

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



HYBRIDNÍ SYSTÉMY TZB

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. KRISTÝNA ŠIMEČKOVÁ

Vedoucí diplomové práce :

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

Konzultanti :

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

2016/2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šimečková Jméno: Kristýna Osobní číslo: 396309
Zadávací katedra: K 11125 Technických zařízení budov
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Hybridní systémy TZB
Název diplomové práce anglicky: Hybrid systems building services systems

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte studii využití hybridních systémů TZB (např. kogenerace, fotovoltaika a fototermika, hybridní větrání apod.) se zaměřením na jejich účinnost, dopad na životní prostředí a ekonomii provozu a použitelnost. Na konkrétním objektu rodinného domu porovnejte aplikaci těchto systémů s klasickým řešením a zpracujte koncept řešení technických systémů tohoto objektu.

Pro navržené řešení zpracujte projekt vytápění a větrání na úrovni rozšířené dokumentace pro vydání stavebního povolení dle vyhlášky 499/2006 Sb .

Seznam doporučené literatury:

Kabele a kol. : Energetické a ekologické systémy budov 1 ČVUT (2010)

Petráš a kol: Vytápění rodinných a bytových domů, Jaga 2005

K. Kabele a kol.: Technická zařízení budov. Vytápění - podklady pro cvičení. Nakladatelství ČVUT 2013

Kolektiv: Topenářská příručka 3, ČSTZ, 2008.

D. Petráš , D. Koudelková, K. Kabele: Teplovodní a elektrické podlahové vytápění. Jaga Media s.r.o 2004, ISBN:80-88905-97-4

J.Bašta, K.Kabele: Otopné soustavy teplovodní - Sešit projektanta č.1 - Společnost pro techniku prostředí 2008

Garlík, B.: Inteligentní budovy, BEN technická literatura, Praha, 2012, ISBN 978-80-7300-440-8.

Jméno vedoucího diplomové práce: prof.Ing.Karel Kabele, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 3.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.

4.10.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

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

V Praze, dne 8.1.2017

Kristýna Šimečková

Poděkování

Mé velké poděkování patří mému vedoucímu práce, panu prof. Ing. Karlu Kabelemu, CSc., který mi při zpracovávání diplomové práce byl vždy ochotný pomoci. Dále bych chtěla poděkovat panu Tomáši Kolínovi ze společnosti BRISTEC CZ, s. r. o., díky kterému se mi podařilo navrhnout systém hybridního větrání v rodinném domě. Můj dík patří i správcům Národní technické knihovny v Praze, budovy AZ Tower v Brně a sušárny pilin Latop s. r. o. v Chotovinách, kteří mi byli ochotni poskytnout informace a podklady k těmto budovám. Děkuji i všem ostatním, kteří se podíleli na zpracování mé diplomové práce.

Obsah diplomové práce

<i>Anotace</i>	6
<i>Úvod</i>	7
1 Hybridní systémy	9
1.1 Hybridní větrání	9
1.2 Hybridní vytápění	16
1.3 Hybridní chlazení	17
1.4 Hybridní fotovoltaické systémy	18
1.5 Kogenerační jednotky	18
2 Příklady realizací	20
2.1 Národní technická knihovna v Praze	20
2.2 AZ Tower v Brně	23
2.3 Sušárna pilin Latop s. r. o. v Chotovinách	25
2.4 Rodinné domy se speciálními instalacemi	26
3 Inovace systémů	27
3.1 Kombinace větrná a vodní elektrárny	27
3.2 Akumulace energií	28
3.3 Hybridní tepelná čerpadla	29
4 Porovnání řešení systémů u rodinného domu	30
4.1 Porovnání systémů vytápění	31
4.2 Porovnání systémů větrání	33
5 Navržené řešení systému vytápění a větrání rodinného domu	35
5.1 Systém vytápění	35
5.2 Systém větrání	40
<i>Závěr</i>	45
<i>Seznam literatury a podkladů</i>	47
<i>Seznam obrázků a tabulek</i>	50
<i>Přílohy</i>	51

Anotace



Diplomová práce se zabývá hybridními systémy, které se stále více uplatňují v oblasti technických zařízení budov. Cílem práce je tyto systémy popsat z hlediska jejich technologie, účinnosti, efektivity, dopadu na životní prostředí a možností inovace do budoucna a u konkrétního rodinného domu vypracovat projekt vytápění a větrání na úrovni rozšířené dokumentace pro vydání stavebního povolení. Diplomová práce je tedy rozdělena do dvou částí, na studii a projekt.

Annotation



This thesis deals with hybrid systems which are increasingly involved in the field of technical building systems. The aim of work is to describe these systems in terms of their technology, effectiveness, efficiency, environmental impact and the possibilities of innovation in the future, and to develop a project of heating and ventilation at the level of the enlarged documentation for a building permit in the specific family house. The thesis is divided into two parts, to a study and project.

Úvod

Tato diplomová práce je zaměřena na hybridní systémy v oblasti technických zařízení budov, které se v posledních letech stále více rozšiřují a uplatňují v praxi. Toto téma jsem si vybrala především proto, že není příliš rozšířené v podvědomí veřejnosti a přitom dokáže být řešením pro snižování energetické náročnosti budov, o které se v dnešní době stále více mluví. Dalším důvodem k výběru tohoto tématu bylo také to, že hybridní systémy se ve stavebnictví vyskytují relativně krátkou dobu, tím pádem se lze zabývat jejich inovací a vylepšováním.

Cílem této práce je popsat jednotlivé hybridní systémy, a to z hlediska jejich technologie, účinnosti, efektivity, dopadu na životní prostředí a možností inovace do budoucna, dále uvést několik příkladů realizací systémů v praxi a u konkrétního objektu zpracovat řešení s využitím hybridních systémů na úrovni dokumentace pro vydání stavebního povolení. Strukturálně je diplomová práce rozdělena na dvě části, a to na studii a projekt. Studie se zaměřuje na obecná řešení hybridních systémů u jednotlivých typů budov a na porovnání řešení hybridního a klasického systému u konkrétního rodinného domu. Projekt je zpracován pro vybrané řešení hybridního systému vytápění a větrání rodinného domu dle vyhlášky č. 499/2006 Sb.

Pro začátek by bylo vhodné uvést, co znamená pojem technická zařízení budov (dále jen TZB). Obecně lze TZB definovat jako soubor všech systémů v budově, které zajišťují požadovaný stav vnitřního prostředí budovy a komfort osobám nacházejícím se v prostoru budovy.¹ Systémy by měly být efektivní a měly by přispívat ke snížení energetické náročnosti budovy. V praxi tvoří technická zařízení budov zdravotně technické instalace (kanalizace, vodovod), plynové instalace, vytápění, chlazení, vzduchotechnika a elektrické instalace.

Technická zařízení mají v budovách dlouhou historii. Již v době pravěku vznikaly první předchůdci dnešních krbů, ve starověku poté docházelo k vývoji prvních systémů vytápění a větrání budov, které využívaly šíření tepla podlahou nebo šachtami a zajišťovaly tak tepelnou pohodu obyvatelům staveb. Propracovávaly se také systémy kanalizace, jež byly objeveny již ve starověkém Egyptě, nebo systémy dodávky pitné vody, které se již v Římské říši přiváděly akvadukty do měst. Zkrátka technická zařízení budov jsou využívána téměř stejně dlouho jako existence lidstva sama o sobě, proto při návrhu jakékoli stavby je nutné vytvořit co nejlepší řešení systému TZB. V dnešní době je díky objevení elektřiny a zemního plynu řešení jednodušší než bylo například ve zmíněném starověku a možností návrhu je opravdu hodně, proto by se měly navrhovat systémy, které především vycházejí z dlouhodobě ověřeného řešení s ohledem na celkový komfort obyvatel budovy a které vyhovují danému typu budovy. Rozhodně nebude

¹ *Technická zařízení budov v praxi*, Jakub Vrána a kol.

řešení stejné u bytového domu jako u administrativní budovy, což by měl mít každý projektant TZB na paměti.

V následujících kapitolách se budu zabývat pouze částí technických zařízení budov, a to hybridními systémy. Ty velkou měrou přispívají ke snižování energetické náročnosti budov, což je v dnešní době velmi žádané. Podle Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov je požadováno do roku 2020 splnit cíl 20-20-20, jež vyjadřuje snížení emisí skleníkových plynů o 20 %, dále snížení celkové spotřeby energie EU o 20 % a zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie o 20 %. Do roku 2030 by se tato čísla měla ještě zvýšit. Nicméně v České republice podle již zmíněné směrnice platí, že do roku 2018 musí nové budovy veřejné moci a do roku 2020 všechny nové budovy splňovat kritéria pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie.² Budova s téměř nulovou spotřebou energie je taková budova, která má velmi nízkou energetickou náročnost a jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů.³ Z toho vyplývá, že všechny systémy TZB budou muset být inovovány a vylepšovány, aby byly schopné vyhovět těmto podmínkám. Velkého rozmachu mohou pak dosáhnout zvláště hybridní systémy.

² *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepracování)* [online], dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2010-31-eu-o-energeticke-narocnosti-budov-prepracovani>

³ *Energetická náročnost budov - definice pojmů* [online], dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>

1 Hybridní systémy

Technická zařízení budov tvoří soubor velkého množství systémů, mezi něž lze zařadit také systémy hybridní. Pojem hybridní pochází z latinského slova „hybrida“, což v původním významu označuje „potomka chovného prasete a divočáka“ nebo „syna svobodného a otroka“.⁴ Jedná se tedy o biologického míšence nebo křížence. Pojem hybridní lze tak v přeneseném významu vyjádřit jako kombinaci více různých věcí. Hybridní systém je tedy kombinace dvou nebo více různých systémů. U hybridních systémů je využito všech výhod kombinovaných systémů a nevýhody jednoho systému potlačují systémy zbylé.

Hybridních systémů lze vytvořit různými kombinacemi mnoho, ovšem jen některé dosahují dostatečné efektivity. Mezi ověřené hybridní systémy, které se již delší dobu vyskytují v praxi, patří především hybridní systémy větrání, hybridní systémy vytápění, hybridní systémy chlazení, hybridní fotovoltaické a fototermické systémy, případně alternativní hybridní systémy, kam lze zařadit například kogenerační jednotky. Všechny tyto vyjmenované systémy jsou popsány v dalších kapitolách, hybridní větrání je zpracováno nejpodrobněji z důvodu využití systému v projektu větrání.

1.1 Hybridní větrání

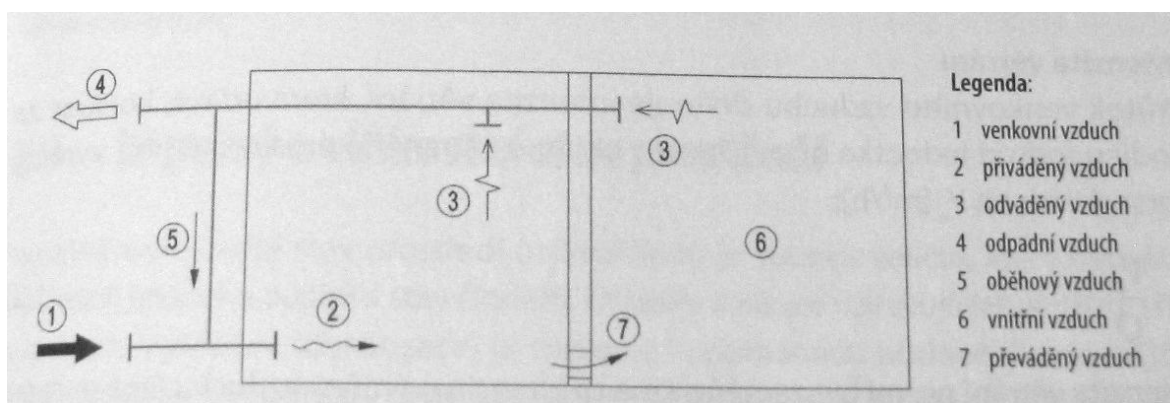
Hybridní větrání je kombinace přirozeného a nuceného větrání. Tento systém využívá výhod obou těchto režimů a vzájemnou kombinací potlačuje jejich nevýhody. Hybridní větrání má uplatnění především u občanských staveb, ale v poslední době se začíná navrhopvat i u bytových a rodinných domů. Vhodné je také využití systému u rekonstrukcí budov. Velkou výhodou hybridního větrání je efektivní přispívání ke snižování energetické náročnosti budov, což je pro oblast technických zařízení budov velmi důležité.

V první řadě je nutné vůbec přiblížit hlavní princip větrání jako takového, ze kterého vychází i systém hybridního větrání. Jelikož v budovách tráví lidé většinu času svého života, hlavním úkolem větrání je zajistit ve vnitřním prostředí budovy dostatečnou kvalitu ovzduší, především snížením koncentrace oxidu uhličitého, vodní páry a dalších znečišťujících látek uvolňujících se z nábytku, ze stavebních materiálů, z chemických přípravků, z cigaretového kouře nebo vylučovaných lidmi.⁵ Neméně důležité je také zaručení optimálních tepelně-vlhkostních podmínek, které při nedodržení doporučených hodnot mohou způsobovat plísně, v horším případě i vyvolat zdravotní problémy osob nacházejících se v prostoru. Větrání se navrhuje také

⁴ Hybrid [online], dostupné z: <https://cs.wiki.pedia.org/wiki/Hybrid>

⁵ Větrání rodinných a bytových domů, Vladimír Zmrhal

z hlediska bezpečnosti budov, především požární ochrany, kdy je nutné odvést z objektu kouř. Větrání má tedy za úkol přivést čerstvý venkovní vzduch, a to buď přímo do větraného prostoru, nebo do vzduchotechnické jednotky, ve které je dále upraven. Pokud je tento vzduch upravován, může se smíchat se vzduchem oběhovým, který je oddělen od odváděného vzduchu, a do větraného prostoru přichází pak vzduch přiváděný. Čerstvý nebo přiváděný vzduch lze pomocí otvorů ve zdi dále využít v jiné místnosti a pak se tento vzduch nazývá převáděný. Znečištěný vzduch z větraného prostoru je poté odváděn a je označován jako vzduch odváděný a jeho část, která již není dále využívána v oběhu větracího systému, se nazývá odpadní vzduch.⁶ Pro lepší představu je koloběh větracího systému znázorněn na obrázku (viz Obr. 1). Vzduch, u kterého je nutné dodržet požadované parametry, je označován jako vzduch vnitřní.



Obr. 1 - koloběh větracího systému (zdroj: *Větrání rodinných a bytových domů*)

Pro každý systém větrání je velmi důležitý jeho samotný návrh, kdy je nutné zajistit úplnou nebo alespoň částečnou eliminaci znehodnocujících složek vnitřního prostředí, kterými jsou především nežádoucí teplo, vodní pára, oxidy uhlíku, dusíku a síry, nepříjemné oděry a další těkavé látky. Systém větrání tak musí splňovat hygienická, technologická, biologická a bezpečnostní kritéria. Pro návrh systému větrání je rozhodující typ budovy a stav tepelně-vlhkostního mikroklimatu, které je určeno teplotou vzduchu, střední radiační teplotou, rychlostí proudění vzduchu, intenzitou turbulence, relativní vlhkostí vzduchu, aktivitou lidské činnosti a tepelným odporem oděvu osob.⁷ Požadované hodnoty jednotlivých veličin pro různé typy budov jsou uvedeny v příslušných normách, rozhodně se budou lišit například pro bytový dům a pro bazénovou halu. Systém větrání tak musí zaručovat, aby tyto hodnoty nebyly překročeny a nejlépe aby se pohybovaly v optimálním rozmezí. Dalším kritériem pro návrh systému je nepřesáhnutí maximální koncentrace oxidu uhličitého v prostoru. Podle vyhlášky č. 20/2012 Sb. o technických požadavcích na stavby platí, že ve vnitřních prostorách budov by koncentrace CO₂

⁶ *Větrání rodinných a bytových domů*, Vladimír Zmrhal

⁷ *Větrání rodinných a bytových domů*, Vladimír Zmrhal

neměla přesáhnout 1500 ppm. Vhodnější je ale systém větrání navrhovat na hodnotu 1000 ppm. Co se týče vlastního návrhu větrání, hlavní návrhovou veličinou je průtok přiváděného vzduchu. Ten se získá výpočtem množství vzduchu podle bilance škodlivé látky a podle intenzity výměny vzduchu. Pokud by byl přiváděný vzduch pouze z čerstvého a bez oběhového vzduchu, počítalo by se také množství vzduchu podle průtoku vzduchu na osobu.⁸ Rozhodující pro návrh větrání je pak nejvyšší hodnota ze všech vypočtených průtoků přiváděného vzduchu a podle toho je tedy možné vybrat nejvhodnější typ systému.

Jak bylo již uvedeno, hybridní větrání funguje na principu kombinace přirozeného a nuceného větrání, je tedy vhodné přiblížit principy obou těchto provozních režimů větrání. Přirozené větrání využívá proudění vzduchu vlivem rozdílných tlaků v interiéru a v exteriéru, které způsobují rozdíly hustot a teplot vzduchu uvnitř a vně větraného prostoru, a také účinků větru.⁹ Je několik možností použití přirozeného větrání v budovách, mezi druhy větracích soustav řadíme například větrání okny, které zajišťuje buď samotné otevření okna, nebo infiltrace. Tento druh větrání je v dnešní době zcela nevyhovující, protože se snižováním průvzdušnosti budov je infiltrace téměř nulová a nelze tedy dosáhnout minimální výměny vzduchu. Mezi druhy přirozeného větrání patří také aerace, která funguje na podobném principu jako větrání okny. Aerace má bohužel velkou nevýhodu v tom, že bývá především v letním období naprosto nefunkční, a proto se již téměř nepoužívá. Dalším druhem přirozeného větrání je provětrávání, které funguje na principu proudění vzduchu několika řadami oken za sebou. Provětrávání bohužel může způsobovat průvan a má velký vliv na dispozici prostoru, proto tento druh přirozeného větrání není příliš využíván. Předposledním druhem větracích soustav je větrání šachtové, které pomocí průduchů přivádí a odvádí vzduch. Šachty je možné odstupňovat pro každé patro nebo zarovnat v jedné rovině pro celý objekt, případně oddělit boční šachtu od sběrné. Aby tento systém fungoval, je nutné osadit na střechu objektu pomocnou turbinku, která pracuje vlivem větru a termického vztlaku, nicméně ne vždy je účinnost systému dostatečná. Z uvedených informací tedy vyplývá, že přirozené větrání velmi závisí na atmosférických podmínkách a na orientaci budovy a jeho účinnost bývá velmi proměnlivá, v letním období je pak téměř nulová. Přirozené větrání tedy nelze využít jako samostatný systém trvalého větrání budov.¹⁰ Druhým režimem větrání je nucené větrání. To využívá proudění vzduchu způsobené mechanickým účinkem, který ve většině případů zajišťuje ventilátor. Systémy nuceného větrání lze rozdělit dvěma způsoby. Z hlediska objemových průtoků přiváděného a odváděného vzduchu

⁸ *Větrání rodinných a bytových domů*, Vladimír Zmrhal

⁹ *Větrání rodinných a bytových domů*, Vladimír Zmrhal

¹⁰ *Energetické a ekologické systémy budov 2*, Karel Papež a kol.

v systému se využívá větrání podtlakové, přetlakové a rovnotlaké, z hlediska umístění větracího zařízení existují systémy centrální a lokální. Tyto druhy lze vzájemně kombinovat, využívá se například systém centrálního podtlakového větrání, lokálního přetlakového větrání nebo centrálního a lokálního rovnotlakého větrání. U podtlakového větrání je nuceně řešen pouze odvod vzduchu, přívod vzduchu je zajištěn přívodními prvky, které se nachází u výplní otvorů nebo v obvodových zdech a které by měly mít alespoň vzduchový filtr. Systém podtlakového větrání je sice finančně výhodný, bohužel ale není příliš efektivní z hlediska energetické náročnosti budov. Oproti tomu systém rovnotlakého větrání je finančně náročnější, ale je energeticky efektivnější. Jedná se o systém, u kterého je řešen nuceně přívod i odvod vzduchu, má tedy dva ventilátory. Ve většině případů je u tohoto systému využito zpětné získávání tepla.¹¹ Systém přetlakového větrání má pak vyšší průtok přiváděného vzduchu než odváděného, což se využívá především v prostorech s vysokými hygienickými požadavky, neboť znečišťující látky vnitřního prostředí jsou vytlačovány z prostoru pryč. Z energetického a ekonomického hlediska je ze všech nucených systémů nejnáročnější. Celkově je pro trvalé větrání budov nucené větrání vhodnější než větrání přirozené.

Nyní již k samotnému hybridnímu větrání. Tento systém využívá režimů přirozeného a nuceného větrání, systém tedy kombinuje vztlakové účinky s mechanickými. Samotné přirozené a nucené větrání se dlouhou dobu vyvíjelo odděleně, dokud oba systémy nedosáhly určité kvality, která se již obtížně vylepšuje. Bylo tedy nutné vytvořit nový systém, který by bylo možné inovovat a který tedy vznikl právě jejich vzájemným propojením. V dnešní době existují tři typy hybridního větrání, prvním je systém střídání režimů přirozeného a nuceného větrání, dalším je systém přirozeného větrání s pomocným ventilátorem a posledním je systém nuceného větrání podpořeného působením větru a komínovým efektem. Bohužel systémy hybridního větrání jsou relativně novou technologií a neexistuje k nim příliš mnoho podkladů včetně legislativy, proto se v dnešní době stále vyvíjí řešení, která by byla optimální.¹² Je tedy možné, že do budoucna se typy hybridního větrání rozšíří.

Hybridní systém se střídáním režimů přirozeného a nuceného větrání funguje na principu úplného oddělení obou složek systému. Znamená to tedy, že v objektu je navržen systém přirozeného větrání, který je využíván při optimálních klimatických podmínkách, a současně systém nuceného větrání, jež je uveden do provozu pouze v případě, že je účinnost přirozeného větrání příliš nízká, tzn. především při extrémních podmínkách v exteriéru.¹³ Je možné také

¹¹ *Větrání rodinných a bytových domů*, Vladimír Zmrhal

¹² *Hybridní ventilace - 2. část* [online], dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/10887-hybridni-ventilace-2-cast>

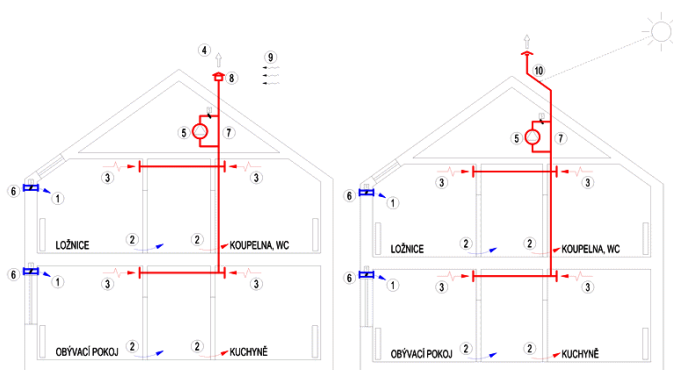
¹³ *Hybridní ventilace - 2. část* [online], dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/10887-hybridni-ventilace-2-cast>

využívat oba systémy najednou, pokud slouží každý pro jiný účel větrání objektu. Tento typ hybridního systému větrání se uplatňuje především u objektů s již využívaným rovnotlakým systémem, ke kterému je kvůli snižování nákladů na údržbu systému navržen ještě systém přirozeného větrání. Toto řešení se vyskytuje především u bytové výstavby. Další a velice efektivní je pak využití přirozeného větrání k nočnímu předchlazování budov (především v letním období), díky kterému je systém nuceného větrání možné provozovat pouze v denním režimu a při nepříznivých klimatických podmínkách, kdy se nedá přirozené větrání použít. Tím se významně snižují provozní náklady systému a potřeba energie na chlazení budovy. Možné je také využití přirozeného větrání v přechodném období a nuceného větrání v zimním a letním období.¹⁴ Velkou výhodou typu se střídáním režimů je úplné oddělení systémů přirozeného a nuceného větrání, kdy mohou fungovat nezávisle na sobě podle momentálních požadavků na větrání. Nevýhodou jsou pak díky přítomnosti dvou systémů v objektu větší prostorové požadavky.

Hybridní systém přirozeného větrání s pomocným ventilátorem je v dnešní době nejpoužívanějším typem hybridního větrání, a to především u bytových a rodinných domů. Je to dáno hlavně proto, že ho lze využít u rekonstrukcí objektů, pro které bylo původně navrženo pouze přirozené větrání. Princip tohoto typu hybridního větrání je vcelku jednoduchý, samoregulačními vyústkami se servopohonem je přiváděn čerstvý venkovní vzduch, který je po znehodnocení pomocí ventilátoru odváděn potrubní sítí pryč z objektu. Při nedostatečných podmínkách pro funkci komínového efektu je vzduch odsáván pomocí samoodtahové hlavice. Nejdůležitější na systému hybridního větrání je ale řídicí systém, který pomocí čidel na koncentraci oxidu uhličitého nebo na vnitřní relativní vlhkost dálkově ovládá přiváděcí vyústky a použití nuceného větrání. Co se týče samoregulačních vyústek se servopohonem, umísťují se nad výplně otvorů větraných místností, a zajišťují díky jejich samoregulaci konstantní průtok vzduchu již při venkovním tlaku 1 Pascal. Vyústky je možné také ovládat mechanicky, například když uživatel větraného prostoru pocítuje průvan.¹⁵ Tento systém větrání je znázorněn na obrázku (viz Obr. 2).

¹⁴ *Hybridní větrání* [online], dostupné z: <http://www.topin.cz/download.php?idx=69744&di=7>

¹⁵ *Větrání rodinných a bytových domů*, Vladimír Zmrhal



Obr. 2 - systém větrání s pomocným ventilátorem a) se samoodtahovou hlavici, b) se solárním komínem (zdroj: Větrání rodinných a bytových domů)

Na podobném principu funguje také systém hybridního větrání od firmy Schiedel, která je specialistou na komínovou techniku. Systém je řešen pomocí svislé šachty pro odvod odpadního vzduchu, která je stejně jako u konstrukce komínové šachty vyžděna ze sendvičových tvárníc z lehkého betonu s integrovanou tepelnou izolací a vnitřní plastovou vložkou a ve které dochází ke komínovému efektu. Na hlavní stoupačí potrubí jsou napojeny vyústky pro odvod vzduchu z jednotlivých místností, které jsou více zatíženy vlhkostí a pachy. Čerstvý vzduch je přiváděn přívodními vyústkami, jež jsou instalovány do obvodového zdiva. Proud vzduchu mezi jednotlivými místnostmi je pak zajištěn pomocí štěrbin o výšce 10 mm pod dveřními křídly. Součástí systému je také ventilační jednotka, která se umísťuje nejčastěji v podstřešním prostoru, a řídicí systém s čidly relativní vlhkosti v místnostech. Velkou výhodou systému od firmy Schiedel je výstavba komínu již ve fázi hrubé stavby, čímž se eliminují případné kolize potrubí se stavebními konstrukcemi. Dále je systém řízen podle denního a nočního provozního stavu, kdy ve dne jsou větrány především obývací pokoj, kuchyň, koupelna atd. a v noci pak ložnice a pokoje, ve kterých se spí. Díky tomu je systém velice efektivní.¹⁶

Hybridní systém nuceného větrání podpořeného působením větru a komínovým efektem je založen především na přirozeném větrání budovy, funkce ventilátoru je vědomě potlačována, aby systém mohl pracovat na fyzikálních principech. Systém se využívá především u budov, u kterých nejsou stanoveny vysoké požadavky na kvalitu větrání.

Obecně u hybridního větrání převládají především výhody oproti jiným systémům. Úplně největší výhodou je vliv na snižování energetické náročnosti budov díky nižší potřebě elektrické energie na výkon ventilátorů (střídáním režimů přirozeného a nuceného větrání není potřeba trvalého provozu ventilátorů) a při využití hybridního větrání pro noční předchlazování budovy se také sníží potřeba dodané energie pro systém chlazení budovy. Další výhodou je díky využití

¹⁶ Hybridní systém větrání Schiedel AREA [online], dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5230-hybridni-system-vetra-ni-schiedel-aera>

přirozeného větrání zajištění dostatečné kvality vnitřního prostředí. Velkou výhodou oproti ostatním systémům větrání je dlouhodobá udržitelnost systému, má velmi vysokou životnost a tím se také snižují náklady na jeho údržbu. Celkově je pořízení systému velmi výhodné.

Největší nevýhodou systému hybridního větrání je bohužel absence zpětného získávání tepla. Ta je ale nahrazena již zmíněnou efektivitou regulace systému. Obecně příliš nevýhod systému není, pokud se hybridní větrání provozuje tak, jak má.

Pro hybridní větrání neexistuje téměř žádná legislativa, proto se jeho návrh řídí požadavky na nucené podtlakové větrání. Při návrhu rozmístění prvků systému je vhodné si rozdělit dispozici domu do jednotlivých zón, a to na zónu přiváděného vzduchu (sem patří především obytné místnosti), dále na zónu odváděného vzduchu (tím jsou myšleny především kuchyň, koupelna a WC) a na spojovací zónu, do které patří komunikační prostory. Je dobré uvažovat vhodnou orientaci místností vůči světovým stranám a navrhovat do oken žaluzie, které snižují tepelnou zátěž objektu.

Co se týče prvků systému, do oken jsou vytvořeny díry, do nichž se osadí přívodní štěrby. Ty jsou regulovatelné pomocí čidla na relativní vlhkost nebo oxidu uhličitého. V místnostech s větší vlhkostní zátěží jsou umístěny odsávací mřížky, které nuceně odvádí vzduch z prostoru. Mřížky jsou dále potrubím napojeny na ventilátor, jenž odvádí znehodnocený vzduch z objektu. Důležité je, aby byla ve větraném prostoru zajištěna dostatečná cirkulace vzduchu, kterou zajišťují štěrby pod dveřními křídly, ve kterých nemohou být prahy.

Pro zajímavost lze do kapitoly systému hybridního větrání zařadit také hybridní ventilátor. Jedná se o zařízení, které ke svému pohonu kombinuje dva zdroje energie, a to elektrickou a větrnou energii. Princip ventilátoru je velmi jednoduchý, pokud fouká vítr, roztáčí se ventilační turbíny jeho účinkem, pokud vítr nefouká, zapne se elektrický motor, který pohání ventilační turbíny mechanicky. Velkou výhodou tohoto ventilátoru je nižší spotřeba elektrické energie oproti běžným ventilátorům, dále stabilita výkonu po celý rok a v neposlední řadě díky speciální spojnici zabránění zpětného odvětrávání při letním období. Hybridním ventilátorem lze větrat střešní pláště, půdní prostory, různé typy hal, garáže nebo rozvodny.¹⁷

Co se týče účinnosti systému, nelze ho vyjádřit procentuálně, ovšem je patrné, že systém má účinnost na vyšší úrovni. Efektivita systému je rozhodně velká, kdyby došlo k zajištění rekuperace v systému, určitě by se ještě mírně zvýšila. Z hlediska dopadu na životní prostředí je systém k okolí šetrný a nedochází k nadměrnému znečišťování. Výhodná je i nízká energetická náročnost systému a jednoduchost technologie.

¹⁷ *Hybridní ventilátory HV pro celoroční větrání* [online], dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/hybridni-ventilatory-hv-pro-celoročni-vetrani/>

1.2 Hybridní vytápění

Hybridní systémy vytápění nabízí nepřehledné množství různých kombinací. Je to dáno především tím, že lze kombinovat jednotlivé otopné plochy a otopné soustavy s různými zdroji tepla. Pokud bych měla uvést příklad, lze kombinovat podlahové vytápění s otopnými tělesy, stěnové vytápění se stropním, zdrojem tepla může být poté plynový kotel, tepelné čerpadlo, kogenerační jednotka, kotel na tuhá paliva, krb, systém větrání lze propojit s teplovzdušným vytápěním, takto lze stále pokračovat. Zajímavým tématem je ale využití kombinace zdrojů tepla, které jsou do sebe vzájemně integrovány, nebo je systém vytápění zkombinován s jiným systémem oblasti technických zařízení budov.

Prvním tématem, které bych chtěla více přiblížit, je integrace plynového kondenzačního kotle do tepelného čerpadla vzduch-voda (viz Obr. 3). Jednotka funguje na stejném principu, jako by byly oba zdroje navrženy zvlášť, rozdíl je ale především v tom, že pokud výkon tepelného čerpadla již není efektivní, je možné připojit do systému plynový kotel. Ten je možné využít i v případě, že tepelné čerpadlo není téměř schopné samo pracovat. Tímto způsobem se eliminuje návrh sekundárního zdroje vytápění a je zajištěna dokonalá efektivita systému. Největší výhodou hybridního tepelného čerpadla je ale možnost integrace zásobníku teplé vody, čímž se eliminuje potřebný prostor v technické místnosti a celý systém funguje doslova jako celek. Co se týče ohřevu teplé vody, výrobci uvádějí, že hybridní tepelné čerpadlo je až o 30% účinnější než běžný plynový kotel. Závisí určitě na tom, se kterým kotlem tepelné čerpadlo srovnávají, nicméně je to rozhodně dobrá zpráva pro další rozvoj systému. Vlastní účinnost kotle je 98% pro spalné teplo a 109% pro výhřevnost, topný faktor tepelného čerpadla je až 5,1. Důležitý je i dopad na životní prostředí, jenž je díky integraci zdrojů menší. Technologie systému je při napojení na vlastní systém vytápění taktéž jednodušší.



Obr. 3 - hybridní tepelné čerpadlo Viessmann (zdroj: <http://www.viessmann.cz/>)

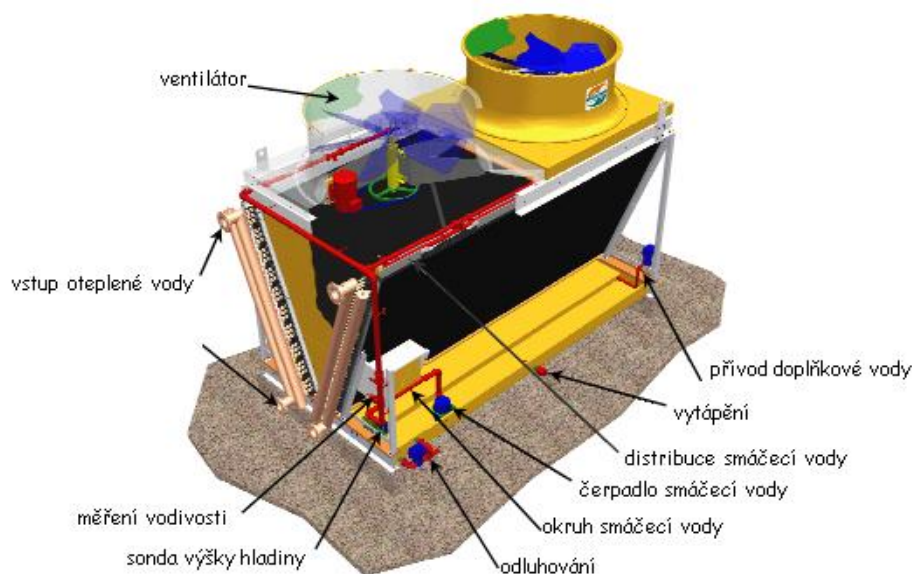
Zdroje lze propojovat i jinými způsoby, existují tepelná čerpadla ve spojení s kotlem na tuhá nebo kapalná paliva, dále je možné tepelné čerpadlo propojit i se systémem solárních kolektorů. Hybridní tepelná čerpadla je výhodné navrhovat do rodinných domů, u občanských staveb velké uplatnění nemá, protože ještě nedosahuje tak vysokých výkonů.

Zajímavé je také využití hybridního vytápění v kombinaci s chlazením, které je možné využít například u energetických pilot či aktivace betonového jádra. U těchto systémů je rozhodně vysoká efektivita, menší náklady na výstavbu systémů a provoz a také lepší dopad na životní prostředí.

1.3 Hybridní chlazení

Hybridní chlazení je pojem, který se příliš nevyskytuje. Lze si pod ním představit například již zmíněnou kombinaci s hybridním vytápěním u aktivace betonového jádra, či u energetických pilot. Další variantou je systém chlazení zkombinovat se systémem větrání. To je ekonomicky a energeticky výhodné u využití systému hybridního větrání na předchlazování budovy, které snižuje potřebu pokrytí tepelné zátěže chladicí jednotkou. Tento systém se uplatní především u občanských a administrativních budov v letním období.

Speciálním systémem je chlazení pomocí hybridního chladiče, které funguje na principu kombinace suchého a mokrého chlazení. Hybridní chladič odvádí teplo z chlazeného média pomocí konvekce suchého chladiče a konvekce s odpařováním mokrého chladiče. Hybridní chladič je zobrazen na obrázku (viz Obr. 4).



Obr. 4 - hybridní chladič

(zdroj: <http://www.sultrade.cz/prumyslove-chlazení-a-klimatizace/atmosfericka-chlazení/hybridni-chladice-a-hybridni-kondenzatory.htm>)

1.4 Hybridní fotovoltaické systémy

Jen stručně bych se chtěla zmínit o hybridních fotovoltaických systémech. Fotovoltaické systémy existují v ostrovní formě, je možné je kombinovat s větrnou elektrárnou, případně s fototermickými kolektory.

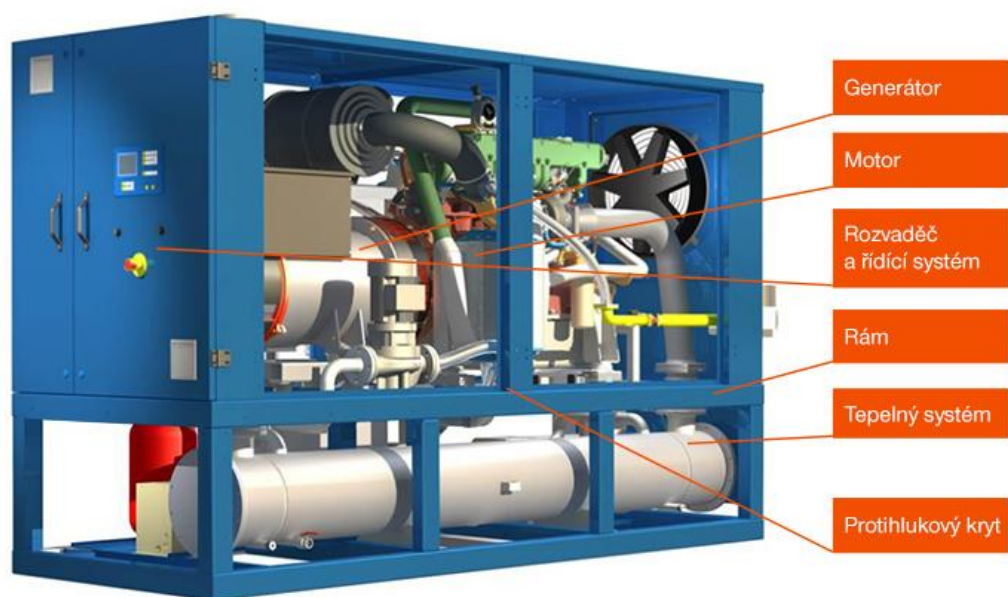
1.5 Kogenerační jednotky

Není dokonalejšího příkladu hybridního systému než kogenerační jednotka (viz Obr. 5). Jedná se o zařízení, které kombinuje výrobu elektřiny a tepla. Vyrobené teplo je v mnoha případech možné zpětně využít pro chlazení jednotky. Je to tedy velice efektivní systém, který má díky tomu i menší dopad na životní prostředí. Kogenerační jednotky se nejvíce používají v průmyslových objektech, je ale možné je navrhnout i do menších objektů, například rodinných domů. Pro ty jsou pak navrženy tzv. mikrokogenerační jednotky, které mají oproti běžným kogeneračním jednotkám menší výkon, a to přibližně do 50 kW. Nově se na trhu začaly objevovat i zařízení, která se nazývají trigenerační, což jsou jednotky, které jsou schopné vyrábět elektřinu, teplo a chlad. Tyto jednotky se nejčastěji používají v objektech, kde je potřeba využít systém chlazení v létě a systém vytápění v zimě, případně v budovách, kde je nutné chladit a vytápět najednou. Co se týče elektrické energie, je možné ji využít buď pro potřeby objektu, ve kterém se jednotka nachází, nebo ji dodat do veřejné sítě.

Součástí kogenerační jednotky je generátor se spalovacím motorem, tepelné výměníky a řídicí systém. U mikrokogenerace je možné použít Stirlingův motor. Palivem kogenerační jednotky může být zemní plyn, který se využívá nejčastěji, dále bioplyn nebo pára, případně další alternativní paliva. Co se týče účinnosti jednotek, pohybuje se mezi 80 až 90%. Je zajímavé, že větší účinnosti dosahují menší jednotky, například mikrokogenerační. Obecně lze říci, že kogenerační jednotky vyrobí přibližně ze 2/3 teplo a z 1/3 elektřinu, záleží ale na určitém typu jednotky.

Využívání kogeneračních jednotek je ovlivněno především cenou. Pořizovací náklady jsou relativně vysoké, kompenzují to ale náklady provozní. Díky vysoké účinnosti je návratnost investice v řádu několika let.

Kogenerační jednotky jsou navrhovány do objektů s trvalým odběrem tepla. Je tedy výhodné jednotky instalovat do škol, administrativních budov, plaveckých bazénů, budov pro rekreaci, zemědělských staveb, nemocničních staveb atd. Velký rozvoj však v posledních letech zažily bioplynové stanice, které jsou schopné teplem zásobovat i menší města.



Obr. 5 - řez kogenerační jednotkou
(zdroj: <http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/kogeneracni-jednotka.html>)

2 Příklady realizací

V této kapitole bych se chtěla věnovat příkladům realizací staveb s instalací hybridních systémů. Jako nejvhodnější příklady jsem vybrala 3 budovy, které jsem osobně navštívila a získala jsem od jejich správců zajímavé podklady. Jedná se tedy o Národní technickou knihovnu v Praze, nejvyšší budovu republiky AZ Tower v Brně a sušárnu pilin Latop s. r. o. Do příkladů jsem také zahrnula obecné řešení některých typů staveb, ke kterým jsem ale nedostala dostatečné podklady, proto je nebudu konkretizovat. Součástí jednotlivých kapitol je fotodokumentace.

2.1 Národní technická knihovna v Praze

Jako první příklad jsem vybrala budovu Národní technické knihovny v Praze. Jedná se o fenomenální stavbu, která dostala velké množství ocenění, jako například Stavba roku 2009 nebo Knihovna roku 2010. Projekt vypracovali Projektil architekti. Stavba byla zahájena v roce 2006 a převzata byla od dodavatele v roce 2008. Veřejně byla otevřena v září 2009. Knihovna má pravoúhlý půdorys zaobleného čtverce o rozměrech přibližně 70 x 70 m. Uvnitř budovy se nachází rozlehlé atrium, kolem kterého jsou napojena jednotlivá podlaží se schodišti a výtahy. Knihovna má celkem 9 podlaží, z toho 3 jsou podzemní, kde se nachází garáže s kapacitou 300 parkovacích míst pro auta a 200 stání pro jízdní kola, a 6 je nadzemních. V 1. nadzemním podlaží se nachází galerie, studovny, společenské sály, obchod, kavárna a toalety, v 2. nadzemním podlaží je pak centrální pult služeb. V 3. nadzemním podlaží se nachází klidová zóna, tichá studovna, studovna časopisů a badatelna, ve 4. nadzemním podlaží je pak samotná knihovna. V 5. nadzemním podlaží je studovna Ústřední knihovny ČVUT a vlastní knihovna a v poslední 6. nadzemním podlaží se nachází klidová zóna, knihovna, individuální studovny a venkovní atrium. Užitková plocha knihovny je 38 661 m² a nachází se zde více než 1,7 milionu knih.¹⁸

Knihovna má i spoustu zajímavostí. Je zde například jedna z prvních aplikací asfaltového teraca na snížení hluku, podlahy jsou podle vzoru počítačového modelu nabarveny podle velikosti průhybu stropní desky nebo je zde rozvedeno až 50 000 m potrubí. Zkrátka budova je opravdu originální.

Hlavním důvodem, proč jsem si vybrala právě Národní technickou knihovnu v Praze ke zpracování do své diplomové práce, je to, že se zde aplikovalo hybridní větrání a chlazení. Díky tomuto systému je v budově instalováno až o polovinu méně TZB zařízení ve srovnání

¹⁸ *Národní technická knihovna* [online], dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/N%C3%A1rodn%C3%AD_technik%C3%A1_knihovna

s budovami podobného charakteru. Navíc je možné díky aktivaci betonového jádra kombinovat vytápění a chlazení budovy.

Nyní již k vlastnímu řešení systému větrání. Knihovna má primárně navržený přirozený přívod čerstvého vzduchu otevíráním oken. U oken a na střeše jsou umístěna čidla, která snímají polohu slunce a stav klimatických podmínek a údaje posílají centrálnímu systému MaR, který řídí automatické otevírání a zavírání oken. K otevírání oken tedy dochází pouze za přijatelného počasí, kdy neprší a není příliš nízká venkovní teplota vzduchu. Ideálními podmínkami jsou slunečné dny s teplotou kolem 20°C. Z toho tedy vyplývá, že systém funguje především od jara do podzimu. Řízené otevírání se tedy týká oken po obvodě budovy, které se zčásti dají otevřít i ručně, a na střeše, které slouží k odvodu vzduchu. Tím se v budově vytvoří proudění vzduchu, kdy se systém snaží větrat směrem odspoda nahoru. Systém funguje dobře, ale občas je narušován jeho optimální stav ručním zásahem jednotlivých uživatelů knihovny, kteří otevírají nebo zavírají okna, když jim je teplo nebo zima nebo pocítují průvan. Ruční ovládání oken je možné pouze v některých patrech, na obr. xx je vidět typ otevírání oken v 6. nadzemním podlaží, kde v horní části oken jsou automatická čidla a v dolní části je možné okna otvírat ručně. Pokud je nevhodné počasí k otevření oken, přívod vzduchu je do budovy zajištěn pomocí štěrbin u konstrukce střechy nebo sekundárně navrženým systémem nuceného větrání, jehož vyústky se nachází v podlahách. Nucené větrání se tedy primárně vyskytuje pouze na toaletách, v technických zázemích a garážích. Co se týče technické místnosti s umístěním vzduchotechnických jednotek, je v porovnání s budovami s podobným provozem viditelně menší. Požární větrání je pak v knihovně řešeno vysunutím zábran proti šíření kouře o 750 mm a v betonových jádrech budovy je navržen odtah vzduchu.

Speciálním systémem, který je v knihovně navržen, je předchlazování budovy s využitím aktivace betonového jádra. Jedná se o systém, kdy jsou opět centrálním řídicím systémem MaR otevírána okna, ale tentokrát v noci, kdy klesá venkovní teplota a prouděním studeného vzduchu do budovy je prostor chlazen. Vlivem setrvačnosti se prostor téměř nepřehřívá ani při nejvyšších letních teplotách, což ušetří spoustu financí na provoz systému chlazení.

Dalším systémem, který lze zařadit mezi hybridní, je kombinace vytápění a chlazení aktivovaným betonovým jádrem. Princip tohoto systému je v tom, že potrubí topných a chladicích rozvodů je součástí betonové desky. Tím se využívá fázového posunu betonu, ale bohužel je nutné počítat i se setrvačností systému. Při konzultaci se správcem budovy jsem zjistila, že tento systém je využíván pouze pro chlazení. Vytápění je tímto způsobem nedostatečné. To je primárně řešeno pomocí otopných těles umístěným v parapetech pod okny

po obvodu budovy a stropní vytápění se využívá jen v případě, když otopná tělesa nepokryjí požadovaný výkon.

Zdrojem chladu jsou pístové chladicí jednotky se 4 kompresory o výkonu 718 kW, které zajišťují teplotní spád 16/19°C, zdrojem tepla je pak parní výměňková stanice. Největší náklady za energie jsou za elektrickou energii, dále za teplo a nejmenší jsou náklady na vodné a stočné.



Obr. 6 - systém otevírání oken u vstupu

Obr. 7 - systém střešní regulace větrání

Obr. 8 - atrium



Obr. 9 - detail oken v 6.NP



Obr. 10 - celkový pohled na budovu



Obr. 11 - detail přiznaného rozvodu instalací



Obr. 12 - pohled na fasádu a okenní prvky budovy

2.2 AZ Tower v Brně

Druhou budovou, ve které se taktéž nachází systém hybridního větrání, je výšková budova AZ Tower v Brně. Jedná se o nejvyšší stavbu v České republice, její výška je 111 m. Projekt vypracovala architektonická kancelář Burian - Křivinka, budova má tvar zalomení do tvaru písmen A a Z, z čehož vyplynul i její název. Odklon činí 6 a 11°. AZ Tower byla postavena v letech 2011 až 2013 a stála přibližně 800 milionů korun. Budova má celkem 32 podlaží, 2 podzemní, ve kterých se nachází garáže s kapacitou 272 parkovacích míst, a 30 nadzemních podlaží. V 1. až 3. nadzemním podlaží je galerie s recepcí, v 5. až 22. nadzemním podlaží jsou kancelářské plochy, ve 23. až 27. nadzemním podlaží se nachází bytové jednotky a v 28. až 29. nadzemním podlaží je luxusní mezonetový byt s nádrží na požární vodu, která je ale využita jako bazén. Celková plocha obchodních, kancelářských a rezidenčních ploch činí přibližně 17 000 m².¹⁹

Budova AZ Tower je také originální jako budova Národní technické knihovny v Praze. Uváděná energetická náročnost budovy je 7859 GJ/rok, budova se řadí do třídy B energetické náročnosti budov. Měrná spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu je 92,7 kWh/m²rok.²⁰

V budově AZ Tower je jako v Národní technické knihovně v Praze navrženo hybridní větrání. Bohužel nemá takovou funkci, protože budova AZ Tower je budovou výškovou a není tedy možné, aby i v nejvyšších patrech bylo možné vnitřní prostor větrat přirozeně. Hlavně z důvodu velkých nárazů větru. Přirozený přívod vzduchu je tedy navržen pouze u větrání kanceláří, v praxi se ale téměř nevyužívá a budova má tak problémy se vznikem podtlaku v místnostech, které někdy způsobuje dokonce problémy s otevíráním dveří. Tento systém je tedy velmi neefektivní, díky čemuž se prakticky nevyužívá. Zajímavějším tématem je ale hybridní vytápění budovy. AZ Tower je založen na hloubkových pilotách, které jsou navrženy jako piloty energetické. Jejich hloubka je 30 m a je možné je využívat na vytápění i chlazení. Po konzultaci se správcem budovy jsem se dozvěděla, že ale budova využívá piloty pouze na chlazení. Nicméně teoreticky je tedy možné, že se piloty stále regenerují a v budoucnosti by se mohly podílet i na systému vytápění. Dalším navrženým hybridním systémem je ostrovní fotovoltaická elektrárna, která je umístěna na jižní fasádě budovy a má plochu přibližně 700 m². Bohužel ji ale vlastní soukromá firma, která se stará i o její údržbu, a vyrobená elektřina tak nejspíš není využívána objektem, jak bylo v návrhu zamýšleno. Zkrátka budova AZ Tower byla skvěle navržena, ale v praxi na rozdíl od Národní technické knihovny v Praze navržené systémy

¹⁹ *O budově* [online], dostupné z: <http://www.aztower.org/o-az-tower/o-budove>

²⁰ *Technologie* [online], dostupné z: <http://www.aztower.org/o-az-tower/technologie>

prakticky nevyužívá. Nicméně stále se jedná o skvělou stavbu, ve které jsou instalovány kvalitní systémy.

Co se týče využívaných systémů, větrání zajišťuje 7 vzduchotechnických jednotek pro garáže, haly, kuchyně, restauraci, zázemí kuchyně a kanceláře. Přívod vzduchu zajišťují fancoily, do hal a recepce je přiváděno 50 m³/h na osobu, do restaurace pak 70 m³/h na osobu. Jak bylo již řečeno, je využito energetických pilot na systém chlazení, na piloty jsou připojena tepelná čerpadla země-voda o výkonu 6 x 200 kW a teplotním spádu 7/13°C. Do systému chlazení jsou navrženy chladicí věže od BALTIMORE, které mají výkon 1013 kW a pracují na teplotním spádu 28,5/33,5°C. Chlazení bytů a v topné sezóně i dotápění zajišťují VRV systémy, které jsou umístěny na střeše budovy.



Obr. 14 - detail okna



Obr. 13 - VRV jednotky na střeše



Obr. 15 - detail prostupu vzt potrubí



Obr. 16 - pohled do technické místnosti chlazení



Obr. 17 - pohled na největší vzt jednotku budovy

2.3 Sušárna pilin Latop s. r. o. v Chotovinách

Poslední z uvedených příkladů je sušárna pilin, která se nachází v Chotovinách, které se nachází nedaleko Tábora ve směru na Prahu. Tento příklad uvádím hlavně z důvodu, že se jedná o ideální a dokonale efektivní využití veškeré vyrobené energie.

V sušárně je navržena kogenerační jednotka s motorem JENBACHER s palivem na zemní plyn. Její elektrický výkon je 999 kW a vyrobená energie je odváděna do veřejné sítě. Zajímavější je ale využití vyrobené tepelné energie, jejíž výkon je oficiálně 1100 kW, ale v praxi dokáže kogenerační jednotka vyrobit až 1200 kW. Tento výkon je využíván přímo v sušárně, kde se nachází dva výměníky s teplovodním ohřivačem na sušení pilin. Maximální tepelný příkon sušárny je tedy 1200 kW. Součástí systému je také chladič o výkonu 550 kW, v praxi dosahuje i výkonu 600 kW. Ten je využit na chlazení jednotky. Co se týče účinnosti jednotky, pohybuje se mezi 86 až 88%.

Systém funguje tak, že kogenerační jednotka vyrobí elektrickou a tepelnou energii. Elektrická energie je odvedena do veřejné sítě a tepelná energie ohřívá topné médium vodních ohřivačů v sušárně, což je voda s glykolem, a zbytek tepelné energie je využit v chladiči, který z této energie vyrábí chlad pro chlazení kogenerační jednotky. Celý systém pak ovládá centrální řídicí systém MaR. Pokud je jednotka odstavena, je elektrická energie do objektu odebírána z veřejné sítě.



Obr. 18 - pohled na teplovodní výměník



Obr. 19 - pohled na kogenerační jednotku

pozn.: foto autor



Obr. 20- pohled na vývod odpadního vzduchu
pozn.: foto autor



Obr. 21 - pohled na řešení systému vztl na střeše

2.4 Rodinné domy se speciálními instalacemi

V rámci diplomové práce jsem oslovila i firmy zabývající se netradičními systémy. Jedním z těchto systémů je i fotovoltaická elektrárna v kombinaci s větrnou. Těchto instalací je v celé zemi opravdu málo, což je dáno především tím, že k dostatečné funkčnosti větrné elektrárny je potřeba zaručení trvalého větru, aby se systém vůbec vyplatilo instalovat. Větrné elektrárny se tedy vyplatí pouze v oblastech se silným větrem, ve kterých jsou ale na druhou stranu zase jiné nežádoucí podmínky, jako je například příliš mnoho sněhu v zimě, pokud se jedná o horské oblasti, nebo jiné. Jednu z instalací se mi podařilo nalézt, bohužel jsem o ní zjistila jen málo informací. Výkon fotovoltaické elektrárny rodinného domu je celkově 5 kW, k systému je navržena i větrná elektrárna o výkonu 0,8 kW (viz Obr. 22).



Obr. 6 - instalace fotovoltaické a větrné elektrárny na rodinný dům (zdroj: <http://www.rdsolar.cz>)

Speciální instalací lze chápat i hybridní tepelné čerpadlo. S tím se ale prakticky v našich podmínkách nesetkáme. Po konzultaci s odborníkem z praxe jsem se dozvěděla, že v celé České republice je instalací opravdu málo.

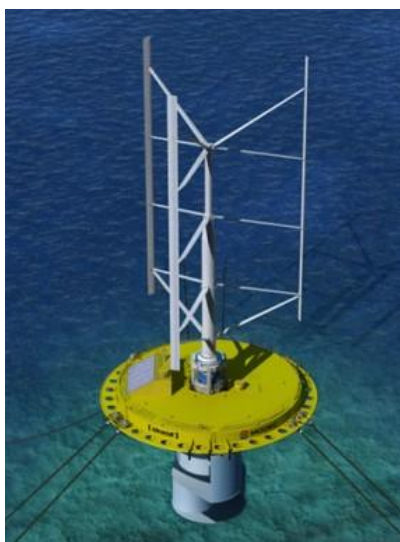
3 Inovace systémů

Všechny systémy je zapotřebí stále vylepšovat a inovovat. To platí i pro systémy hybridní. V této kapitole bych se ráda zaměřila na inovace, které již probíhají nebo začnou v blízké době. Tyto systémy mají do budoucna určitě velký potenciál.

3.1 Kombinace větrná a vodní elektrárny

Jako první jsem zvolila inovaci, která mě velice zaujala. Jedná se o systém, který se nazývá hydroelektrárna a je to kombinace vodní a větrné elektrárny. Plovoucí hybridní elektrárna pochází z Japonska a funguje na principu kombinace podvodní turbíny, kterou uvádějí do pohybu mořské proudy, a větrné turbíny, kterou roztáčí vítr (viz Obr. 23). Tato elektrárna tak využívá jedny z nejúčinnějších obnovitelných zdrojů a dokáže vyrobit velké množství energie, aniž by zabírala příliš mnoho prostoru a měla významný dopad na životní prostředí.

Před několika lety v Japonsku tento ojedinělý systém dokonce testovali. K výzkumu použili jednotku s průměrem podvodního zařízení 15 m a výškou větrné elektrárny až 47 m. V budoucnu by tato zařízení mohla vyrábět elektrickou energii až pro 300 domů. Japonci jsou v inovacích vcelku pokrokoví, nutí je k nim především fakt, že jsou ostrovním státem a potýkají se s nedostatkem prostoru, proto vymýšlí stále nové systémy. Mimo hydroelektrárnu se pokoušejí instalovat i systém plovoucí solární elektrárny s výkonem 13,4 MW, který by byl největší na světě.²¹



Obr. 7 - vizualizace hydroelektrárny
(zdroj: <http://www.ekobydleni.eu/energie/plovouci-hybridni-elektrarna-z-japonska>)

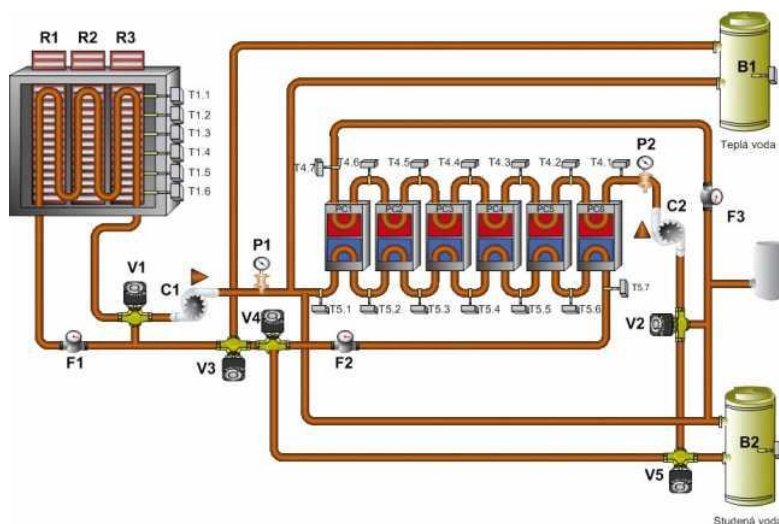
²¹ *Kyocera buduje v Japonsku největší plovoucí solární elektrárnu na světě* [online], dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/solarni-energie/kyocera-buduje-v-japonsku-nejvetsi-plovouci-solarni-elektrarnu-na-svete>

3.2 Akumulace energií

Další vhodnou inovací, která by mohla ovlivnit hybridní systémy, je nová možnost akumulace energie ve formě tepla a chladu do akumulacních panelů z materiálů s fázovým posunem (viz Obr. 24). Princip této myšlenky je velmi jednoduchý, bylo by výhodné akumulovat vyrobenou tepelnou energii do akumulátoru z materiálu, který je schopen přeměňovat citelné i latentní teplo. Takovým materiálem, který díky schopnosti akumulace dokáže zvládnout ohřev i chlazení, by poté bylo možné nahradit dnes využívané systémy chlazení, které jsou velmi energeticky náročné. Inovace by zajistila efektivnější vyvážení potřeby energie v nočním a denním provozu. Materiály, které vyhovují těmto požadavkům, jsou například parafíny nebo hydráty solí. V praxi by byly akumulátory instalovány do stěn nebo stropů, případně by bylo možné je uspořádat do vlastních zásobníků tepla a chladu. Akumulace energií by tedy mohla zajistit stabilnější průběh teplotních špiček a propadů a tím snížit energetickou náročnost systému.

V praxi se dá rozdělit technologie akumulace tepla a chladu na dva druhy, na pasivní a aktivní systém. U aktivního systému je nutné využít externího zdroje, který buď přidá, nebo odebere energii z akumulátoru. Může se jednat například o ohřev termálních panelů pomocí topných fólií nebo ze zásobníku teplé vody, chlazení termálních panelů ze zásobníku studené vody nebo pomocí termoelektrických článků, nebo odebrání tepla nebo chladu z termálních panelů.

Systém akumulace energií má určitě skvělý potenciál a může mít velký vliv na vývoj všech systémů v oblasti technických zařízení budov. Především na snižování energetické náročnosti budov.²²

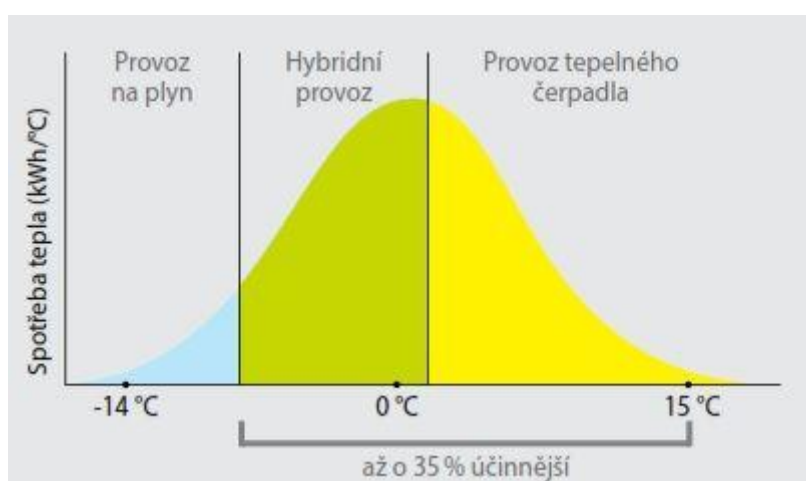


Obr. 8 - možné schéma zapojení akumulátoru do soustavy
(zdroj: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/moznost-akumulace-energie-ve-forme-tepla-a-chladu-do-akumulacnich-panelu>)

²² Možnost akumulace energie ve formě tepla a chladu do akumulacních panelů [online], dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/moznost-akumulace-energie-ve-forme-tepla-a-chladu-do-akumulacnich-panelu>

3.3 Hybridní tepelná čerpadla

Do kapitoly inovací hybridních systémů je nutné zařadit i hybridní tepelné čerpadlo. Sice už bylo zmíněno v předchozí kapitole, nicméně jeho funkci je stále nutné vylepšovat. Nejčastější kombinací je integrace plynového kondenzačního kotle do tepelného čerpadla vzduch-voda s integrací zásobníku teplé vody. Na obrázku (viz Obr. 25) je vidět, jak je efektivní hybridní provoz. Bohužel co se týká praxe, tento systém není úplně navržen na klimatické podmínky České republiky, proto se u nás hybridní tepelná čerpadla tolik nenavrhují. Řešením by bylo více prozkoumat české klimatické podmínky a systém jim případně přizpůsobit. Určitě by to bylo velkým přínosem, především pro snižování energetické náročnosti budov a s tím spojený dopad na životní prostředí.



Obr. 9 - graf ukazující efektivitu provozu hybridního tepelného čerpadla
(zdroj: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni/kockopes-ktery-funguje-kombinace-tepelneho-cerpadla-a-kondenzacniho-plynoveho-kotle.aspx>)

4 Porovnání řešení systémů u rodinného domu

V rámci zpracovávání studie na hybridní systémy TZB se mi naskytlo nepřehledné množství nových informací týkajících se různých řešení a technologií, a to i systémů vytápění a větrání. V projektu diplomové práce jsem se tedy rozhodla nejprve porovnat běžné systémy se systémy hybridními, a to z hlediska různých faktorů jako je efektivita, náklady na pořízení systému a jeho provoz, technologie systému atd. Nehledě na to, že by mohl být běžný systém výhodnější než systém hybridní, zpracuji projekt s řešením pomocí hybridních systémů.

Jak bylo již několikrát zmíněno, projekt vytápění a větrání je zpracováván na rodinný dům. Jelikož jsem nemohla najít žádný objekt, který by vyhovoval mému řešení, rozhodla jsem se si zadání vytvořit sama. Navrhla jsem tedy luxusní rodinný dům s bazénem, ke kterému jsem zpracovala studii včetně výkresů a 3D modelu a zjednodušené výkresy jsem pak použila k vypracování projektu vytápění a větrání. Výkres situace, půdorysů 1.NP a 2.NP, řezy, pohledy a vizualizace 3D modelu jsou uvedeny v přílohách (viz Příloha č. 1 až 6). Pro zjednodušení zadání jsem uvažovala pro lokalitu objektu své bydliště, rodinný dům se tedy nachází v Táboře, a název ulice, která vede severně od uvažovaného pozemku, jsem si zvolila K Lesu. Další parametr, který jsem pro zadání odvodila, je nadmořská výška objektu, jež je uvažována 446 m n. m., a velikost pozemku rodinného domu, který má obdélníkový tvar a ze severní strany je napojen na komunikaci. Zadání je tedy čistě teoretické.

Zpracovávaným objektem je rodinný dům, který se nachází v Táboře v ulici K Lesu. Dům je samostatně stojící na pozemku o rozloze přibližně 1300 m² a je připojen na veřejné technické sítě, je tedy možné do objektu navrhnut kanalizační, vodovodní a plynovodní přípojku a připojení elektřiny. Rodinný dům má půdorys zalomeného obdélníku, jehož rozměry jsou přibližně 16,5 x 19,5 m. Zastavěná plocha objektu je pak 302,7 m².

Rodinný dům má 2 nadzemní podlaží a není podsklepen. Objekt je orientován na všechny světové strany, ale hlavní orientace je na jih, kam je umístěna většina obytných místností. Hlavní vstup do objektu se nachází na severní straně směrem z ulice, souběžně s chodníkem, vedoucím z veřejné komunikace ke vchodovým dveřím, je pak navržen příjezd do dvojgaráže. Užitná plocha objektu je 485,9 m².

V rodinném domě žijí trvale 4 osoby, v návrhu je ale počítáno i s návštěvou jedné až dvou osob, pro které je v objektu navržen samostatný pokoj s koupelnou. Celý rodinný dům je využitý jako celek pro jednu rodinu. Obytná plocha objektu je 269,9 m².

V 1. nadzemním podlaží se nachází zádveří, dvojgaráž se skladem, chodba, komora, pracovna, pokoj pro hosty s koupelnou, WC, obývací pokoj s jídelnou a kuchyňským koutem,

spíž, bazén se saunou a technické místnosti pro vytápění a vzduchotechniku. Z obývacího pokoje a prostoru bazénu je možné vyjít na zahradu, kde je možné využít terasu s vířivkou a posezením a dopřát si trochu relaxace. V 2. nadzemním podlaží, do kterého vede jednoramenné zalomené schodiště, se nachází schodišťový prostor, dva dětské pokoje, komora, posilovna, koupelna, ložnice se šatnou, ateliér a velký balkon s výhledem na zahradu.

Konstrukčně je objekt řešen příčným stěnovým systémem se dvěma vnitřními nosnými stěnami, v 2. nadzemním podlaží je systém řešen jako kombinovaný s obvodovými stěnami a sloupy s průvlaky uvnitř budovy. Obvodová stěna je z cihelného zdiva s kontaktním zateplovacím systémem z minerální vlny a omítkou, tloušťka je 550 mm a součinitel prostupu tepla je $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vnitřní nosná stěna je z cihelného zdiva s omítkami, tloušťka je 300 mm a součinitel prostupu tepla je $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Stropní konstrukce je ze železobetonových panelů o tloušťce 200 mm, které jsou pnuté kolmo na nosné stěny. Ve všech místnostech kromě garáže se skladem a technických místností jsou navrženy podhledy ze sádkartonových desek, tloušťka vzduchové mezery mezi podhledem a stropní konstrukcí je 500 mm. Konstrukce vlastní podlahy má tloušťku 200 mm, je v ní navržena izolace z minerální vlny, nášlapná vrstva je v obytných místnostech z laminátu, v koupelnách z dlažby a v bazénu z protiskluzové dlažby. Součinitel prostupu tepla stropu je tedy $1,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ a podlahy k terénu $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Střešní konstrukce je zateplena tepelnou izolací z minerální vlny, tloušťka konstrukce je 500 mm, součinitel prostupu tepla střechy je $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Výplně otvorů jsou navrženy z plastových oken, součinitel prostupu tepla je $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$, součinitel prostupu tepla dveří je $1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$. Konstrukční výška objektu je 3,5 m, světlá výška je pak 2,6 m ve všech místnostech kromě garáže se skladem a technické místnosti, kde je díky absenci podhledu 3,1 m.

Rodinný dům má několik omezujících podmínek, které mají vliv i na návrh systémů vytápění a větrání. Jak bylo již řečeno, v domě se nachází vnitřní bazén s velkými prosklenými plochami. Většina oken v rodinném domě nemá parapety a je navržena jako francouzské okno, velkým omezením je také rozmístění nábytku, což se projeví především u vytápění.

4.1 Porovnání systémů vytápění

Systém vytápění je v rodinném domě možné řešit několika způsoby, lze zvolit systém plošného vytápění, vytápění otopnými tělesy nebo teplovzdušné vytápění. Co se týče zdroje tepla, je možné využít tepelné čerpadlo, kotel na plynná, pevná nebo kapalná paliva, kogenerační jednotku nebo krbová kamna. Tyto systémy lze porovnávat s návrhem hybridního vytápění, které jsem v tomto případě pojala jako kombinaci plošného podlahového vytápění s otopnými tělesy a

se zdrojem vytápění pomocí hybridního tepelného čerpadla vzduch-voda s vnitřní a vnější jednotkou typu split. To se od běžného tepelného čerpadla liší v tom, že je do něj integrován plynový kondenzační kotel a lze využití těchto zdrojů za určitých podmínek střídat. Velkou výhodou hybridního tepelného čerpadla je díky tomu zaručení efektivity systému. Pokud jsou venkovní teploty příliš nízké a vlastní tepelné čerpadlo již není možné plně využít, vytápění objektu zajistí plynový kondenzační kotel. Tím se především šetří finance na provoz systému.

Navržený systém hybridního vytápění je možné porovnat s velkým množstvím systémů. Díky omezujícím parametrům, především oknům bez parapetů, jsem tedy vybrala systém s podlahovým vytápěním s kondenzačním plynovým kotlem. Porovnání řešení tímto systémem a systémem hybridního vytápění v 1.NP a v 2.NP je zakresleno v přílohách (viz Příloha č. 7 a 8). Hlavní rozdíl mezi systémy je ve vlastním předávání tepla do místnosti. Otopná tělesa využívají konvekce a radiace, zatímco podlahové vytápění předává teplo i vedením. Co se týče rozvodů potrubí, dá se říci, že v obou systémech není až takový rozdíl. Podlahové vytápění je určitě rozvod pracnější a topné potrubí je v součtu delší, ale výkonově je předávání tepla na podobné úrovni jako u otopných těles. Bohužel ale u podlahového vytápění nastává problém s uspořádáním nábytku, díky čemuž se nedá využít celé plochy místností pro vytápění. Tato omezující podmínka se otopných těles netýká. Naopak u podlahového vytápění nemají vliv francouzská okna, což je u systému s otopnými tělesy nutné řešit pomocí podlahových konvektorů, a nijak nezatěžuje estetiku objektu, protože „není vidět“, což se o otopných tělesech nedá říci. Co se týče technické místnosti, velký rozdíl mezi variantami není. V obou případech se zde nachází zdroj tepla, expanzní nádoba, rozdělovač/sběrač a komínové těleso, ve variantě s hybridním tepelným čerpadlem ale není nutné řešit umístění zásobníku teplé vody, protože je integrován do čerpadla. Tím se na rozdíl od druhé varianty ušetří místo v technické místnosti. V 2. nadzemním podlaží je největší rozdíl mezi systémy v tom, že u podlahového vytápění je nutné osadit druhý rozdělovač/sběrač pro jednotlivé větve vedoucí do místností. U systému s otopnými tělesy lze využít pouze rozvodu potrubí v podlaze z jedné stoupací větve potrubí a podlahové vytápění koupelny je možné řešit samostatným přívodem z technické místnosti. Celkově je systém finančně mírně výhodnější ve variantě s plynovým kondenzačním kotlem, protože pořizovací náklady na hybridní tepelné čerpadlo jsou vcelku vysoké.

Shrnu-li všechny výhody a nevýhody obou systémů, celkově výhodnější je systém s hybridním vytápěním. Sice je mírně dražší a ovlivňuje estetiku vytápěných prostor, ale je méně náročný na realizaci a není omezen dispozicí. Proto jsem si ho také vybrala pro podrobnější zpracování v projektu vytápění.

4.2 Porovnání systémů větrání

Systém větrání je možné v rodinném domě řešit třeba hlavními způsoby. Lze využít systém podtlakového, rovnotlakého a hybridního větrání. Jelikož podtlakové a hybridní větrání jsou téměř stejné, jsou varianty pro porovnání systémů jasné. Systém hybridního větrání zajišťuje přívod vzduchu přirozeně přívodními štěrbinami v oknech a odvod vzduchu je řešen nuceně pomocí ventilátoru. Od podtlakového větrání se liší především tím, že je systém regulován pomocí čidel na relativní vlhkost vzduchu v místnosti nebo na koncentraci oxidu uhličitého. Hybridní větrání je tedy efektivnější z hlediska energetické náročnosti budov, protože je větrání regulováno podle potřeby a nedochází tak ke zbytečnému proudění vzduchu, pokud to není právě zapotřebí.

Hybridní systém větrání je tedy vhodné porovnat se systémem nuceného rovnotlakého systému větrání. Speciálním požadavkem, který se projeví u obou systémů, je větrání bazénu. To je nutné řešit pomocí systému se samostatnou vzduchotechnickou jednotkou. Porovnání se také netýká větrání garáže a technické místnosti, které je vhodné řešit přirozeným větráním pomocí otvorů v obvodové zdi. Varianty systémů je tedy možné porovnat u větrání vlastních obytných místností, což je zakresleno v přílohách (viz Příloha č. 9 a 10). Rovnotlaké větrání je navrženo s rekuperační vzduchotechnickou jednotkou pro rodinné domy, která je umístěna v zádveří v podhledu. Čerstvý vzduch je do jednotky nasáván přes potrubí v obvodové zdi a odpadní vzduch je odváděn na střechu. Vlastní rozvody do a z jednotlivých místností jsou vedeny v podhledu a vzduch je do a z místnosti distribuován pomocí talířových ventilů. Potrubí je nutné rozvést i do 2. nadzemního podlaží. Jelikož má rodinný dům velký objem, je možné navrhnout i druhou rekuperační vzduchotechnickou jednotku, která by nasávala vlastní čerstvý vzduch a přívod a odvod vzduchu do a z jednotlivých místností by byl pro 2. nadzemní podlaží samostatný. Nicméně v systému zakresleném v přílohách je navržena pouze jedna jednotka.

Největší rozdíl v systému hybridního a rovnotlakého větrání je patrný na první pohled. U rovnotlakého systému je navrženo větší množství rozvodů potrubí, což je způsobeno především tím, že do každé místnosti nutné přivést požadované množství vzduchu. Tím je dáno také to, že potrubí má o dost větší dimenze než u potrubí hybridního větrání. Přívod vzduchu je u hybridního větrání vyřešen pouze přívodními štěrbinami, které nezabírají téměř žádné místo. Rozdíl je ale i u odvodního potrubí, kde u rovnotlakého systému má potrubí mnohem větší dimenze než odvodní potrubí hybridního větrání. Další výhodou hybridního větrání je jeho jednoduchost, která se projeví především při montáži systému. Na druhou stranu velkou výhodou rovnotlakého systému je využití rekuperace, se kterou se bohužel u hybridního větrání nedá

počítat. Snížení energetické náročnosti budov je u hybridního větrání kompenzováno již zmíněnou regulací průtoku vzduchu přírodními štěrbinami. Ve prospěch rovnotlakého systému také mluví to, že pokud není systém hybridního větrání využíván tak, jak je navržen, nemusí docházet k dostatečnému provětrávání prostoru. Jedná se například o instalaci prahů dveří, čímž se uzavře štěrbina pro proudění vzduchu a prostor není možné větrat. Tento problém se u rovnotlakého systému nevyskytne a provětrávání prostoru nic nenarušuje. Problémem, který ale může nastat u obou variant systémů, je pak pocit průvanu. To lze řešit pouze regulací průtoku vzduchu. Co se týče ekonomiky, jednoznačně jsou pořizovací a provozní náklady o dost nižší u hybridního větrání než u rovnotlakého, což může být pro rozhodování, který systém je výhodnější, primární faktor.

System hybridního a rovnotlakého větrání je tedy ve všech ohledech velmi rozdílný. Hybridní systém větrání je jednodušší, levnější, méně náročný na realizaci i údržbu, efektivnější, ale má i své nevýhody, mezi které patří i ta největší, a to absence využití rekuperace. I přesto si myslím, že je tato varianta výhodnější a ráda bych ji zpracovala ve svém projektu.

5 Navržené řešení systému vytápění a větrání rodinného domu

U vlastního návrhu systému vytápění a větrání je nutné dodržet požadavky dané příslušnými normami. Dále je nutné zohlednit všechna kritéria zpracovávaného rodinného domu omezující řešení návrhu systémů. V následujících dvou kapitolách je detailně popsán postup návrhu systému vytápění a větrání v řešeném rodinném domě.

5.1 Systém vytápění

Prvním krokem pro návrh systému vytápění bylo určení si, jaký druh systému by byl nejvhodnější pro zadaný rodinný dům. Této problematice jsem se věnovala již v minulé kapitole, ve které jsem porovnávala výhody a nevýhody jednotlivých možných systémů. Po výběru nejlepší varianty řešení jsem si daný systém naskicovala, aby bylo možné vyhodnotit, jaké parametry budu dále k návrhu potřebovat. Poté jsem určila hodnoty teplot v jednotlivých místnostech (viz Tab. 1) a intenzity větrání (viz Tab. 2). Důležitým parametrem pro další navrhování byly také světlé výšky místností, součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí a plochy všech povrchů v místnostech. Lokalita byla již zadána, bylo tedy možné zjistit venkovní výpočtovou teplotu (viz Tab. 3).

Druh vytápěné místnosti		Výpočtová vnitřní teplota	Relativní vlhkost vzduchu
		t_i [°C]	φ_{ai} [%]
1.	Obytné budovy		
1.1	trvale užívané		
	obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20	60
	kuchyně	20	60
	koupelny	24	90
	klozety	20	60
	vytápěné vedlejší místnosti (předsíň, chodby aj.)	15	60
	vytápěná schodiště	10	60

Tab. 1 - vnitřní výpočtové teploty pro trvale užívané obytné budovy dle ČSN EN 12831 (zdroj: <http://vetrani.tzb-info.cz>)

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h ⁻¹]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m ³ /(h-os)]	Kuchyně [m ³ /h]	Koupelny [m ³ /h]	WC [m ³ /h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Tab. 2 - požadavky na minimální hodnotu trvalého větrání dle ČSN EN 15665/Z1 (zdroj: <http://vetrani.tzb-info.cz>)

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12^\circ$		$t_{em}=13^\circ$		$t_{em}=15^\circ$	
	h	t_e	t_{es}	d	t_{es}	d	t_{es}	d
	[m]	[°C]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]
Tábor	480	-15	3,0	236	3,5	250	5,0	289

Tab. 3 - venkovní výpočtová teplota dle ČSN 38 3350 (zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz>)

Po zjištění všech uvedených údajů bylo možné vypočítat tepelné ztráty jednotlivých místností objektu podle normy ČSN EN 12831. Tato norma již sice neplatí, nicméně výpočet tepelných ztrát je podle ní nejjednodušší. Dle Tab. 3 je pro Tábor výpočtová venkovní teplota $t_e = -15^\circ\text{C}$, pro otopné období pro $t_{np,e} = 13^\circ\text{C}$ je roční průměrná venkovní teplota $t_{m,e} = 3,5^\circ\text{C}$ a počet otopných dnů $d = 250$ dnů. Součinitel prostupu tepla je pro obvodovou stěnu $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$, pro vnitřní nosnou stěnu $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, pro strop $1,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, pro podlahu k terénu $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, pro střešní konstrukci $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$, pro okna $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ a pro dveře $1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$. Navržená vnitřní teplota je dle Tab. 1 u obytných místností a WC je $t_i = 20^\circ\text{C}$, u koupelen $t_i = 24^\circ\text{C}$, u komor, chodeb, šatny a sauny $t_i = 15^\circ\text{C}$, u bazénu $t_i = 30^\circ\text{C}$ a u nevytápěných prostor jako je garáž se skladem a spíž $t_i = 10^\circ\text{C}$. Průměrná vnitřní výpočtová teplota je stanovena na $t_{is} = 18,3^\circ\text{C}$. Intenzita větrání většiny místností objektu je navržena na minimální hodnotu dle Tab. 2, a to na $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$, u koupelny a WC v 1.NP je intenzita větrání navržena na $n = 2,0 \text{ h}^{-1}$, u koupelny v 2.NP na $n = 1,0 \text{ h}^{-1}$, u technických místností na hodnotu $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ a u bazénu na $n = 4,0 \text{ h}^{-1}$. Větrání je řešeno jako hybridní, hodnoty intenzity větrání jsou tedy platné pro trvalé větrání, u nárazového větrání v místnostech s odvodem vzduchu se může intenzita větrání mírně zvýšit.

Po výpočtu tepelných ztrát jsem získala pro jednotlivé místnosti potřebný výkon, který je nutné pokrýt. Do místností jsem tedy mohla navrhnout otopné prvky s výkonem pokrývajícím tepelnou ztrátu s rezervou 8-25%. Vytápění objektu zajišťují 3 druhy otopných prvků, a to konvektory, desková otopná tělesa a trubková otopná tělesa, a podlahové vytápění. V místnostech bez oken a s okny s parapetem jsou navržena desková otopná tělesa RADIK VKU, typy 21 a 22. Typ VKU 21 je navržen na WC, otopné těleso má délku 700 mm, výšku 900 mm a hloubku 66 mm. Typ VKU 22 s hloubkou tělesa 100 mm je navržen v jednotné výšce 500 mm a délkách těles 1100, 1200, 1600 a 1800 mm. Tepelné výkony se pohybují v rozmezí 313 až 683 W. Způsob připojení těles je spodní levý nebo pravý, ke zdi jsou připevněny stěnovou kompaktní konzolou. Každé těleso má připojovací závit $6 \times G1/2''$ vnitřní, nejvyšší přípustný provozní přetlak je 1,0 MPa a teplota 110°C . Součástí deskových otopných těles je termostatický regulační ventil a regulační šroubení s dimenzí DN 15. V koupelnách jsou navržena trubková

otopná tělesa KORALUX RONDO MAX, typ KRM 1820.750 s délkou 745 mm, hloubkou 69 mm a výškou 1810 mm. Tepelný výkon těles je 298 W, nejvyšší přípustný provozní přetlak je jako u deskových otopných těles 1,0 MPa a teplota 110°C. Způsob připojení těles je spodní zdola dolů, každé těleso má přípojovací závit 4 x G1/2'' vnitřní, ke zdi jsou připevněny vruty a hmoždinkami. Součástí trubkového otopného tělesa je termostatický regulační ventil, regulační šroubení s dimenzí DN 15 a regulační radiátorový ventil s dimenzí DN 15. Tělesa mohou sloužit také k dosoušení textilií a ručníků. V místnostech s balkonovými dveřmi a francouzskými okny jsou navrženy podlahové konvektory s ventilátorem pro topení KORAFLEX FV. Konvektory jsou navrženy ve třech typech, a to KORAFLEX FV 9/28 s hloubkou 90 mm a šířkou 200 mm, KORAFLEX FV 11/20 s hloubkou 110 mm a šířkou 200 mm a KORAFLEX FV 11/34 INPOOL s hloubkou 110 mm a šířkou 340 mm, které jsou přizpůsobeny vlhkému prostředí bazénů. První typ je navržen v délkách 1200, 1600 a 2000 mm s výkony 540, 794 a 1048 W, druhý typ je navržen v délkách 800 a 1200 mm s výkony 342 a 654 W a třetí typ je navržen v délkách 2000 a 2400 mm s výkony 607 a 679 W. Konvektory jsou k potrubí připojeny odbočkou nebo kolenem s přípojovacím závitem 2 x G1/2'' vnitřní a s kulovým kohoutem dimenze DN 15 a regulačním šroubením dimenze DN 15, vkládány jsou do nerezových van a shora jsou opatřeny ochrannou mřížkou. Ventilátory je nutné připojit k elektrické energii. Podlahové vytápění je navrženo pouze v koupelnách o výkonech 262 a 760 W. Měrný tepelný výkon podlahového vytápění je 131 W/m², rozteč potrubí je 100 mm. Topná plocha koupelny v 1.NP je 2,0 m², topná plocha koupelny v 2.NP je 5,8 m². Teplota podlahy nesmí přesáhnout teplotu 34°C.

Systém vytápění je v objektu navržen jako teplovodní s nucenou cirkulací topného média s teplotním spádem 50/30°C u otopných těles a 40/32°C u podlahového vytápění. Cirkulaci topného média zajišťuje oběhové čerpadlo zabudované v hybridním tepelném čerpadle na přívodním potrubí. Bylo tedy možné nadimenzovat potrubí, a to metodou optimální rychlosti proudění a tlakové ztráty. Potrubní rozvod je řešen jako dvoutrubkový horizontální s jednou stoupací větví. Rozvody okruhů otopných těles jsou navrženy z měděných trubek spojených pájením na měkko. Dimenze potrubí je navržena od 12 x 1,0 do 28 x 1,5 mm. Rozvody podlahového vytápění jsou navrženy z plastového potrubí PE-Xa 12 x 2,0 mm. Potrubí k jednotlivým otopným prvkům je vedeno v podlaze v kročejové izolaci, stoupací potrubí je v technické místnosti připevněno ke stěně a ležaté potrubí je zavěšeno pod stropem. Způsob pokládky rozvodů podlahového vytápění je navržen jako suchý. Veškeré potrubí je izolováno. Poté bylo možné vypočítat tlakové ztráty potrubí.

Po návrhu otopných prvků a rozvodů potrubí bylo možné určit zdroj tepla a ostatní prvky technické místnosti. V tomto případě je navrženo hybridní tepelné čerpadlo Viessmann

Vitocaldens 222-F, typ HAWB 222.A29, které je umístěno v technické místnosti vytápění. Tepelné čerpadlo se skládá z vnitřní a vnější jednotky, které jsou propojeny potrubím, jedná se tedy o tepelné čerpadlo vzduch-voda na principu splitové jednotky. Rozměry vnitřní jednotky jsou 595 x 600 x 1625 mm, jeho hmotnost je 148 kg. Rozměry vnější jednotky jsou 340 x 963 x 1255 mm, jeho hmotnost je 113 kg. Jmenovitý tepelný výkon tepelného čerpadla je od 3,3 do 12,3 kW, COP je 3,8. Součástí hybridního tepelného čerpadla je i plynový kondenzační kotel. Jmenovitý tepelný výkon kondenzačního plynového kotle je při teplotním spádu topné vody 50/30°C od 3,2 až do 19,0 kW. V hybridním tepelném čerpadle je integrovaný zásobník pitné vody o objemu 130 l, kondenzační kotel je tedy schopen ohřívat i tuto vodu o teplotním spádu 80/60°C a jmenovitém výkonu od 2,9 do 17,2 kW. Účinnost kotle je 98% (H_s) a 109% (H_i). Kondenzační plynový kotel ohřívá topnou vodu soustavy vytápění pouze v případě, že je již nedostatečný tepelný výkon tepelného čerpadla, případně se oba prvky dají přepnout ručně na základě cenové výhodnosti jednotlivých paliv. K tomu dochází při nižších venkovních teplotách. Napětí hybridního tepelného čerpadla je 400 V. Kotel je napojen na plynovodní přípojku se zemním plynem, spaliny budou odváděny nerezovým izolovaným kouřovodem s průměrem $\varnothing 80$ mm napojeným na komínové těleso Schiedel ICS 25 se světlým průměrem $\varnothing 80$ mm a výškou 6 m. Kondenzát z kotle bude odváděn potrubím o průměru $\varnothing 20$ mm do kanalizace. Úpravu kyselého kondenzátu bude zajišťovat neutralizační zařízení umístěné na odvodním potrubí z kotle do výlevky. Součástí hybridního tepelného čerpadla jsou oběhová čerpadla pro okruh mezi vnitřní a vnější jednotkou a pro okruh do rozdělovače/sběrače. U venkovní i vnitřní jednotky jsou navrženy pojistné ventily, vnitřní jednotka je opatřena kulovým kohoutem s vypouštěním.

Ke zdroji tepla bylo pak nutné navrhnout zařízení zajišťující rovnováhu tlaků otopné soustavy. Výpočtem jsem stanovila objem tlakové nádoby a navrhla jsem do systému tlakovou expanzní nádobu AQUAFILL HS012 v závěsném provedení o objemu 12 l, průměru 270 mm, výšce 310 mm a maximálním pracovním tlaku 6 bar, která bude umístěna na vratném potrubí vedoucím ke kotli. Nádoba je připojena připojovacím závitem 3/4" M, je možné ji pomocí kulového kohoutu s vypouštěním vypustit.

Zásobník teplé vody nebylo nutné navrhovat, protože je integrovaný v hybridním tepelném čerpadle o objemu 130 l. Do hybridního tepelného čerpadla je přivedeno potrubí se studenou vodou a ohřátá voda je z čerpadla rozvedena v podhledu k výtokovým armaturám. Přívodní i vratné potrubí je opatřeno kulovým kohoutem, teploměrem a kulovým kohoutem s vypouštěním, na přívodní potrubí je navrženo oběhové čerpadlo Biral ME 12, které jsem navrhla na tlakové ztráty potrubí, a manometr, na vratném potrubí se nachází filtr a zpětný ventil.

Topná voda pro soustavu vytápění je z hybridního tepelného čerpadla vedena do rozdělovače/sběrače, který má 5 topných okruhů, a to pro otopná tělesa v 1.NP, konvektory v bazénu, otopná tělesa v 2.NP, podlahové vytápění v 1.NP a podlahové vytápění v 2.NP. Rozdělovač/sběrač pro kombinaci okruhů otopných těles a podlahového vytápění je navržen jako univerzální sestava IVAR UNIMIX s doplňkovým modulem IVAR UNIMIX RS. Rozdělovač/sběrač je umístěn do nástěnné skříně o rozměrech 530 x 755 x 160 mm a je opatřen vypouštěcím ventilem a kulovými kohouty. Na jednotlivých větvích vedoucích z rozdělovače/sběrače jsou osazeny kulové kohouty, teploměry, trojcestné ventily a kulové kohouty s vypouštěním. Na přívodních potrubích jsou oběhová čerpadla Biral ME 12 pro otopná tělesa a Biral MC 10 pro podlahové vytápění a manometry, na vratných potrubích jsou filtry a zpětné ventily.

Technická místnost musí být větrána, proto bylo navrženo větrání pomocí okna o rozměrech 1200 x 500 mm, přívod a odvod vzduchu zajišťuje otvor s větrací mřížkou se síťovinou o průměru $\varnothing 150$ mm. Tento systém větrání bude i součástí projektu větrání.

Projekt vytápění musí zahrnovat návrh i všech armatur systému. Vypouštění systému je možné buď na jednotlivých větvích, nebo u rozdělovače/sběrače. Odvzdušnění systému je řešeno prostřednictvím odvzdušňovacích ventilů na jednotlivých otopných prvcích a na potrubí vedoucímu k hybridnímu tepelnému čerpadlu. Součástí hybridního tepelného čerpadla jsou oběhová čerpadla pro okruh mezi vnitřní a vnější jednotkou a pro okruh do rozdělovače/sběrače. U venkovní i vnitřní jednotky jsou navrženy pojistné ventily, vnitřní jednotka je opatřena kulovým kohoutem s vypouštěním DN 28. Touto armaturou je opatřena i expanzní nádoba. U rozdělovače/sběrače jsou navrženy kulové kohouty DN 28 na přívodním i vratném potrubí a dále vypouštěcí ventil. Přívodní i vratné potrubí rozvodu pitné vody je opatřeno kulovým kohoutem DN 15, teploměrem pro 0 - 120°C a kulovým kohoutem s vypouštěním DN 15, na přívodní potrubí je navrženo oběhové čerpadlo Biral ME 12 a manometr pro 0 - 400 kPa, na vratném potrubí se nachází filtr DN 15 a zpětný ventil DN 15. Na jednotlivých větvích vedoucích z rozdělovače/sběrače jsou osazeny kulové kohouty DN 15, DN 20 a DN 25, teploměry pro 0 - 120°C, trojcestné ventily DN 15, DN 20 a DN 25 a kulové kohouty s vypouštěním DN 15, DN 20 a DN 25. Na přívodních potrubích jsou oběhová čerpadla Biral ME 12 pro otopná tělesa a Biral MC 10 pro podlahové vytápění a manometry 0 - 400 kPa, na vratných potrubích jsou filtry DN 15, DN 20 a DN 25 a zpětné ventily DN 15, DN 20 a DN 25.

Návrh regulace je také velmi důležitý. Regulaci systému automaticky zajišťuje hybridní tepelné čerpadlo, které reguluje topnou vodu v systému ekvitermně pomocí čidla umístěného na fasádě objektu. Dále ovládá i hlavní oběhové čerpadlo. V nočních hodinách bude časový spínač

zajišťovat snížení výkonu hybridního tepelného čerpadla při zachování ovládní chodu oběhového čerpadla automatickým systémem čerpadla. Regulaci jednotlivých otopných prvků zajišťují termostatické regulační hlavice s regulačními radiátorovými ventily, které jsou součástí otopných těles, a přímá regulační šroubení, která jsou osazena v konvektorech. Regulace podlahového vytápění je zajištěna prostorovým termostatem umístěným v obou koupelnách.

Při návrhu systému vytápění je nutné také určit potřebu tepla na vytápění a ohřev teplé vody. Ten jsem provedla pomocí serveru <http://tzb-info.cz>.

Na závěr návrhu je vhodné uvést informace, které se týkají i dalších profesí technických zařízení budov a návod na provoz systému. Systém vytápění bude uveden do provozu po provedení zkoušek dle ČSN 73 6760, a to po technické prohlídce zahrnující vizuální kontrolu spojů a vedení, dále po zkoušce vodotěsnosti a zkoušce plynotěsnosti. Protipožární ochrana je zajištěna pomocí kouřového čidla, které je umístěno v chodbě a technických místnostech. Rodinný dům je navržen jako jeden požární úsek, je nutné, aby se v objektu nacházel hasicí přístroj. Z důvodu bezpečnosti by měly být dveře do technické místnosti vytápění a větrání v protipožárním provedení. Se systémem vytápění dále souvisí profese týkající se zdravotních instalací, elektroinstalací a stavebních úprav. Je nutné napojit plynový kondenzační kotel na systém vnitřní kanalizace kvůli odvodu kondenzátu, dále je nutné navrhnout připojení vnitřního vodovodu se studenou vodou na hybridní tepelné čerpadlo a rozvody teplé vody od hybridního tepelného čerpadla k jednotlivým výtokovým armaturám, dále navrhnout připojení vnitřního plynovodu k plynovému kondenzačnímu kotli, navrhnout větrání technické místnosti v profesi vzduchotechniky a dále napojení jednotlivých prvků na elektrickou energii, to se týká především ventilátorů v konvektorech a hybridního tepelného čerpadla (vnitřní i vnější jednotku). V rámci stavebních úprav je nutné vytvořit otvory ve stěnách a stropěch pro rozvody potrubí. Při provozu systému je nutné nezakrývat desková otopná tělesa a konvektory, aby nedošlo k požáru, dále je nutné zajistit dostatečné větrání technické místnosti, aby nedošlo k překročení maximálních hodnot koncentrace plynu v místnosti a k případnému výbuchu.

Systém vytápění je tedy navržen, je možné přistoupit k návrhu systému větrání.

5.2 Systém větrání

Prvním krokem pro návrh systému větrání bylo stejně jako u návrhu vytápění určení druhu systému, který by byl nejvhodnější pro zadaný rodinný dům. Navržený systém jsem si opět naskicovala a určila jsem si důležité parametry. Stanovila jsem si intenzity větrání a minimální

hodnotu potřebného přiváděného vzduchu na osobu (viz Tab. 2) a pak jsem si vypočítala veškeré objemy místností.

Intenzita větrání většiny místností objektu je navržena na minimální hodnotu určenou normou ČSN EN 15665/Z1, a to na $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$, u koupelny a WC v 1.NP je intenzita větrání navržena na $n = 2,0 \text{ h}^{-1}$, u koupelny v 2.NP na $n = 1,0 \text{ h}^{-1}$, u technických místností na hodnotu $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ a u bazénu na $n = 4,0 \text{ h}^{-1}$. Větrání je řešeno jako hybridní, hodnoty intenzity větrání jsou tedy platné pro trvalé větrání, u nárazového větrání v místnostech s odvodem vzduchu se může intenzita větrání mírně zvýšit. Dále jsem dodržela i požadavek na minimální množství přiváděného vzduchu na osobu, který je $15 \text{ m}^3/\text{h}$, a minimální množství odváděného vzduchu nárazového větrání v koupelnách $50 \text{ m}^3/\text{h}$, na WC $25 \text{ m}^3/\text{h}$ a v kuchyni $100 \text{ m}^3/\text{h}$.

Systém větrání je rozdělen na tři na sobě nezávislé systémy, a to na systém větrání obytného prostoru pomocí hybridního větrání, dále na systém větrání bazénu pomocí rovnotlakého větrání a na systém větrání garáže a technické místnosti pomocí přirozeného větrání. Pouze u systému větrání bazénu je využita rekuperace.

Systém větrání garáže je řešen nejjednodušeji, funguje pouze na principu proudění vzduchu vlivem rozdílných tlaků v interiéru a exteriéru a vlivem větru. Jeho návrh byl taktéž jednoduchý. V garáži jsou umístěny v obvodové stěně větrací mřížky Haco VM 300 x 300 B o vnitřním rozměru 293 x 293 mm a hloubkou rovnající se obvodové stěně, tzn. 550 mm. Přívodní mřížka je umístěna u podlahy, tzn. její spodní hrana se nachází ve výšce 300 mm od čisté podlahy. Odvodní mřížka je umístěna pod stropem, tzn. její spodní hrana se nachází ve výšce 2700 mm od čisté podlahy. Stejným způsobem je řešen systém větrání technické místnosti vytápění, kde jsou v obvodové stěně umístěny větrací mřížky Haco VM 150 x 150 B o vnitřním průměru 143 x 143 mm a hloubkou rovnající se obvodové stěně, tzn. 550 mm. Přívodní mřížka je taktéž jako v garáži umístěna u podlahy, tzn. její spodní hrana se nachází ve výšce 300 mm od čisté podlahy. Odvodní mřížka je umístěna pod stropem, tzn. její spodní hrana se nachází ve výšce 2700 mm od čisté podlahy. Všechny mřížky jsou opatřeny sítkou proti hmyzu. Technickou místnost je možné větrat i oknem o rozměrech 1200 x 500 mm.

Systém hybridního větrání je navržen podobně jako systém podtlakový. Tento systém mi pomohl navrhnout odborník z praxe, protože jsem se s hybridním systémem větrání dosud nesetkala. Přívod vzduchu zajišťují standardní hygroregulovatelné přívodní štěrbiny Aereco EMM 739, které jsou umístěny v rámech plastových oken. Rozměry štěrbin jsou 402 x 46 x 27 mm a jejich průtok vzduchu je od 5 do $35 \text{ m}^3/\text{h}$. Součástí přívodních štěrbin jsou čidla relativní vlhkosti vzduchu místnosti, která ovládají postupné otevírání či přivírání regulačních klapek ve štěrbinách a tím regulují průtok vzduchu. Odvod vzduchu pak zajišťují automatické multifunkční

odsávací mřížky Aereco BXC, které jsou navrženy do místností s větší zátěží vlhkostí. Mřížky mají rozměry 174 x 169 x 46 mm a jejich průtok vzduchu je od 12 do 80 m³/h. V kuchyni je navržena mřížka Aereco BXC 211, ve které se nachází čidlo relativní vlhkosti vzduchu místnosti, dále na WC je navržena mřížka Aereco BXC 216, ve které se nachází čidlo na pohyb, v koupelnách a v posilovně je navržena mřížka Aereco BXC 214, ve které se nachází čidlo na pohyb i na relativní vlhkost vzduchu místnosti. Odváděný vzduch je mřížkami odváděn do ventilátoru pro rodinné domy Aereco VAM, ke kterému je připojeno všech 5 mřížek. Maximální průtok vzduchu ventilátorem je 250 m³/h, není tedy možné odsávat všemi mřížkami najednou maximální průtok vzduchu. Rozměry ventilátoru jsou 480 x 480 x 240 mm a hmotnost je 18 kg. Ventilátor je připevněn pomocí šroubů ke stropní desce. Pro možnou kontrolu a přístup k ventilátoru jsou do sádkartonového podhledu navržena revizní dvířka s hliníkovým rámem a sádkartonovou výplní KAMI o rozměrech 600 x 600 x 25 mm. Pro správnou funkčnost systému je nutné, aby byly všechny dveře bez prahů s větrací štěrbinou minimálně 10 mm.

Systém větrání bazénu je řešen jako rovnotlaký s možností mírného podtlaku. Návrh systému jsem konzultovala s odborníky z praxe, aby byl systém navržen správně. Větrání zajišťuje vzduchotechnická jednotka ATREA DUPLEX RDH5, která je navržena speciálně pro větrání bazénů. Jednotka má 5 vývodů, z toho jeden slouží pro přívod čerstvého vzduchu, jeden pro přívod přívodního vzduchu do prostoru bazénu, jeden pro odvod odvodního vzduchu z prostoru bazénu, jeden pro odvod cirkulačního vzduchu a jeden pro odvod odpadního vzduchu. Maximální přívod a odvod vzduchu je navržen na 1299 m³/h, z toho přívod čerstvého vzduchu je 288 m³/h, přívod přívodního vzduchu, který je smíchán z čerstvého a cirkulačního vzduchu, je 1299 m³/h, odvod odvodního vzduchu je 1011 m³/h a odvod cirkulačního vzduchu je 288 m³/h. Rozměry jednotky jsou 680 x 620 x 1970 a hmotnost je 122 kg. V jednotce je navržena rekuperace, v zimním období je účinnost až 97%, v letním období pak 88%. Výkon výměníku je v zimním období 4,3 kW, v letním období pak 0,4 kW. Součástí jednotky je také teplovodní ohřivač s teplotním spádem topné vody 34/33°C a výkonem 1,3 kW, oběhová čerpadla EC-20 s výkony 0,29 kW a 0,03 kW a filtrace. Z jednotky je nutné odvádět kondenzát do kanalizace pomocí dvou sifonů umístěných zespoda jednotky, průměr potrubí je 2 x ø32 mm. Vzduch je do prostoru bazénu přiváděn pomocí 12 dýz s dlouhým dosahem NZL-A80, které mají průtok vzduchu 60 až 230 m³/h. Dýzy jsou umístěny v podhledu a je možné je natáčet v příčném i podélném směru. Je nutné, aby dýzy přiváděly vzduch na okenní zasklení, aby nedocházelo k rosení oken a vzniku plísní. Znehodnocený vzduch je z prostoru bazénu odváděn pomocí 5 kruhových anemostatů DRE-C 150 s průtokem vzduchu 160 až 370 m³/h. Anemostaty jsou taktéž umístěny v podhledu. Na potrubí přívodu čerstvého vzduchu a odvodu cirkulačního

vzduchu je navržena hliníková kruhová větrací mřížka Multivac YG-200 o průměru $\varnothing 200$ mm, která je opatřena sítkou proti hmyzu. Potrubí pro přívod čerstvého vzduchu a odvod odpadního vzduchu je nutné izolovat tepelnou izolací z minerální vlny.

Po návrhu jednotlivých prvků systému větrání bylo možné navrhnout a nadimenzovat potrubí. K tomu jsem použila server <http://www.qpro.cz>. V systému hybridního větrání je navrženo odvodní ležaté potrubí odsávacích mřížek k ventilátoru, které je vedeno v podhledu a je z hliníkové jednovrstvé hadice Multivac SEMIVAC o průměru $\varnothing 100$ mm. Napojení potrubí na otvory ventilátoru je navrženo pomocí kovových redukci. Stoupací potrubí je navrženo z pozinkovaného potrubí Multivac SPIRO o průměru $\varnothing 100$ mm. Rychlost proudění vzduchu v potrubí při maximálním průtoku vzduchu je 2,8 m/s. Potrubí odvádějící znehodnocený vzduch z objektu je navrženo z hliníkové jednovrstvé hadice Multivac SEMIVAC o průměru $\varnothing 125$ mm a rychlost proudění vzduchu v potrubí při maximálním průtoku vzduchu je 1,8 m/s. Potrubí je vyvedeno na střechnu, kde je izolováno, a je zakončeno výfukovou hlavicí VHO 125. Potrubí systému větrání bazénu je navrženo z nerez, aby nedocházelo ke korozi. Potrubí přívodu čerstvého vzduchu, odvodu cirkulačního vzduchu a odvodu odpadního vzduchu má průměr $\varnothing 200$ mm a rychlost proudění vzduchu je 2,6 m/s. Potrubí přívodu přívodního vzduchu do prostoru bazénu má průměr $\varnothing 400$ mm a rychlost proudění vzduchu je 2,9 m/s, potrubí je redukováno na průměr $\varnothing 315$ mm a rychlost proudění je pak 2,3 m/s. Potrubí odvodu odvodního vzduchu z prostoru bazénu má průměr $\varnothing 355$ mm a rychlost proudění je 2,8 m/s. Potrubí přívodu přívodního vzduchu do prostoru bazénu a odvodu odvodního vzduchu z prostoru bazénu je u vstupu do jednotky redukováno na průměr $\varnothing 250$ mm. Potrubí v prostoru bazénu je vedeno v podhledu a potrubí v technické místnosti je vedeno pod stropem. Odpadní vzduch je veden na střechnu, kde je potrubí ukončeno výfukovou hlavicí VHO 200. Po návrhu dimenzí potrubí bylo možné vypočítat tlakové ztráty potrubí.

Na závěr řešení systému větrání jsem opět jako u systému vytápění navrhla potřebné armatury a regulaci systému. Systém splňuje akustické požadavky, proto není nutné navrhovat do systému žádná protihluková opatření, jako jsou například tlumiče hluku a chvění do potrubí nebo jiné. Jelikož je rodinný dům navržen jako jeden požární úsek, není nutné navrhovat do potrubí požární klapky. Regulace systému větrání garáže a technické místnosti není nijak navržena. Regulace systému hybridního větrání je zajištěna otevíráním a přivíráním regulačních klapek v přívodních šterbinách pomocí čidel relativní vlhkosti vzduchu místností, dále změnou průtoku ventilátoru. Regulace systému větrání bazénu je zajištěna prostorovým čidlem relativní vlhkosti HYG 6001, které je součástí vzduchotechnické jednotky. Jednotka také řídí regulaci oběhového čerpadla. Průtoky vzduchu potrubími není nutné regulovat, nejsou tedy navrženy žádné regulační klapky.

Součástí návrhu je jako u systému vytápění doporučení pro provoz systému a požadavky na další profese. Systém větrání bude uveden do provozu po provedení zkoušek, a to po technické prohlídce zahrnující vizuální kontrolu spojů a prvků vzduchotechniky, po měření hladin hluku ze vzduchotechnických zařízení a jeho šíření do interiéru budovy a venkovního prostředí v okolí budovy, zkoušky provozu zaregulování systému, tlakových poměrů, těsnosti vzduchovodů, koncentrace škodlivin a vibrací. Protipožární ochrana je zajištěna pomocí kouřového čidla, které je umístěno v chodbě a technických místnostech. Rodinný dům je navržen jako jeden požární úsek, je nutné, aby se v objektu nacházel hasicí přístroj. Z důvodu bezpečnosti by měly být dveře do technické místnosti vytápění a větrání v protipožárním provedení. V případě požáru bude kouř a teplo odvedeno hybridním systémem. Se systémem větrání dále souvisí profese týkající se zdravotních instalací, elektroinstalací a stavebních úprav. Je nutné napojit vzduchotechnickou jednotku na systém vnitřní kanalizace kvůli odvodu kondenzátu, dále napojení jednotlivých prvků na elektrickou energii, to se týká především vzduchotechnické jednotky a odsávacích mřížek s ventilátorem hybridního větrání. V rámci stavebních úprav je nutné vytvořit otvory ve stěnách a stropech pro rozvody potrubí, dále otvory v sádkartonových podhledech pro vyústky a odsávací mřížky a otvory v okenních rámech pro instalaci přívodních štěrbin. Při provozu systému je nutné nezakrývat štěrbinu ve dveřích, aby docházelo k dostatečnému proudění vzduchu domem. To platí i pro zakrývání přívodních a odvodních mřížek v obvodových stěnách. V bazénu je nutné nastavit dýzy tak, aby přiváděly přívodní vzduch přímo na okenní zasklení. Při jakémkoliv poruše systému je nutné informovat dodavatele, aby případně problém vyřešil.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo zpracování hybridních systémů v oblasti technických zařízení budov. Měla jsem za úkol zpracovat na toto téma studii zaměřenou na technologie, účinnosti, efektivitu a dopad na životní prostředí systémů a možností jejich inovace do budoucnosti. Ve studii jsem také zpracovala porovnání variant řešení systému vytápění a větrání u konkrétního rodinného domu. Vybranou variantu jsem pak podrobně vypracovala v projektu vytápění a větrání ve formě rozšířené dokumentace pro vydání stavebního povolení. Zjistila jsem, že vždy nemusí být vhodným řešením kterákoliv varianta systému a že je někdy výhodnější využít buď řešení, které se nepoužívá tak často, nebo takové, které se na první pohled jeví jako nejvhodnější.

Hybridní systémy jsou obecně relativně novou technologií, což s sebou bohužel nese jednu velkou nevýhodu, že mají spoustu nedostatků. Na druhou stranu je velká možnost systémy stále více a více vylepšovat a objevovat nové možnosti řešení, které v tuto chvíli nemusí být ještě poznány. Při zpracovávání diplomové práce a komunikaci s různými výrobci a lidmi, kteří se zabývají hybridními systémy, jsem ale několikrát narazila na to, že mě od využívání těchto systémů odrazovali a dokonce se nebáli přiznat velké množství nevýhod těchto systémů. Ať už to byla fotovoltaická elektrárna s větrnou, nebo hybridní tepelné čerpadlo, tento fakt vybízí k tomu, aby se výzkum zaměřil na inovace hybridních systémů jako celku a hlavně aby bylo zohledněna lokalita, pro kterou se systém navrhuje. Pokud vezmu například již zmíněné hybridní tepelné čerpadlo, stav poznání tohoto systému je vcelku na dobré úrovni a také se čerpadlo hojně používá. Bohužel je to ale v jiných zemích než v České republice, protože v našich klimatických podmínkách není vůbec efektivní. To vede k tomu, že ho mají v nabídce i čeští výrobci, ale je téměř neprodejné, což je škoda. Doufám tedy, že za několik let nastane situace, kdy bude možné hybridní tepelná čerpadla instalovat i v podmínkách České republiky, aniž by to bylo naprosto nevýhodné.

Největší potenciál v inovaci hybridních systémů mají podle mého názoru nové technologie akumulace elektrické energie. V budoucnosti se může jednat o přelomový objev, který bude mít vliv nejen na stavebnictví, ale i na další odvětví. Co se týče ale hybridních systémů v oblasti technických zařízení budov, je důležité, aby byly stále více využívány obnovitelné zdroje energie, byla snižována energetická náročnost budov, byly využívány a rozvíjeny nové technologie a materiály, byla brány v úvahu efektivita s ekonomii, ale hlavně aby se navrhovaly systémy, které budou vycházet co nejvíce z potřeb uživatelů řešeného prostoru a ne že právě určité řešení je výhodnější z jiných faktorů. Musíme si uvědomit, že právě lidé jsou nejdůležitějším kritériem pro návrh jakéhokoliv systému, protože právě oni řešený prostor

obývají a mají právo na své pohodlí a potřeby. Tím ale nechci říci, že je nutné navrhovat pouze řešení, která zadavatelé vyžadují, neboť nemusí mít vždy oprávněné požadavky. Obecně by mělo docházet k vzájemné domluvě, která oběma stranám nejvíce vyhovuje. Pak budou všechny strany spokojeny.

Seznam literatury a podkladů

1. PETRÁŠ, Dušan, Daniela KOUDELKOVÁ a Karel KABELE. *Tepl vodní a elektrické podlahové vytápění*. Bratislava: Jaga group, s.r.o., 2004.
2. PETRÁŠ, Dušan a kolektiv. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga group, s.r.o., 2005.
3. VRÁNA, Jakub a kolektiv. *Technická zařízení budov v praxi*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007.
4. ZMRHAL, Vladimír. *Větrání rodinných a bytových domů*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2014.
5. PAPEŽ, Karel a kolektiv. *Energetické a ekologické systémy budov 2*. Praha: ČVUT, 2007.
6. KABELE, Karel a kolektiv. *Vytápění - podklady pro cvičení*. Praha: ČVUT, 2013.
7. MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. Praha: Grada Publishing, 2010.
8. HASELHUHN, Ralf. *Fotovoltaika - budovy jako zdroj proudu*. Ostrava - Plesná: HEL, 2010.
9. GARLÍK, Bohumír. *Inteligentní budovy*. Praha: BEN, 2012.
10. KABELE, Karel a kolektiv. *Energetické a ekologické systémy budov 1*. Praha: ČVUT, 2005.
11. TYWONIAK, Jan a kolektiv. *Nízkoenergetické domy 3 - nulové, pasivní a další*. Praha: Grada Publishing, 2012.
12. POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a kolektiv. *Úsporný dům*. Brno: ERA, 2004.
13. BAŠTA, Jiří, Karel KABELE. *Otopné soustavy teplovodní*. Praha: Společnost pro techniku prostředí - odborná sekce vytápění, 2008.
14. *Hybrid* [online]. 2001 - 2016, 5. 11. 2016 [cit. 27. 11. 2016]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hybrid>
15. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepřacování)* [online]. 2001 - 2016, 19. 5. 2010 [cit. 1. 12. 2016]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2010-31-eu-o-energeticke-narocnosti-budov-prepracovani>
16. *Energetická náročnost budov - definice pojmů* [online]. 2001 - 2016, 6. 3. 2016 [cit. 1. 12. 2016]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>

17. *Hybridní ventilace - 1. část* [online]. 2001 - 2016, 17. 2. 2014 [cit. 7. 12. 2016]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/uspory-energie-ventrani-klimatizace/10866-hybridni-ventilace-1-cast>
18. *Hybridní ventilace - 2. část* [online]. 2001 - 2016, 24. 2. 2014 [cit. 7. 12. 2016]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/10887-hybridni-ventilace-2-cast>
19. *Hybridní ventilace - 3. část* [online]. 2001 - 2016, 3. 3. 2014 [cit. 7. 12. 2016]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/uspory-energie-ventrani-klimatizace/10917-hybridni-ventilace-3-cast>
20. *Hybridní ventilátory HV pro celoroční větrání* [online]. 2014 - 2016, 14. 3. 2009 [cit. 7. 12. 2016]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/hybridni-ventilatory-hv-pro-celorocni-ventrani/>
21. *Hybridní systém větrání Schiedel AREA* [online]. 2001 - 2016, 21. 11. 2008 [cit. 7. 12. 2016]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5230-hybridni-system-ventrani-schiedel-aera>
22. *Hybridní větrání* [online]. 2016, 31. 3. 2006 [cit. 7. 12. 2016]. Dostupné z: <http://www.topin.cz/download.php?idx=69744&di=7>
23. *Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210* [online]. 2001 - 2017, 3. 9. 2012 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitri-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doprocene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>
24. *Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1* [online]. 2001 - 2017, 30. 1. 2012 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-ventrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-ventrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
25. *Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit* [online]. 2001 - 2017, 3. 9. 2012 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
26. *Budova NTK* [online]. 2006 - 2017, 8. 12. 2016 [cit. 15. 12. 2016]. Dostupné z: <https://www.techlib.cz/cs/2801-budova-ntk>
27. *Národní technická knihovna* [online]. 2017, 2. 1. 2017 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/N%C3%A1rodn%C3%AD_technick%C3%A1_knihovna
28. *O budově* [online]. 2015, 6. 4. 2016 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.aztower.org/o-az-tower/o-budove>
29. *Technologie* [online]. 2015, 6. 4. 2016 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.aztower.org/o-az-tower/technologie>
30. *AZ Tower* [online]. 2017, 5. 12. 2016 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/AZ_Tower

31. *Hybridní fotovoltaické elektrárny* [online]. 2015, 8. 11. 2016 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.rdsolar.cz/hybridni-fotovoltaicke-elektrarny/>
32. *Plovoucí hybridní elektrárna z Japonska* [online]. 2017, 23. 5. 2013 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/plovouci-hybridni-elektrarna-z-japonska>
33. *Kyocera buduje v Japonsku největší plovoucí solární elektrárnu na světě* [online]. 2017, 7. 1. 2015 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/solarni-energie/kyocera-buduje-v-japonsku-nejvetsi-plovouci-solarni-elektrarnu-na-svete>
34. *Možnost akumulace energie ve formě tepla a chladu do akumulčních panelů* [online]. 2017, 10. 11. 2016 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/moznost-akumulace-energie-ve-forme-tepla-a-chladu-do-akumulacnich-panelu>
35. *Kočkopes, který funguje: Kombinace tepelného čerpadla a kondenzačního plynového kotle* [online]. 2015, 27. 8. 2014 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/plovouci-hybridni-elektrarna-z-japonska>
36. *Kogenerace* [online]. 2017, 6. 12. 2016 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kogenerace>
37. *Co jsou kogenerační jednotky* [online]. 2017, 21. 10. 2015 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/co-jsou-kogeneracni-jednotky.html>
38. *Kogenerační jednotka* [online]. 2017, 18. 12. 2016 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/kogeneracni-jednotka.html>
39. *Loebbeshop.de* [online]. 2016, 13. 12. 2016 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.loebbeshop.de/viessmann/regenerative-heizsysteme/waermepumpen/vitocaldens-222-f/viessmann-vitocaldens-222f-hawb-m-222a29.htm>
40. *Hybridní chladiče a hybridní kondenzátory* [online]. 2015, 22. 6. 2012 [cit. 5. 1. 2017]. <http://www.sultrade.cz/prumyslove-chlazení-a-klimatizace/atmosfericka-chlazení/hybridni-chladice-a-hybridni-kondenzatory.htm>
32. *Plovoucí hybridní elektrárna z Japonska* [online]. 2017, 23. 5. 2013 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/plovouci-hybridni-elektrarna-z-japonska>
32. *Plovoucí hybridní elektrárna z Japonska* [online]. 2017, 23. 5. 2013 [cit. 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/plovouci-hybridni-elektrarna-z-japonska>

Seznam obrázků a tabulek

<i>Obr. 1 - koloběh větracího systému</i>	10
<i>Obr. 2 - systém větrání s pomocným ventilátorem a) se samoodtahovou hlavicí, b) se solárním komínem</i>	14
<i>Obr. 3 - hybridní tepelné čerpadlo Viessmann</i>	16
<i>Obr. 4 - hybridní chladič</i>	17
<i>Obr. 5 - řez kogenerační jednotkou</i>	19
<i>Obr. 6 - systém otevírání oken u vstupu</i>	22
<i>Obr. 7 - systém střešní regulace větrání</i>	22
<i>Obr. 8 - atrium</i>	22
<i>Obr. 9 - detail oken v 6.NP</i>	22
<i>Obr. 10 - celkový pohled na budovu</i>	22
<i>Obr. 11 - detail přiznaného rozvodu instalací</i>	22
<i>Obr. 12 - pohled na fasádu a okenní prvky budovy</i>	22
<i>Obr. 13 - VRV jednotky na střeše</i>	24
<i>Obr. 14 - detail okna</i>	24
<i>Obr. 15 - detail prostupu vzt potrubí</i>	24
<i>Obr. 16 - pohled do technické místnosti chlazení</i>	24
<i>Obr. 17 - pohled na největší vzt jednotku budovy</i>	24
<i>Obr. 18 - pohled na teplovodní výměník</i>	25
<i>Obr. 19 - pohled na kogenerační jednotku</i>	25
<i>Obr. 20 - pohled na vývod odpadního vzduchu</i>	26
<i>Obr. 21 - pohled na řešení systému vzt na střeše</i>	26
<i>Obr. 22 - instalace fotovoltaické a větrné elektrárny na rodinný dům</i>	26
<i>Obr. 23 - vizualizace hydroelektrárny</i>	27
<i>Obr. 24 - možné schéma zapojení akumulátoru do soustavy</i>	28
<i>Obr. 25 - graf ukazující efektivitu provozu hybridního tepelného čerpadla</i>	29
<i>Tab. 4 - vnitřní výpočtové teploty pro trvale užívané obytné budovy dle ČSN EN 12831</i>	35
<i>Tab. 5 - požadavky na minimální hodnotu trvalého větrání dle ČSN EN 15665/Z1</i>	35
<i>Tab. 6 - venkovní výpočtová teplota dle ČSN 38 3350</i>	36

Přílohy

Příloha č. 1 - Situace zpracovávaného RD

Příloha č. 2 - Půdorys 1.NP zpracovávaného RD

Příloha č. 3 - Půdorys 2.NP zpracovávaného RD

Příloha č. 4 - Řezy zpracovávaného RD

Příloha č. 5 - Pohledy zpracovávaného RD

Příloha č. 6 - Vizualizace zpracovávaného RD

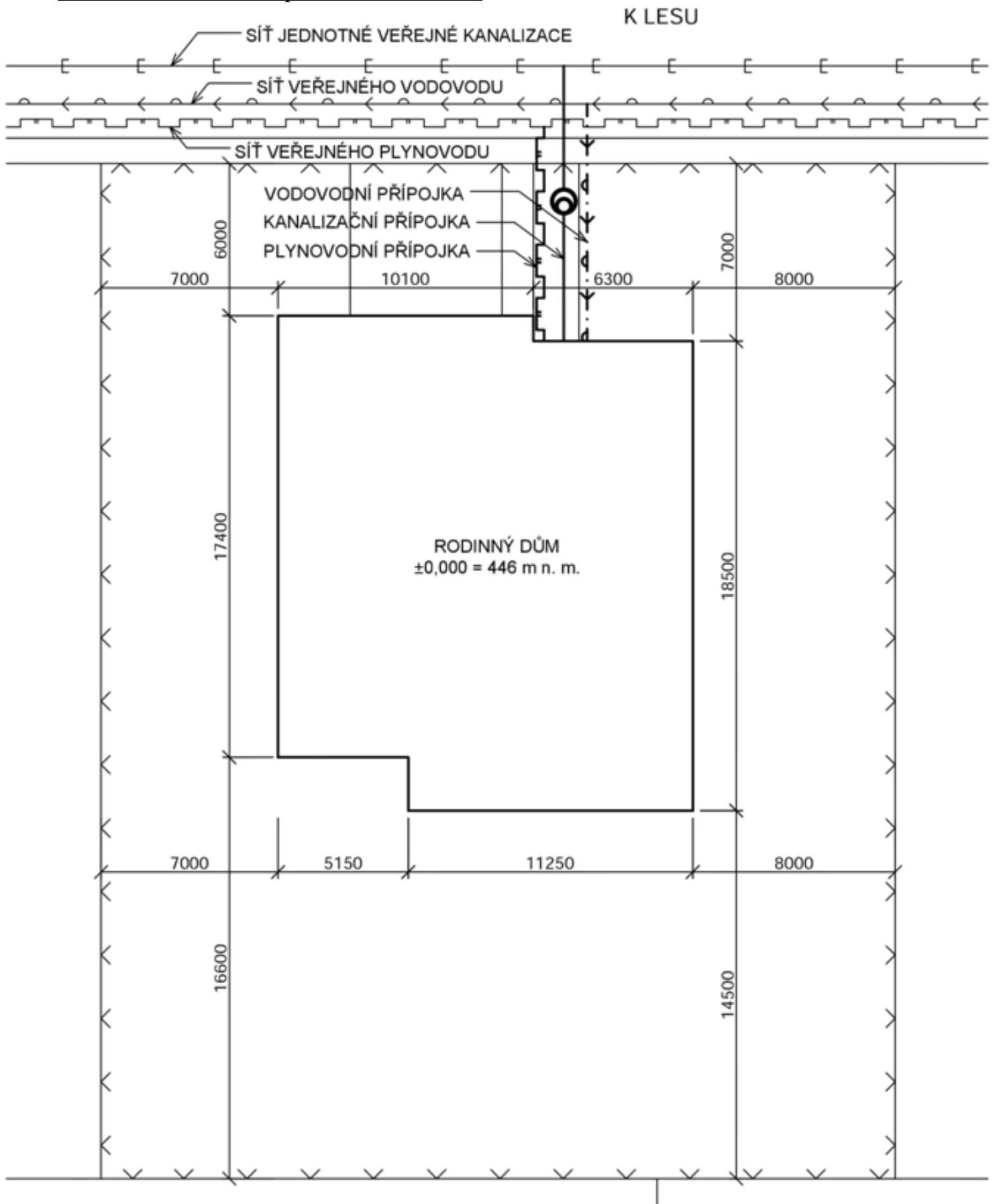
Příloha č. 7 - Porovnání řešení vytápění zpracovávaného RD - půdorys 1.NP

Příloha č. 8 - Porovnání řešení vytápění zpracovávaného RD - půdorys 2.NP

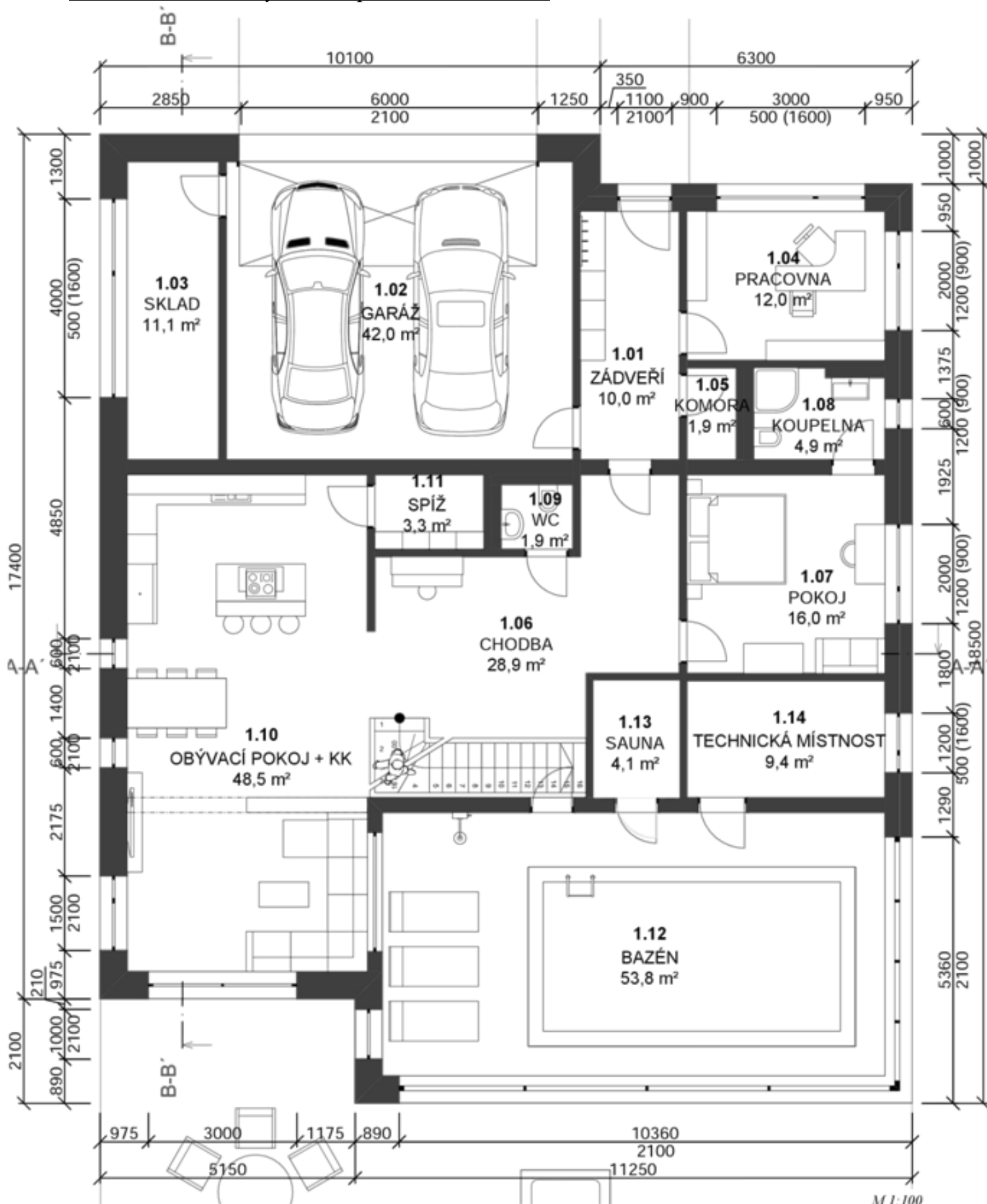
Příloha č. 9 - Porovnání řešení větrání zpracovávaného RD - půdorys 1.NP

Příloha č. 10 - Porovnání řešení větrání zpracovávaného RD - půdorys 2.NP

Příloha č. 1 - Situace zpracovávaného RD

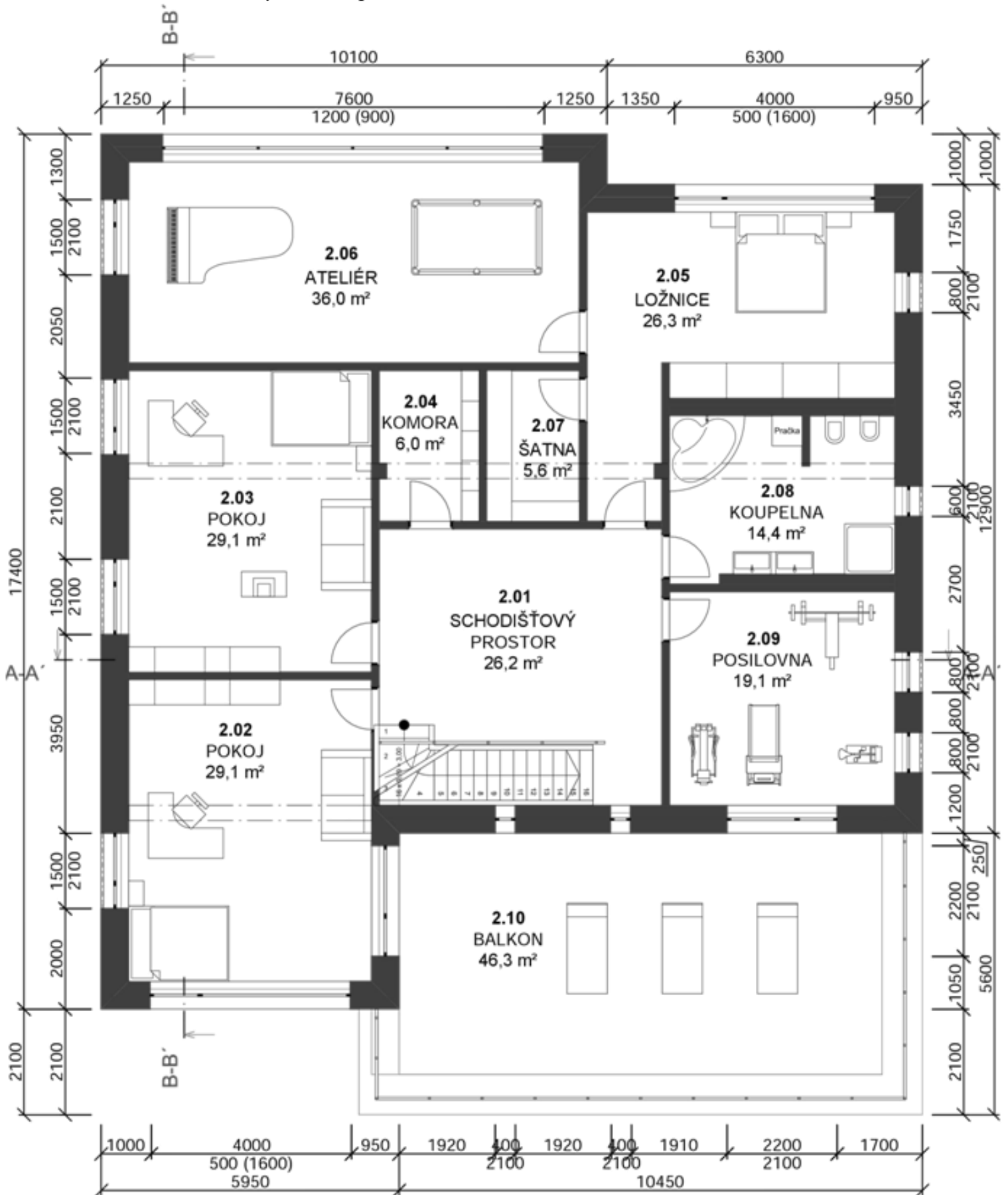


Příloha č. 2 - Půdorys 1.NP zpracovávaného RD



M 1:100

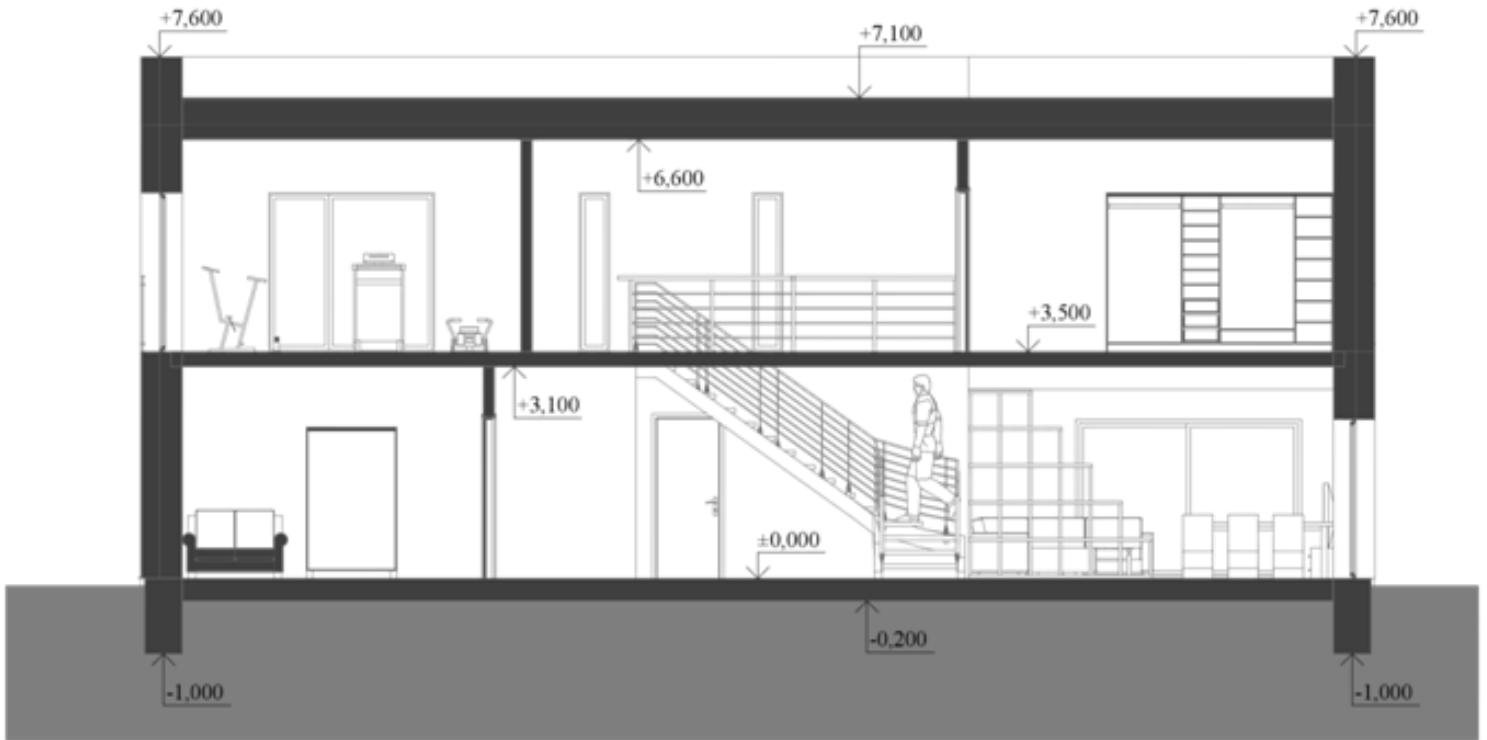
Příloha č. 3 - Půdorys 2.NP zpracovávaného RD



M 1:100

Příloha č. 4 - Řezy zpracovávaného RD

Řez A-A'



M 1:100

Řez B-B'



M 1:100

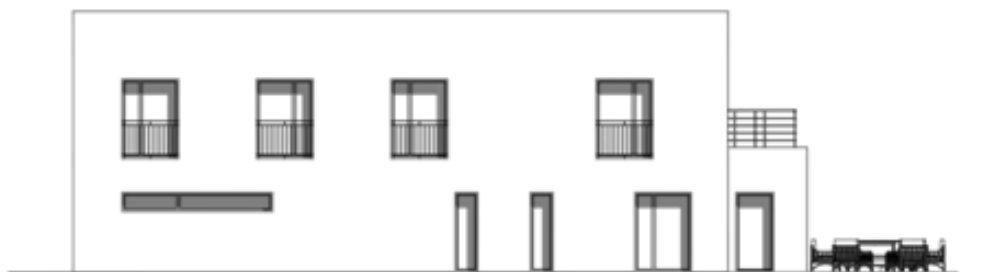
Příloha č. 5 - Pohledy zpracovávaného RD

Pohled severní



M 1:200

Pohled západní



M 1:200

Pohled jižní



M 1:200

Pohled východní



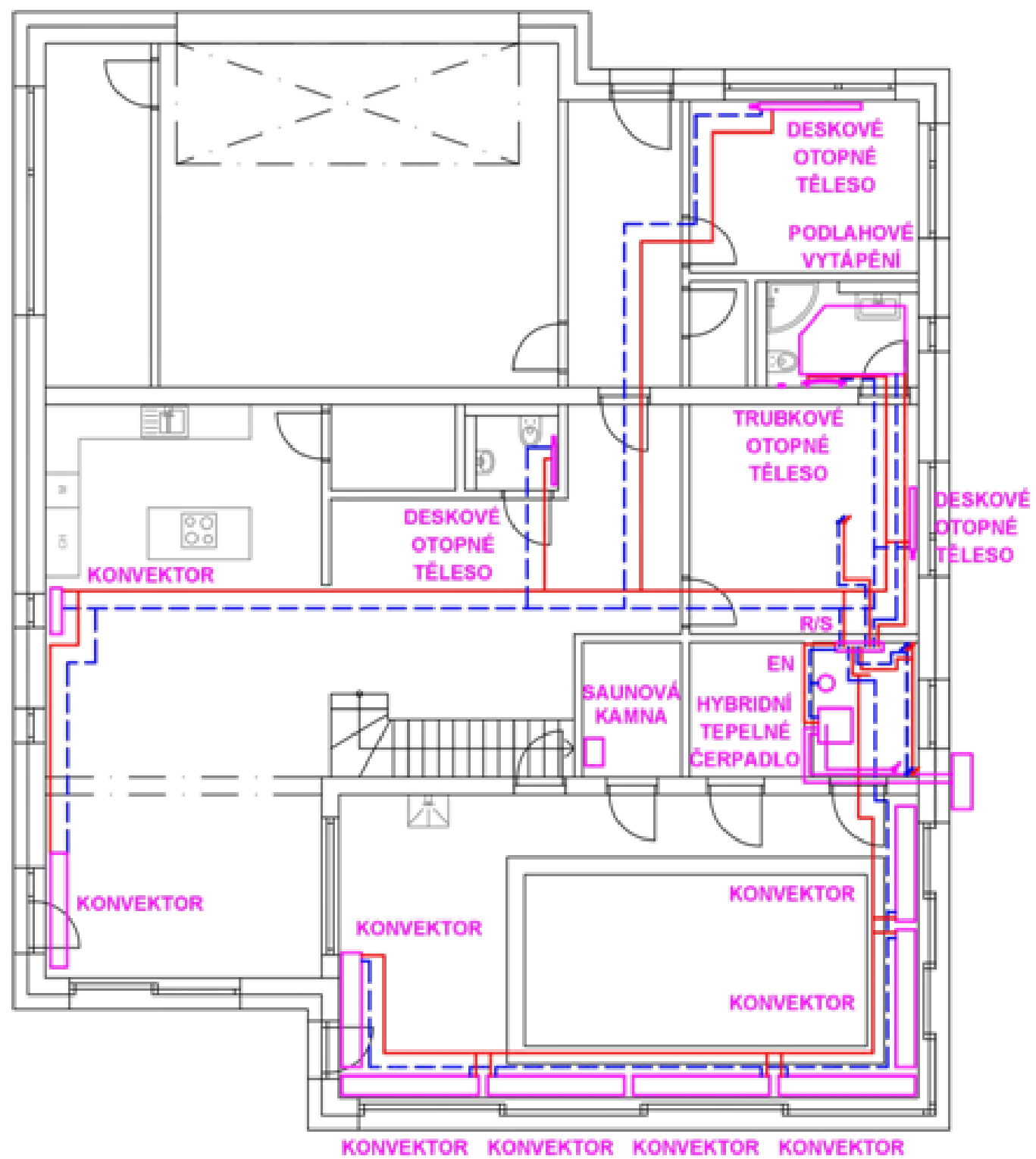
M 1:200

Příloha č. 6 - Vizualizace zpracovávaného RD

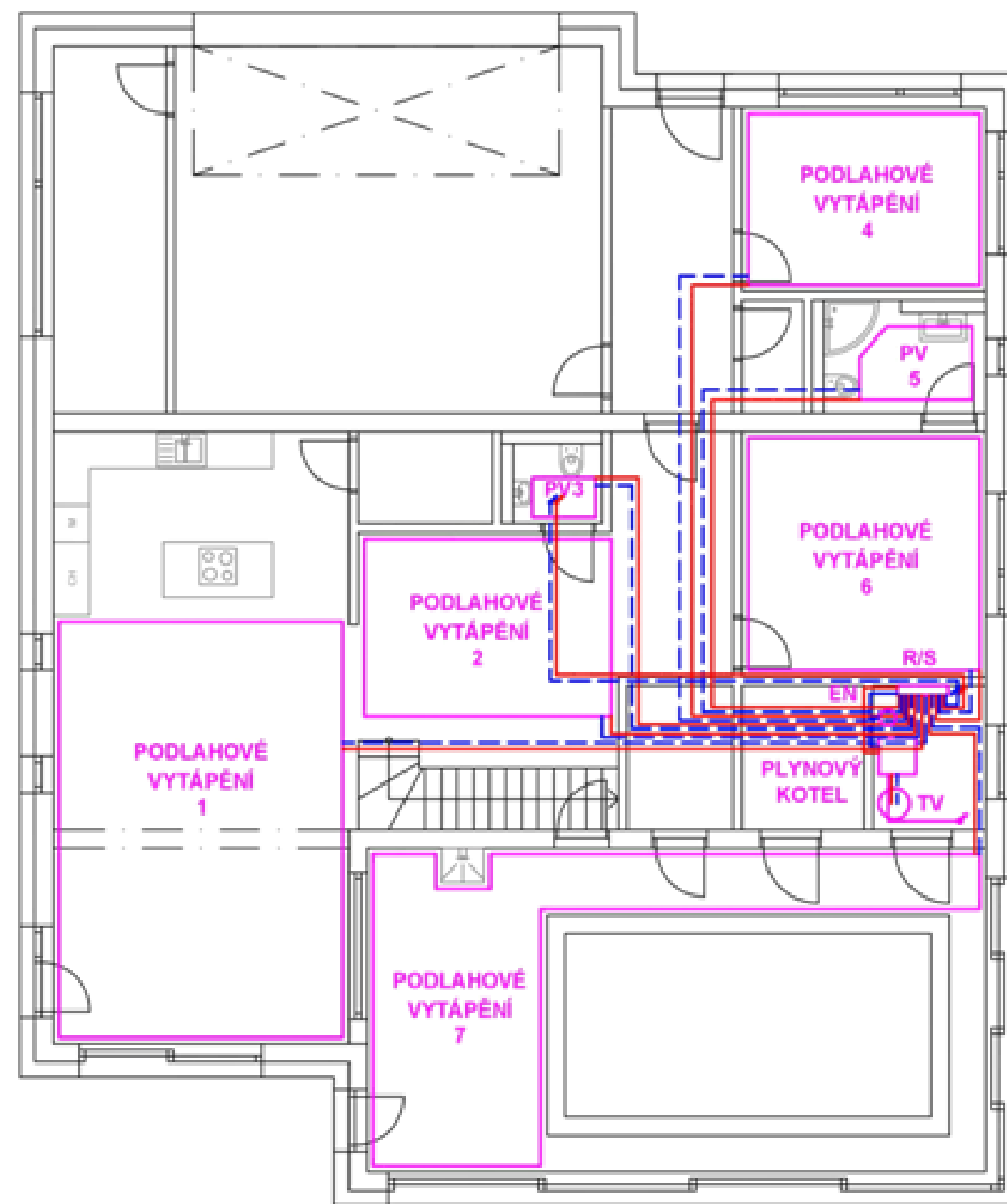


Příloha č. 7 - Porovnání řešení vytápění zpracovávaného RD - půdorys 1.NP

System vytápění otopnými tělesy a konvektory s hybridním tepelným čerpadlem

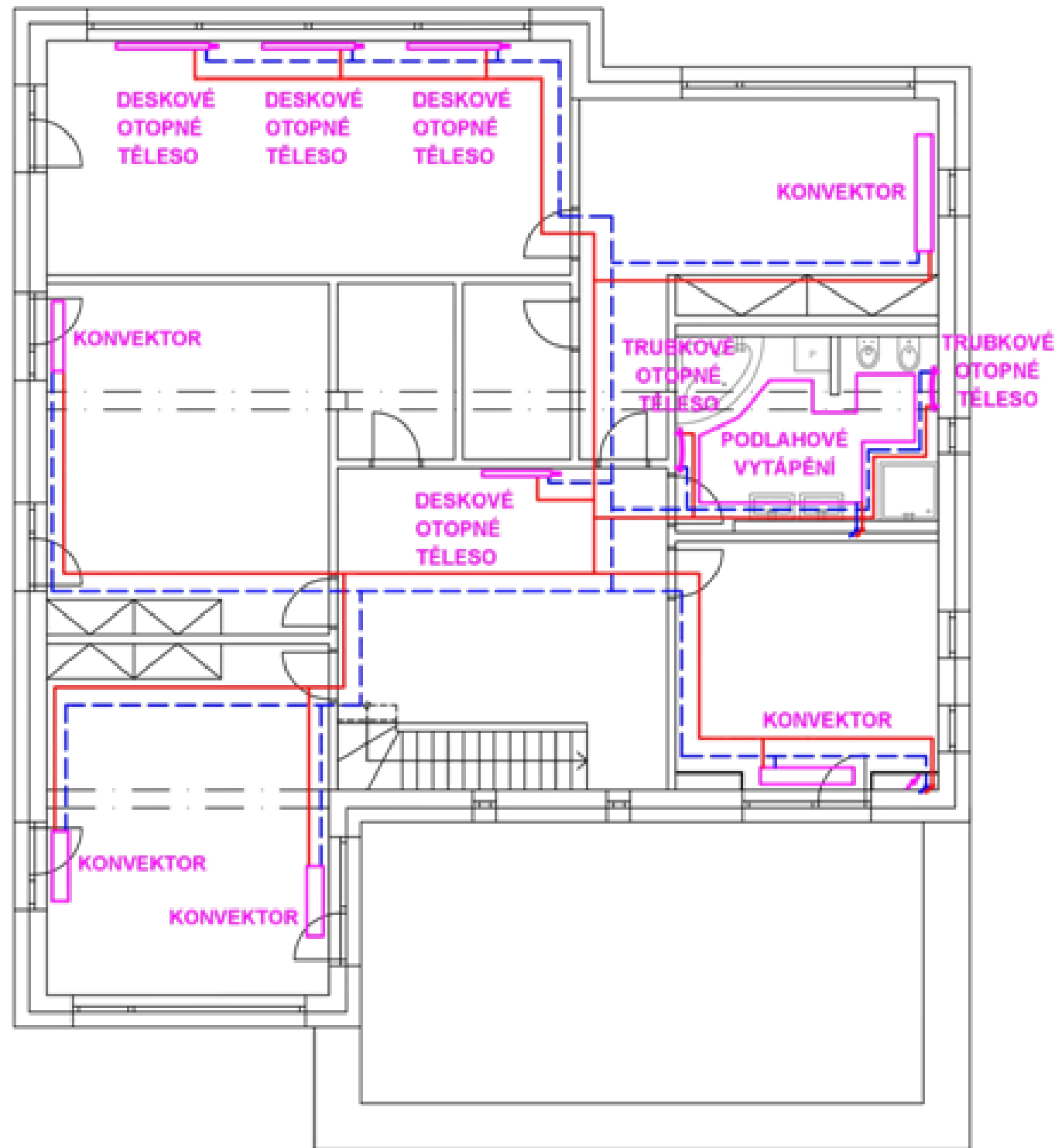


System vytápění podlahovým vytápěním s plynovým kondenzačním kotlem

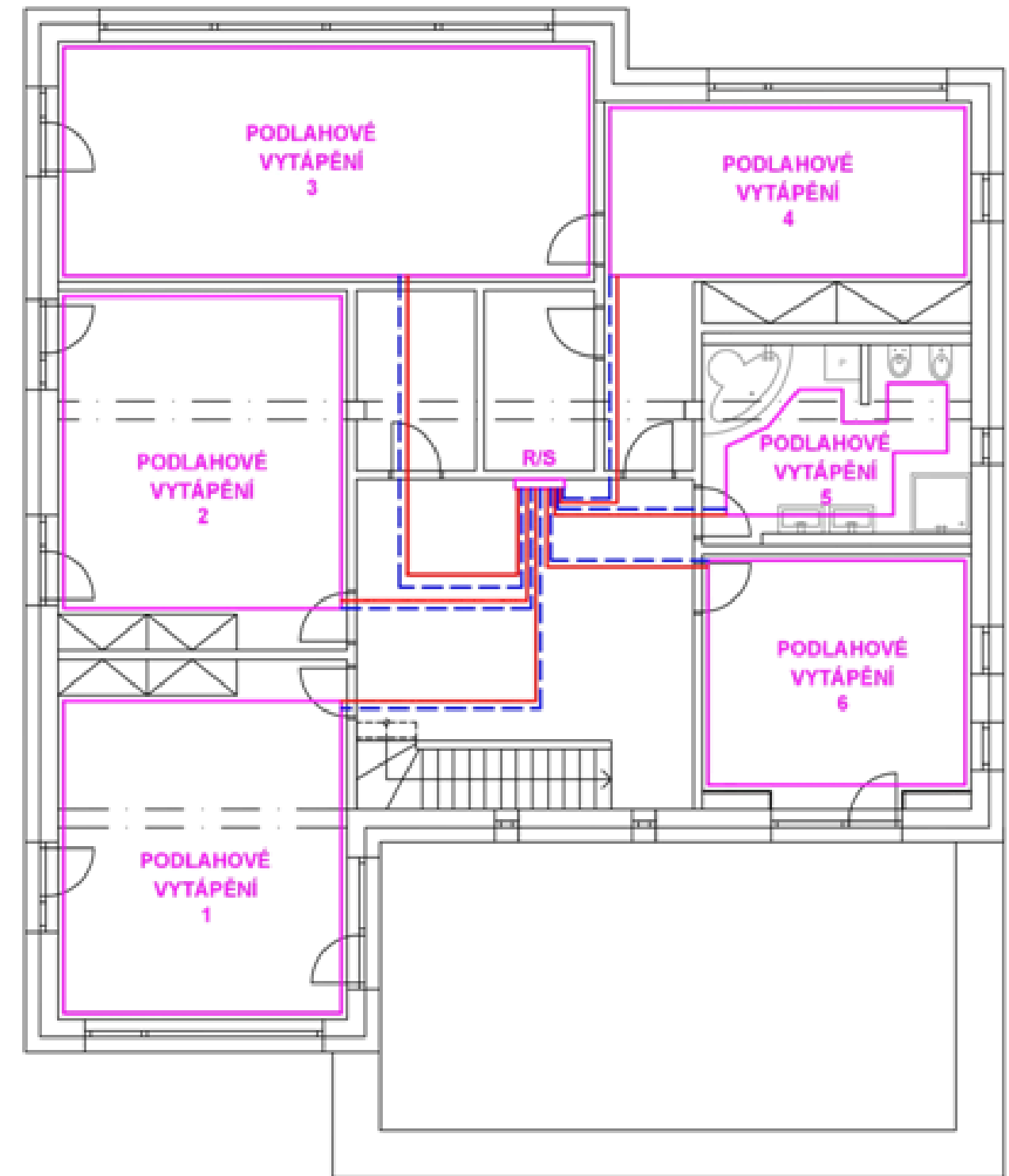


Příloha č. 8 - Porovnání řešení vytápění zpracovávaného RD - půdorys 2.NP

Systém vytápění otopnými tělesy a konvektory s hybridním tepelným čerpadlem

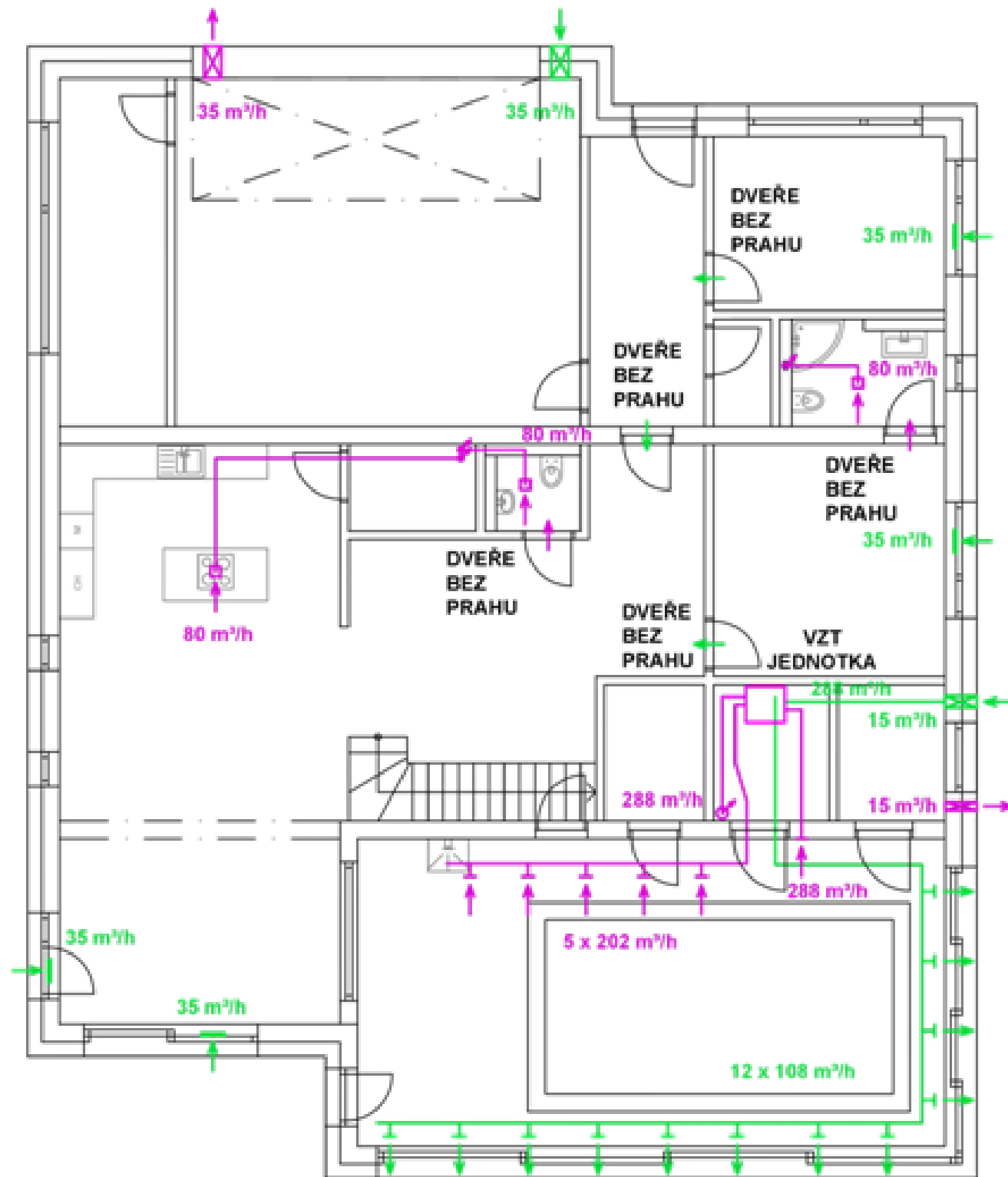


Systém vytápění podlahovým vytápěním s plynovým kondenzačním kotlem

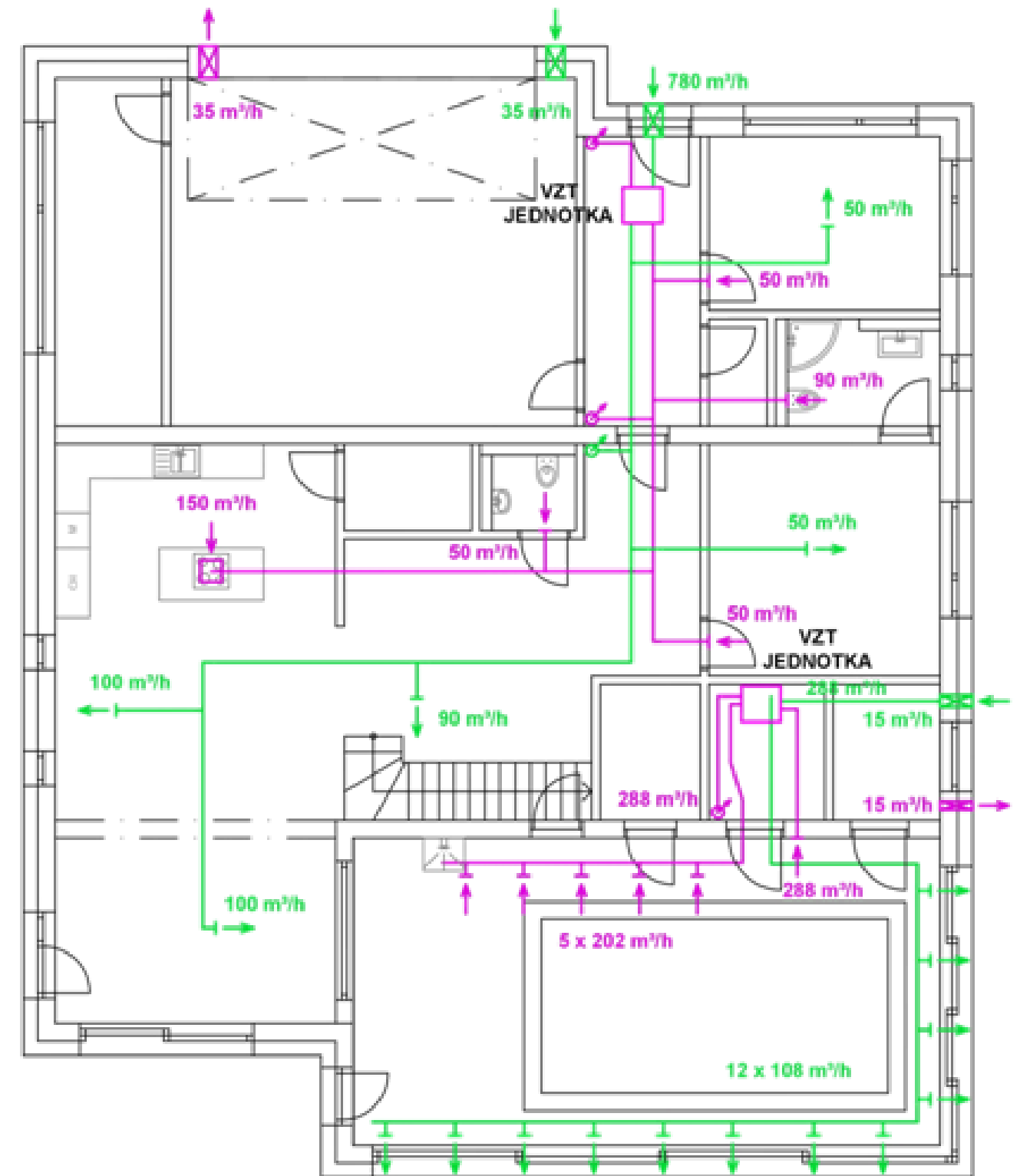


Příloha č. 9 - Porovnání řešení větrání zpracovávaného RD - půdorys 1.NP

System hybridního větrání

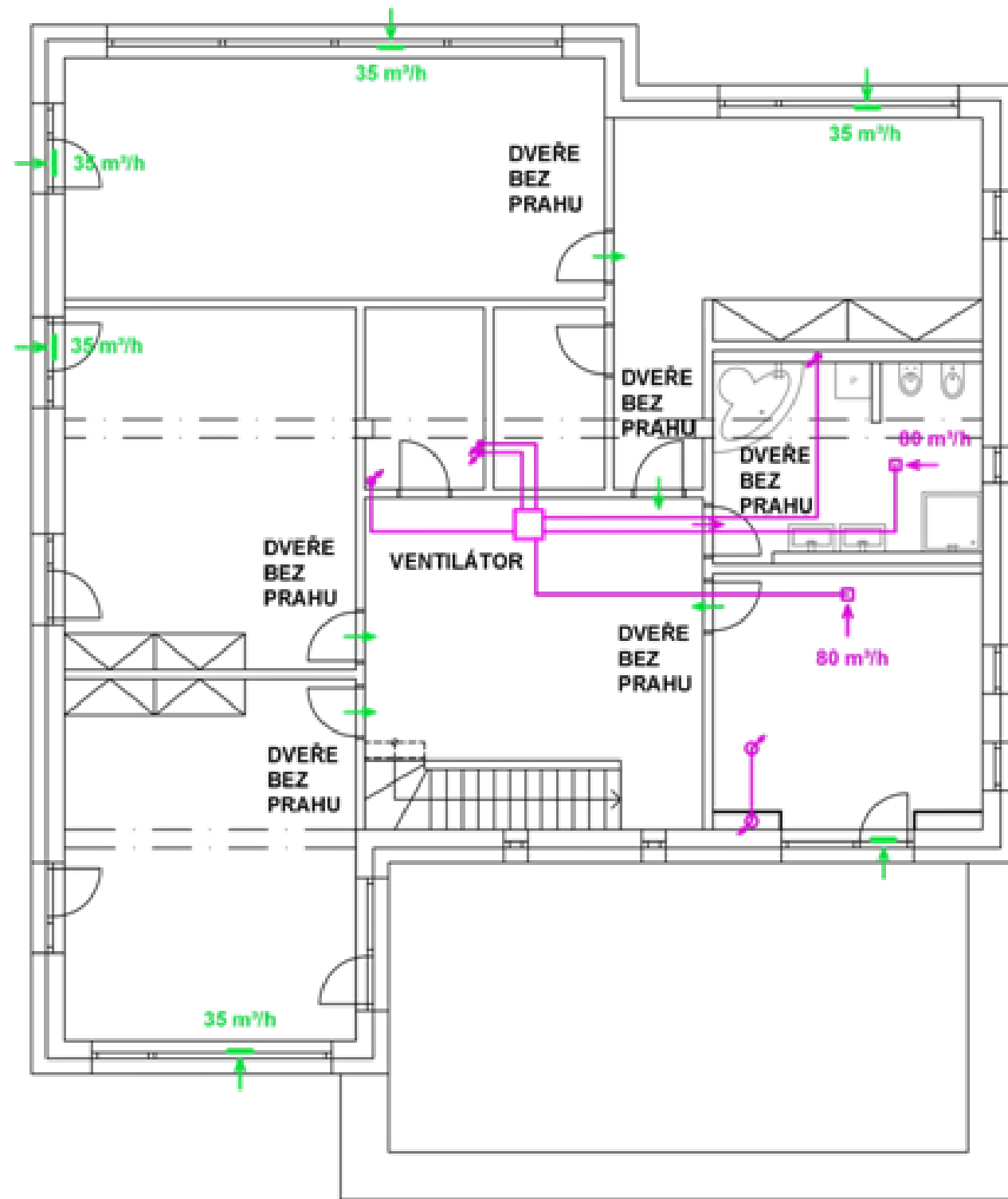


System rovnotlakého větrání

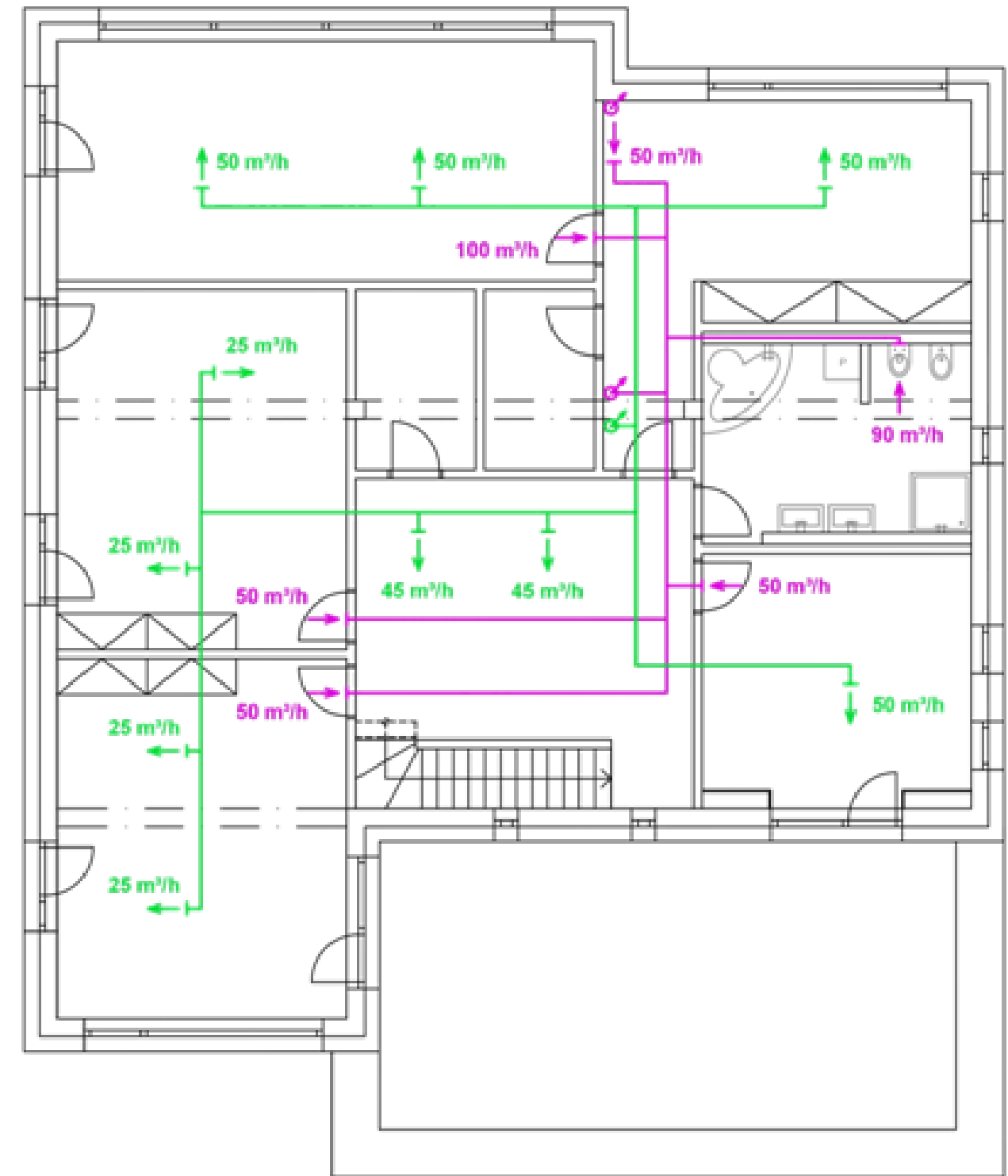


Příloha č. 10 - Porovnání řešení větrání zpracovávaného RD - půdorys 2.NP

Systém hybridního větrání



Systém rovnotlakého větrání



M 1:100