

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



Vytápění a větrání řadového bytového domu
Heating and ventilation of a multi-family apartment building

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Urban, Ph. D.

Šimon Farkač

Praha 2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Farkač Jméno: Šimon Osobní číslo: 484598

Zadávající katedra: Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění a větrání řadového bytového domu

Název bakalářské práce anglicky: Heating and ventilation of a multi-family apartment building

Pokyny pro vypracování:

Práce bude obsahovat část rešerše a část projektu. Rešerše bude reagovat na zpracování konceptu vytápění a větrání. Na základě rešerše bude zpracovaný projekt vytápění a koncept větrání s důrazem na využití obnovitelných zdrojů řadového bytového domu.

Rešerše bude zpracována v rozsahu:

- Základní koncept TZB - vytápění, větrání, ZTI, využití OZE s ohledem na požadavky na energetickou náročnost.
- Popis možných variant způsobu vytápění a větrání.
- Výběr varianty a zpracování výsledného konceptu vytápění a větrání.

Zpracování projektu vytápění v rozsahu:

- Základní výpočty – tepelné ztráty, hydraulický výpočet otopné soustavy, atd.
- Výkresová část - půdorysy, řezy, schéma otopné soustavy a zdroje tepla.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3

Petráš a kol., Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie

Bašta, Kabele, Otopné soustavy teplovodní (sešit projektanta č. 1)

Jméno vedoucího bakalářské práce: Miroslav Urban

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2023

Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.5.2023

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 bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Obsah

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Řešený objekt.....	8
2.1	Lokalita.....	8
2.2	Popis objektu.....	8
2.3	Konstrukce stavby.....	11
3	Vícekritériální metoda.....	12
4	Předpoklad pro návrh zdrojů tepla.....	13
4.1	Možnost využití obnovitelných zdrojů.....	14
4.1.1	Plynový kondenzační kotel.....	14
4.1.2	Tepelné čerpadlo vzduch/voda.....	16
4.1.3	Tepelné čerpadlo země/voda.....	19
4.2	Hodnocení konceptu zdrojů tepla.....	21
4.3	Výběr konceptu zdrojů tepla.....	22
5	Návrh otopných prvků.....	23
5.1	Podlahové vytápění.....	23
5.2	Stropní vytápění.....	24
5.3	Otopné konvektory.....	25
5.4	Hodnocení konceptu otopných prvků.....	27
5.5	Výběr konceptu otopných prvků.....	28
6	Koncept větrání.....	29
6.1	Decentrální nucené větrání s užitím bytových jednotek.....	30
6.2	Decentrální nucené větrání s užitím lokálních jednotek.....	31
6.3	Centrální nucené větrání objektu.....	32
6.4	Hodnocení konceptu větrání.....	33
6.5	Výběr konceptu větrání.....	33
7	Závěr.....	34
8	Použité zdroje a literatura.....	35
9	Seznam obrázků.....	38
10	Seznam tabulek.....	39

Prohlášení

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

V Praze dne

.....

Šimon Farkač

Poděkování

Především bych rád poděkoval panu Ing. Miroslavu Urbanovi za cenné rady, ochotu, připomínky a vstřícnost při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině, která mě podporovala po celou délku studia.

Abstrakt

Bakalářská práce se věnuje návrhům konceptů zdrojů tepla, vytápění a větrání bytového domu v České republice. V první části rešerše jsou navrženy koncepty, který by byly vhodné pro daný objekt. Jednotlivé návrhy jsou podrobněji rozebrány, posouzeny a je vybrána ideální varianta. Pro vybranou variantu je následně zpracován návrh v programu TechCON včetně technických zpráv.

Klíčová slova

Zdroj tepla, vytápění, větrání, koncept, bytový dům, pasivní dům, otopné plochy, tepelné čerpadlo

Abstract

The bachelor's thesis deals with concepts of heat source, heating, and ventilation of an apartment building in the Czech Republic. In the first part of the research, concepts that would be suitable for the given object are suggested. Individual proposals are analyzed in detail, assessed and the ideal variant is selected. For the selected variant, the proposal is subsequently processed in the TechCON program, including technical reports.

Key words

Heat source, heating, ventilation, concept, apartment building, passive house, heating surfaces, heat pump

Obsah bakalářské práce

- Rešerše
- Projekt – technické zprávy a výkresy
- Projekt – výpočty a technické listy

1 Úvod

Bakalářská práce, která se bude věnovat problematice vytápění a větrání řadového bytového domu, je v úvodní části práce řešena rešerší. V druhé části práce bude podrobně zpracován vybraný koncept pro vytápění a větrání pro daný objekt.

Na úvod rešerše bude popsán řešený objekt a specifikována kritéria pro posouzení námi řešené problematiky. Kritéria mají za cíl co nejvíce optimalizovat řešení pro zadaný objekt. Posuzovat se bude proveditelnost, technické možnosti, šetrnost k životnímu prostředí, ale také ekonomická stránka věci, či možnost lehké obsluhy.

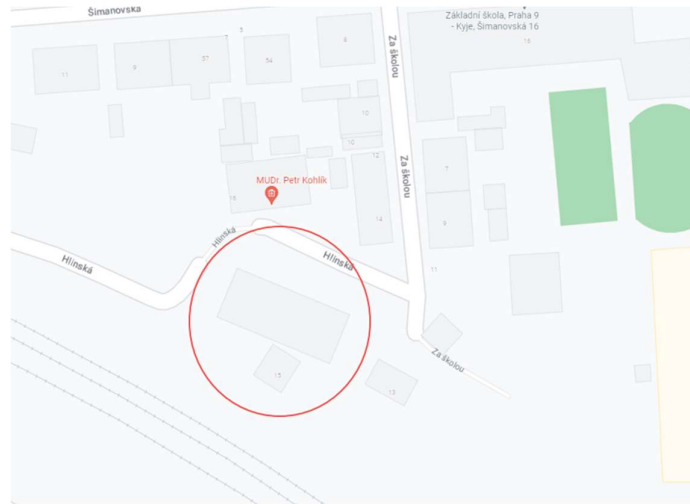
První řešená problematika se zabývá zdroji tepla s užším zaměřením na obnovitelné zdroje. Následně budou navrženy vhodné otopné plochy a systémy větrání spolu s koncovými prvky. V rámci rešerše budou představeny jednotlivé koncepty a na základě předem stanovených kritérií bude vybrán vhodný systém. Kritéria budou stanoveny tak, že u každé ideové koncepce budou popsány klady a zápory dané technologie. Na základě vícekritériální metody hodnocení bude následně rozhodnuto, který koncept bude zvolen.

V projektové části budou zpracovány vybrané varianty pro vytápění a větrání objektu. Zdroj tepla bude dále specifikován. Bude zpracován návrh rozvodů vytápění spolu s koncovými prvky, návrh vzduchotechnických rozvodů a distribučních prvků. Ke každé profesi bude zpracována technická zpráva.

2 Řešený objekt

2.1 Lokalita

Bytový dům se nachází v Praze, v městské části Praha 14, v ulici Hlinská na slepém konci ulice. Bytový dům je vstupem do objektu a vjezdem do garáží orientován na severovýchodní stranu. Z ulice se vchází a vjíždí do objektu. Jihozápadní strana slouží jako zahrady pro byty v 2.NP. Zbylé strany jsou využívány jako zelená plocha nebo zastavěná parcela s rodinným domem. Širší oblast je zastavěna civilní zástavbou jako jsou bytové a rodinné domy. Všechny inženýrské sítě se nachází na ulici Za školou, kde se nachází přípojky k sítím.



Obr. 1: Situace

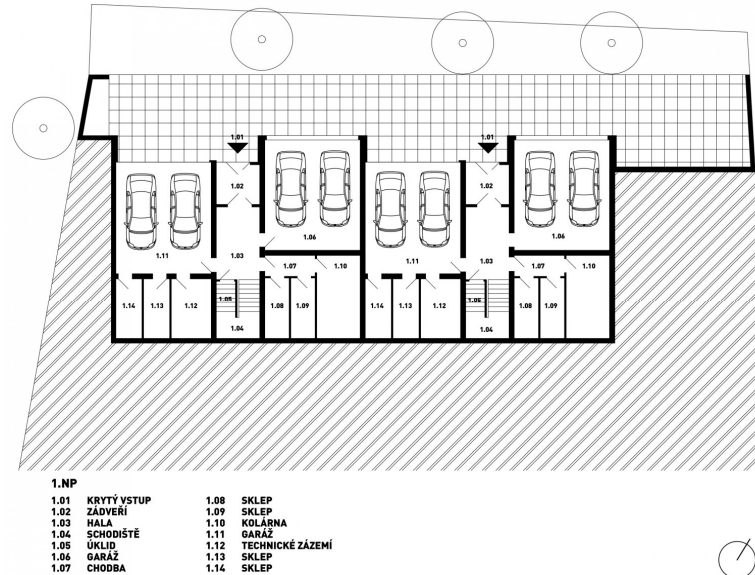
Klimatické údaje pro lokalitu Praha (Kyje) dle ČSN EN 12 831-1, kde se objekt nachází. [1]

- nadmořská výška:	181 m. n. m.
- venkovní výpočtová teplota:	-12 °C
- střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období:	13 °C
- střední venkovní teplota za otopné období:	4,3 °C
- počet dnů otopného období:	225 dní

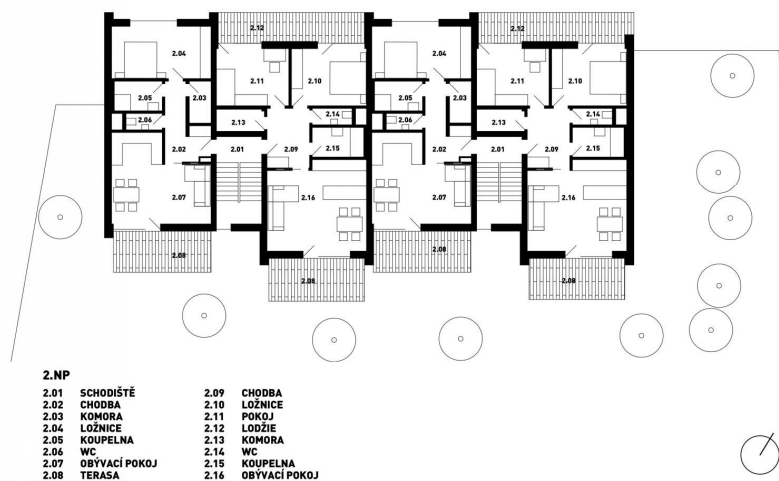
2.2 Popis objektu

Budova se nachází na lehce svažitém terénu prostředí. Řešení objektu využívá moderní architekturu, kde tvar objektu je složen ze vzájemně posunutých kvádrů. Jednotlivé kvádry vytváří lodžie pro některé bytové jednotky. Na celé konstrukci je zachován princip pravých úhlů.

Bytový dům má 2 nadzemní podlaží a jedno podzemní. Podzemní podlaží je částečně zapuštěné do svahu. Sklon střechy objektu spadá do kategorie ploché střechy, což umožňuje použití technologie zelené střechy. V objektu se nachází celkem 8 bytových jednotek. Podlaží 1.PP slouží jako vchod do objektu, garáže, sklepy a technické zázemí objektu. V 1.NP se nachází 4 bytové jednotky. Každý byt má přístup na soukromou zahradu, která se nachází na odvrácené straně ulice. Dva byty s větší dispozicí dále disponují lodžijemi. V 2.NP se nachází zbylé 4 bytové jednotky. Každá jednotka má přístup na soukromou lodžii. Objekt nemá k dispozici výtah a disponuje dvěma vnitřními dvouramennými schodišti. Vstup do bytových jednotek je situován uvnitř budovy na stejném podlaží jako byt.



Obr. 2: Půdorys 1.PP



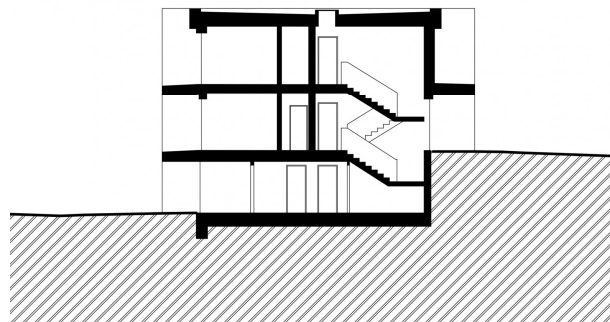
Obr. 3: Půdorys 2.NP



3.NP			
3.01	SCHODIŠTĚ	3.08	KOMORA
3.02	CHODBA	3.09	OBÝVACÍ POKOJ
3.03	POKOJ	3.10	CHODBA
3.04	LOŽNICE	3.11	LOŽNICE
3.05	LOŽNIE	3.12	KOMORA
3.06	WC	3.13	KOUPELNA
3.07	KOUPELNA	3.14	WC
		3.15	OBÝVACÍ POKOJ



Obr. 4: Půdorys 2.NP



Obr. 5: Schéma řez objektu

2.3 Konstrukce stavby

Svislé nosné konstrukce jsou řešeny broušeným cihelným blokem. Stropní konstrukce jsou řešeny pomocí monolitického železobetonu. Spodní stavba je navržena jako základová deska. Suterénní stěny, přilehlé k terénu, jsou doplněny o dodatečnou hydroizolaci. Beton použitý v základové desce je doplněn o příměsi betonu proti průsaku vody.

Vnější obvodový plášť je zateplen pomocí expandovaného polystyrenu. U fasády je zvolena omítka nebo dřevěný obklad. Vnější výplně jsou řešeny hliníkovým rámem, z důvodu lepších tepelných vlastností a estetiky. Okna jsou zasklena tepelně izolačním trojskem pro snížení tepelné náročnosti objektu. Vnitřní nenosná část konstrukce, která slouží k rozdělení dispozice, je řešena SDK panely.

Bytový dům je navržen jako pasivní, tudíž hodnoty pro součinitele prostupu tepla budou v normě odpovídat pasivním domům.

Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla

- obvodová stěna:	$U_{pas,20} = 0,18-0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- obvodová stěna přilehlá k zemině:	$U_{pas,20} = 0,18-0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- střecha plochá:	$U_{pas,20} = 0,15-0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- podlaha temperovaného prostoru přilehlá k zemině:	$U_{pas,20} = 0,45-0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- strop z vytápěného k temperovanému prostoru:	$U_{pas,20} = 0,38-0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- výplň otvorů z temperovaného prostoru do venkovního prostředí:	$U_{pas,20} = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- dveřní výplň otvorů z vytápěného prostoru do venkovního prostředí :	$U_{pas,20} = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- výplň otvorů z vytápěného prostoru do venkovního prostředí:	$U_{pas,20} = 0,8-0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Požadavky na vnitřní prostředí budovy dle ČSN 73 0540-3

- obývací místnosti:	$t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- koupelny:	$t_i = 24 \text{ }^\circ\text{C}$
- vytápěné vedlejší místnosti:	$t_i = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
- temperované prostory:	$t_i = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

3 Vícekriteriální metoda

V rámci projektu budou zpracovány návrhy konceptů pro zdroje tepla, otopné plochy a možnosti větrání. Je zapotřebí mezi koncepty vybrat jedno ideální řešení. K posouzení, která varianta je právě ta ideální, bude použita vícekriteriální metoda. Pokud bude navrženo více konceptů je potřeba vyřešit rozhodovací problém. Vícekriteriální metodu byla zvolena z důvodu kombinace individuálního názoru a procedurálního postupu. V případě použití vícekriteriální metody je nutné nejdříve stanovit kritéria, podle kterých budu vybrané metody posuzovat. Každé kritérium získá určitou váhu v podobě číselného ohodnocení podle důležitosti daného kritéria.

Určení kritérií a jejich váhový význam je čistě založen na mém subjektivním názoru. Tudíž jiné projekty, které zpracovávají podobné téma či stejné koncepty, mohou dojít k jinému závěru. Právě určení, co považuji za hodnotící kritéria a určení jejich váhy, považuji za individuální aspekt metody.

Pro samotné posouzení použiji Metfelseslovu alokaci [2], která funguje na principu rozdělení bodů váhy mezi hodnotící kritéria. K dispozici je přesně 100 bodů, které se musí rozdělit. Jednotlivá kritéria tedy nemusí mít v hodnocení stejnou váhu, ale celkový počet bodů váhy se musí rovnat stu.

Hodnocení samotného návrhu probíhá v excelovských tabulkách pomocí bodové metody. Každé kritérium je bodově ohodnoceno s tím, že 10 bodů nejvyšší možný počet a 1 bod je nejnižší možný počet. Následné propočtení sečte body a nezávisle určí nejvhodnější řešení.

4 Předpoklad pro návrh zdrojů tepla

Z důvodu, že se jedná o bytový dům, budou navrženy zdroje tepla, která nevyžadují časté kontroly. Zdroje tepla budou vybrány na základě jejich šetnosti k přírodě. Z tohoto hlediska, zdroje, které produkují škodlivé látky nebo jako palivo používají neobnovitelný zdroj, budou vyřazeny.

Bytový dům je koncipován jako dvojdům, který není symetrický nýbrž posunutý. Části jsou navzájem totožné a každá obsahuje 4 bytové jednotky. Kvůli rozdílným rozmístěním místností dojde k malému rozdílu v potřebě tepla. V každé části se nachází technická místnost, tudíž pro každou polovinu bude navržen svůj zdroj tepla.

Kotle na tuhá paliva (dřevo, palety) sice můžou být řazeny mezi obnovitelné zdroje. Během spalování vznikají škodlivé látky a v podobě kouře jsou vypouštěny do okolí, což nepřispívá ke kvalitě ovzduší v dané lokaci. Jelikož se objekt nachází ve městě, nejedná se o ideální řešení zdroje tepla. Mezi další nevýhody kotle na tuhá paliva patří nedostatečný prostor na uskladnění samotného paliva, prašnost v místnosti a stálá obsluha.

Mezi zdroje tepla není navržen elektrický kotel. Přestože splňuje mnohé požadavky, není příliš ekonomický jako hlavní zdroj tepla.

Byly navrženy tři zdroje tepla, které splňují požadavky obnovitelných zdrojů, snadné obsluhy a žádného negativního vlivu na okolní prostředí. Jejich fungování je plně automatizované a neprodukuje prašné částice uvnitř budovy. Jelikož se jedná o pokročilé technologie, jejich návrh a instalace musí být provedena odborníkem. Zdroje budou sloužit k dodávce tepla a přípravě teplé vody v objektu.

Potřeby tepla:

- tepelná ztráta prostupem (výkon potřebný na vytápění):	6,59 kW
- výkon potřebný pro přípravu teplé vody:	1,962 kW
- potřebný výkon pro vytápění a ohřev teplé vody:	6,59 kW

Roční potřeby tepla:

- roční potřeba tepla na vytápění:	13,24 MWh/rok
- roční potřeba tepla na přípravu teplé vody:	9,878 MWh/rok
- celková roční potřeba tepla:	23,12 MWh/rok

Navrhované zdroje tepla:

- plynový kondenzační kotel
- tepelné čerpadlo vzduch/voda
- tepelné čerpadlo země/voda

4.1 Možnost využití obnovitelných zdrojů

Navrhované varianty se zakládají na myšlence obnovitelných zdrojů. V rámci projektu může být uvažována i varianta kombinace více zdrojů tepla pro daný objekt. Ke kombinaci zdrojů mohou být použity i jiné zdroje tepla, které nejsou navrženy v této práci. Jako první obnovitelný zdroj, který si většina společnosti pod tímto pojmem představí, je solární energie. V dnešní době jsou standardně používány fotovoltaické panely nebo solární kolektory.

Využití fotovoltaiky je dobrá volba pro domy s možností instalace panelů na konstrukci střechy. Pokud nelze instalovat fotovoltaiku na střechu, třeba kvůli malé ploše či špatné orientaci střechy, je možné panely nainstalovat také jinde na pozemku mimo zastavěnou část. Největší využití fotovoltaických panelů nastane, pokud bude energie využita pro chlazení, protože největší výkon panelů nastává právě v době největší spotřeby energie pro chlazení.

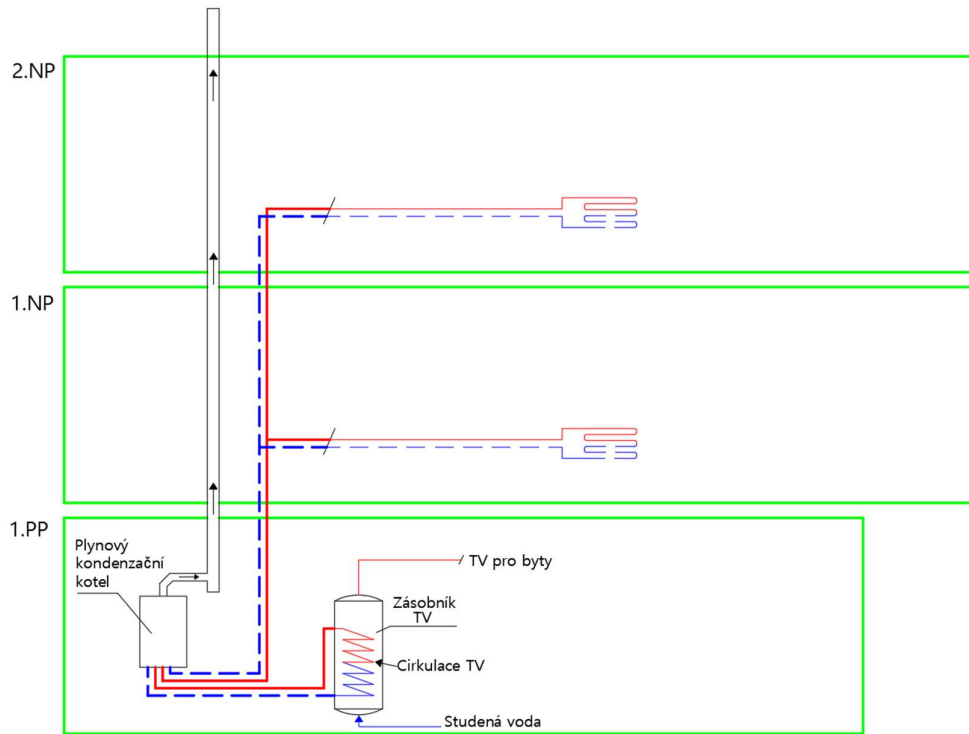
Kombinace solární panelů a tepelných čerpadel není příliš častá. Z pravidla jsou tepelná čerpadla schopna vyrobit dostatek levné energie pro vytápění objektu. Přidáním solárních panelů vzrůstají počáteční finanční náklady a nutnost dodatečné údržby. Z hlediska rentability se kombinace z pravidla nevyplácí. Využití solární energie je častější v kombinaci s plynovým kotlem, kde kotel plní roli sekundárního zdroje tepla.

Bytový dům Kyjem, na který se tento objekt zaměřuje, disponuje relativně rozsáhlou střešní plochou pro případnou instalaci solárních panelů. V předběžném řešení skladem se uvažuje užití zelené střechy. Plocha střechy, přestože je rozsáhlá, samostatně nepokryje energetickou náročnost 8 bytových jednotek. Pro návrh není uvažována kombinace zdrojů tepla, tudíž ani použití fotovoltaických panelů. [3]

4.1.1 Plynový kondenzační kotel

První navržená varianta je návrh plynového kondenzačního kotle. Inženýrské sítě jsou vedeny v místě výstavby, tudíž pomocí přípojky je možné snadno napojit kotel na plynovou infrastrukturu. Zdroj bude umístěn v technické místnosti, která se nachází v 1.PP. Napojení bude provedeno plynovodní přípojkou. Odvod spalin bude řešen komínem, který bude umístěn vedle technické šachty. Dále bude nutné zajistit odvod kondenzátu a přívod vzduchu pro spalování, který bude přiveden z venkovního prostředí.

Plynový kotel je navrhnout a dimenzován na dodávku tepla pro vytápění a tepla pro ohřátí teplé vody. Další části systému (zásobník teplé vody, expanzní nádoba atd.) se taktéž nachází v technické místnosti.



Obr. 6: schéma konceptu plynového kondenzačního kotle

Pro koncept využívající plynový kotel navrhuji Panther Codens 15 KKo-CS/1 [4], který disponuje rozsahem tepelného výkonu při 50/30 °C 2,7-16,4 kW. Kotel bezproblémově zvládne ohřev teplé vody a dodávku tepla na vytápění pro danou část objektu.

Mezi prvotní náklady bude započtena pořizovací cena kotle, cena za stavbu odvodního komínu a cena za realizaci plynovodní přípojky. Při kalkulaci plynovodní přípojky bude uvažována projektovou dokumentací za 10 000 Kč, první dva metry přípojky 18 000 Kč. Za každý dodatečných metr přípojky doplatíme 1 400 Kč, tedy 16 800 Kč. [5]

- Pořizovací cena kotle:	36 696 Kč s DPH [6]
- Výstavba odvodního komínu	38 809 Kč s DPH [7]
- Plynovodní přípojka	44 800 Kč s DPH [5]
- <u>celková cena</u>	<u>120 305 Kč s DPH</u>

Počet komínových průduchů:	1p
Systém:	NEREZO
Řešení nadstřešní části:	OM
Průměr průduchu [mm]:	160
Výška nadstřešních částí [m]:	0,8
Výška podstřešních částí [m]:	7
Výška spalínové cesty [m]:	0
Barva barevných prstenců TK HB:	
Barva krycí desky DK:	ŠEDÁ

Upřesnění objednávky							
kód	Název	hmot. kg	spotř. ks	na...	jedn.cena Kč	spotřeba ks	cena Kč
Z5	sada zavětrovací pro uchycení komína do krovu	3,0	1,00	komín	1390,00	1	1390
TK1LB	tvárnice komínová plášťová 380x380x330mm	24,0	3,00	bm	350,00	21	7350
OMN	mřížka odvětrávací nerez 170x170mm	0,5	2,00	komín	890,00	1	890
KONUSUNIVERSO	konus ukončovací dilatační nerez pro Universo	1,8	1,00	komín	1650,00	1	1650
IP2	izolace průběžná s výstupy 500 mm	1,0	2,00	bm	390,00	14	5460
FU95B	Kondenzační jímká bez odtoku 0,6mm	1,0	1,00	ks	535,00	1	535
FU40	distanční vyústěvací objímka nerez	0,0	1,00	ks	380,00	3	1140
FU13	komínová dvířka nerez dvojitá 255x225 mm	1,3	1,00	komín	1490,00	1	1490
FU0615	T-kus 87° s odkapničkou-tl.0,6mm	2,7	1,00	komín	2085,00	1	2085
FU0607	čistící prvek nerez: délka 320 mm-tl.0,6mm	2,2	1,00	komín	925,00	1	925
FU0603	komínová vložka nerez: délka 500 mm-tl.0,6mm	2,4	2,00	bm	822,00	2	1644
FU0602	komínová vložka nerez: délka 1000 mm-tl.0,6mm	4,0	1,00	bm	1580,00	6	9480
FT25	tmel pro spojování tvárnic a prstenců 25kg	25,0	1,00	10ks	890,00	1	890
DK1N	deska krycí lehčený beton 490x490x50 mm	25,0	1,00	komín	1690,00	1	1690
CDUNIVERSO	deska čelní pro kouřovod 90°universo	1,0	1,00	zaúst.	380,00	1	380

Doporučené příslušenství:	
Cenová kalkulace:	
DPH: 21 %	Celková hmotnost [kg]: 610,3
	Ceniková cena sestava+příslušenství bez DPH: 36999,00
Sleva A,B,C,D,E [%]: 25, 0, 0, 0, 0	Výše slevy sk. A [Kč]: 4925,00
	Výše slevy sk. B [Kč]: 0,00
	Výše slevy sk. C [Kč]: 0,00
	Výše slevy sk. D [Kč]: 0,00
	Výše slevy sk. E [Kč]: 0,00
	Výše slevy celkem [Kč]: 4925,00
	Cena komínové sestavy po slevě [Kč]: 32074,00
	Cena doporučeného příslušenství po slevě [Kč]: 0,00
	Cena montáže [Kč]: 0,00
	Dopravné a balné [Kč]: 0,00
	Celková cena bez DPH po slevě [Kč]: 32074,00
	DPH [Kč]: 6735,54
	Celková cena s DPH po slevě [Kč]: 38809,54

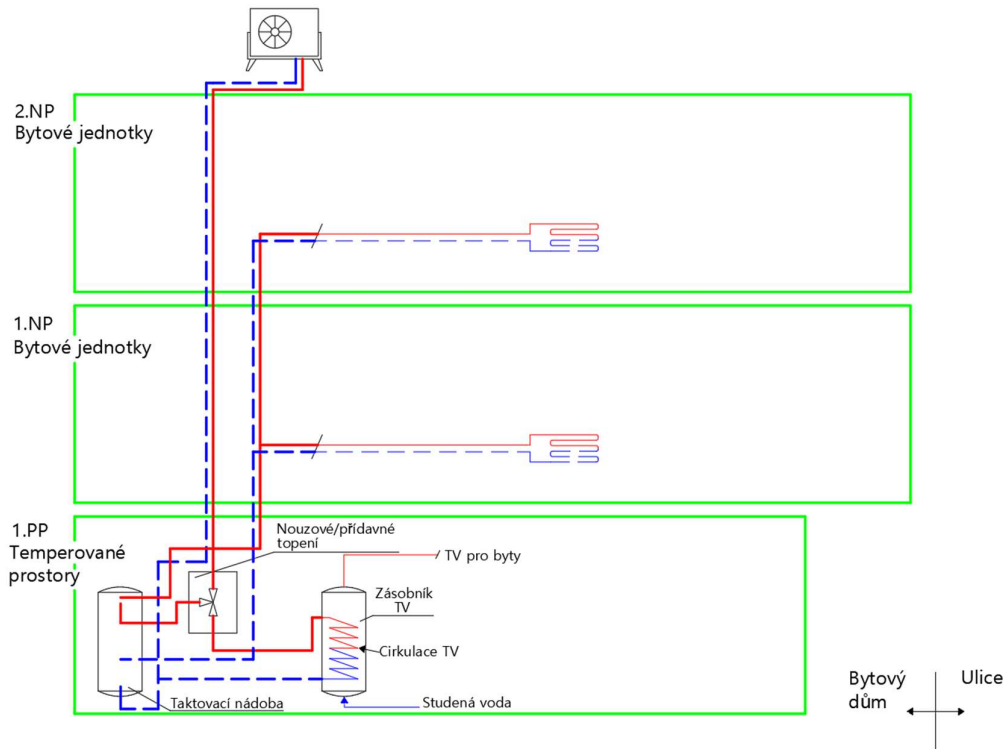
Obr. 7: Odhad ceny komínu [7]

4.1.2 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Druhý řešený koncept uvažuje realizaci tepelného čerpadla vzduch/voda. Jedná se o ekonomicky nenáročné řešení, jelikož se nabízí využití dotací z programu Nová zelená úspora, a nenáročnost instalace zařízení. Získávání samotné energie je velmi šetrné k okolnímu prostředí. Další výhodou je bezpochybně nezávislost na trhu s cenami energií.

Tepelná čerpadla vzduch-voda získávají cca 75 % své tepelné energie z okolního vzduchu. Zbýlých 25 % tepelné energie je zapotřebí získat z jiného zdroje [8]. Výpočet je dimenzován na nejnižší místní výpočtové teplotě. Procentuální využití tepelného čerpadla pro získání tepelné energie se může lišit. Záleží na dalších možnostech dotopového zdroje (dřevo, plyn). V tokovém případě lze čerpadlo dimenzovat i na 50 %. Pokud by byli naopak limitované dotopové možnosti, lze dimenzovat tepelné čerpadlo i na vyšší využití než 75 %. Pořizovací náklady by ale byly vyšší [9].

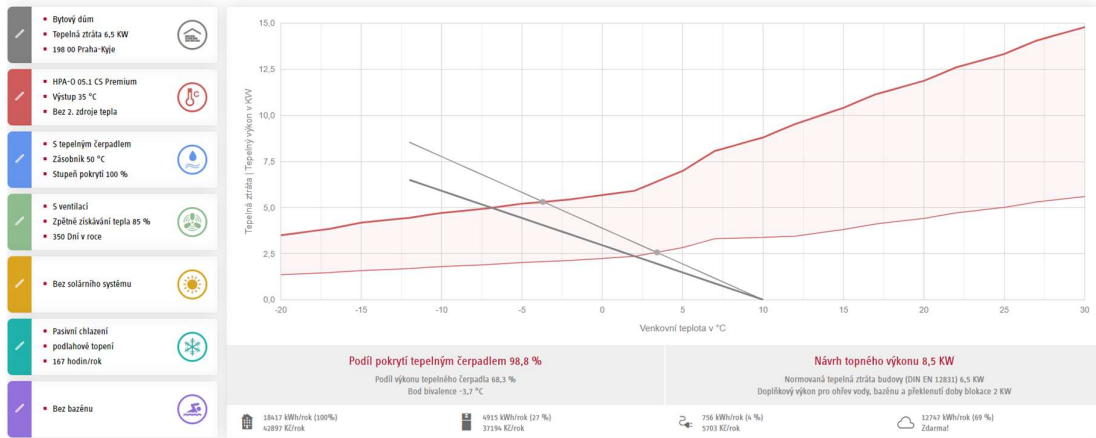
Venkovní jednotka tepelného čerpadla by byla umístěna na střeše objektu. Vnitřní část bude umístěna v technické místnosti spolu s dalším potřebným příslušenstvím (zásobník teplé vody, expanzní nádoba...). Při návrhu systému se uvažuje nejnižší možná teplota otopné soustavy (30 °C), aby efektivita provozu byla dimenzována co nejlépe. U tepelného čerpadla vzduch/voda platí, čím nižší teplotu otopné vody, tím menší jsou náklady na provoz. Při využití nižší teploty vody jsou ideální velkoplošné topné systémy (podlahové nebo stropní).



Obr. 8: schéma konceptu tepelného čerpadla vzduch/voda

Pro přesnější návrh čerpadla bude použit pomocný program od firmy Stiebel Eltron [10]. Ten podle zadaných hodnot doporučil čerpadlo o topném výkonu 8,5 kW. Návrh bude také uvažovat instalaci bivalentního zdroje, který bude aktivován, pokud venkovní teplota klesne pod $-3,7$ °C. Jako vhodné čerpadlo bylo zvoleno čerpadlo HPA-O 05.1 CS Premium od firmy Stiebel Eltron o výkonu 6,55 kW. Soustava bude doplněna o HM trend hydraulický modul, který bude plnit funkci bivalentního zdroje. Ten disponuje příkonem 8,7 kW [11].

- Čerpadlo HPA-O 05.1 CS Premium:	270 797 Kč s DPH [12]
- HM trend hydraulický modul:	90 339 Kč s DPH [13]
- celková cena	<u>361 136 Kč s DPH</u>



Obr. 9: Návrh tepelného čerpadla vzduch/voda v programu Toolbox



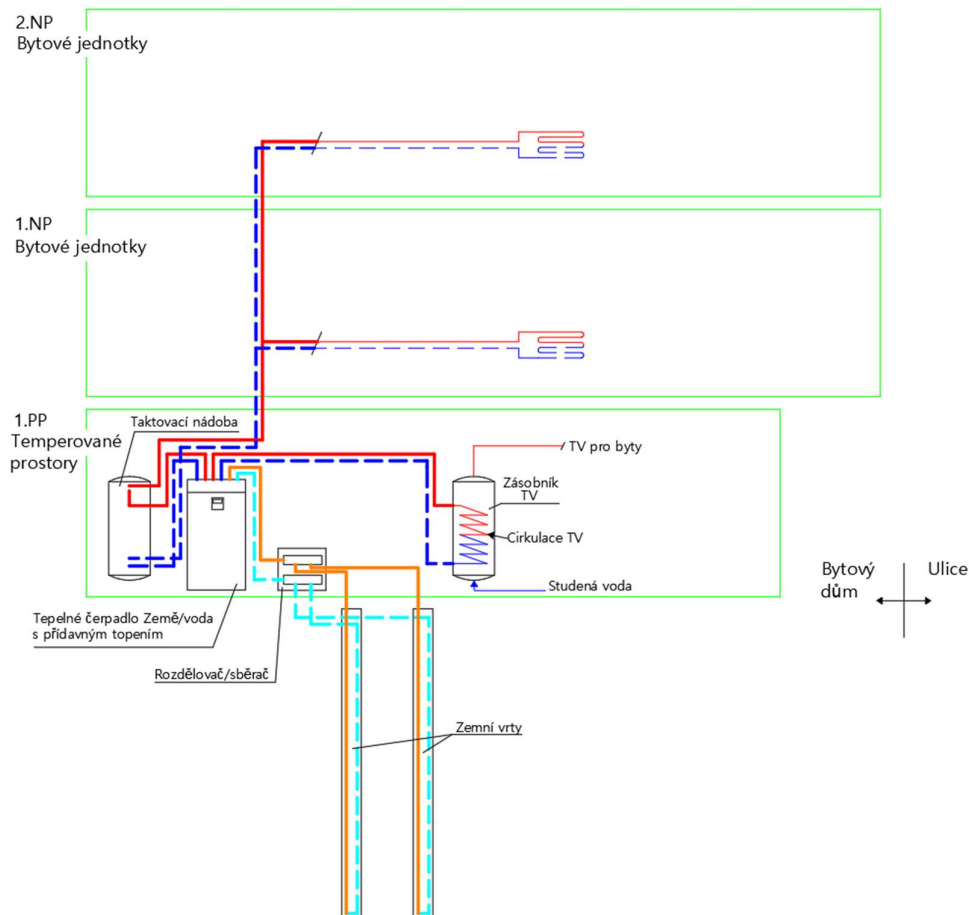
Obr. 10: Tepelné čerpadlo HPA-O 05.1 CS Premium



Obr. 11: HM trend hydraulický modul

4.1.3 Tepelné čerpadlo země/voda

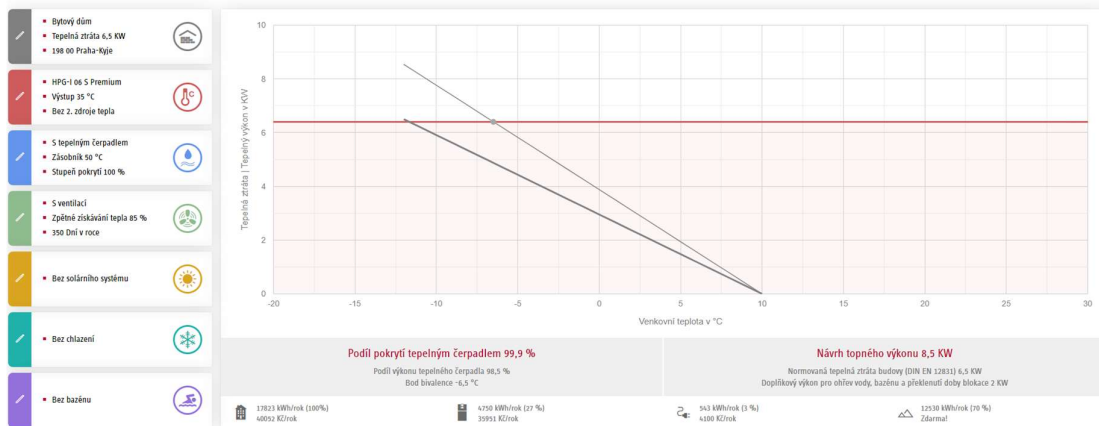
U poslední varianty je uvažováno instalaci tepelného čerpadla země/voda. Zde se rozdělují čerpadla na dva druhy, kvůli rozdílnému způsobu získávání energie. Dělíme na plošné získávání energie nebo hlubinné vrty. V případě navrhovaného objektu volím hlubinné vrty. Důvodem je nedostatečná plocha v okolí objektu, která by mohla sloužit k zavedení plošných kolektorů. Samotné řešení hlubinných vrtů je finančně nákladnější řešení, avšak nevyžaduje potřebný prostor pro plošné kolektory, kterým objekt nedisponuje. Mezi hlavní výhodu čerpadel země/voda je stabilně kontinuální výkon po celý rok. Tím pádem není zapotřebí nebo stačí malý dotopový zdroj [14].



Obr. 12: schéma konceptu tepelného čerpadla země/voda

Za použití návrhového programu firmy Stiebel Eltron [10] bylo zvoleno tepelné čerpadlo HPG-I 06 CS Premium [15] o celkovém výkonu 6,6 kW. Při teplotě $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ bude aktivován bivalentní zdroj. Otopná voda je zahřívána na teplotu $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ a teplota vody v zásobníku je $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Příkon přídavného vytápění je 8,8 kW. Pro získání 1 kW je zapotřebí minimálně hloubky 12 m. Pro tento návrh budou tedy uvažovány hloubky 84 m. Cena za metr hloubky hlubinného vrtu se pohybuje v rozmezí 1200 až 2500 Kč/m podle náročnosti podloží. Jelikož kvalita podloží není známá, bude uvažována kvalitnější zemina s nároky na cenu 1500 Kč/m [16], [17].

- Cena vrtu o hloubce 84 m (1500 Kč/m) 126 000 Kč s DPH [17]
- tepelné čerpadlo HPG-I 06 CS Premium : 306 075 Kč s DPH [18]
- (sazbu DPH uvažuji z pořizovací ceny 5 % [19])
- celková cena 432 075 Kč s DPH



Obr. 13: Návrh tepelného čerpadla země/voda v programu Toolbox



Obr. 14: tepelné čerpadlo HPG-I 06 CS Premium

4.2 Hodnocení konceptu zdrojů tepla

Hodnotící kritéria:

- Pořizovací náklady – předpoklad prvotních nákladů spojený s instalací zařízení
- Údržba – předpoklad dodatečných nákladů (čištění, revize, pořízení náhradních dílu...)
- Proveditelnost – hodnotí náročnost provedení
- Akustická náročnost – výše hluku generovaná zařízením
- Vliv na okolní prostředí – předpoklad nežádoucích vlivů od zařízení v okolí jeho instalace

Mezi kritéria s větší váhu je řazena údržnost a vliv na okolní prostředí. Pokud zdroj tepla bude vyžadovat častou údržbu, bude to časově i finančně nežádoucí. Zdroj tepla by neměl ohrožovat kvalitu ovzduší v dané lokalitě, proto vliv na okolní prostředí by byl také řazen na vyšší příčku. Nejméně bodů váhy bylo přiřazeno na počáteční náklady. Výpočty nejsou podloženy skutečnou cenovou nabídkou, a tudíž se finální cena může lišit. Také dražší řešení nezohledňují finanční úspory, které daný zdroj přinese.

Tab. 1: Určení váhy pro hodnotící kritérii zdrojů tepla

Ozn.	Název kritéria	Body	Váha	Pořadí
Z1	Pořizovací náklady	11	0,11	5
Z2	Údržba	26	0,26	1
Z3	Proveditelnost	16	0,16	4
Z4	Akustická náročnost	22	0,22	3
Z5	Vliv na okolní prostředí	25	0,25	2

100

4.3 Výběr konceptu zdrojů tepla

Tab. 2: Hodnocení jednotlivých konceptů zdrojů tepla

Název Kriteria	Váha	Plynový kotel		Tepelné čerpadlo vzduch/voda		Tepelné čerpadlo země/voda	
		Body	Hodnocení	Body	Hodnocení	Body	Hodnocení
Požizovací náklady	0,11	10	1,1	7	0,77	6	0,66
Údržba	0,26	5	1,3	7	1,82	8	2,08
Proveditelnost	0,16	9	1,44	8	1,28	5	0,8
Akustická náročnost	0,22	8	1,76	6	1,32	9	1,98
Vliv na okolní prostředí	0,25	7	1,75	9	2,25	9	2,25
		7,35		7,44		7,77	
Pořadí		3		2		1	

Jako vhodné řešení zdroje tepla bylo zvoleno tepelné čerpadlo země/voda. V rámci hodnocení vícekritériální metody získal nejvíce bodů. Druhou příčku obsadil koncept tepelného čerpadla vzduch/voda a jako poslední, nejméně vhodná varianta, je plynový kotel.

V rámci údržby bylo nejvíce bodů připsáno tepelnému čerpadlu (dále TČ) země/voda. Na rozdíl od TČ vzduch/voda pracuje za téměř neměnných podmínek. Hlubinné vrty netrpí na proměnnou teplotu, která pro TČ vzduch/voda představuje problém. Stálé podmínky přispívají k větší životnosti zařízení. Plynový kotel, oproti TČ vyžaduje pravidelné revize jak kotle samotného, tak i odvodního komínu. V případě poškození hrozí únik plynu nebo jiné havárie. U posouzení vlivů na okolní prostředí je lépe hodnoceno TČ. Jedná se o moderní technologie, šetrné k životnímu prostředí, fungující na principu obnovitelných zdrojů. TČ sami o sobě negenerují žádné emise, musí být ovšem částečně napájeny externím zdrojem elektrické energie. Tudíž jako celek může emise produkovat na jiném místě. Za to plynový kotel, který je založen na principu spalování fosilního paliva, může částečně znehodnotit okolní prostředí. Proto je hodnocený hůře než TČ.

U vyhodnocení akustické náročnosti se nejhůře umístil TČ vzduch/voda. Jeho venkovní jednotka, kde je jeho součástí ventilátor pro nahánění vzduchu, generuje hluk. Ten přispívá k akustickému smogu v okolí. Úroveň generovaného hluku od TČ země/voda a plynového kotle je nižší a velmi podobná. Proveditelnost konceptů se výrazně liší. TČ země/voda je jednoznačně nejkomplikovanější, kvůli hloubení vrtů. U plynového kotle je zase zapotřebí provést přípojky plynu a vybudovat konstrukci komínu.

Hodnocení u pořizovacích nákladů se zakládá na předpokládané ceně. Tu zcela bezkonkurenčně, na prvním místě, obsadil plynový kotel. Nejsou zde započítány veškeré náklady na realizaci a případná rentabilita zdroje. Jedná se o nejméně přesné kritérium, proto také jeho bodům byla udělena nejmenší váha.

5 Návrh otopných prvků

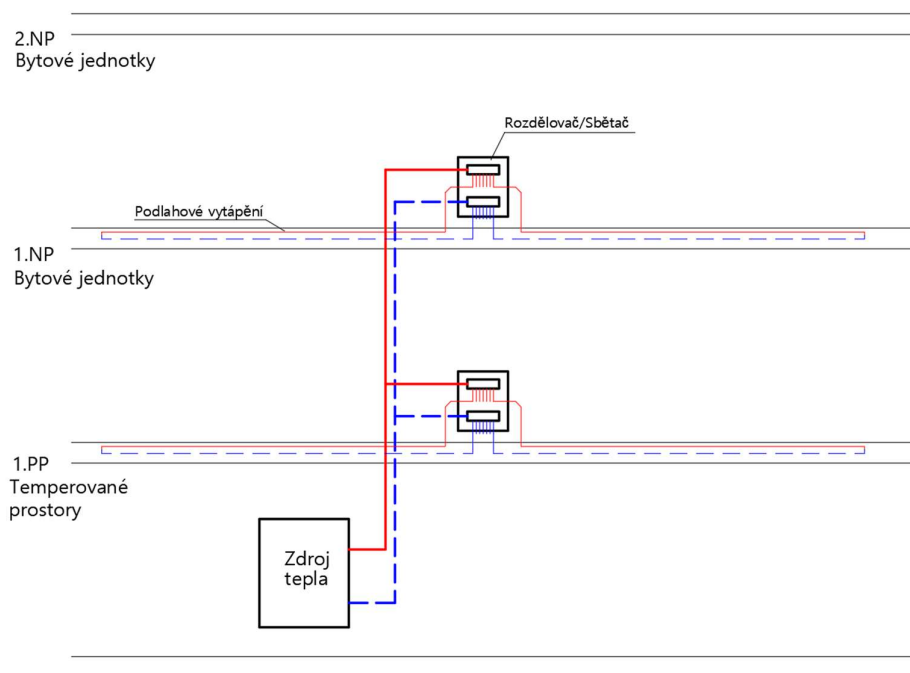
V této kapitole navrhnu několik variant otopných prvků pro vytápění místností v bytovém domě. Při výběru prvků bude zohledněna dispozice místností a architektonické řešení objektu. V projekčním zpracování projektu se uvažuje instalace velkoformátových oken a francouzských dveří. Velké prosklené plochy mají nízký nebo žádný parapet a tedy jsou některé varianty otopných prvků. Mezi ty patří podlahové topení, otopné konvektory, stropní vytápění.

Otopná desková tělesa se nepovažují za vhodné řešení pro daný objekt. Největší účinnosti deskových těles docílíme umístěním pod okna. Tedy kvůli velkým proskleným plochám by se instalace otopného prvku prováděla na nevhodném místě [20]. Otopné tělesa jako kamna, krby přímotopy taktéž nebudou navrhovány.

5.1 Podlahové vytápění

První varianta je řešena podlahovým vytápěním. Jedná se o nízkoteplotní vytápěcí systém, tudíž jeho použití u nízkoenergetických řadíme ke standardu. Od konvenčního vytápění (deskové otopné prvky) se liší formou předávání tepla. To probíhá především sáláním a rovnoměrným rozložením teploty. To má za následek menší proudění tepla, čímž se snižuje prašnost v místnostech. Sálavá složka ohřívá okolní stěny, které následně ohřívají vzduch v bytě. Vzhledem k nižší teplotě se vnitřní prostředí tolik nevysušuje a je zachována optimální vlhkost vzduchu cca 50 %.

Vytápěny by byli všechny místnosti, některé však mohou na vyšší teplotu. V často obývaných prostorách cílíme na podlahovou teplotu v rozmezí 22 do 25 °C. U koupelen a WC může teplota povrchu podlahy dosahovat až 35 °C [21].



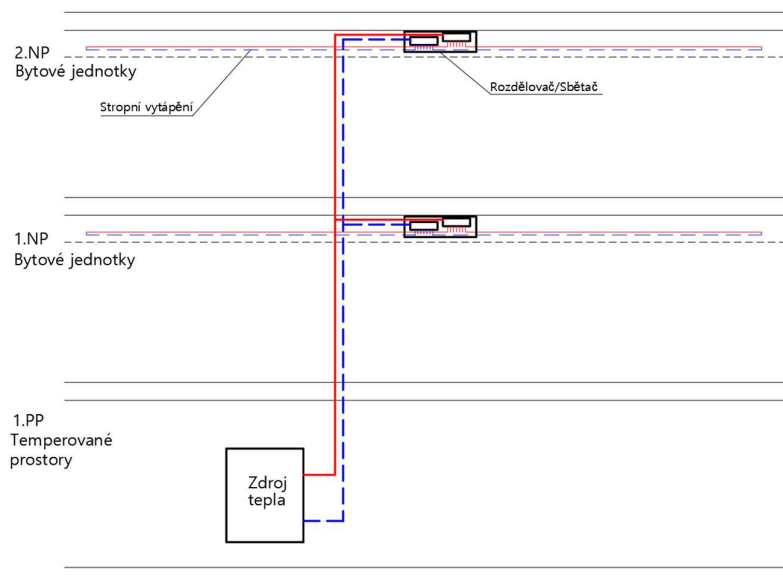
Obr. 15: Schéma konceptu podlahového vytápění



Obr. 16: Vizualizace systému podlahového vytápění

5.2 Stropní vytápění

Další možností pro otopný prvek je stropní vytápění. Principiálně funguje velmi podobně jako podlahové topení řešené v předchozí kapitole. Nízko energetický, velkoplošný systém, který sdílí teplo formou sálání. První větší rozdíl je jeho umístění. Jak již název napovídá, topný systém se nachází pod stropní konstrukcí. Je zachycen sádkartonovým podhledem, rohož je umístěna do stěrkového lože nebo zachycením přímo do stropní konstrukce. Těleso se navrhuje tak, aby odvětrání systému bylo instalováno výše než topná rohož. Mezi výhody systému patří možnost chlazení místnosti v letním období. Během návrhu je zapotřebí věnovat zvýšenou pozornost rosnému bodu, aby se eliminovala možná kondenzace na površích místnosti nebo na potrubí [22].



Obr. 17: Schéma konceptu stropního vytápění



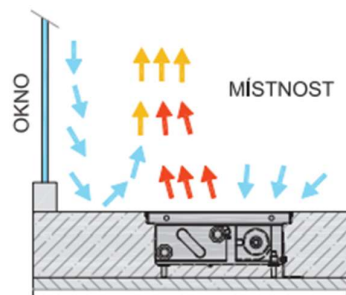
Obr. 18: Schématický obrázek stropního vytápění

5.3 Otopné konvektory

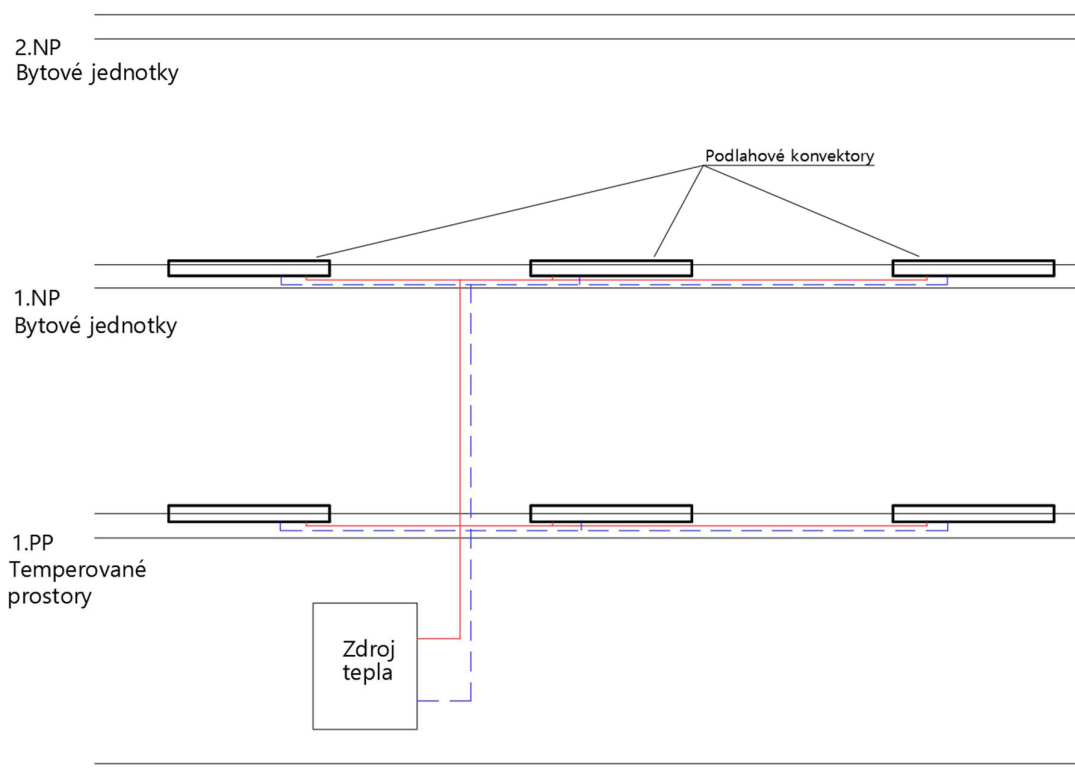
Použití otopných kolektorů se primárně uplatňuje, když se v místnostech nachází velkoplošné zasklení. Konvektory by byly umístěny v podlaze, aby neubírali prostor a nebyl narušen vzhled interiéru. Vrchní pochozí část bude opatřena pohledovou mřížkou. [23]

Konvektory jsou řízeny digitálním termostatem. Ten podle potřeby snižuje nebo zvyšuje přísun teplého vzduchu do místnosti. Tak docílíme optimální tepelnou pohodu a ekonomičnost. Další výhodou je, že celý proces probíhá za nízké hlučnosti.

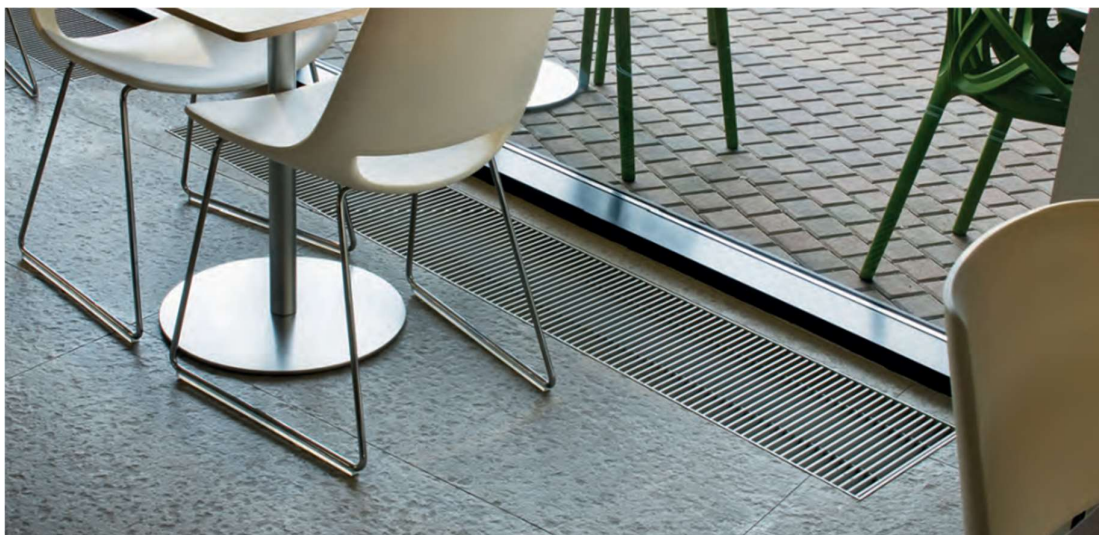
Aby bylo zajištěno správné fungování konvektoru, bude umístěn před skleněnou plochu. Zde se vytvoří „tepelná clona“, která pomáhá oddělit chladné prostředí od teplého. Konvektory jsou standartně instalovány výměníkem blíže k oknu a ventilátorem do místnosti. Není to však podmínkou. Výsledné proudění vzduchu je srovnatelné s klasickým deskovým otopným tělesem [23].



Obr. 19: Schéma fungování podlahového konvektoru.



Obr. 20: Schéma konceptu otopných konvektorů



Obr. 21: Schématický obrázek podlahového konvektoru

5.4 Hodnocení konceptu otopných prvků

Hodnotící kritéria:

- Údržba – předpoklad dodatečných nákladů (čištění, revize, pořízení náhradních dílu...)
- Estetika a design – vhodné architektonické řešení, spokojenost zákazníka na vnitřní prostředí
- Proveditelnost – hodnotí náročnost provedení
- Akustický komfort – výše hluku generovaná zařízením (šíření prachu)
- Tepelný komfort – předpoklad tepelného komfortu pro uživatele bytu

Mezi kritérii byly jako nejvíce důležité hodnoceny estetika, akustický a tepelný komfort, protože je uživatelský komfort pro uživatele bytu zásadní. Design otopného prvku byl hodnocen stejně důležitě, protože se výrazně podílí na spokojenosti uživatele. Bodům údržby, přestože údržba samotná je velmi důležitá, byla přisouzena menší váha. Otopný prvek primárně plní funkci komfortu na úkor údržby prvku. Jako poslední následuje proveditelnost.

Tab. 3: Určení váhy pro hodnotící kritéria otopných ploch

Ozn.	Název kritéria	Body	Váha	Pořadí
OP1	Údržba	17	0,17	4
OP2	Estetika a design	21	0,23	3
OP3	Proveditelnost	14	0,14	5
OP4	Akustický komfort	23	0,23	2
OP5	Tepelný komfort	25	0,23	1

100

5.5 Výběr konceptu otopných prvků

Tab. 4: Hodnocení jednotlivých konceptů otopných ploch

		Podlahové topení		Stropní topení		Otopné konvektory	
Název Kritéria	Váha	Body	Hodnocení	Body	Hodnocení	Body	Hodnocení
Údržba	0,17	9	1,53	9	1,53	7	1,19
Estetika a design	0,23	10	2,3	9	2,07	8	1,84
Proveditelnost	0,14	7	0,98	5	0,7	6	0,84
Akustický komfort	0,23	9	2,07	9	2,07	7	1,61
Tepelný komfort	0,23	10	2,3	9	2,07	6	1,38
		9,18		8,44		6,86	
Pořadí		1		2		3	

Jako vhodné řešení, podle vícekritériální metody, vyšlo podlahové topení. Druhý se umístil koncept stropního vytápění a jako poslední otopné konvektory, který získali nejméně bodů.

Jak již bylo zmíněno, při hodnocení tepelného komfortu vyšel nejlépe koncept podlahového topení. Přestože je založen na podobném principu jako stropní vytápění, generuje u podlahy o pár stupňů vyšší teplotu. To zvyšuje tepelný komfort uživatele. Stropní vytápění je tedy druhé a jako poslední se umístili otopné konvektory. U těch není teplo distribuováno rovnoměrně jako u plošných otopných prvků. U akustiky bylo hodnoceno podlahové i stropní vytápění stejně. Otopným konvektorům bylo přisouzeno méně bodů kvůli šíření prachu. Během jejich užívání vzniká proud vzduchu, který napomáhá šíření prашných částic.

Jako estetické řešení bylo také nejlépe vyhodnoceno podlahové topení. To nijak neovlivní design místnosti. Druhou nejvhodnější možností je stropní vytápění. Při jeho instalaci byla snížena výška místnosti, a tedy i prostor místnosti. Otopné konvektory jsou umístěny před velkoplošnými okny v podlaze a jsou zakryty designovou mřížkou. Umístili se jako poslední, protože jsou jako jediné plně viditelné. U proveditelnosti byla jako nejlepší varianta zvolena možnost podlahového topení. Oproti stropnímu je instalace na podlahu snazší než pod konstrukci stropu. Jako druhá nejvhodnější varianta byla vybrána možnost otopného konvektoru a stropnímu vytápění bylo přiděleno poslední místo.

6 Koncept větrání

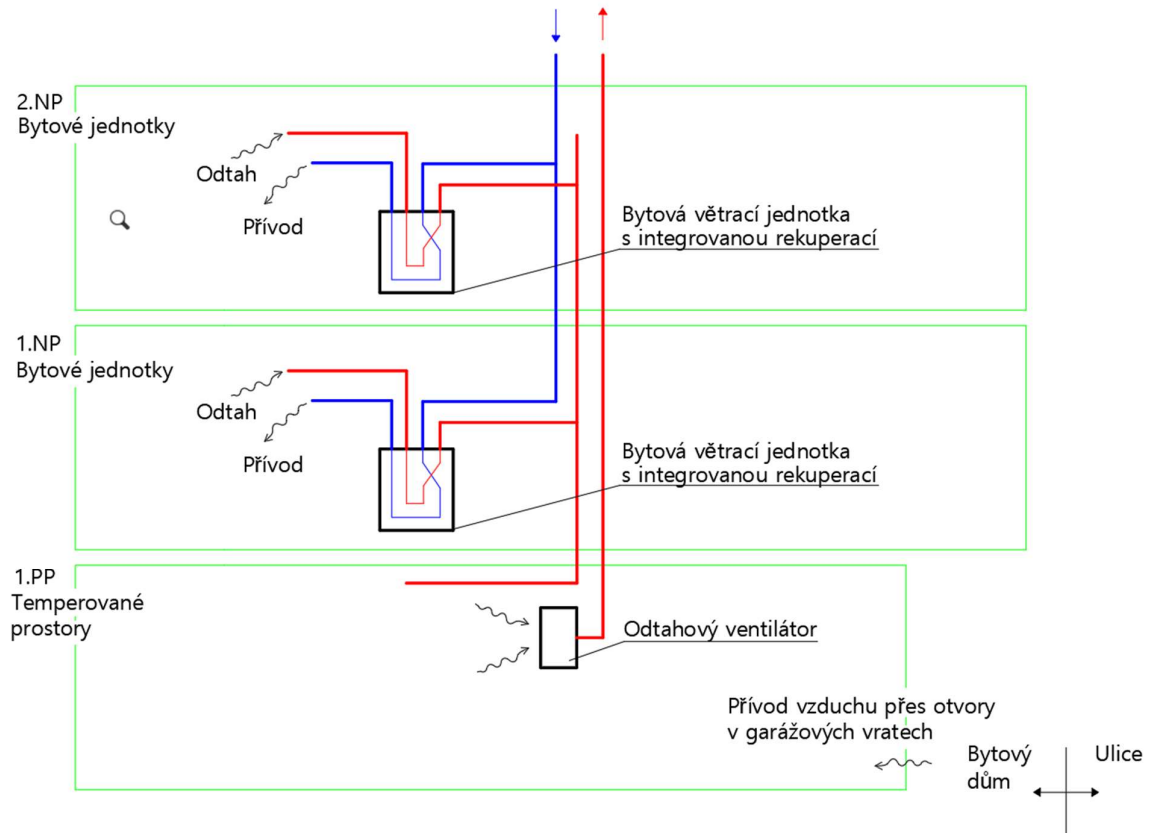
Koncept větrání je založen na projektové dokumentaci. V návrhu je potřeba zohlednit, že se jedná o pasivní dům, tudíž koncepty budou stavěny na nuceném větrání. V rámci objektu byly posuzovány dva provozní typy prostoru (garáže, byty)

Garážové jednotky budou větrány pomocí samostatné podtlakové jednotky. Bude se zde nacházet odvodní ventilátor, který prostřednictvím větrací jednotky nuceně odvádí vzduch odpadním potrubím. Odpadní potrubí ústí na střeše objektu. Přísun čerstvého vzduchu je zajištěn z venkovního prostředí přes otvory v garážových vratech. Primární funkce jednotky slouží ke každodennímu provozu a případně havarijnímu větrání.

Byty využijí konceptu rovnotlakého větrání. Tak bude zajištěno minimální hygienické množství vzduchu v prostorách bytu. Návrh konceptů je založen na splnění těchto požadavků. Mezi koncepty, které by splňovali tyto kritéria, můžeme zařadit koncept nuceného větrání s užitím samostatných bytových jednotek, který je napojen na stoupací potrubí. Lokální jednotky nebo využití centrální jednotky pro daný objekt. U každého konceptu je uvažována rekuperace, která zajistí menší tepelné ztráty.

6.1 Decentrální nucené větrání s užitím bytových jednotek

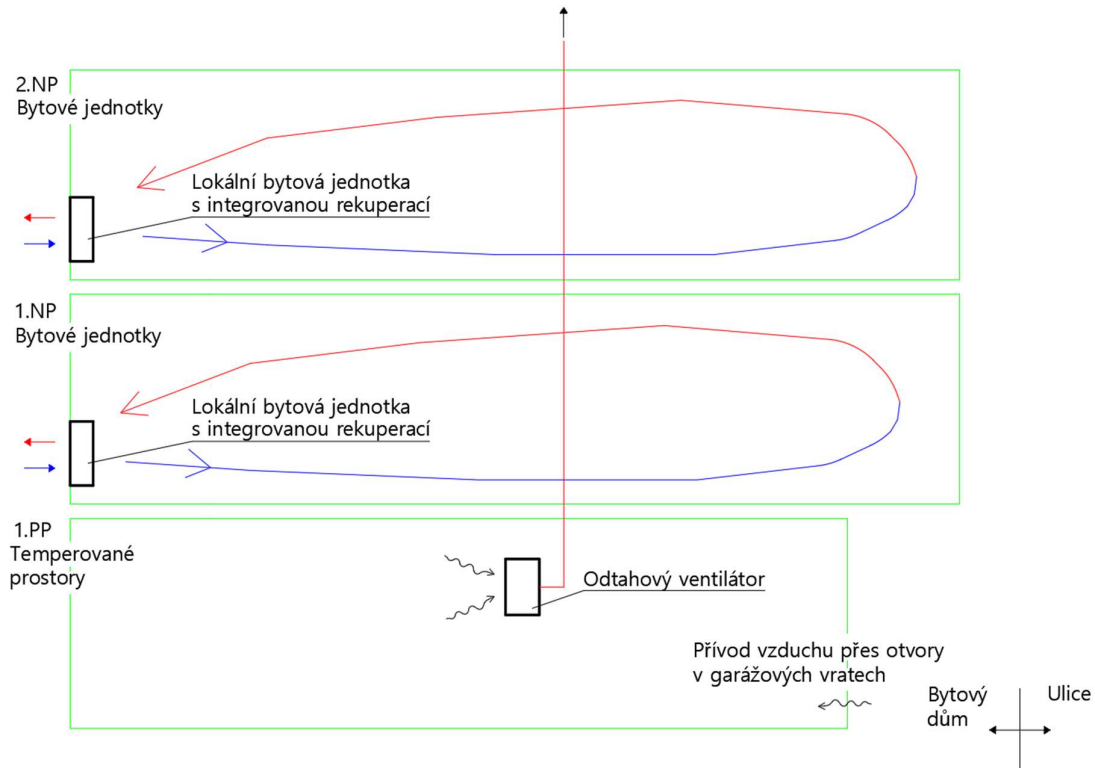
Koncept, který bere v potaz dispozici bytu, uvažuje instalaci samostatné větrací jednotky do každého bytu. Každá jednotka slouží pouze pro jeden byt a není nijak závislá na ostatních zařízeních stejného typu v objektu. Umístěna bude v komoře, které se nachází v blízkosti instalačních šachet. Ty jsou umístěny na chodbě bytu. Vzduchotechnická jednotka je napojena ke stoupajícímu potrubí, které je umístěno v instalační šachtě. Přívodní vzduch je odebírán ze střechy objektu a distribuován do bytů. Větrací jednotky disponují integrovaným výměníkem, který snižuje náklady na vytápění. Odpadní vzduch je odváděn do 1.PP kde se nachází garáže, skladovací koje nebo technická místnost. Teplota přiváděného odpadního vzduchu pomáhá temperovat jinak nevytápěné prostory v 1.PP.



Obr. 22: Schéma konceptu větrání s bytovými jednotkami

6.2 Decentrální nucené větrání s užitím lokálních jednotek

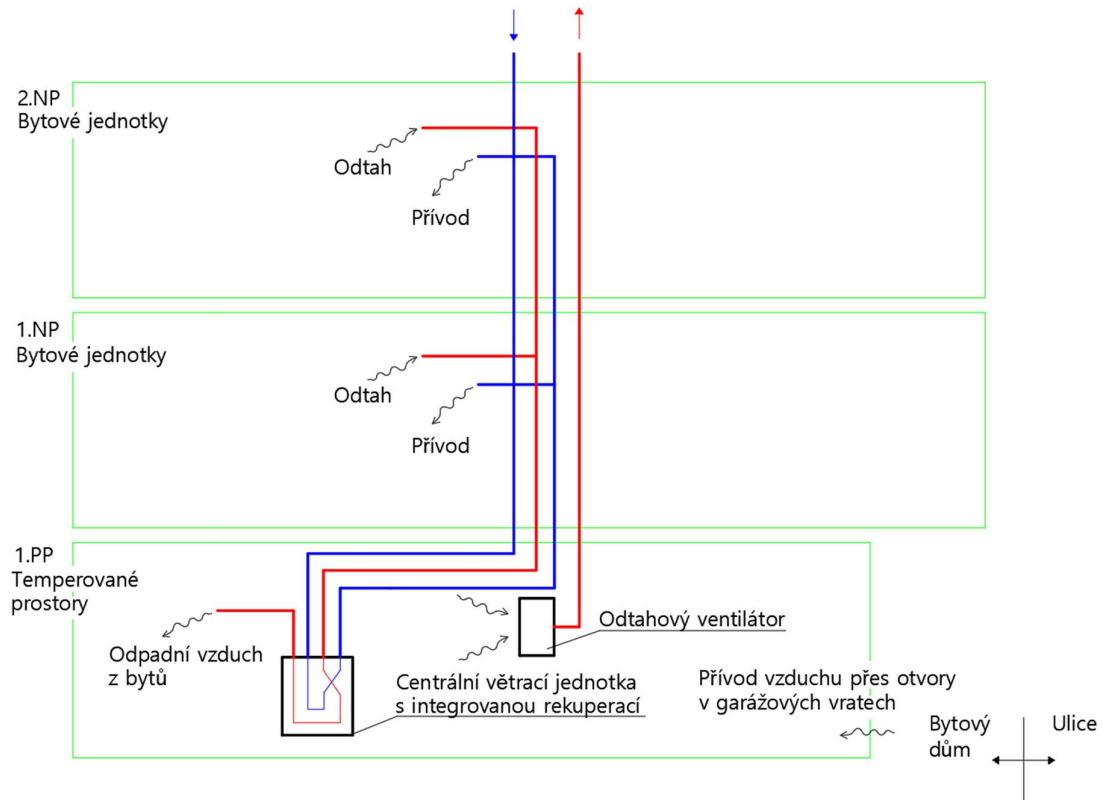
Návrh je založen na principu decentrálních jednotek, které zajišťují větrání místností bez využití centrálních rozvodů. Pro každý byt bude nainstalováno více jednotek v různých místnostech. Větrací jednotka disponuje otvorem ve stěně, či fasádě, pro přívod a odvod čerstvého vzduchu. Každá jednotka využívá principu rekuperace, tudíž část tepla, kterou přenáší odpadní vzduch je předána přívodnímu vzduchu. Účinnost rekuperace je uvažována na 85 %.



Obr. 23: Schéma konceptu větrání s lokálními jednotkami

6.3 Centrální nucené větrání objektu

Třetí možnost jako jediná uvažuje instalaci centrální vzduchotechnické jednotky. Ta by byla umístěna v 1.PP v technické místnosti. Jednotka je dimenzovaná pro všechny 4 bytové jednotky. Rozvody by byly umístěné v instalační šachtě. Každé patro je opatřeno odbočkou s regulátorem průtoku vzduchu. Stejně jako u předchozích decentrálních řešení i zde je uvažován výměník tepla, který pomocí tepla odpadního vzduchu sníží náklady na vytápění.



Obr. 24: Schéma konceptu větrání s centrální jednotkou

6.4 Hodnocení konceptu větrání

Hodnotící kritéria:

- Údržba – předpoklad dodatečných nákladů (čištění, revize, pořízení náhradních dílu...)
- Estetika a design – vhodné architektonické řešení, spokojenost zákazníka na vnitřní prostředí
- Proveditelnost – hodnotí náročnost provedení

Kritéria údržby a estetiky jsou hodnoceny stejnou vahou. Jelikož se jedná o pasivní dům a větrání místností zajišťují větrací jednotky, jejich údržba je rozhodující faktor. Stejně tak důležitý je i design prvků, který by měl odpovídat požadavkům uživatele. Větrací jednotky ovlivňují jak estetiku vnitřních prostor, tak i venkovní fasádu či střechu. Proveditelnosti je přidělena nižší váha.

Tab. 5: Určení váhy pro hodnotící kritéria konceptů větrání

Ozn.	Název kritéria	Body	Váha	Pořadí
V1	Údržba	35	0,35	1/2
V2	Estetika a design	35	0,35	1/2
V3	Proveditelnost	30	0,3	3

100

6.5 Výběr konceptu větrání

Tab. 6: Hodnocení jednotlivých konceptů větrání

		Bytové jednotky		Lokální jednotky		Centrální větrání	
Název Kritéria	Váha	Body	Hodnocení	Body	Hodnocení	Body	Hodnocení
Údržba	0,35	9	3,15	7	2,45	10	3,5
Estetika a design	0,35	9	3,15	5	1,75	9	3,15
Proveditelnost	0,3	10	3	8	2,4	8	2,4
		9,3		6,6		9,05	
Pořadí		1		2		3	

Za použití vícekritériální metody vychází jako nejlepší návrh bytových jednotek. Varianta centrální jednotky vyšla jako druhá. Na posledním místě se umístil návrh lokálních jednotek.

Bytová jednotka vychází v kritérii estetika podobně jako centrální jednotka. Lokální jednotky narušují celistvost venkovní fasády kvůli většímu množství viditelných odvodů. V rámci údržby závisí na počtu jednotek. Nejméně má centrální větrání, kde je jedno zařízení pro celý objekt. Nejvíce jednotek má lokální větrání. Proveditelnost bytové jednotky je snazší než instalace jedné centrální.

7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navržení konceptů zdrojů tepla, vytápění, větrání a jejich následné posouzení. Pro každou část byly navrženy tři varianty konceptů. Pomocí vícekritériální analýzy byly porovnány jednotlivé koncepty a byl vybrán ten nejideálnější. U konceptů zdrojů tepla byl jako nejvhodnější zvolen koncept tepelného čerpadla země/voda. Mezi koncepty otopných ploch bylo vybráno podlahové topení a u konceptů větrání instalace bytové větrací jednotky napojené na stoupací potrubí.

V další části práce byl vypracován Projekt. Do projektu byly zakomponovány vybrané koncepty. Část projektu se dělí na část první výpočtovou spolu s technickými listy. Ta obsahuje výpočet tepelných ztrát, výpočet potřeby tepla pro přípravu teplé vody a vytápění, výpočet potřebného vzduchu pro větrání, návrh potrubí vzduchotechniky, návrh distribučních prvků vzduchu a další. Druhá část projektu se zabývá návrhem v programu TechCON, výkresy technické místnosti, vytápění, větrání a technickými zprávami.

8 Použité zdroje a literatura

- [1] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit. *Tzb-info* [online]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [2] *Vícekritériální hodnocení variant za jistoty – metody rozhodování založené na párovém srovnávání variant* [online]. Pardubice, 2008. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/28622/KoubovaK_Vicekriterialni%20hodnoceni_PS_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Doc. Ing. et Ing. Renáta Myšková, Ph.D.
- [3] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [4] Závěsný plynový kondenzační kotel Panther Condens. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2022 Protherm. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/zavesny-plynovy-kondenzacni-kotel-panther-condens-flamefit-20866.html>
- [5] Kolik stojí plynová přípojka a jak ji zřídit? Svépomocí to nepůjde! | Peníze.cz. *Peníze.cz - Největší web o osobních financích na českém internetu* [online]. Copyright © 2000. Dostupné z: <https://www.penize.cz/bydleni/411972-kolik-stoji-plynova-pripojka-a-jak-ji-zridit-svepomoci-to-nepujde!>
- [6] Protherm Panther Condens 15 KKO-CS/1 Flame Fit Kotel kondenzační | TOPENILEVNE.CZ. *Topení, Voda, Plyn, Sanita, Kanalizace, Domácnost* | TOPENILEVNE.CZ [online]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/protherm-panther-condens-15-kko-cs-1-p103500/>
- [7] Kalkulace komínů. *KOMÍNY CZ - výroba komínů, komínové systémy, prodej komínů* [online]. Dostupné z: <https://www.kominycz.cz/kalkulace-kominu/>
- [8] Princip tepelného čerpadla voda/vzduch – REMKO. *Klimatizace, montáž klimatizací - REMKO* [online]. Copyright © 2023 REMKO CZECH s.r.o.. Dostupné z: <https://www.remko.cz/princip-tepelneho-cerpadla>

[9] Správný výkon tepelného čerpadla vzduch/voda - PROTC. *PROTC - Technická databáze pro projektanty* [online]. Copyright © Copyright GT Energy s.r.o. 2019. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/spravny-vykon-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda>

[10] Wärmepumpe. *301 Moved Permanently* [online]. Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/toolbox/waermepumpe/?fbclid=IwAR3ZsmVm4v_XypaS7Hv387h4Scenkwa4EA3xQnvsngy4Fa4RxfQ5FZUIs

[11] Tepelné čerpadlo - vše důležité | STIEBEL ELTRON. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2023. Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdrojeenergie/tepelna_cerpadla.html

[12] Stiebel Eltron HPA-O 05.1 CS Premium tepelné čerpadlo 6,55 k - PDE - Pomůžeme Dosáhnout Efektivity. *PDE - Pomůžeme Dosáhnout Efektivity - PDE* [online]. Copyright © 2023 PDE s.r.o.. Dostupné z: <https://www.pde.cz/produkty/tepelna-cerpadla/vzduch-voda/stiebel-eltron-hpa-o-05-1-cs-premium-tepelne-cerpadlo-6-55-kw-vzduch-voda/>

[13] Koupelny Ptáček - STIEBEL ELTRON HM TREND hydraulický modul 590x405x896mm. *Koupelny Ptáček - kolekce koupelen, koupelny na míru* [online]. Copyright © 2016 [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://www.koupelny-ptacek.cz/stiebel-eltron-hm-trend-hydraulicky-modul-590x405x896mm>

[14] Tepelná čerpadla země/voda. *Viessmann* [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-zemevoda.html>

[15] HPG-I 06 S Premium: technická data | STIEBEL ELTRON. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2023 [cit. 11.05.2023]. Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdrojeenergie/tepelna_cerpadla/tepelna_cerpadlazeme-voda/hpg-i-04-15-s-premium/hpg-i-06-s-premium/technicka-data.html

[16] Vrty pro tepelná čerpadla země/voda. *Viessmann* [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/vrty-pro-tepelna-cerpadla-vhodne-podlozi.html>

[17] K čemu slouží a kolik stojí vrty pro tepelná čerpadla | E.ON. [online]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/vytapeni-a-ventrání/tepelna-cerpadla/k-cemu-slouzi-a-kolik-stoji-vrty-pro-tepelna-cerpadla/>

[18] Čerpadlo tepelné invertor. Stiebel HPG-I 06 DCS PREMIUM ZEMĚ/VODA+ZÁSOB. | R+F B2B. *R+F B2B* [online]. Copyright © 2023 Richter [cit. 13.05.2023]. Dostupné z: <https://b2b.r-f.cz/produkt/cerpadlo-tepelne-invertorstiebel-hpg-i-06-dcs-premium-zemevodazasob/804925>

[19] Tepelná čerpadla - dotace a DPH. *Tzb-info* [online]. 2004. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2297-tepelna-čerpadla-dotace-a-dph>

[20] Desková - Topení topenáři. *Topení - Topení topenáři* [online]. Copyright © 2018. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/otopna-telesa/deskova/>

[21] Co je podlahové topení a co znamená podlahové vytápění?. *Viessmann* [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/vyhody-a-nevyhody-podlahoveho-vytapen.html>

[22] Jak funguje a jaké jsou výhody stropního vytápění | *Fachmani.cz*. *Fachmani.cz* [online]. Copyright © 2012. Dostupné z: <https://fachmani.cz/clanek-21327-stropni-vytapeni-a-jak-funguje>

[23] *Designové radiátory a podlahové konvektory - ISAN* [online]. Copyright ©. Dostupné z: https://www.isan.cz/getattachment/download/Katalogy/ISAN_TERMO-technicky-katalog.pdf.aspx

9 Seznam obrázků

Obrázek 1	Situace.....	8
Obrázek 2	Půdorys 1.PP	9
Obrázek 3	Půdorys 1.NP	9
Obrázek 4	Půdorys 2.NP	10
Obrázek 5	Schéma řez objektu.....	10
Obrázek 6	Schéma konceptu plynového kondenzačního kotle	15
Obrázek 7	Odhad ceny komínu [8].....	16
Obrázek 8	Schéma konceptu tepelného čerpadla vzduch/voda.....	17
Obrázek 9	Návrh tepelného čerpadla vzduch/voda v programu toolbox.....	18
Obrázek 10	Tepelné čerpadlo HPA-O 05.1 CS Premium	18
Obrázek 11	HM trend hydraulický modul.....	18
Obrázek 12	Schéma konceptu tepelného čerpadla země/voda	19
Obrázek 13	Návrh tepelného čerpadla země/voda v programu toolbox.....	20
Obrázek 14	Tepelné čerpadlo HPG-I 06 CS Premium.....	20
Obrázek 15	Schéma konceptu podlahového vytápění.....	23
Obrázek 16	Vizualizace systému podlahového vytápění	24
Obrázek 17	Schéma konceptu stropního vytápění	24
Obrázek 18	Schématický obrázek stropního vytápění.....	25
Obrázek 19	Schéma fungování podlahového konvektoru	25
Obrázek 20	Schéma konceptu otopných konvektorů	26
Obrázek 21	Schématický obrázek podlahového konvektoru	26
Obrázek 22	Schéma konceptu větrání s bytovými jednotkami.....	30
Obrázek 23	Schéma konceptu větrání s lokálními jednotkami	31
Obrázek 24	Schéma konceptu s centrální jednotkou	32

10 Seznam tabulek

Tab. 1	Určení váhy pro hodnocení kritérií zdrojů tepla	21
Tab. 2	Hodnocení jednotlivých konceptů zdrojů tepla.....	22
Tab. 3	Určení hodnotících kritérií otopných ploch	27
Tab. 4	Hodnocení jednotlivých konceptů otopných ploch.....	28
Tab. 5	Určení váhy pro hodnotící kritéria konceptů větrání	33
Tab. 6	Hodnocení jednotlivých konceptů větrání.....	33