

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ RODINNÉHO DOMU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:

Jiří Brabec

Vedoucí práce:

Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

Školní rok:

2018/2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>BRABEC</u>	Jméno: <u>JIRŮ</u>	Osobní číslo: <u>438124</u>
Zadávací katedra: <u>K125 - 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: Teoretická část: Analýza systému vytápění a větrání na zadaný rodinný dům. Praktická část: Projektová dokumentace systému vytápění a větrání v zadaném rozsahu. Vytápění: výpočet tepelných ztrát, bilance potřeby tepla, návrh otopné soustavy včetně zdroje tepla, hydraulické výpočty a návrh dimenzí. Větrání: koncepce větrání, návrh množství větracího vzduchu, geometrické trasování potrubí, umístění a návrh větrací jednoty. Seznam doporučené literatury: prof. Ing. K. Kabele a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 1 ČVUT (2010) D. Petráš a kol.: Vytápění rodinných a bytových domů, Jaga 2005 prof. Ing. K. Kabele a kol.: Technická zařízení budov, Vytápění - podklady pro cvičení, ČVUT 2013 J. Bašta, K. Kabele: Otopné soustavy teplovodní - Sešit projektanta č.1 - Společnost pro techniku prostředí 2008 server katedry TZB - tzb.fsv.cvut.cz	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>5. 3. 2019</u> Termín odevzdání bakalářské práce: <u>20. 5. 2019</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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“.

<u>5. 3. 2019</u>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

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

V Praze dne:

podpis:

Poděkování:

Rád bych poděkoval panu Ing. Stanislavovi Frolíkovi, Ph. D. za odborné vedení práce, cenné rady a připomínky, které mi pomohli k úspěšnému zpracování bakalářské práce.

Vytápění a větrání rodinného domu

Design of heating and ventilation system of a family house

Obsah

1	Úvod.....	8
1.1	Popis a dispozice rodinného domu.....	8
1.2	Orientace na pozemku.....	9
1.3	Konstrukční řešení	10
2	Vytápění.....	11
2.1	Možnosti vytápění a zdroje tepla	11
2.1.1	Vytápění tuhými palivy	11
2.1.2	Vytápění pomocí biopaliv.....	13
2.1.3	Vytápění zemním plynem.....	13
2.1.4	Elektrické vytápění	15
2.1.5	Vytápění topným olejem.....	16
2.1.6	Tepelná čerpadla	17
2.1.7	Solární systémy pro vytápění.....	18
2.2	Otopná tělesa.....	20
2.3	Otopné plochy	21
2.3.1	Podlahové vytápění.....	21
2.4	Návrh systému vytápění a přípravy teplé vody.....	22
2.4.1	Výpočet tepelných ztrát	22
2.4.2	Návrh otopných těles	22
2.4.3	Návrh otopné soustavy a její regulace	23
2.4.4	Návrh zdroje tepla a zásobníku teplé vody.....	23
3	Větrání	24
3.1	Možnosti větrání.....	24
3.1.1	Přírozené větrání	24
3.1.2	Nucené větrání	25
3.1.3	Hybridní větrání.....	29
3.2	Návrh systému větrání.....	31
3.2.1	Návrh množství větracího vzduchu	31
3.2.2	Návrh vzduchotechnického systému	31
3.2.3	Návrh vzduchotechnické jednotky.....	32
4	Závěr	33
5	Seznam literatury a podkladů	34
6	Seznam obrázků.....	37
7	Přílohy.....	38

Anotace:

Obsahem Bakalářské práce je celkový návrh vytápění a větrání rodinného domu. Jedná se o nepodsklepený dvoupodlažní dům s plochou střechou. Teoretická část se zabývá analýzou jednotlivých systémů vytápění a vzduchotechniky pro rodinné domy a volbou systému pro zadaný dům. Praktická část zahrnuje výpočet tepelných ztrát, návrh otopné soustavy včetně zdroje tepla, hydraulické výpočty, návrh zásobníku teplé vody a bilanci potřeby tepla. V další části je zpracován návrh koncepce větrání, množství větracího vzduchu, geometrické trasování potrubí a návrh vzduchotechnické jednotky. Součástí této práce je technická zpráva a výkresová dokumentace zahrnující půdorysy otopné soustavy, rozvinutý řez a půdorysy vzduchotechniky.

Klíčová slova:

vytápění, otopná soustava, zdroj tepla, větrání, vzduchotechnická jednotka

Annotation:

The content of the Bachelor thesis is the overall design of heating and ventilation of the house. It is a cellar two-store house with a flat roof. The theoretical part deals with the analysis of individual heating and air conditioning systems for family houses and the choice of system for a given house. The practical part includes calculation of heat losses, design of heating system including heat source, hydraulic calculations, design of hot water tank and balance of heat demand. In the next part the concept of ventilation concept, amount of ventilation air, pipeline geometric trace and design of air-handling unit are elaborated. Part of this work is a technical report and drawing documentation including floor plans of the heating system, developed section and ground plans of air conditioning.

Keywords:

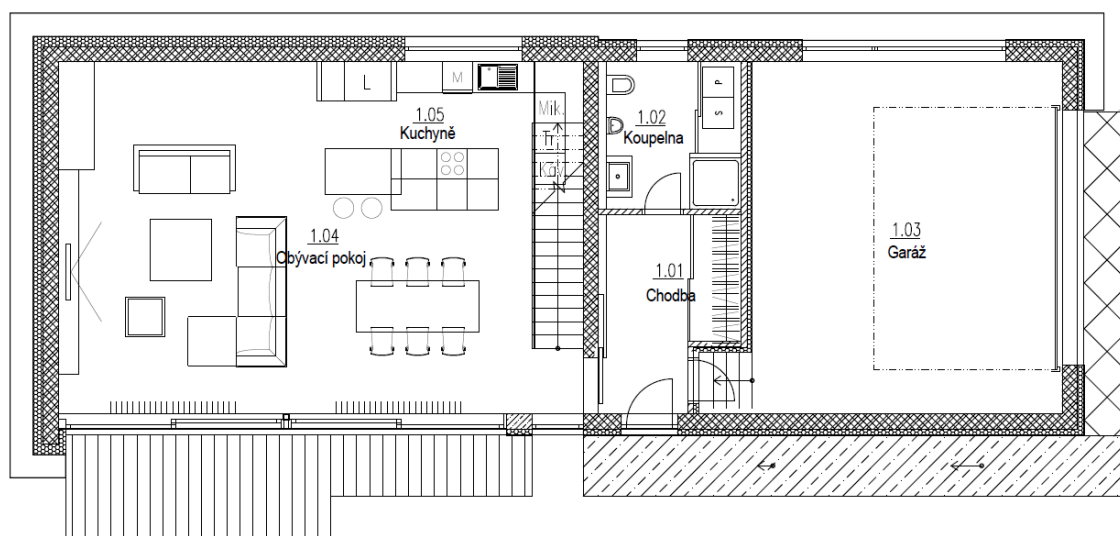
heating, heating system, heat source, ventilation, air handling unit

1 Úvod

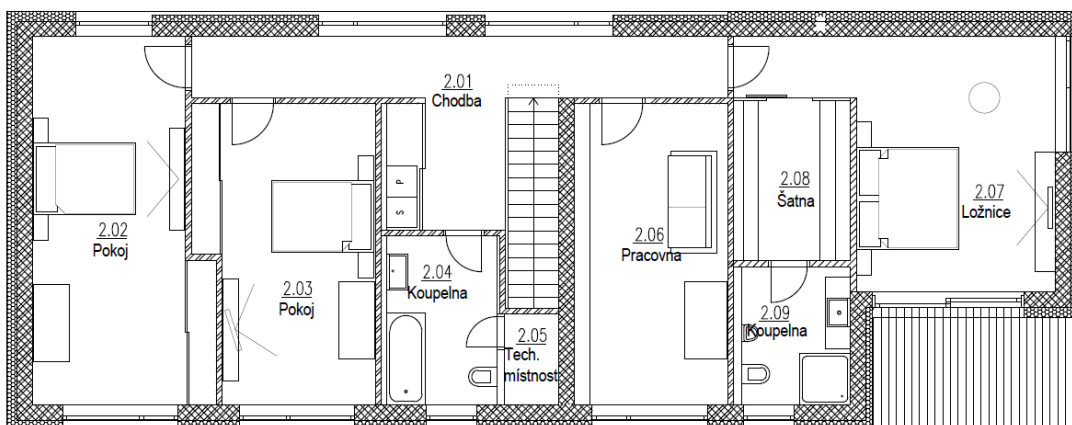
1.1 Popis a dispozice rodinného domu

Rodinný dům je řešen jako dvoupodlažní nepodsklepený a samostatně stojící objekt s plochou střechou. Dům je dispozičně řešen jako 5+kk a uspokojí nároky na bydlení čtyřčlenné rodiny. Celková užitková plocha domu je 132,55 m².

V prvním podlaží se nachází vstupní hala, koupelna a obývací pokoj propojený s kuchyňským koutem. Součástí domu je dvojgaráž, jejíž podlaha je v jiné výškové úrovni, než zbylá část prvního podlaží domu. Vstup do garáže je možný i ze vstupní haly. V druhém podlaží se nacházejí celkem čtyři obytné místnosti, z nichž jedna slouží jako pracovna a zbylé jsou ložnice. Jedna z ložnic disponuje samostatnou šatnou, koupelnou a přímým vstupem na terasu. Dále se zde nacházejí hlavní koupelna a technická místnost. Schodiště je zde navrženo přímé jednoramenné a je součástí obývacího pokoje.



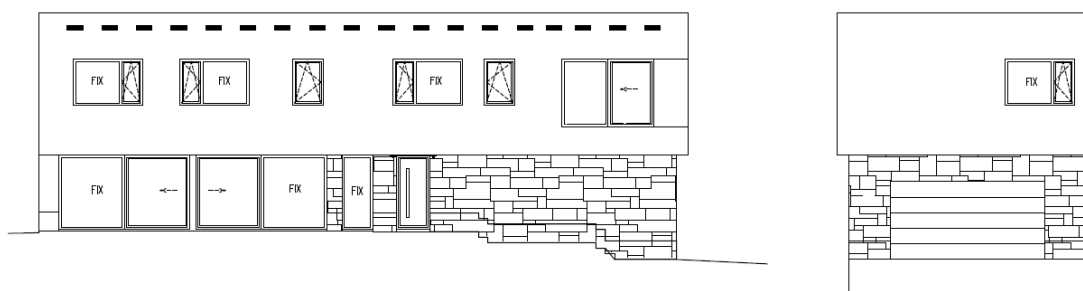
Obrázek 1: Půdorys 1.NP



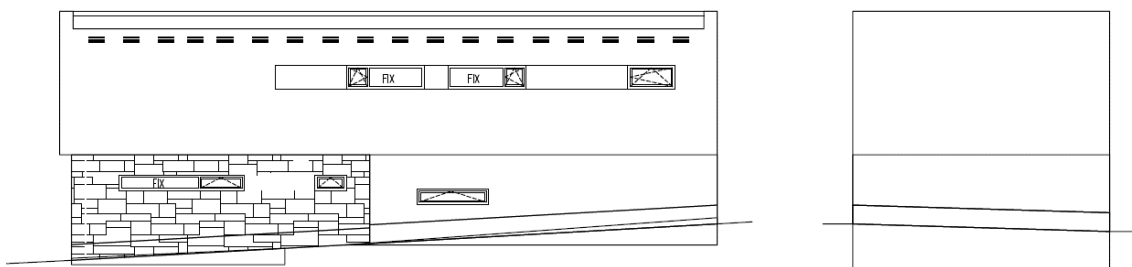
Obrázek 2: Půdorys 2.NP

1.2 Orientace na pozemku

Umístění domu je řešeno na mírně svažitém pozemku. Na východní straně objektu se nachází příjezdová komunikace, kde je řešen vjezd do garáže a vstup na pozemek. Hlavní vstup do objektu je situován na jižní straně. Zde je umístěna většina oken obytných místností. Na severní straně se nachází okna kuchyně, garáže, koupelny a chodby. Terasa ve druhém podlaží je umístěna na jihovýchodní straně. Jižní strana pozemku je hlavní částí zahrady, která slouží k pobytu a relaxaci, zde se nachází i venkovní bazén.



Obrázek 3: Jižní a východní pohled



Obrázek 4: Severní a západní pohled

1.3 Konstrukční řešení

Dům je založený na základových pasech. Obvodové zdivo, nosné a nenosné příčky jsou navrženy z cihelných bloků typu POROTHERM. Některé příčky jsou navrženy z cihelných bloků se zlepšenými akustickými vlastnostmi. Vodorovná nosná konstrukce je tvořena monolitickou ŽB deskou. Ke komunikaci mezi podlažími slouží přímé jednoramenné prefabrikované schodiště. Střecha je navržena jako plochá a její konstrukce je tvořena rovnými dřevěnými vazníky. Po obvodě je zakončena atikou. K provětrávání střechy zde slouží větrací mřížky umístěné po obvodě atiky. Do všech místností byly použity SDK podhledy. Celý dům je zateplen polystyrenovými fasádními deskami Baumit open. Pro estetiku domu jsou některé části obvodových stěn obloženy venkovním kamenným obkladem nebo dřevěnými lamelami.

2 Vytápění

Jednou z nejdůležitějších součástí rodinného domu je systém vytápění. Ten má za cíl zajistit společně se systémem větrání přijatelné mikroklima pro pobyt osob v jednotlivých místnostech. Důležitým aspektem pro volbu systému je typ lokality, do které je dům zasazen a umístění na pozemku. Také je nutné zjistit, jestli je k domu zajištěn přívod plynu. Vytápění hraje nemalou roli v nákladech na celkový provoz budovy, a proto je jeho volba systému velmi důležitá. Systém vytápění by měl být vhodně zasazen do celkového projektu budovy, a mělo by se s ním počítat už v úvodní fázi jeho projektování.

2.1 Možnosti vytápění a zdroje tepla

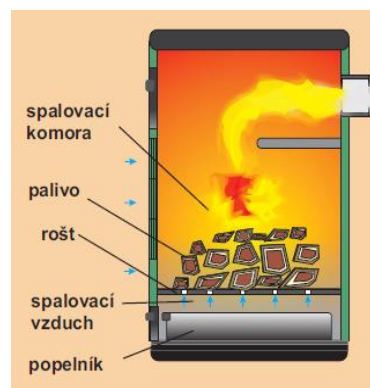
2.1.1 Vytápění tuhými palivy

Tuhá paliva lze rozdělit do dvou skupin, a to na fosilní paliva, mezi které patří koks, černé a hnědé uhlí a biopaliva, ke kterým patří dřevo, dřevěné pelety, brikety nebo dřevní štěpka.

Kotle na tuhá paliva můžeme rozdělit podle technologie spalování na několik typů:

- **Prohořivací kotle**

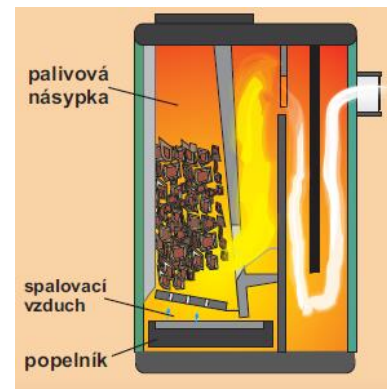
V tomto již dnes historickém typu kotle spaliny při periodickém průběhu spalování procházejí přes vrstvu paliva. Přívod spalovacího vzduchu je většinou zajištěn přirozeně. Po uzavření přívodu vzduchu vzniká nedokonalé spalování. Tento typ kotle je konstrukčně nejjednodušší, ale vyznačuje se nízkou účinností a vysokými emisemi škodlivých látek. Nevhodný je pak zejména pro spalování hnědého uhlí. [5]



Obrázek 5: Schéma prohořivacího kotle [5]

- **Odhořivací kotle**

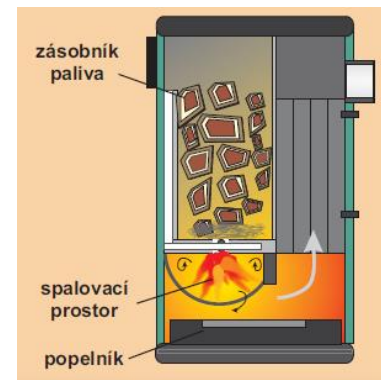
Typ kotle, kde je dávkovitě doplňováno palivo a spaliny neprocházejí přes vrstvu paliva, ale jsou odváděny ve spodní nebo boční části kotle. Přívod spalovacího vzduchu je zajištěn přirozeným tahem nebo ventilátorem. Jejich nespornou výhodou oproti prohořivacím kotlům je vyšší účinnost a nižší emise škodlivých látek v důsledku optimalizace spalování. [5]



Obrázek 6: Schéma odhořivacího kotle [5]

- **Zplyňovací kotle**

Tento moderní typ kotle, kde jsou fáze přeměny paliva na hořlavé plyny a fáze spalovací od sebe prostorově odděleny, se vyznačuje efektivnějším řízením spalovacího procesu. Díky tomu je zde vyšší účinnost oproti předchozím typům kotlů a emise škodlivých látek jsou nižší. Je zde zajištěn přívod spalovacího vzduchu nebo odvod spalin pomocí ventilátoru. [5]



Obrázek 7: Schéma zplyňovacího kotle [5]

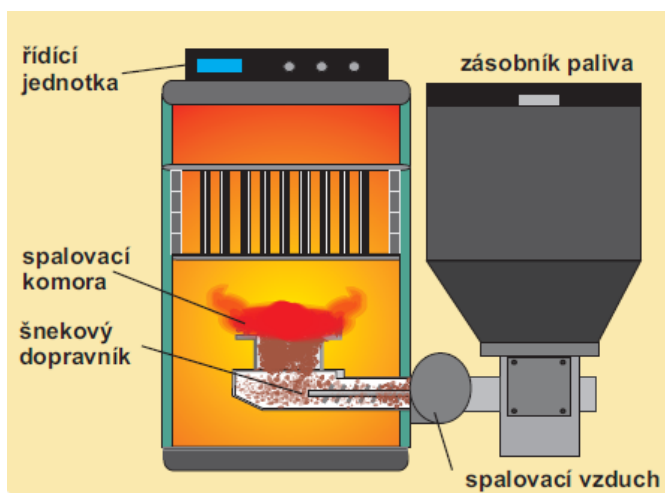
Vytápění tuhými palivy je vhodné zejména v okrajových oblastech, kde se nevyplácí hromadně zavádět plynofikace a neplánuje se zahuštěná zástavba. Výhodou je snadná nahraditelnost starých uhelných kotlů u zástavby, kde již je vybudováno zázemí pro skladování paliva a samotížný otopný systém bez nutnosti cirkulačních čerpadel.

Vytápění uhlím a dřevem začíná spíše ustupovat z důvodů stále přísnějších požadavků na emise, které při hoření těchto paliv vznikají a z toho vyplývající ekologická daň. V roce 2022 již začne platit zákaz používání starých neekologických kotlů 1. a 2. emisní třídy. [6] Vhodnou alternativou jsou například kotle na dřevěné pelety. Další nevýhodou je nutnost přikládání paliva do kotle a zajištění vhodného prostoru pro jeho skladování. Výhodou je pak nižší cena paliv.

2.1.2 Vytápění pomocí biopaliv

Vytápění dřevem patří k tradičnímu a nejstaršímu způsobu vytápění. V dnešní době už dřevo začínají nahrazovat dřevěné pelety nebo dřevní štěpka, které mohou díky moderním kotlům objekt vytápět prakticky bezobslužně a navíc jsou šetrnější k životnímu prostředí. Je však nutné počítat s jejich uskladněním v suchém prostředí.

Pro spalování pelet slouží kotle s automatickým přívodem paliva. Jedná se o moderní typ kotle, kde je palivo automaticky dodáváno pro spalování šnekovým dopravníkem nebo otáčivým válcovým roštem. To je obrovská výhoda oproti předchozím kotlům. Součástí kotle je řídicí jednotka, která zajišťuje plně automatické řízení spalování, zapálení paliva a automatické řízení přívodu vzduchu. Tento kotel se vyznačuje vysokou účinností, která se pohybuje kolem 80 %, ale ze všech typů je nejdražší. [5]



Obrázek 8: Schéma kotle s automatickým přívodem paliva a šnekovým dopravníkem [5]

2.1.3 Vytápění zemním plynem

V poslední době se stal zemní plyn nepostradatelným palivem se snadnou dostupností a se širokým uplatněním, kde kromě vytápění nebo vaření se třeba využívá i v dopravě. [7]

Jedná se o ekologické palivo s vysokou výhřevností (34 MJ/m^3). Při jeho spalování vzniká mnohem méně škodlivých látek oproti spalování tuhých paliv.[8] Jeho výhodou je také snadné měření spotřeby a snadná regulace. V porovnání s tuhými palivy je však dražší a v nákladech je také nutné počítat s plynovodní přípojkou.

Plynové kotle jsou v současné době velice oblíbené, jelikož se snadno obsluhují a navíc odpadá práce přikládání paliva do kotle. Nespornou výhodou je pak jejich kompaktní instalace bez potřeby prostorů pro zásoby tuhých nebo kapalných paliv. Plynové kotle rovněž umožňují průtočný ohřev teplé vody. Je však nutné počítat s vyššími požadavky na komín a s pravidelnou revizí kotle. I přes vysokou cenu zemního plynu je však díky vysoké účinnosti dnešních kotlů vytápění plynem cenově příznivé. [9]

Plynové kotle rozdělujeme podle teploty otopné vody na 3 typy:

- **Standardní kotle**

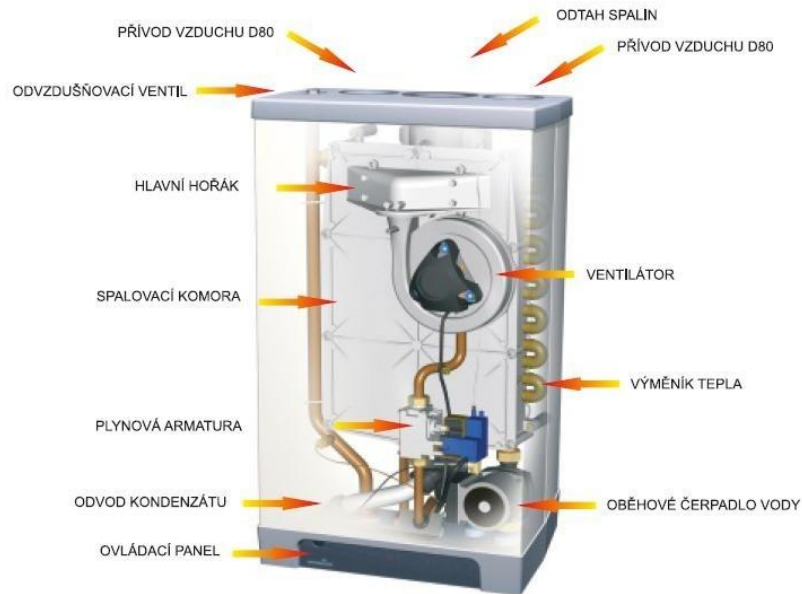
V tomto kotli se získává spalné teplo pouze pomocí hoření plynu. Dnes už se tyto kotle nevyrábí, jsou nahrazeny kotli kondenzačními. Vyznačují se účinností až 91 %. [10]

- **Nízkoteplotní kotle**

Jedná se o kotel s nízkou teplotou spalin. Ta obvykle není vyšší než 130 °C. Tyto kotle jsou vhodné zejména pro otopné systémy s vyššími teplotními spády. Účinnost kotle dosahuje až 93 %.[11]

- **Kondenzační kotle**

Dnes nejvíce využívaný typ kotle, který oproti dřívějším standardním kotlům umožňuje využití kondenzačního tepla spalin, které by jinak bez užitku odešlo ven komínem. Ve výměníku se uvolní skupenské teplo kondenzace vodní páry obsažené ve spalinách, pokud se teplota spalin sníží pod rosný bod. Tyto kotle jsou velmi výhodné pro podlahové vytápění. [12] Jejich účinnost je velmi vysoká, dosahuje až 108 %.[10]



Obrázek 9: Plynový kondenzační kotel [13]

2.1.4 Elektrické vytápění

Velkou výhodou elektřiny je její snadná dostupnost, ovšem vytápění elektřinou je také nejdražší. Elektrické vytápění je velice komfortní, jelikož odpadá jakákoliv starost s odvodem spalin, či uskladněním paliva. Pořizovací náklady jsou tak naopak nízké a vytápění je plně ekologické. Často se toto vytápění používá jako sekundární zdroj, například jako doplněk k tepelnému čerpadlu typu vzduch/voda. Velmi výhodné je pak tohle řešení v nízkoenergetických nebo pasivních domech, kde se navíc elektřina získává z obnovitelných zdrojů.[14]

Elektrické zdroje se dělí na přímotopné a akumulční.

Přímotopné zdroje vyrábějí teplo, které současně předávají teplonosné látce. Odběr elektrické energie je tak bezprostředně závislý na dodávkách tepla do vytápěné místnosti. Mezi takové zdroje patří elektrokotle s ohřevem teplé vody nebo přímotopné ohřivače vzduchu. [15]

Akumulční zdroj si ukládá energii v době nízkého odběru do akumulátoru a v době energetické špičky je energie do vytápěné místnosti dodávána ve formě tepla. Takovým zdrojem je například akumulční teplovodní zásobník. [15]

2.1.5 Vytápění topným olejem

Lehký topný olej je palivo, které se vyrábí destilací nebo rafinací ropy. Jeho výhodou je vysoká výhřevnost ($42,5 \text{ MJ/m}^3$), která je tak ještě vyšší než v případě zemního plynu. [16]

Tento systém vytápění v naší zemi není příliš rozšířený, avšak topný olej je běžně k dispozici po celé ČR. Vytápění topným olejem je vhodnou alternativou u rodinných domů, kde se dosud používal starý kotel na tuhá paliva a není zde zavedena plynová přípojka. Při spalování nevzniká žádný popel ani prachové částice a odcházející spaliny tak obsahují velmi málo škodlivin. [17]

Provoz kotlů je vysoce komfortní, jelikož je plně automatický. Palivo se přiváží před topnou sezónou v cisterně a načerpá se do zásobního tanku, kde se palivo uskládá po dobu až 6 let. Kotel si pak sám palivo z tanku odčerpá dle vlastní potřeby. Pro zásobní tank je třeba vymezit určitý prostor, většinou v garáži nebo technické místnosti. Nevýhodou je závislost ceny paliva na ceně ropy. [17]

Olejové kotle se stejně jako plynové rozdělují na nízkoteplotní a kondenzační. Jejich princip je obdobný jako u kotlů plynových.

Vytápění topným olejem lze kombinovat s celou řadou systémů, ať jsou to solární termické kolektory k ohřevu teplé vody, krbová kamna s výměníkem nebo tepelná čerpadla. [18]



Obrázek 10: Kotel na topný olej [19]

2.1.6 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo patří mezi nejrozšířenější alternativní zdroje tepla. Jedná se o moderní typ zařízení napájené elektrinou, které využívá tepelnou energii obsaženou ve venkovním prostředí, a to ve vzduchu, zemi nebo spodní vodě.

Tepelné čerpadlo se skládá ze čtyř základních částí: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil.

Teplo odebrané z okolního prostředí se ve výparníku předává do chladiva proudícího uvnitř zařízení. Se vzrůstající teplotou se zde chladivo přeměňuje do plynné fáze. V plynné fázi se dále přemísťuje do kompresoru, kde se stlačuje na horký plyn. V kondenzátoru předává horký plyn energii otopné soustavě a z něj se vrací jako teplé chladivo v kapalně fázi. Expanzní ventil pak zajistí snížení tlaku a zároveň i teploty chladiva, které dále směřuje opět do výparníku. Celý cyklus se stále opakuje. [20]

Podle odebíraného zdroje tepla existuje několik druhů čerpadel.

- **Vzduch/voda**

Tento systém odebírá teplo přímo z venkovního vzduchu a dále jej předává teplovodní otopné soustavě nebo zásobníku teplé vody. V letním období se pak toto čerpadlo snadno využívá i pro chlazení. Nevýhodou je snížený výkon při nízkých venkovních teplotách. Je vhodný zejména pro domy s menším pozemkem.[21]

- **Vzduch/vzduch**

Nejlevnější typ čerpadla, který odebírá teplo z venkovního vzduchu a ohřívá vzduch ve vnitřním prostředí domu. Čerpadlo pak lze využít i k chlazení. Nevýhodou je nemožnost ohřívát tímto čerpadlem teplou vodu.[21]

- **Země/voda**

Využívá se geotermální energie obsažené pod povrchem země. Odebírat teplo lze dvěma způsoby, a to zemními kolektory nebo zemním hloubkovým vrtem.

Zemní kolektor je plošný prvek uložený pod povrchem zahrady, který se skládá z plastových hadic naplněných nemrznoucí směsí. K umístění kolektoru je tak zapotřebí větší plocha zahrady. Výhodou je nižší spotřeba elektřiny než u systémů odebírajících teplo ze vzduchu.

Hloubkový vrt je vertikální prvek, ve kterém je zapuštěná plastová sonda naplněná nemrznoucí směsí. Toto řešení sice vyžaduje vyšší pořizovací náklady, ale zajišťuje stabilní výkon i při velmi nízkých venkovních teplotách.

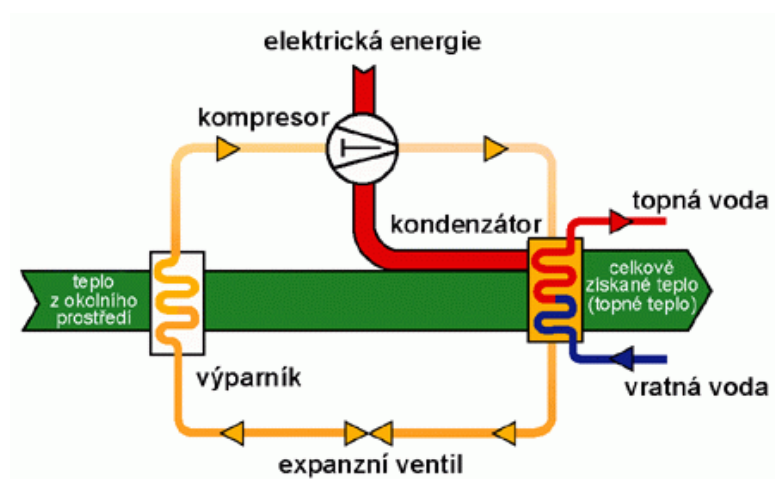
Velkou výhodou využívání energie ze země je oproti předchozím systémům jeho úplná bezhlučnost. Systém se vyznačuje taky dlouhou životností.[21]

- **Voda/voda**

Tento typ řešení je méně častý, jelikož jeho instalaci většinou neumožňuje lokalita, v které je dům postaven. Jeho použití je možné pouze v lokalitě s dostatkem spodní nebo geotermální vody.

Systém obsahuje studnu, z které je čerpána voda, jež se jako ochlazená vrací zpátky do studny. Tento typ systému dosahuje nejvyššího topného faktoru. Pořizovací náklady jsou oproti systému s vrty nižší, avšak nižší je i životnost celého systému. [21]

Používání tepelných čerpadel je velmi ekologické, emise škodlivých látek se snižují na minimum. Vyšší pořizovací náklady čerpadla jsou vyváženy jeho mimořádně komfortním a úsporným provozem. Tepelné čerpadlo je vhodné jak pro novostavby, tak i pro starší domy.



Obrázek 11: Princip tepelného čerpadla [22]

2.1.7 Solární systémy pro vytápění

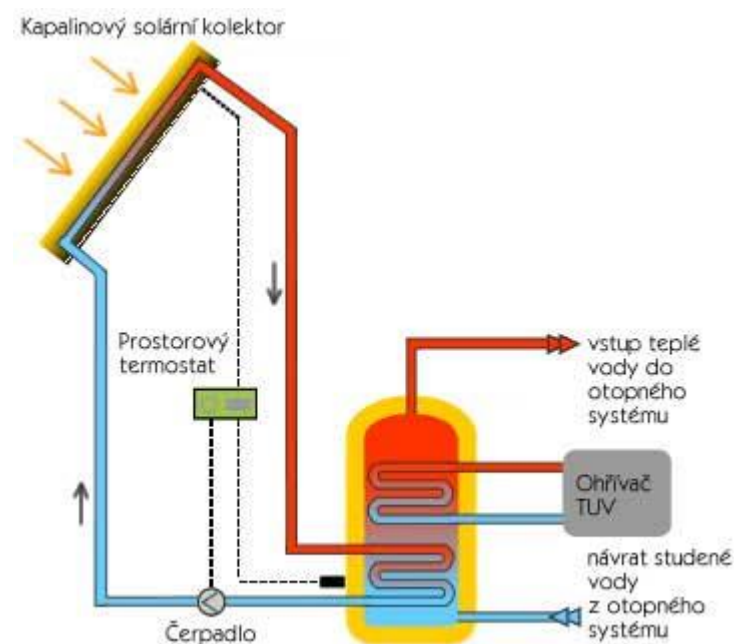
Sluneční svit nezbytný k životu na zemi může sloužit i jako obnovitelný zdroj energie, který je zcela zadarmo. Solární energie se může využít na výrobu elektřiny, k ohřevu vody nebo vytápění.

Důležitým faktorem k efektivnímu využití solární energie je zeměpisná poloha lokality a správné umístění kolektorů na střeše. Střecha domu by měla mít dostatečnou plochu pro instalaci kolektorů, jejichž sklon by se v ideálním případě měl pohybovat od 45 do 60°. Zároveň střecha musí být jižně orientována a neměla by být zastíněna vedlejšími objekty. Pro zachycení solární energie se využívají solární termické kolektory. Základním prvkem těchto kolektorů je absorpční neboli soustava trubíc, v kterých proudí teplotně nosná kapalina ve formě nemrznoucí směsi.

Jelikož jsou solární kolektory pasivní systémy a energii lze z nich čerpat jen, když na ně dopadají sluneční paprsky, je třeba energii uchovávat v akumulčních nádržích. Do nich se v létě ukládá energie, která se může využívat v zimních měsících, kdy je méně slunečního svitu. Akumulační nádrže jsou velmi nákladné a je třeba pro ně vymezit prostor. Pokud je součástí domu venkovní bazén, lze tepelnou energii uchovávat v něm a akumulční nádrž pak není potřeba.

Solární systém dodává nízkopotenciální teplo, a proto je nutné použití nízkoteplotní otopné soustavy, ideálně s teplotním spádem 50/40 °C pro radiátory nebo 40/35 °C pro podlahové vytápění.[23]

Výhodou solárního systému jsou téměř nulové provozní náklady, jeho dlouhá životnost a nenáročná obsluha. Mezi nevýhody pak lze zařadit nutnost uchovávat energii v akumulčních nádobách z důvodu kolísání slunečního svitu během roku.



Obrázek 12: Princip solárního systému na vytápění [24]

2.2 Otopná tělesa

Funkcí otopných těles je předávání tepla do jednotlivých místností teplotnosným médiiem proudícím v tělese za podpory proudění vzduchu. Velikost a výkon těles je určena teplotním spádem soustavy, a proto je nutné u nízkoteplotních soustav navrhovat větší plochy těles. Důležitým faktorem k účinnému předávání tepla je i tvar tělesa.

Tělesa je vhodné umisťovat pod okna z důvodu proudění chladného vzduchu z okenních prostor do vytápěného prostoru. Vnější chladný vzduch se při kontaktu s tělesem ohřeje a dále tak do místnosti proudí teplý vzduch. Vhodný je také tělesa umisťovat u nejvíce ochlazovaných ploch. Předávání tepla může probíhat třemi způsoby, a to prouděním, sáláním nebo vedením.

Podle tvaru a principu předávání tepla dělíme tělesa na desková, článková, trubková nebo konvektory.

Desková tělesa jsou nejpoužívanějším typem těles. Skládají se z jedné, dvou nebo tří dutých desek, v kterých proudí teplotnosné médium. Mezi deskami je teplotvzdušná komora, kudy proudí ohřívající se vzduch. K předávání tepla tak zde dochází sáláním nebo prouděním. [25]

Článková tělesa se skládají z jednotlivých článků, které jsou vyrobeny z šedé litiny, hliníkových slitin nebo jsou tvořeny výlisky z ocelového plechu. Mezi články jsou mezery umožňující proudění vzduchu. Předávání tepla zde probíhá podobným způsobem jako u těles deskových. Tato tělesa se vyznačují dlouhou životností a vyšší účinností než u deskových těles. V minulých dobách byly hojně používané, dnes už se příliš často nepoužívají. [25]

Trubková tělesa jsou tvořena sestavou trubek spojených do tvaru žebříku. Jejich uplatnění je především v koupelnách, kde se mohou využívat k sušení ručníků. [25]

Konvektory jsou založeny na principu cirkulačního proudění vzduchu v místnosti. Do konvektoru je spodní mřížkou nasáván studený vzduch, který se v něm rychle ohřeje a dále jako teplý vzduch stoupá vrchní mřížkou vzhůru. Některé typy konvektorů jsou vybaveny ventilátorem, který podporuje účinnější cirkulaci vzduchu a jeho výkon se tak zvyšuje. Kromě nejběžnějších podlahových konvektorů, existují konvektory soklové nebo stěnové. [25]

2.3 Otopné plochy

Jedná se o plošný typ tělesa, který tvoří ohraničující plochu místnosti. Povrchová teplota otopné plochy je z hygienických důvodů poměrně nízká. Jedná se tak o systémy nízkoteplotní. Ty jsou pak vhodné v kombinaci s nízkopotenciálními energetickými zdroji. Ke sdílení tepla zde dochází převážně sáláním, z osálaných ploch se poté ohřívá proudící vzduch. [26]

Mezi otopné plochy patří podlahové, stropní nebo stěnové vytápění. Nejčastějším typem je vytápění podlahové.

2.3.1 Podlahové vytápění

Podle teplonosného média dělíme podlahové vytápění na teplovodní, elektrické a teplovzdušné.

Podlahové vytápění je tvořeno soustavou trubek uložených do spirály zabudovaných ve skladbě podlahy. Soustava trubek je po celé ploše podlahy rozložena rovnoměrně. Vytápění tak zajišťuje ideální rozložení teplot v místnosti a tím i značné omezení proudění vzduchu. To je jeho hlavní výhodou. Jedná se tak o velmi efektivní a komfortní způsob vytápění.

Typ podlahy se ideálně volí z materiálů s vyšší tepelnou vodivostí. Povrchová teplota podlahy se z hygienických důvodů standardně pohybuje mezi 22 až 25 °C.

Další výhodou tohoto vytápění je prostorové hledisko, jelikož je systém zabudovaný v podlaze a ničím tak nebrání v prostoru. Zároveň také odpadá starost se zakomponováním nevzhledných těles do interiéru. Nevýhodou pak může být pomalá reakce systému, kdy vytopení místnosti trvá o něco déle než v případě otopných těles. [27]

Otopné plochy lze také rozdělit podle akumulačních vlastností, kde může betonová vrstva mazaniny výrazně přispět k rovnoměrnějšímu rozložení teploty na povrchu podlahy. Zde je významnou rolí skladba podlahy a umístění potrubního systému. [1]



Obrázek 13: Podlahové teplovodní vytápění [26]

2.4 Návrh systému vytápění a přípravy teplé vody

Rodinný dům je umístěn v lokalitě, kde se počítá se zavedením plynovodní přípojky. Proto bylo možné jako zdroj navrhnout plynový kondenzační kotel. Pro ohřev vody je navržen nepřímotopný zásobník. Menší rozměry technické místnosti umožňují umístění kompaktního plynového kotle i nepřímotopného zásobníku. Systém vytápění bude tvořit dvoutrubková teplovodní soustava a otopná desková nebo trubková tělesa doplněná podlahovými konvektory.

2.4.1 Výpočet tepelných ztrát

Pro výpočet byly zvoleny klimatické údaje pro Prahu, kde je venkovní výpočtová teplota $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Celý výpočet tepelných ztrát byl proveden v programu RAUCAD techCON. Součinitelé prostupu tepla jednotlivých konstrukcí byly vypočteny v programu Teplo 2017 EDU a výsledky jsou uvedeny v příloze. Dle normy ČSN EN 12831 jsou stanoveny následující výpočtové vnitřní teploty: koupelny $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, garáž $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a všechny ostatní místnosti $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tepelné ztráty jednotlivých místností jsou uvedeny ve výkresové dokumentaci.

2.4.2 Návrh otopných těles

Do obytných místností ve druhém podlaží, chodeb jsou zvolena desková otopná tělesa typu RADIK 11 VK nebo RADIK 11 VKL. V garáži je zvoleno deskové otopné těleso RADIK 21 VKL. Umístění těchto těles je ve většině případů řešeno pod oknem. V koupelnách jsou navržena trubková tělesa KORALUX LINEAR COMFORT. Všechny tyto tělesa jsou vybavena integrovaným radiátorovým ventilem, termostatickou hlavicí a spodním připojením na otopnou soustavu. Obývací pokoj je vytápěn třemi podlahovými konvektory bez ventilátoru typu KORAFLEX FKI vybavené rohovým regulačním šroubením a uzavíracím kohoutem.



Obrázek 14: Podlahový konvektor KORAFLEX FKI [28]

2.4.3 Návrh otopné soustavy a její regulace

V domě je navržena dvoutrubková horizontální teplovodní soustava s nuceným oběhem, teplotním spádem 55/45 °C a protiproudým zapojením. Horizontální potrubní systém je veden pod podlahou a stoupačí potrubí je umístěné v předstěně ve vstupní hale. Potrubí je zvoleno plastové typu RAUTHERM S HAS opatřené tepelnou izolací typu PE. Proudění topné vody v soustavě bude zajištěno oběhovým čerpadlem, které je součástí plynového kotle. Pro správnou regulaci otopné soustavy je za čerpadlem umístěn vyvažovací ventil STAD DN 10. Jeho nastavení je uvedeno v technické zprávě. Otopná tělesa budou v rámci otopné soustavy regulovány dle výkresové dokumentace. Termostatické ventily budou zajišťovat regulaci teploty v jednotlivých místnostech.

2.4.4 Návrh zdroje tepla a zásobníku teplé vody

Jako zdroj tepla byl zvolen kompaktní plynový kondenzační kotel VAILLANT ecoTEC plus VU 146/5-5 s rozsahem jmenovitého tepelného výkonu 3,3 – 14,9 kW. Součástí kotle je oběhové čerpadlo a expanzní nádoba o objemu 10 litrů. Kotel bude zavěšen na zdi v technické místnosti.

Pod kotlem bude umístěn nepřímotopný zásobník teplé vody VAILLANT uniSTOR VIH R 120/6 s celkovým objemem 117 litrů.

Veškeré návrhy otopných těles, dimenze potrubí a hydraulické výpočty byly provedeny v programu RAUCAD techCON.



Obrázek 15: Plynový kotel VAILLANT a nepřímotopný zásobník teplé vody [29]

3 Větrání

Pro komfortní bydlení v budovách je nezbytné do nich přivádět kvalitní čerstvý vzduch a odvádět znehodnocený vzduch s obsahem různých škodlivých látek. V současné době existuje několik způsobů větrání, které lze rozdělit na přirozené, nucené a hybridní. Dnes již existují sofistikované systémy, které umožňují upravit kvalitu vzduchu, ať už se jedná o úpravu vlhkosti nebo teploty a zároveň regulovat jeho průtok. Některé systémy tak lze použít k teplovzdušnému vytápění nebo chlazení.

3.1 Možnosti větrání

3.1.1 Přirozené větrání

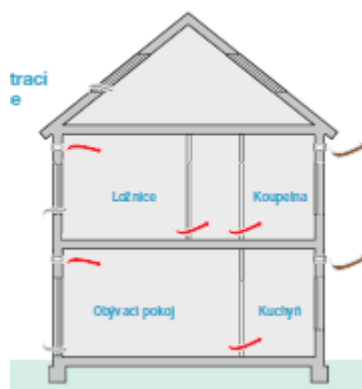
Přirozené větrání využívá rozdíl tlaků venkovního a vnitřního vzduchu o různých teplotách a dále působení větru účinkem tlaku a sání. Pokud je alespoň jedna z těchto podmínek splněna, vzduch se dostává do pohybu.

- **Infiltrace**

Výměna vzduchu zde probíhá netěsnostmi v oknech, dveřích či spárami v obvodových konstrukcích. Při bezvětrí se využívá rozdílných teplot venkovního a vnitřního vzduchu. Otevřenými okny se může cíleně zvětšit intenzita větrání a vzniká tak provětrávání. Jedná se o nejjednodušší metodu. [30]

- **Aerace**

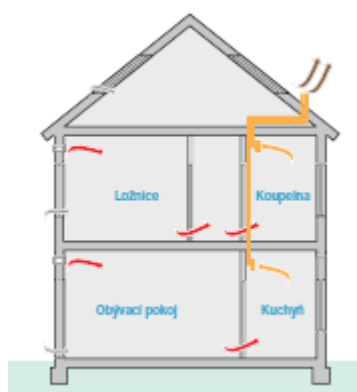
Proudění vzduchu probíhá otvory umístěnými v konstrukci. Otvory pro přívod a odvod vzduchu jsou umístěny s dostatečným výškovým rozdílem tak, aby byl zajištěn účinný vztlak vzduchu. K výměně vzduchu dochází podobným způsobem jako u infiltrace. [30]



Obrázek 16: Princip aerace [31]

- **Šachtové větrání**

Princip proděnění vzduchu je založen na rozdílných teplotách vnitřního a venkovního vzduchu. Ve většině případů je za radiátorem umístěný otvor pro přívod vzduchu. Přes radiátor se vzduch ohřeje a jako teplý vzduch stoupá vzhůru. Větracími mřížkami umístěnými u stropu je šachtou odváděn znehodnocený vzduch ven. Šachty mohou sloužit i pro přívod vzduchu, ale toto řešení není příliš časté. Velkou nevýhodou tohoto systému jsou poruchy šachtového větrání vlivem působení větru a šíření hluku v šachtě. V letních měsících pak také může dojít k obrácení toku vzduchu v šachtě směrem dovnitř budovy. [30]



Obrázek 17: Princip šachtového větrání [31]

Tyto tři uvedené metody se již v současné době nepoužívají, jelikož nesplňují současné hygienické požadavky na přívod dostatečného množství čerstvého vzduchu a odvod odpadního vzduchu. Jejich hlavní nevýhodou je závislost na povětrnostních podmínkách. Velký problém nastává v letním období za bezvětří, kdy stejná teplota venkovního a vnitřního prostředí neumožňuje pohyb vzduchu. V zimě naopak nastává nekontrolovatelný přívod studeného vzduchu a dochází tak k značným tepelným ztrátám. [30]

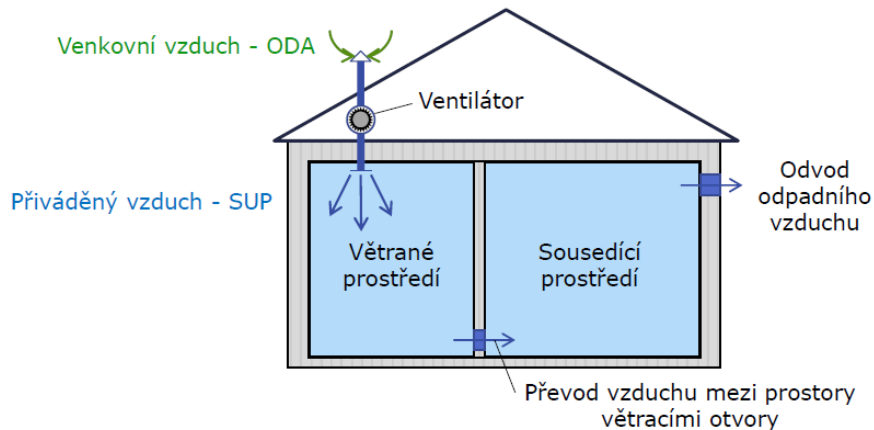
3.1.2 Nucené větrání

Při nuceném větrání je přívod nebo odvod vzduchu, případně obojí zajištěn pomocí ventilátoru. Podle způsobu zajištění přívodu a odvodu vzduchu se větrání dělí na přetlakové, podtlakové a rovnotlaké.

- **Přetlakový systém**

Při tomto systému je přívod vzduchu do větraného prostoru zajištěn ventilátorem a odpadní vzduch je přirozeně odváděn otvory do venkovního prostředí. Do větraného prostoru je přiváděno více vzduchu než z něj odváděno a vzniká tak přetlak.

Tento systém je pro obytné budovy nevhodný. Využití má především ve speciálních prostorech, kde chceme zabránit vniknutí škodlivin z okolních prostorů. [32]



Obrázek 18: Princip přetlakového větrání [32]

- **Podtlakový systém**

Podtlakový systém funguje na opačném principu než přetlakový. Do místnosti je vzduch přiváděn přirozeně větracími otvory z venkovního prostředí nebo vedlejší místnosti a odvod je zajištěn ventilátorem. Z větraného prostoru je odváděno více vzduchu než do něj přiváděno a vzniká tak podtlak. [32]

Nucený odvod vzduchu se uplatňuje v místnostech s vyšší produkcí škodlivin a vlhkosti, jedná se o koupelny, wc nebo kuchyně. Přívod vzduchu do koupelny nebo wc je obvykle přiváděn z chodby, a to netěsnostmi dveří nebo větracími mřížkami. Přívod vzduchu do chodby bez oken je většinou zajištěn z obytných místností, kde je vzduch nasáván netěsnostmi v oknech nebo okenní ventilací z venkovního prostředí. V kuchyni je odvod vzduchu zajištěn zpravidla digestoří.

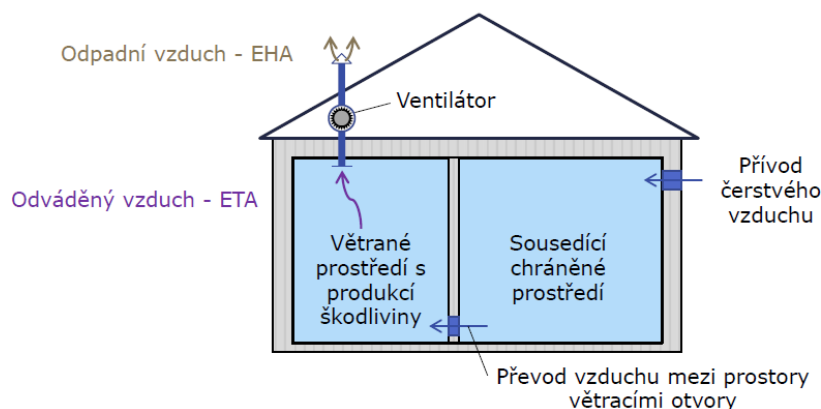
Existují dvě varianty podtlakového systému, lokální a centrální.

U lokálního systému je z každé hygienické místnosti odváděn vzduch samostatným ventilátorem do společného stoupacího potrubí, které je zpravidla vyvedeno na střechu.

Problémem je příliš vysoký hluk vycházející z ventilátoru a ten je nežádoucí. Proto se zde musí volit méně účinné radiální ventilátory s nízkou hladinou akustického výkonu.

Centrální systém je řešen jedním ventilátorem, který je napojen na společné stoupací potrubí a to ve výšce podkroví nebo střechy. Výhodou oproti lokálnímu systému je vyšší účinnost ventilátoru. Avšak i tady je třeba počítat s protihlukovým opatřením. Hluk by se neměl šířit jak do stoupacího potrubí, tak i do venkovního prostředí. [33]

Za výhodu podtlakového systému lze považovat okamžitý odvod znečištěného vzduchu, snadnou levnou instalaci a jeho obsluhu. Nevýhodou je, že přívod vzduchu je i v tomto případě řešen přirozeně a to způsobuje nemalé tepelné ztráty.

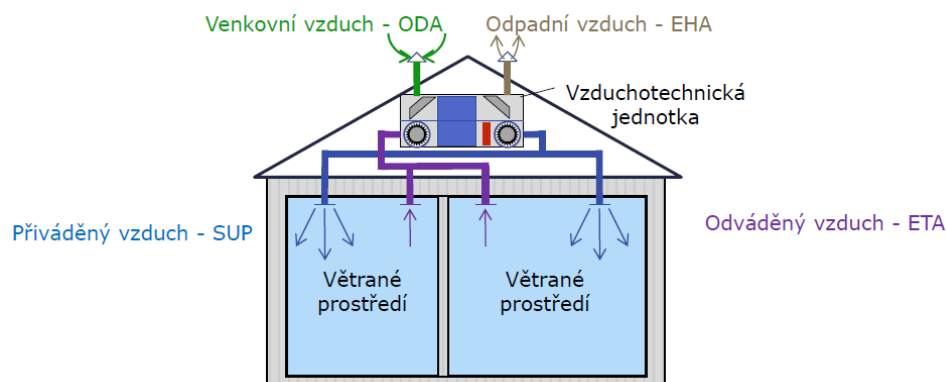


Obrázek 19: Princip podtlakového větrání [32]

- **Rovnotlaký systém**

Tento moderní způsob větrání se vyznačuje nuceným přívodem i odvodem vzduchu. Zde je do větrané místnosti přiváděno a odváděno stejné množství vzduchu. [32]

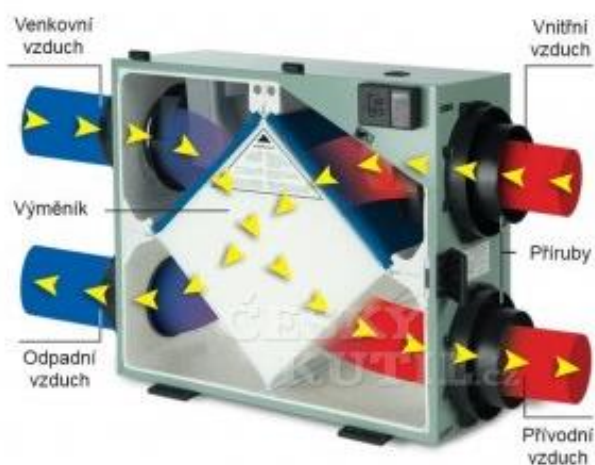
Centrem tohoto systému je vzduchotechnická jednotka, která obsahuje ventilátory pro odvod a přívod vzduchu, rekuperační výměník, případně další systémy pro úpravu vzduchu. Jednotka obstarává distribuci čerstvého vzduchu potrubním systémem do všech obytných místností a odvod odpadního vzduchu z koupelny, wc a kuchyně. Zároveň reguluje průtok vzduchu dle potřeby jednotlivých místností a upravuje jeho kvalitu a teplotu. Přívod vzduchu z obytných místností do koupelny a wc je zajištěn přes chodbu větracími mřížkami. Nutné je zamezit šíření hluku v potrubním systému do jednotlivých místností.



Obrázek 20: Princip rovnotlakého větrání [32]

Výhodou tohoto větrání je možnost rekuperace tepla. V rekuperačním výměníku se využívá tepelná energie z odpadního vzduchu pro ohřev venkovního vzduchu. Tím se výrazně snižuje spotřeba energie. Systém může zcela eliminovat tepelné ztráty větráním, jelikož do místností přivádíme ohřátý vzduch. V létě naopak můžeme přivádět ochlazený vzduch a systém tak může nahradit klimatizaci. U tohoto systému je třeba počítat s náklady na jeho instalaci a provoz, které jsou celkem vysoké. Dále je nutné vymezit prostor pro vzduchotechnickou jednotku a vedení potrubního systému. [34]

Tento systém se dnes používá stále častěji, jelikož zajišťuje přísun kvalitního čerstvého vzduchu, který vyhovuje současným hygienickým požadavkům a navíc šetří náklady za vytápění.



Obrázek 21: Princip rekuperace tepla [35]

3.1.3 Hybridní větrání

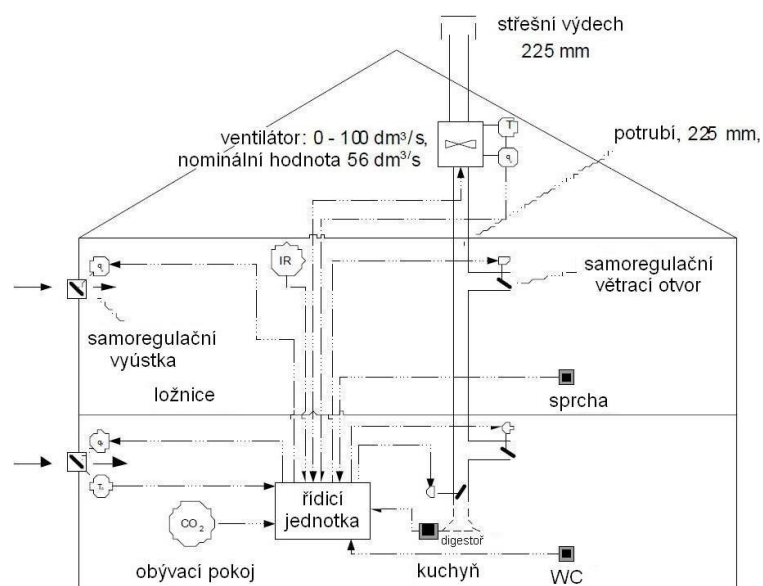
Hybridní větrání je kombinací přirozeného a nuceného větrání. Tento systém využívá především přirozené větrání, pokud je schopno zajistit dostatečné množství vzduchu. Jestliže toto není schopné zajistit, do systému se zapojují prvky nuceného větrání, které přirozené větrání doplňují nebo zcela nahrazují. Hybridní větrání je tak založeno na střídání těchto dvou systémů, s cílem přivádět kvalitní vzduch a minimalizovat při tom spotřebu elektrické energie. [36]

Hybridní větrání lze řešit třemi způsoby:

První způsob je střídání režimů nuceného a přirozeného větrání. V tomhle případě je větrání zajištěno zcela přirozeně, pokud to venkovní podmínky umožní. Jestliže nastanou extrémní klimatické podmínky, systém se přepne do režimu nuceného větrání. Tento systém hybridního větrání není příliš účinný, jde hlavně o snahu minimalizovat spotřebu energie. [37]

V případě přirozeného větrání pomocí ventilátoru pracuje systém na principu přirozeného větrání, pokud to vítr a vztlakové síly umožňují. V opačném případě se spouští speciální ventilátor. Jedná se o velmi sofistikovaný systém.

Na fasádě budovy jsou umístěny samoregulační jednotky, kterými je vháněn čerstvý vzduch do obytných místností. Odpadní vzduch je z koupelen, wc a kuchyně odváděn samoregulačními průduchy a dále veden do centrálního potrubí s vývodem na střechu. Celý systém obsluhuje centrální řídicí jednotka, na kterou je napojeno čidlo měřící koncentraci CO₂ vnitřního prostředí a všechny ostatní části systému. [37]



Obrázek 22: Princip přirozeného větrání pomocí ventilátoru [37]

Další způsob je nucené větrání podpořené působením větru a komínovým efektem. Tento systém využívá výhradně přírodní síly, ventilátor se zde používá výjimečně. Součástí systému je rekuperační výměník, který funguje i s pouhou podporou přírodních sil, a proto je zde distribuce vzduchu nízkotlaká. [37]

3.2 Návrh systému větrání

Dům bude větrán rovnotlakým systémem vybaveným vzduchotechnickou jednotkou s možností rekuperace tepla. Distribuce a odvod vzduchu budou řešeny flexibilním potrubím v podhledu. Do systému není zahrnuta garáž, ta bude větraná přirozeně.

3.2.1 Návrh množství větracího vzduchu

Minimální požadované množství větracího vzduchu v místnostech bylo stanoveno dle normy ČSN EN 15665/Z1.

Intenzita výměny vzduchu byla dle normy navržena pro obytné místnosti a chodby 0,5 m³/h, pro kuchyni a koupelny 1,5 m³/h a pro garáž 0,3 m³/h. Množství odváděného vzduchu bylo stanoveno pro koupelny na 90 m³/h a pro kuchyni na 100 m³/h.

Návrh množství větracího vzduchu pro jednotlivé místnosti je uveden v tabulce v technické zprávě.

3.2.2 Návrh vzduchotechnického systému

Distribuce a odvod vzduchu je zajištěn plastovým flexibilním potrubím, které je vedeno v podhledech nebo v případě svislého potrubí v předstěně. Do každé obytné místnosti je vedeno samostatné potrubí, které je zakončené talířovým ventilem ve stropě. Všechna tato potrubí jsou ke vzduchotechnické jednotce připojena přes společný rozdělovač umístěný v podhledu z důvodu zamezení šíření hluku v potrubí. Stejným způsobem jsou řešeny i odvody odpadního vzduchu z kuchyně a koupelen. Na dveřích obytných místností a koupelen jsou umístěny větrací mřížky typu RENSON 461, které zajišťují přísun vzduchu do koupelen z obytných místností. Rozdělovače jsou se vzduchotechnickou jednotkou propojeny plastovým potrubím. Mezi jednotku a rozdělovače jsou vloženy tlumiče hluku.

Garáž je větraná samostatně přirozeným větráním pomocí okenní ventilace TC 45. Odvod z digestoře není na systém napojen a je řešen samostatným potrubím s výfukovou hlavicí na fasádě.



Obrázek 23: Rozdělovač vzduchu [31]

Přehled všech navržených dimenzí potrubí a větracích mřížek je uveden v technické zprávě.



Obrázek 24: Větrací mřížka RENSON 461 [38]

3.2.3 Návrh vzduchotechnické jednotky

Celý chod systému větrání zajišťuje vzduchotechnická jednotka s rekuperací tepla CWL-400 EXCELENT s výkonem ventilátorů 400 m³/h. Umístěná je na chodbě ve druhém podlaží. Do každé obytné místnosti přivádí vzduch o teplotě 20 °C. Přívod a odvod vzduchu z jednotky je řešen plastovým stoupacím potrubím vyvedeným na střechu, kde je zakončen výfukovou hlavicí.



Obrázek 25: Vzduchotechnická jednotka CWL-400 EXCELENT [31]

4 Závěr

Cílem této práce bylo analyzovat jednotlivé typy systémů vytápění a větrání a podle úvahy zvolit vhodný systém do zadaného rodinného domu. Byl zpracován kompletní návrh otopné soustavy včetně zdroje tepla a návrh přípravy teplé vody. Byly provedeny výpočty tepelných ztrát, potřeby teplé vody a roční bilance tepla. Dále bylo stanoveno množství větracího vzduchu v jednotlivých místnostech a zpracován kompletní návrh vzduchotechnického systému.

Do domu byl zvolen plynový kondenzační kotel VAILLANT ecoTEC plus VU 156/5-5, který byl napojen na dvoutrubkovou horizontální otopnou soustavu. Systém vytápění obsahuje desková a trubková otopná tělesa, která doplňují podlahové konvektory umístěné v obývacím pokoji. Příprava teplé vody je řešena nepřímotopným zásobníkem VAILLANT uniSTOR VIH R 120/6.

Větrání je zajištěno pomocí rovnotlakého systému se vzduchotechnickou rekuperační jednotkou CWL- 400 EXCELENT. Distribuce a odvod vzduchu je zajištěn flexibilním potrubím umístěným v podhledech. Garáž je větraná samostatně a odvod z digestoře řešen samostatným potrubím s vyústěním na fasádě.

5 Seznam literatury a podkladů

Seznam literatury

- [1] prof. Ing. K. Kabele a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 1 ČVUT 2005, ISBN 978-80-01-04722-4
- [2] D. Petráš a kol.: Vytápění rodinných a bytových domů, Jaga 2005, ISBN 80-8076-020-9
- [3] prof. Ing. K. Kabele a kol.: Technická zařízení budov, Vytápění-podklady pro cvičení, ČVUT 2013, ISBN 978-80-01-05203-7
- [4] J. Bašta, K. Kabele: Otopné soustavy teplovodní - Sešit projektanta č.1 - Společnost pro techniku prostředí 2008, ISBN 978-80-02-02064-6

Seznam internetových zdrojů

- [5] Poster-kotle na tuhá paliva – univerzal [Online] Dostupné z: <http://vec.vsb.cz/smokeman/katalog-obrazku/clanek-2/46-poster-kotle-na-tuha-paliva-univerzal.pdf>
- [6] Budín J., Chci topit, zemniplyn.cz [Online] Dostupné z: <https://www.zemniplyn.cz/chci-topit/chci-topit>
- [7] Zemní plyn – těžba, vlastnosti, rozdělení, oenergetice.cz [Online] Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni/>
- [8] Bajerová J., Výhřevnost zemního plynu: Jak si vede ve srovnání s ostatními palivy, elektrina.cz [Online] Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/vyhrevnost-zemniho-plynu-jak-si-vede-ve-srovnani-s-ostatnimi-palivy>
- [9] Druhy vytápění rodinného domu, venkovský dum.cz [Online] <http://www.venkovskydum.cz/vytapeni-domu/>
- [10] prof. Ing. Karel Kabele, CSc. Zdroje tepla, Kotle ČVUT v Praze [Přednáška] Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/prednasky/125tz01-11.pdf>
- [11] Várgová K. Nízkoteplotní a kondenzační kotle, abs-portal.cz [Online] Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapeni/nizkoteplotni-akondenzacni-kotle>
- [12] Jak funguje kondenzační kotel, viessmann.cz [Online] Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jak-funguje-kondenzacni-kotel.html>

- [13] Plynové kondenzační kotle QUANTUM Q7K, [quantumas.cz](http://www.quantumas.cz) [Online] Dostupné z: <http://www.quantumas.cz/kondenzacni-kotle/>
- [14] Možnosti vytápění pro Váš domov, [svepomoci.cz](http://www.svepomoci.cz) [Online] Dostupné z: <https://www.svepomoci.cz/stavba-domu/rozvody-a-instalace/4486-moznosti-vytapeni-pro-vas-domov.html>
- [15] Varianty elektrického vytápění, [tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [Online] Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/304-varianty-elektrickeho-vytapeni>
- [16] Kotle na lehké oleje, Vytápění lehkými topnými oleji, [topeni-topenari.eu](http://www.topeni-topenari.eu) [Online] Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-kapalna-paliva/kotle-na-olej.php>
- [17] Vytápění rodinných domů topným olejem II., [tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [Online] Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/6999-vytapeni-rodinnych-domu-topnym-olejem-ii>
- [18] Vytápění rodinných domů topným olejem I., [tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [Online] Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/6831-vytapeni-rodinnych-domu-topnym-olejem-i>
- [19] Eisner J., Kondenzační litinový olejový kotel Logano plus GB125, [tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [Online] Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/15287-kondenzacni-litinovy-olejovy-kotel-logano-plus-gb125>
- [20] Princip tepelného čerpadla, [ochsner.cz](http://www.ochsner.cz) [Online] Dostupné z: <http://www.ochsner.cz/cz/o-tepelnych-cerpadlech/princip-tepelneho-cerpadla.html>
- [21] Typy tepelných čerpadel, [cerpadla-ivt.cz](http://www.cerpadla-ivt.cz) [Online] Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>
- [22] Princip tepelného čerpadla, [tzb.fsv.cvut.cz](http://www.tzb.fsv.cvut.cz) [Online] Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/podklady/vyt/tepcerp/>
- [23] Solární systém na ohřev vody a přitápění objektu, [solareni.cz](http://www.solareni.cz) [Online] Dostupné z: <https://www.solareni.cz/a-17-solarni-systemy-na-ohrev-vody-a-pritapeni-objektu.html>
- [24] Solární vytápění kapalinové, Sluneční kolektory, [topeni-topenari.eu](http://www.topeni-topenari.eu) [Online] Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php>
- [25] Otopná tělesa – radiátory pro vytápění místností, [topeni-topenari.eu](http://www.topeni-topenari.eu) [Online] Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/otopna-telesa.php>
- [26] Podlahové vytápění, [tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz), [Online] Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni>
- [27] Podlahové vytápění, [viessmann.cz](http://www.viessmann.cz), [Online] Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/vyhody-a-nevyhody-podlahoveho-vytapeni.html>

- [28] Podlahový konvektor FK Inox, aaaradiatory.cz [Online] Dostupné z: <https://www.aaaradiatory.cz/podlahovy-konvektor-koraflex-fk-bez-mrizky-inox-fk-16x11x220cm-vykon-380-w-p12044/#gallery>
- [29] Sestava kotle VAILLANT, e-teplo.cz [Online] Dostupné z: <https://www.e-teplo.cz/sestava-kotle-vaillant-vu-202-3-5-turbotec-vih-r-120.html>
- [30] Ing. Ivan Cifrinec, Ph.D., MBA Větrání bytových domů – Základy teorie větrání, tzb-info.cz [Online] Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani#1>
- [31] Systémy větrání s rekuperací, r-f.cz [Online] Dostupné z: http://r-f.cz/fileadmin/user_upload/Katalogy/REKU_na_WEB_200dpi.pdf
- [32] Ing. Daniel Adamovský, Ph.D., Nucené větrání, teplovzdušné vytápění. Větrání obytných budov. ČVUT v Praze [Přednáška] Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tb2/prednasky/125tb2-03.pdf>
- [33] Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D., Ing. Jiří Petlach, Systémy větrání obytných budov, tzb-info.cz [Online] Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>
- [34] Jindrák M., Rovnotlaké větrání s rekuperací tepla – co to je, jak to funguje? estav.cz [Online] Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3087.rovnotlake-vetrani-s-rekuperaci-tepla-co-to-je-jak-to-funguje>
- [35] Větrání s rekuperací tepla, ceskykutil.cz [Online] Dostupné z: <https://www.ceskykutil.cz/vetrani-s-rekuperaci-tepla>
- [36] Ing. Daniel Adamovský, Ph.D., Přirozené a hybridní větrání, principy návrhu. ČVUT v Praze [Přednáška] Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tb2/prednasky/125tb2-02.pdf>
- [37] W. F. de Gids, prof. Ing. Miroslav Jícha, CSc., Hybridní ventilace – 2. část, tzb-info.cz [Online] Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/10887-hybridni-ventilace-2-cast>
- [38] Větrací mřížky do dveří, inproma.cz [Online] Dostupné z: [http://www.inproma.cz/vetraci-mrizky-do-dveri\[1\]](http://www.inproma.cz/vetraci-mrizky-do-dveri[1])

6 Seznam obrázků

Obrázek 1: Půdorys 1.NP.....	8
Obrázek 2: Půdorys 2.NP.....	9
Obrázek 3: Jižní a východní pohled.....	9
Obrázek 4: Severní a západní pohled	10
Obrázek 5: Schéma prohořivacího kotle [5].....	11
Obrázek 6: Schéma odhořivacího kotle [5]	12
Obrázek 7: Schéma zplyňovacího kotle [5].....	12
Obrázek 8: Schéma kotle s automatickým přívodem paliva a šnekovým dopravníkem [5].....	13
Obrázek 9: Plynový kondenzační kotel [13].....	15
Obrázek 10: Kotel na topný olej [19]	16
Obrázek 11: Princip tepelného čerpadla [22]	18
Obrázek 12: Princip solárního systému na vytápění [24].....	19
Obrázek 13: Podlahové teplovodní vytápění [26]	21
Obrázek 14: Podlahový konvektor KORAFLEX FKI [28].....	22
Obrázek 15: Plynový kotel VAILLANT a nepřímotopný zásobník teplé vody [29]	23
Obrázek 16: Princip aerace [31]	24
Obrázek 17: Princip šachtového větrání [31]	25
Obrázek 18: Princip přetlakového větrání [32].....	26
Obrázek 19: Princip podtlakového větrání [32].....	27
Obrázek 20: Princip rovnotlakého větrání [32]	28
Obrázek 21: Princip rekuperace tepla [35]	28
Obrázek 22: Princip přirozeného větrání pomocí ventilátoru [37].....	30
Obrázek 23: Rozdělovač vzduchu [31].....	31
Obrázek 24: Větrací mřížka RENSON 461 [38]	32
Obrázek 25: Vzduchotechnická jednotka CWL-400 EXCELENT [31].....	32

7 Přílohy

Příloha 1	Návrh otopné soustavy – půdorys 1.NP
Příloha 2	Návrh otopné soustavy – půdorys 2.NP
Příloha 3	Návrh otopné soustavy – rozvinutý řez
Příloha 4	Návrh vzduchotechniky – půdorys 1.NP
Příloha 5	Návrh vzduchotechniky – půdorys 2.NP
Příloha 6	Technická zpráva
Příloha 7	Součinitele prostupu tepla – program Teplo 2017 EDU
Příloha 8	Výpočet a návrh otopné soustavy – program RAUCAD TechCON