

Třetí případ, necentrální větrání se zpětným získáváním tepla, řekněme s rekuperací, je blízký decentrálnímu systému. Cena za 1 lokální ventilátor je navýšena z důvodu přítomnosti výměníku v jednotce, který nám umožní neztrácet tepelnou energii a navyšovat tím tepelné ztráty. Při větším počtu bytových místností je pak ekonomičtější řešení centrální jednotka.

Centrální větrání se zpětným získáváním tepla je na první pohled nejdražší řešení. Je ale zapotřebí brát v úvahu, že je jednotka v technické místnosti a nekazí nám architektonický pohled na rodinný dům. Zde se musíme soustředit na rozvody vzduchotechniky a hluk poblíž rekuperační či regenerační jednotky.

Hlučnost je důležitý aspekt, který ovlivňuje příjemnost pobytu v daném objektu. Měříme intenzitu hluku v určité vzdálenosti od prvku produkující hluk.

Větrací systém pro nucené větrání				
	Decentrální	Centrální	Necentrální se ZZT	Centrální se ZZT
Hluk [dB/xm]	44 dB/3m	60 dB/3m	29 dB/3m	55 dB/1m

Tab. 2 – Hodnoty hluku pro větrací jednotky

Lokální větrání má celkově nižší intenzitu hluku, protože se jedná o menší jednotky, které nepotřebují tak velké výkony jako centrální jednotky. Na druhou stranu výkonnější, resp. centrální jednotky, umístíme mimo pobytové místnosti a tím pádem zdroj hluku je vzdálený a může klesnout i na menší hodnoty, než je momentálně u lokálních prvků.

Pokud budeme chtít snížit hodnoty hluku, můžeme využít tlumiče, které jsou ale finančně náročné.

4 Kombinace větrání a vytápění

Vybraný projekt splňuje podmínky nízkoenergetického domu. Díky nízké infiltraci otvorů je nutné navrhnout nucené větrání, které můžeme sdružit s vytápěním, abychom zajistili tepelnou pohodu a mikroklima po celou dobu užívání.

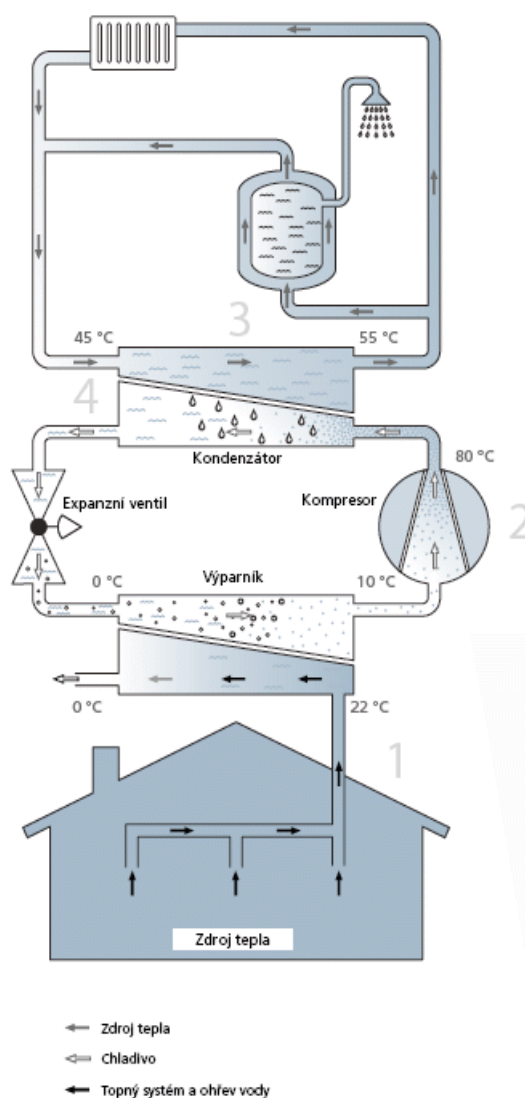
Jedná se o soustavy, které nelze jednoznačně zařadit do systému větrání či vytápění. V závislosti na sdružení systémů, snížíme investiční náklady na vytápění, ale celkově se zhorší regulace systému.

4.1 Ventilační tepelné čerpadlo

Neboli tepelné čerpadlo (vzduch/voda) s integrovanou větrací jednotkou. Ventilační tepelné čerpadlo komplexně zabezpečuje vytápění, větrání a ohřev teplé vody. Hlavní myšlenkou je dostat co nejvíce energie z odpadního vzduchu.

Princip je takový, že je odtahován použitý vzduch z koupelen, kuchyní a WC do výparníku tepelného čerpadla. Následuje scroll kompresor s chladivovým okruhem pro maximální využití energie z odváděného vzduchu. Například, pokud je teplota znehodnoceného vzduchu 21 °C, tak po odebrání tepelné a vlhkostní energie, dostaneme teplotu až -15°C. Pomocí kondenzátoru použijeme separovanou energii k ohřevu vody nebo vzduchu [55].

Vzduchotechnické vedení nesmí mít společné průduchy s odsávacím vodních par z kuchyní. Systém lze napojit na solární energie pro větší úspory a také lze používat dálkové ovládání přes mobilní telefon.



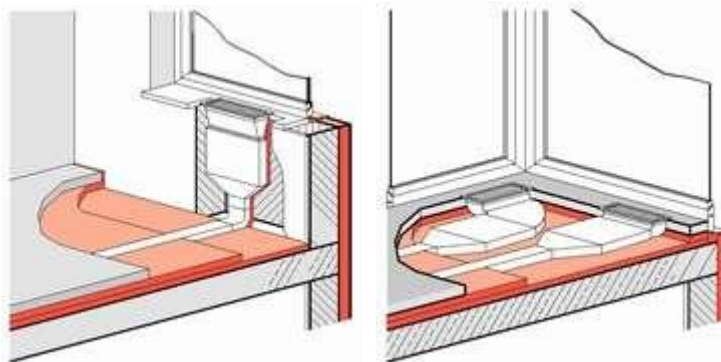
Obr. 31 – Princip vzduchového tepelného čerpadla [56]

4.2 Teplovzdušné vytápění

System dostává tepelnou energii do vytápěné místnosti pomocí proudícího teplého vzduchu, teplonosným médiem je tedy vzduch. Jakmile se vzduch ochladí na požadovanou vnitřní teplotu je odsáván mimo místnost. Toto řešení nejčastěji aplikujeme do průmyslových hal, sportovních hal aj. se světlou výškou do 8 m.

Upravený vzduch je transportován nejčastěji obdélníkovým potrubím v podlaze (podlahové kanálky) a distribuci vzduchu do místností je zajištěno pomocí podlahových mřížek s regulací.

Vzduch je díky svým fyzikálním vlastnostem je horším nositelem tepla než voda. To vede k větším dimenzím průduchů a tím i k větším stavebním úpravám v objektu. Na základě těchto skutečností je potřeba i vyšší teplota vzduchu na rozdíl od teplovodního systému, aby došlo k vytvoření tepelné pohody, která však může být vnímána, díky absenci sálavé složky, obyvatel odlišně. Nicméně systém dokáže rychle reagovat na regulaci systému a sloučit vytápění a větrání zároveň [57]. K nevýhodám dále můžeme zařadit hlučnost celého systému, vyšší rychlosti prouděného vzduchu a zhoršené hygienické provozní podmínky.



Obr. 32 – Vedení rozvodů teplovzdušného vytápění v podlaze [57]

4.3 Shrnutí

Ventilační tepelné čerpadlo a teplovzdušné vytápění jsou v principu dva základní systémy v kombinaci s vytápěním a větráním. Existuje několik typů a jednotek pro sdružení obou režimů (vytápění a větrání).

Zdroj tepla může být libovolný a záleží na naší volbě v závislosti na okrajových podmínkách. Firmy, které se tím nejvíce zabývají jsou ATREA, NIBE a jiné. Tyto jednotky se dají kombinovat s dalšími systémy využívající obnovitelné zdroje, jako je sluneční

energie. U těchto komplexnějších systému jsme schopni snížit pořizovací náklady na vytápění. Nicméně celkové pořizovací náklady jsou vyšší než u separátního řešení. Základními porovnávacími parametry budou určitě cena a hlučnost.

4.4 Komparace sdružených systémů

4.4.1 Ventilační tepelné čerpadlo

Pro komparaci sdružených systémů využijeme srovnávací aspekty jako je pořizovací cena a intenzita zvuku.

Ventilační tepelné čerpadlo	
Pořizovací cena [Kč]	200 000 – 320 000
Hlučnost [dB]	47

Tab. 3 – Parametry pro ventilační tepelné čerpadlo

Finance vynaložené na počátku by byly srovnatelné s tepelnými čerpadly pro vytápění. Na konkrétní ceně závisí použití doplňkového příslušenství. Hlučnost se dá přirovnat k hluku z ulice. Výška čerpadla je cca 2,1 m, hloubka a šířka jsou 0,6 m. Velikost a materiál zásobníků se liší v závislosti na požadavcích uživatele. Nejčastěji narazíme na nerezový, ale může být i smaltovaný.

Tepelné čerpadlo můžeme napojit na radiátory, konvektory, podlahové a stěnové vytápění. Jedná se o centrální větrání, a proto bude potřeba větších zásahů do stavební konstrukce.

4.4.2 Teplovzdušné vytápění

Jako u předchozího systému využijeme k porovnání pořizovací cenu a hlučnost.

Teplovzdušné vytápění	
Pořizovací cena [Kč]	120 000 – 280 000
Hlučnost [dB]	44

Tab. 4 – Parametry pro teplovzdušné vytápění

Cena je o něco nižší než u ventilačního tepelného čerpadla. Hluk má sice také nižší hodnotu, ale rozdíl není tak výrazný, aby to mohl být rozhodující aspekt. Nevýhodou je určitě větší zásah do stavební konstrukce. Rozměrově je to podobné jako u ventilačního čerpadla, výška 1,8 m, hloubka 0,6 m a šířka 0,7 m.

5 Výběr vhodného řešení

5.1 Vytápění

Pro určení optimálního řešení je zapotřebí stanovit počáteční možnosti, vstupní parametry a podmínky uživatele. Podle energetického hodnocení se jedná o nízkoenergetický dům pro čtyřčlennou rodinu a bude postaven v podhůří Orlických hor v okrese Rychnov nad Kněžnou.

5.1.1 Tepelné ztráty

Pro výpočet tepelných ztrát byl využit program RAUCAD TechCON, který počítá podle normy ČSN EN 12831. Na jejím základě byla stanovena potřebná vnitřní teplota v zimním období pro obytné místnosti na 20 °C, pro koupelnu 24 °C a pro ostatní místnosti na 18 °C. Potřebné hodnoty a výpočty jsou přiloženy v technické zprávě.

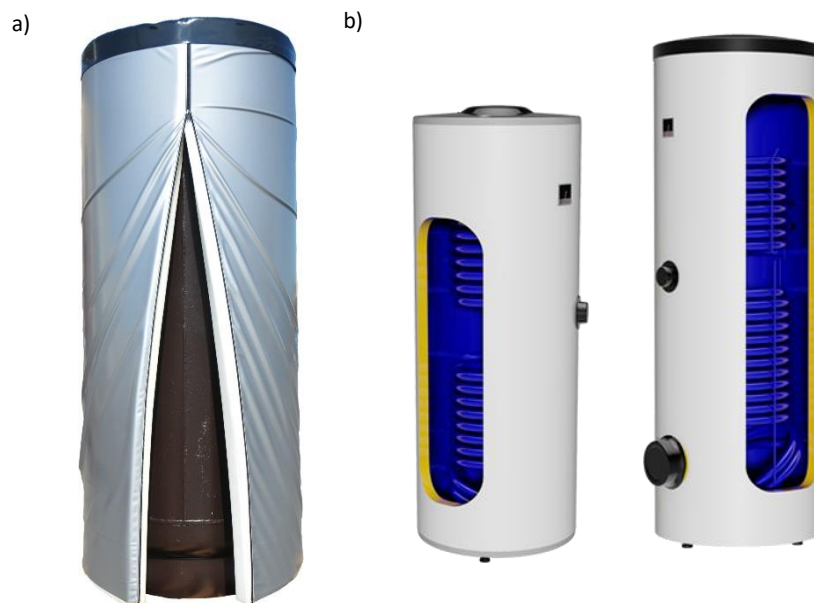
5.1.2 Otopné plochy

V rodinném domě jsou navrženy desková otopná tělesa. Vybrané radiátory RADIK VK mají pravé spodní připojení, integrovanou armaturu H s rohovým provedením, kompak ventilem, termostatickou hlavicí a odvzdušňovacím ventilem. Budou umístěné pod oknem. V koupelnách a kuchyni navrhuji trubková otopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT-M se středovým spodním připojením, integrovanou armaturou HM s rohovým provedením, termostatickou hlavicí, odvzdušňovacím ventilem a ventilem kompak. Barva otopných ploch bude zvolena investorem na základě architektonického řešení interiérů. Trubková tělesa budou přichycena do zdí. V projektové dokumentaci je stanovena regulace ventilů.

5.1.3 Otopná soustava

V dnešní době je důležité využívat obnovitelné zdroje. Navrhuji zapojit sluneční energii pro snížení ročních nákladů na vytápění a ohřev teplé vody. Zvolila jsem solární termický systém. Ten má větší účinnost než fotovoltaické panely. Termické panely budou ohřívat zásobník teplé vody a akumulární nádrž pro vytápění. Tudiž v přechodném období, kdy nám svítí sluníčko, ale je nutné na chvíli přitopit v objektu, je solární systém nejprístupnější varianta.

K tomuto systému bude navržen příslušný zásobník na teplou vodu a akumulací nádoba. Primárně se bude ohřívat zásobník teplé vody, ale pokud vznikne přebytek energie, bude vháněna do akumulací nádrže a zpětně využívána v zásobníku teplé vody. Akumulací nádrž byla zvolena od firmy VIADRUS typu AKU Economy S a jako zásobník teplé vody byl navržen OKC NTRR/SOL od firmy DRAŽICE. Obě nádoby budou izolovány od vnějšího prostředí, aby nedocházelo k tepelným ztrátám a budou umístěny v technické místnosti v blízkosti zdroje tepla.



Obr. 33 – a) Akumulací nádrž AKU Economy S [58], b) Zásobník TV OKC NTRR/SOL [59]

Soustava bude řešena jako teplovodní dvoutrubková s nuceným oběhem topné vody, protiproudým zapojením a teplotním spádem 65/52,6°C. Rozvody budou instalovány z měděných trubek o průměrech 10 až 22 mm s tloušťkou stěny 1,0 mm. Dvojce trubek budou vedeny převážně v podlaze, případně ve stěnách dle výkresové dokumentace. Soustava bude zapojena dle přípojovacího schématu, aby došlo k bezpečnému uzavření soustavy.

5.1.4 Zdroj tepla

Na základě průzkumu pozemku a jeho okolí bylo zjištěno, že se v blízkosti objektu nachází prodejce kusového dřeva a ve vzdálenosti 3 km se nachází prodej černého a hnědého uhlí. Díky krátkým dojezdovým vzdálenostem pro paliva a nižších pořizovacích nákladů navrhuji kotel na tuhá paliva (kusové dřevo, černé uhlí). Jako primární zdroj tepla bude využíván zplyňovací kotel na tuhá paliva VIADRUS U22 Economy, který umístěn do technické místnosti na litinový podstavec v blízkosti komína.



Obr. 34 – Kotel na tuhá paliva VIADRUS U22 Economy [60]

5.2 Větrání

Množství větracího vzduchu stanovíme na základě národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665. Budeme se řídit podle doporučených hodnot, resp. intenzita větrání bude $0,5 \text{ h}^{-1}$ a dávka venkovního vzduchu na osobu bude $25 \text{ m}^3/(\text{os} \cdot \text{h})$. V okolí novostavby byl proveden průzkum kvality ovzduší. V blízkosti daného stavebního pozemku se nenachází žádný produkční element znehodnocující kvalitu ovzduší. Dá se tedy přepokládat dostačující kvalita venkovního vzduchu, nebude potřeba jej upravovat pro větrání rodinného domu.

5.2.1 Vzduchotechnický systém

Byl vybrán centrální rovnotlaký systém s rekuperační jednotkou. Do objektu bude nainstalované přívodní a odpadní potrubí na základě výkresové dokumentace. Srdce systému bude umístěno v technické místnosti, která je dostatečně zvukově

oddělená od pobytových místností. Tudíž nebude potřeba využít tlumiče hluku na hlavní trasy potrubí.

Separované odpadní potrubí bude nainstalováno do kuchyně s digestoří BOX 70 - E od firmy Elektrodesign s maximálním průtokem 368 m³/h vzduchu. Vývod od digestoře bude ústít na fasádě a bude zakončen větrací mřížkou se žaluzií typu MVM125VJM. Navržená digestoř má zabudovanou zpětnou klapku, aby nedocházelo k nechtěnému větrání atd.

Rozvody v 1.NP budou v sádkartonových truhlíkách z důvodu nízké světlé výšky místností. V technické místnosti a skladu bude zaizolované potrubí pomocí izolačního návleku TERMOSLEEV 160T o tloušťce 25 mm z důvodu hrozící kondenzace. Ve 2.NP bude přívodní potrubí instalováno v sádkartonovém podhledu oproti odvodnímu potrubí, které bude muset být v SDK truhlíkách či v předstěně. Tyto úpravy interiéru navrhuji konzultovat s architektem, aby došlo k co nejmenšímu narušení vzhledu místností. Ve vybraných dveřích, dle výkresové dokumentace, budou instalovány dveřní mřížky pro zajištění pohybu vzduchu a vyrovnání tlaků v místnosti.

Jako materiál rozvodů navrhuji pozinkované potrubí SPIRO. Příslušenství k rozvodům jako jsou tvarovky a odbočky budou ze stejného typu potrubí s těsněním. Návrhová rychlost v potrubí bude 3 m/s a místy 4 m/s (pro nepobytové prostory).

Jako distribuční element bude instalován univerzální plastový anemostat BDOP od firmy Elektrodesign. Anemostatem lze regulovat jak v průtoku vzduchu, tak i směrovost proudění vzduchu. Regulace směru bude znázorněna graficky ve výkresové dokumentaci.



Obr. 35 – Univerzální plastový anemostat BDOP [61]

5.2.2 Vzduchotechnická jednotka

S pomocí programu ATREA DUPLEX 8.97 jsem navrhla vzduchotechnickou jednotku s rekuperací DUPLEX 370 EC5.RD5 ($Q_{MAX} = 370 \text{ m}^3/\text{h}$). Centrální jednotka bude umístěna v technické místnosti dle výkresové dokumentace. Čerstvý vzduch bude jednotka nasávat z jihovýchodní fasády přes venkovní mřížku s pevnou žaluzií. Přiváděný vzduch budeme předehřívát a ohřívát, aby nemusely být navrženy velké výkony ventilátorů, které by navýšily hladinu akustického hluku. Maximální účinnost rekuperace je uváděna na 95 %.



Obr. 36 – rovnotlaké větrací jednotky řady DUPLEX 170/370/570 EC5 [62]

6 Závěr

V této studii jsem vybrala varianty vytápění a větrání rodinného domu, které jsem mezi sebou porovnávala a na základě výstupů jsem vybrala vhodné řešení pro vybraný dvoupodlažní objekt. Dále jsem rozpracovala výkresovou dokumentaci ve formě rozšířené projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení. Výpočtová část obsahovala návrh zásobníku teplé vody, akumulární nádrže, oběhového čerpadla, zdroje tepla společně s otopnou soustavou a vzduchotechnického systému včetně vzduchotechnické jednotky.

Pro vybranou formu vytápění je navržen zplyňovací kotel VIADRUS U22 Economy na tuhá paliva, který bude napojen na otopná tělesa typu deskových (RADIK) a trubkových (KORALUX LINEAR COMFORT-M) otopných ploch. Akumulační nádoba AKU Economy S o objemu vody 1000 l s izolační měkkou PUR pěnou okolo. Zásobník teplé vody DRAŽICE OKC 200 NTRR/SOL o objemu 200 l. Dále je navržen solární termický systém pro ohřev zásobníku teplé vody a akumulární nádrže. Specifikace solárního systému by musely být navrženy speciální studií.

Pro zajištění dostatečného větrání rodinného domu je navržená vzduchotechnická soustava s rovnotlakou vzduchotechnickou jednotkou s rekuperací (DUPLEX 370 EC5). Maximální objem průtoku vzduchu je 370 m³/h. Odvod vzduchu z kuchyně bude řešen pomocí digestoře BOX-70 E od firmy Elektrodesign. Potrubí bude z pozinkovaného falcovaného plechu typu SPIRO potrubí. Rozvody jsou umístěny pod stropem v SDK truhlíkách či v podhledu. Technická místnost je větrána pomocí dvou okenních štěrbin EMF2 o maximálním průtoku 35 m³/h pro potřebu vytápění. Dle výkresové dokumentace jsou instalovány dveřní mřížky pro potřebný pohyb vzduchu.

7 Seznam literatury a podkladů

7.1 Použitá literatura

- [1] JELÍNEK, Vladimír et al. *Technická zařízení budov 20: Vytápění přednášky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-01938-1.
- [2] KABELE, Karel et al. *Energetické a ekologické systémy 1: Zdravotní technika, vytápění*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03327-9.
- [3] PETRÁŠ, Dušan et al. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Praha: Vydavatelství Jaga, 2005. ISBN 80-8076-020-9.
- [4] VALENTA, Vladimír et al. *Topenářská příručka 3: Návody na projektování tepelných zařízení*. Praha: Vydavatelství Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-96028-13-2.
- [5] PAPEŽ, Karel et al. *Energetické a ekologické systémy budov 2: Vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03622-8.
- [6] ZMRHAL, Vladimír. *Větrání rodinných a bytových domů*. Praha: Vydavatelství Grada publishing, 2014. ISBN 978-80-247-8903-3.
- [7] BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*. Praha: Vydavatelství Grada publishing, 2010. ISBN 978-80-247-7308-7.

7.2 Použité internetové zdroje:

- [8] Software pro navrhování a výpočty konstrukcí: Oblasti zatížení sněhem, větrem a zemětřesením. *Dlupal* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.dlupal.com/cs/reseni/online-sluzby/oblasti-zatizeni-snehem-vetrem-a-zemetresenim>.
- [9] Komfort kotlů na tuhá/pevná paliva – část I. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/17137-komfort-kotlu-na-tuha-pevna-paliva-cast-i>.
- [10] Jak vybrat kotel na tuhá paliva? In: *Kotel na klíč* [online]. [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://www.kotelnaklic.cz/jak-vybrat-kotel-na-tuha-paliva/>.

- [11] Typy kotlů na pevná paliva. *Topme uhlím* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.topmeuhlím.cz/typy-kotlu-na-pevna-paliva>.
- [12] Litinové kotle na uhlí a peletky. *Dakon* [online]. [cit. 2020-02-13]. Dostupné z: <https://www.dakon.cz/slovník/litinove-kotle-uhli-peletky/>.
- [13] Kotle na tuhá paliva: Vytápění pevnými palivy. *Topeni-topenari.eu* [online]. [cit. 2020-02-13]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva.php>.
- [14] Základní pojmy a princip: Princip tepelného čerpadla. *Abeceda „teplná čerpadla od A do Z“* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/princip-tepelneho-cerpada>.
- [15] Projekční podklady a pomůcky: Tepelná čerpadla. In: *Katedra technických zařízení budov K11125* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=9&TZB=1203927ec0f27ede5744279a331cac>
- [16] PERGL, Jan. Kdy se vyplatí tepelné čerpadlo? *Nalezeno.cz* [online]. 2019 [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/kdy-se-vyplati-tepelne-cerpadlo.aspx>.
- [17] Tepelné čerpadlo země/voda princip. *Abeceda „teplná čerpadla od A do Z“* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-zeme-voda>.
- [18] Typy tepelných čerpadel. In: *Stavebnictví-rodinné domy.weos.cz* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <http://stavebnictvi-rodinne-domy.weos.cz/typy-tepelnych-cerpadel.html>.
- [19] Tepelné čerpadlo voda/voda princip. *Abeceda „teplná čerpadla od A do Z“* [online]. [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-voda-voda>.
- [20] Tepelné čerpadlo voda/voda. In: *Engee Ekobalance* [online]. [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.gorenje-teplna-cerpadla.cz/katalog/geogor-terragor/vlastnosti-cerpadel-terragor-aquagor-aerogor/aquagor/>.
- [21] Tepelné čerpadlo vzduch/voda princip. *Abeceda „teplná čerpadla od A do Z“* [online]. [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-vzduch-voda>.
- [22] Tepelná čerpadla vzduch/voda. In: *Topení-chlazení.cz* [online]. [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <http://www.topeni-chlazení.cz/teplna-cerpadla-vzduch-voda/>.

- [23] Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch princip. *Abeceda „tepelná čerpadla od A do Z“* [online]. [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-vzduch-vzduch>.
- [24] Typy tepelných čerpadel: Vzduch/vzduch. *IVT tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>.
- [25] Tepelná čerpadla: Aplikace. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2020-02-23]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/328-aplikace#rodinne-domy>.
- [26] REDAKCE NAZELENO.CZ. Solární energie – kolik kWh lze získat? Výhody a nevýhody. *Nalezno.cz* [online]. 2008 [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-energie-kolik-kwh-lze-ziskat-vyhody-a-nevyhody.aspx>.
- [27] Solární zařízení: kolektory (panely) a další. *Solární-energie.info* [online]. [cit. 2020-02-28]. Dostupné z: <https://www.solarni-energie.info/solarni-produkty-panely.php>.
- [28] Termické systémy pro ohřev vody a podporu vytápění. *CNE* [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/solarni-ohrev-vody/uvod-do-termickych-systemu/>.
- [29] Termické solární panely (kolektory). *Solární-energie.info* [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.solarni-energie.info/termicke-solarni-panely-kolektory.php>.
- [30] Termické solární systémy. In: *En2sol Environmental energy solutions* [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://en2sol.cz/termicke-solarni-systemy/>.
- [31] Je fotovoltaika výhodná a ekologická? *E.on* [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/fotovoltaika#anchor-menu>.
- [32] Akumulace elektřiny pro stávající fotovoltaické systémy. In: *Profit solar s.r.o.* [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <http://www.profitsolar.cz/onas/akumulace-elekriny-pro-stavajici-fotovoltaicke-systemy/>.
- [33] Co je to elektrokotel, jak funguje, výhody a nevýhody. *Akoupelnyatopeni.cz* [online]. [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.akoupelnyatopeni.cz/clanky/co-je-to-elektrokotel-jak-funguje-vyhody-a-nevyhody>.
- [34] KALITIČ, Jan. Dvouokruhové elektrokotle CUK 06, 09, 12, 15, 18, 21, 24 BD, BDp. In: *E-kotle.eu* [online]. 2008 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: http://www.e-kotle.eu/lesa/kotle_d/cuk_bd.htm.

- [35] Princess 760 litinový radiátor. In: *Koupelny Vrchlabí* [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <http://www.koupelny-vrchlabi.cz/princess-760-litinovy-radiator-4-sekce-seda-m6002-detail-29315>.
- [36] Radiátor Comfort 400. In: *Vobmat.cz* [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.vobmat.cz/radiator-comfort-400-8-clanku>.
- [37] Článekové radiátory, držáky a konzoly. In: *Kovo družstvo Olomouc* [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <http://www.kovolomouc.cz/vyroba-radiatoru/>.
- [38] BAŠTA, Jiří a Roman VAVŘIČKA. Otopné plochy (II) - Druhy otopných těles. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/3064-otopne-plochy-ii-druhy-otopnych-teles>.
- [39] Aqualine - direct otopné těleso. In: *Svět koupelny* [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.svet-koupelny.cz/sapho-1/otopne-teleso-rovne-stredove-pripojeni-450-1322-mm-bila/aqualine/>.
- [40] ISAN RADIÁTORY S.R.O. Podlahový konvektor TERMO FRC. *Topenářství instalace* [online]. 2019 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <http://www.topin.cz/clanky/novy-podlahovy-konvektor-termo-frc-od-isanu-umi-vytapet-i-chladit-detail-7184>.
- [41] Podlahové vytápění. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni>.
- [42] BAŠTA, Jiří. Velkoplošné vytápění (II): Stěnové otopné plochy. *Tzbinfo* [online]. 2006 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/3389-velkoplosne-vytapeni-ii>
- [43] FENIX TRADING S.R.O. Vytápění – podlahové, nebo stropní? *Tzbinfo* [online]. 2018 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/18083-vytapeni-podlahove-nebo-stropni>.
- [44] LYČKA, Zdeněk. Třídy teplovodních kotlů. *Tzbinfo* [online]. 2019 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/18994-tridy-teplovodnich-kotlu>.
- [45] Větrání bytových domů - Základy teorie větrání. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani#2>.
- [46] *SlideShare*. [Internet]. Typ prostoru Výsledná teplota (°C) tg min tg opt tg max ± 2 28., [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/1943703/>.

- [47] Větrání: Podtlakové větrání. In: *Topeterm* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <http://www.topeterm.cz/podtlakove-vetrani.html>.
- [48] *Katedra technických zařízení budov K11125*. [Internet]. Nucené větrání, teplovzdušné vytápění. Větrání obytných budov., Ing. Daniel Adamovský, Ph.D [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tb2/prednasky/125tb2-03.pdf?dt=1584567625>.
- [49] Větrání: Rovnotlaké větrání. In: *Topeterm* [online]. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <http://www.topeterm.cz/rovnotlake-vetrani.html>.
- [50] KOTEK, Petr, Jiří BERANOVSKÝ, Petr VOGEL a František MACHOLDA. *Tzbinfo* [online]. 2011 [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/7479-centralni-podtlakove-vetrani-hybridni-vetrani-v-panelovem-dome-rekuperace-ci-hybrid>.
- [51] Zpětné využití tepla z větraného vzduchu pomocí rekuperace. In: *Tzb pro s.r.o.* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://tzb-pro.cz/rekuperace-tepla-z-vetraciho-vzduchu>.
- [52] Podstropní rekuperace. In: *Štorc* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.storc.cz/produkty/vetrani/podstropni-rekuperace/>.
- [53] KOTEK, Petr. Lokální či centrální rekuperace tepla v panelovém domě? *Tzbinfo* [online]. 2011 [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/7384-lokalni-ci-centralni-rekuperace-tepla-v-panelovem-dome>.
- [54] Lokální rekuperační jednotky. In: Tepelná čerpadla *Dimplex* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <http://www.dimplex.cz/produkty/rekuperace/lokalni>
- [55] Úsporné větrání domu: Jaké jsou možnosti? *Nalezeno.cz* [online]. 2011 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/usporne-vetrani-domu-jake-jsou-moznosti/>.
- [56] Ventilační tepelná čerpadla NIBE. In: *Tzbinfo* [online]. 2012 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9008-ventilacni-tepelna-cerpadla-nibe>.
- [57] KABELE, Karel. Teplovzdušné vytápění obytných budov. *Tzbinfo* [online]. 2001 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teplovzduzne-vytapani/620-teplovzduzne-vytapani-obytnych-budov>.

- [58] Akumulační nádrže. In: *Viadrus* [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://www.viadrus.cz/akumulacni-nadrze-131.html>.
- [59] Nepřímotopný zásobník OKC NTRR/SOL. In: Dražice [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/neprimotopne-zasobniky/stacionarni/okc-ntrr-sol>.
- [60] Kotle s ručním přikládáním: Univerzální litinový zplyňovací kotel Viadrus U22 Economy. In: *Viadrus* [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://www.viadrus.cz/kotle-na-tuha-paliva/zplynovaci-litinovy-kotel-na-kusove-drevo-viadrus-u22-economy-25-cz52.html>.
- [61] BDOP 200 plastový talířový ventil univerzální. In: *Elektrodesign ventilátory s.r.o.* [online]. [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/bdop-200-plastovy-talirovy-ventil-univerzalni>.
- [62] Rovnotlaké větrací jednotky: DUPLEX 170, 370, 570 EC5. In: *Atrea* [online]. [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/duplex-170-370-570-ec5>.

7.3 Seznam obrázků:

Obr. 1 – Půdorys 1.NP	10
Obr. 2 – Půdorys 2.NP	10
Obr. 3 – Pohled (zleva doprava) SV, JZ, SZ, JV.....	11
Obr. 4 – Schématický řez prohořivacího kotle [10]	12
Obr. 5 – Schématický řez odhořivacího kotle [10].....	13
Obr. 6 – Schématický řez zplyňovacího kotle [10]	14
Obr. 7 – Schématický řez automatického kotle [10].....	15
Obr. 8 – Schéma tepelného čerpadla [15]	17
Obr. 9 – Schéma principu tepelného čerpadla země/voda	18
Obr. 10 – Schéma principu tepelného čerpadla voda/voda [20].....	19
Obr. 11 – Schéma principu tepelného čerpadla vzduch/ voda.....	20
Obr. 12 – Schéma termického solárního systému [30].....	22
Obr. 13 – Schéma fotovoltaického systému [32].....	23
Obr. 14 – Pracovní schéma elektrokotle [34]	25
Obr. 15 – a) OT z šedé litiny [35], b) OT ze slitiny hliníku [36], c) OT z ocelových plechů [37]	26
Obr. 16 – Typy deskových otopných těles [38].....	27
Obr. 17 – Trubkové OT [39].....	28
Obr. 18 – Podlahový konvektor [40]	29
Obr. 19 – Podíl tepelného toku sáláním pro různé druhy vytápění. [41]	29
Obr. 20 – Cyklus návrhu větracího systému	39

Obr. 21 – Varianty šachtového větrání [5].....	41
Obr. 22 – Schéma aerace [46].....	42
Obr. 23 – Podtlakový systém nuceného větrání [47]	43
Obr. 24 – Rovnotlaký systém nuceného větrání [49]	44
Obr. 25 – Centrální nucené větrání.....	45
Obr. 26 – Decentrální podtlakový systém (hybridní) [50]	46
Obr. 27 – Centrální větrání s rekuperací [50]	47
Obr. 28 – a) nástěnná jednotka s rekuperací [51], b) podstropní jednotka s rekuperací [52]	47
Obr. 29 – Necentrální větrání s rekuperací [50]	48
Obr. 30 – Lokální větrací jednotka [54].....	49
Obr. 31 – Princip vzduchového tepelného čerpadla [56]	52
Obr. 32 – Vedení rozvodů teplovzdušného vytápění v podlaze [57].....	53
Obr. 33 – a) Akumulační nádrž AKU Economy S [58], b) Zásobník TV OKC NTRR/SOL [59].....	56
Obr. 34 – Kotel na tuhá paliva VIADRUS U22 Economy [60]	57
Obr. 35 – Univerzální plastový anemostat BDOP [61]	58
Obr. 36 – rovnotlaké větrací jednotky řady DUPLEX 170/370/570 EC5 [62].....	59

7.4 Seznam grafů:

Graf 1 – Pořizovací náklady na kotle na tuhá paliva	32
Graf 3 - Provozní náklady na ohřev teplé vody dle typu paliv	33
Graf 2 – Provozní náklady na vytápění za rok pro paliva typu černé uhlí, koks, kusové dřevo, pelety a brikety.....	33
Graf 4 – Emise kotlů na tuhá paliva s využitím biomasy vztažené na 1 kg spáleného paliva	34
Graf 5 - Emise kotlů na tuhá paliva s využitím černého uhlí vztažené na 1 kg spáleného paliva	34
Graf 6 – Porovnání účinností kotlů na pevná paliva	34
Graf 7 – Pořizovací náklady na tepelné čerpadla.....	35
Graf 8 – Provozní náklady na vytápění pro tepelné čerpadla.....	36
Graf 9 – Provozní náklady na ohřev TV	36
Graf 10 – Pořizovací náklady na solární systémy	37
Graf 11 – Účinnost solárních systémů	38

7.5 Seznam tabulek:

Tab. 1 – Pořizovací cena větracích systémů.....	50
Tab. 2 – Hodnoty hluku pro větrací jednotky	51
Tab. 3 – Parametry pro ventilační tepelné čerpadlo	54
Tab. 4 – Parametry pro teplovzdušné vytápění	54

7.6 Seznam výkresové dokumentace:

Technická zpráva - vytápění	
Výkres č.01	Vytápění – 1.NP
Výkres č.02	Vytápění – 2.NP
Výkres č.03	Vytápění – rozvinutý řez
Výkres č.04	Vytápění – schéma zapojení
Technická zpráva - větrání	
Výkres č.05	Větrání – 1.NP
Výkres č.06	Větrání – 2.NP