

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



TECHNICKÉ SYSTÉMY VE VILOVÉM DOMĚ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval:

Bc. Tomáš Lidmila

Vedoucí práce:

Ing. Miroslav Urban, Ph.D.

2022/2023



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Lidmila	Jméno: Tomáš	Osobní číslo: 470533
Zadávací katedra: 125 - Katedra technických zařízení budov		
Studijní program: Inteligentní budovy		
Studijní obor: Inteligentní budovy		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Technické systémy ve vilovém domě	
Název diplomové práce anglicky: Technical systems in the villa house	
Pokyny pro vypracování: Konceptní návrh technických systémů pro vilový dům s velmi nízkou energetickou náročností s akcentem na způsob řízení. Student zpracuje diplomovou práci v rozsahu: - identifikace prostředí hodnocení energetické náročnosti budov - základní energetická bilance vilového domu - potřeby, bilance, popis výchozího stavu, stavebně technické řešení, - identifikace variant technických systémů, - energetické posouzení technických systémů s ohledem na dopad na energetickou náročnost, - návrh prostorového řešení systémů, - způsob řízení a regulace systémů.	
Zpracování projektu vytápění na základě rešeršní části v rozsahu: - základní výpočty – tepelné ztráty, hydraulický výpočet otopné soustavy, atd. - výkresová část - půdorysy, řezy, schéma otopné soustavy a zdroje tepla.	
Seznam doporučené literatury: Petráš a kol. - Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie Matuska, T. - Solární zařízení v příkladech Tywoniak, J. - Nízkoenergetické domy 2 Vladimír Zmrhal, Sálavé chladicí systémy, ČVUT 2009	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Miroslav Urban, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 20.2.2023	Termín odevzdání diplomové práce: 22.5.2023 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat 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“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

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

Praha, 22. 5. 2023

podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Miroslavovi Urbanovi, Ph.D. za odborné vedení a za poskytnuté materiály a konzultace. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu ve vysokoškolském studiu.

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Studie – Energetický návrh a posouzení technických systémů	8
2.1	Popis objektu.....	8
2.2	Postup řešení a požadavky	9
3	Zvolené varianty	10
3.1	Tepelné čerpadlo vzduch-voda.....	10
3.2	Tepelné čerpadlo země-voda.....	12
3.3	Plynový kondenzační kotel	13
3.4	Elektrické přímotopy.....	14
3.5	Kotel na pelety	15
4	Porovnání variant.....	16
4.1	S přirozeným větráním.....	16
4.2	S mechanickým/nuceným větráním:	17
5	Volba zdroje tepla pro daný objekt	20
6	Přehled možných řešení vytápění objektu	21
6.1	Otopná tělesa.....	21
6.2	Podlahové vytápění	21
6.3	Stropní vytápění	22
7	Volba řešení vytápění objektu.....	22
8	Návrh zdroje tepla.....	23
9	Návrh zemních vrtů	25
10	Regulace.....	26
11	Vyhodnocení navržené budovy.....	27
12	Závěr	28
13	Použité zdroje	29
14	Seznam tabulek.....	31
15	Seznam grafů	31
16	Seznam obrázků.....	32
17	Seznam příloh	32

Anotace

Diplomová práce se ve své první části věnuje volbě technických systémů pro daný objekt. Pro volbu zdroje tepla byl využit výpočetní software NKN, kde se varianty posoudily dle požadavků energetické náročnosti, dále jen „EN“. Práce uvádí různé možnosti pro prostorová řešení systémů, ze kterých se zvolí nejvhodnější varianta.

Podle nejvhodnějšího výstupu z první části, ve druhé části zpracuji vlastní návrh vytápění a chlazení objektu společně s jeho regulací a vypracuji projektovou dokumentací ve stupni pro provedení stavby.

Klíčová slova: NKN, vytápění, chlazení, tepelné čerpadlo, energetická náročnost

Abstract

The first part of the thesis is devoted to the choice of technical systems for the object. The calculation software NKN was used for the choice of the heat source, where the variants were assessed according to the requirements of energy efficiency, hereinafter "EN". The work outlines different options for spatial systems solutions, from which the most suitable variant will be chosen.

According to the most suitable output from the first part, in the second part I work out my own design of heating and cooling of the object together with its regulation and develop project documentation in the stage for the implementation of the construction.

Keywords: NKN, heating, cooling, heat pump, energy efficiency

1 ÚVOD

Cílem této diplomové práce je návrh vytápění a volba zdroje tepla daného objektu na základě rešeršní části práce.

V první části za pomoci NKN softwaru navrhnu a porovnáám varianty zdrojů tepla a jejich dopad na využití neobnovitelné energie a celkové dodané energie na daný objekt.

V rámci posouzení těchto variant zjistím, zda splňují požadavky energetické náročnosti v závislosti na zdroji tepla a celkovém součiniteli tepla a zvolím nejvýhodnější variantu z pohledu požadavků.

Po zvolení zdroje tepla navrhnu koncept vytápění vhodný pro daný objekt od prostorového řešení až po jeho řízení a regulaci.

Druhou část práce tvoří vlastní projekt vytápění, ve kterém navrhnu jednotlivé prvky soustavy a zpracuji projektovou dokumentaci ve stupni pro provedení stavby.

2 STUDIE – ENERGETICKÝ NÁVRH A POSOUZENÍ TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ

Cílem této části je určit vhodnost technických systémů na vybraném objektu, především k pokrytí potřeb na vytápění a ohřev teplé vody. Budova má být navržena jako nízkoenergetická.

Vybrané varianty budou posouzené vůči referenční budově z hlediska primární neobnovitelné energie a celkově dodané energii. Pro tuto část se využije výpočetní nástroj NKN.

Z výsledků se zvolí jedna varianta, s kterou se porovnájí další různé možnosti prostorového vytápění a opět se zvolí ta nejvhodnější možnost.

2.1 Popis objektu

Jedná se o nepodsklepenou novostavbu dvoupatrové rodinné vily s plochou střechou. Vila je rozdělena na dvě části, a to obytnou část, která tvoří většinu objektu a na neobytnou část, ve které se nachází bazén a wellness se saunou. Hlavní vstup do objektu se nachází na západní straně vily.

Obytná část se skládá ze dvou nadzemních podlaží. V prvním nadzemním podlaží v jižní části se nachází kuchyň, která je propojena s prosklenou jídelnou a obývacím pokojem se vstupy na venkovní terasu. Z jídelny vede jednoramenné schodiště do druhého nadzemního podlaží. V severní části prvního podlaží je umístěno WC, dále technická místnost sousedící s pokojem pro hosty, vedle kterého je sklad a šatna. Tato šatna se nachází vedle nevytápěné garáže a hlavního vstupu do objektu. Všechny tyto místnosti jsou propojeny společnou chodbou.

Ve druhém nadzemním podlaží se nachází jedna ložnice a tři dětské pokoje, do kterých se vstupuje z otevřené galerie. Každá z těchto místností je umístěná v jednom z rohů budovy a mezi nimi jsou situovány koupelny a šatny. V západní části chodby je umístěna prosklená fasáda s výstupem na terasu. Z této chodby je také průhled do jídelny v prvním podlaží.

V neobytné části je umístěn plavecký bazén o velikosti 38 m², který se nachází ve východní části budovy spolu s místností určenou pro bazénovou technologii. Vstup do bazénového prostoru je skrze wellness se saunou z chodby v obytné části.

Budova se nachází v zalesněné oblasti v Dolních Břežanech nedaleko Prahy.

Vnější objem obytné zóny je 1 723 m³ s energeticky vztažnou plochou 516,8 m² a objem neobytné zóny je 448 m³ s energeticky vztažnou plochou 109,3 m². Osvětlení všech prostorů je za pomoci LED osvětlení.

Zóny a jejich typické hodnoty byly zvoleny dle TNI 73033-1.



Obr. 1 Rodinná vila [9]

2.2 Postup řešení a požadavky

Pomocí výpočtového nástroje NKN, do kterého byly vloženy potřebné parametry, jsem získal požadované hodnoty pro splnění požadavku ukazatelů EN stanovené v souladu s vyhláškou č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov, tj. hodnoty dané referenční budovy, jež jsou následující:

- Byly zvoleny 2 základní varianty objektu, a to s přirozeným větráním a mechanickým větráním.

Dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. se aplikace mechanického větrání se ZZT (zpětné získávání tepla) neprojeví na hodnotách referenční budovy, neboť je dle vyhlášky mechanické větrání vnímáno jako energeticky úsporné opatření. [11]

Tab. 1: Hodnoty referenční budovy [11]

Průměrný součinitel prostupu tepla	$U_{em,R} = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$
Celková dodaná energie do budovy	$Q_{fuel,R} = 120,7 \text{ kWh/m}^2\text{.rok}$
Neobnovitelná primární energie	$EnP_R = 58,8 \text{ kWh/m}^2\text{.rok}$

To znamená, aby budova dosáhla nízko energetického požadavku, musí dané hodnoty být nižší než hodnoty budovy referenční. Výstupy hodnot $Q_{fuel,R}$ a EnP_R budou porovnány v závislosti na průměrném součiniteli prostupu tepla.

3 ZVOLENÉ VARIANTY

Ve všech výpočtech jsou zahrnuty energetické potřeby pro osvětlení a případně pro provoz VZT jednotek:

- Tepelné čerpadlo vzduch-voda
- Tepelné čerpadlo země-voda
- Plynový kondenzační kotel
- Elektrické přímotopy
- Kotel na pelety

3.1 Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Výkon tepelných čerpadel je závislý na venkovní teplotě, a proto je pro návrh použita hodnota SCOP (tj. sezónní topný faktor určující energetickou účinnost TČ). Hodnotu jsem získal za pomoci softwaru na stránkách Společnosti STIEBEL ELTRON spol. s r. o., umožňující zvolit požadované parametry, a tím i získat danou hodnotu. Dále je zde vidět procentuální podíl pokrytí topného výkonu tepelným čerpadlem.

Výkon tepelných čerpadel je za nízkých teplot nedostačující, proto k nim byl navrhnut bivalentní zdroj tepla v podobě elektrického kotle v paralelním provozu.

Čerpadla byla volená, aby se bod bivalence pohyboval v rozmezí $-6 \text{ }^\circ\text{C}$ až $-4 \text{ }^\circ\text{C}$. [16]

Tab. 2 Výstupní hodnoty NKN pro TČ Vzduch-voda [10]

U _{em} [W/m ² K]	Přirozené větrání		Mechanické větrání		SCOP pro vytápění [-]	SCOP pro ohřev TV [-]	pokrytí TČ [%]
	Q _{fuel} [kWh/m ² .rok]	EnP _R [kWh/m ² .rok]	Q _{fuel} [kWh/m ² .rok]	EnP _R [kWh/m ² .rok]			
0,46	117,8	99,9	89,2	89,2	4,00	2,88	94,3
0,44	110,0	90,4	80,6	80,6	4,14	3,00	94,9
0,42	106,0	90,8	80,1	80,1	3,89	3,00	95,0
0,40	100,2	86,2	75,8	75,8	3,89	3,00	95,2
0,38	96,0	81,4	71,4	71,4	3,88	3,00	96,3
0,36	89,8	76,3	66,7	66,7	3,80	3,00	96,6
0,34	85,1	88,5	74,6	74,6	3,54	3,32	87,9
0,32	79,6	81,0	72,2	72,2	3,54	3,32	89,7
0,30	75,0	69,6	59,1	59,1	3,89	3,00	93,1
0,28	69,7	63,4	54,5	54,5	3,88	3,00	94,9
0,26	64,1	58,8	48,0	48,0	3,88	3,00	95,0
0,24	58,7	53,8	46,0	46,0	3,87	3,00	96,3
0,23	54,6	50,2	49,5	49,5	3,43	2,66	90,0

Hodnoty pokrytí tepelným čerpadlem by mohly být vyšší, pokud by se bod bivalence nacházel mimo zadané rozmezí nebo se zvolilo výkonnější tepelné čerpadlo.

3.2 Tepelné čerpadlo země-voda

Tepelná čerpadla země-voda byla zvolena obdobným způsobem jako čerpadla vzduch – voda, tzn. za pomoci softwaru na stránkách Společnosti STIEBEL ELTRON spol. s r. o.

Tepelná čerpadla země-voda jsou typická vyšší hodnotu SCOP díky vyšším teplotám v zemních vrtech v zimním období. [16]

Tab. 3 Výstupní hodnoty NKN pro TČ Země-voda [10]

U _{em} [W/m ² K]	Přírozené větrání		Mechanické větrání		SCOP pro vytápění [-]	SCOP pro ohřev TV [-]	pokrytí TČ [%]
	Q _{fuel} [kWh/m ² .rok]	EnP _R [kWh/m ² .rok]	Q _{fuel} [kWh/m ² .rok]	EnP _R [kWh/m ² .rok]			
0,46	117,8	84,7	98,7	77,1	4,75	2,87	96,6
0,44	110,0	78,7	91,1	71,4	4,75	2,87	97,2
0,42	105,8	86,1	86,8	76,7	4,70	2,62	92,6
0,4	100,2	82,0	81,5	72,8	4,70	2,62	92,7
0,38	96,0	75,8	77,4	67,3	4,50	2,78	95,5
0,36	89,8	72,6	71,4	64,1	4,36	2,66	96,0
0,34	85,1	68,3	67,1	60,4	4,36	2,66	96,7
0,32	79,6	63,9	62,1	56,6	4,36	2,66	97,3
0,30	75,0	60,9	57,9	53,9	4,59	2,65	95,9
0,28	69,7	56,3	53,3	50,0	4,59	2,65	96,9
0,26	64,1	52,3	44,8	44,4	4,59	2,65	97,4
0,24	58,7	51,2	43,2	44,2	4,62	2,88	94,9
0,23	54,6	47,0	39,8	41,4	4,62	2,88	96,0

Hodnoty pokrytí tepelným čerpadlem by mohly být vyšší, pokud by se bod bivalence nacházel mimo zadané rozmezí nebo se zvolilo výkonnější tepelné čerpadlo.

3.3 Plynový kondenzační kotel

Plynové kondenzační kotle dokáží zužitkovat kondenzační teplo, a proto je jejich účinnost až 110 %. V této studii byla uvažovaná účinnost 107 %.

Tab. 4 Výstupní hodnoty NKN pro Plynový kondenzační kotel [10]

U_{em} [W/m ² K]	Přirozené větrání		Mechanické větrání	
	Q_{fuel} [kWh/m ² .rok]	EnP_R [kWh/m ² .rok]	Q_{fuel} [kWh/m ² .rok]	EnP_R [kWh/m ² .rok]
0,46	110,9	118,9	92,7	104,0
0,44	103,6	111,6	85,6	96,9
0,42	99,6	107,6	81,6	92,9
0,40	94,4	102,4	76,6	87,9
0,38	90,5	98,5	72,8	84,0
0,36	84,8	92,7	67,2	78,5
0,34	80,3	88,3	63,2	74,4
0,32	75,2	83,1	58,5	69,8
0,30	70,9	78,9	54,6	65,9
0,28	65,9	73,9	50,3	61,5
0,26	60,7	68,7	45,5	56,8
0,24	55,6	63,6	40,8	51,1
0,23	51,9	59,8	37,7	48,9

Hodnoty neobnovitelné primární energie dosahují takových hodnot kvůli přepočtu koeficientem energonositele, jenž je pro zemní plyn 1,0 kWh/kWh. [11]

3.4 Elektrické přímotopy

U přímotopu se uvažuje účinnost 99 %.

Tab. 5 Výstupní hodnoty NKN pro Elektrické přímotopy [10]

U_{em} [W/m ² K]	Přirozené větrání		Mechanické větrání	
	Q_{fuel} [kWh/m ² .rok]	EnP_R [kWh/m ² .rok]	Q_{fuel} [kWh/m ² .rok]	EnP_R [kWh/m ² .rok]
0,46	117,8	306,40	98,7	256,7
0,44	110,0	286,00	91,1	237,0
0,42	105,8	275,08	86,8	225,7
0,40	100,2	260,52	81,5	211,9
0,38	96,0	249,60	77,4	201,1
0,36	89,8	233,48	71,4	185,7
0,34	85,1	221,26	67,1	174,4
0,32	79,6	206,96	62,1	161,5
0,30	75,0	195,00	57,9	150,6
0,28	69,7	181,22	53,3	138,5
0,26	64,1	166,66	48,2	125,3
0,24	58,7	152,62	43,2	112,3
0,23	54,6	141,96	39,8	103,5

Hodnoty neobnovitelné primární energie dosahují takových vysokých hodnot kvůli přepočtu koeficientu energonositele, jenž je pro elektřinu 2,6 kWh/kWh. [11]

3.5 Kotel na pelety

Pro kotel na pelety byla uvažovaná hodnota účinnosti 88 %.

Tab. 6 Výstupní hodnoty NKN pro Kotel na pelety [10]

U_{em} [W/m ² K]	Přirozené větrání		Mechanické větrání	
	Q_{fuel} [kWh/m ² .rok]	EnP_R [kWh/m ² .rok]	Q_{fuel} [kWh/m ² .rok]	EnP_R [kWh/m ² .rok]
0,46	133,2	66,6	111,2	55,6
0,44	124,3	62,2	102,6	51,3
0,42	119,5	59,8	97,7	48,9
0,4	113,1	56,6	91,6	45,8
0,38	108,4	54,2	86,9	43,5
0,36	101,4	50,7	80,2	40,1
0,34	96,0	48,0	75,3	37,7
0,32	89,7	44,9	69,6	34,8
0,30	84,6	42,3	64,9	32,5
0,28	78,5	39,3	59,6	29,8
0,26	72,2	36,1	53,8	26,9
0,24	66,0	33,0	48,1	24,1
0,23	61,4	30,7	44,3	22,2

Pro kotel na pelety je koeficient energonositele 0,2 kWh/kWh, avšak hodnoty primární neobnovitelné energie dosahují vyšších hodnot kvůli započtení ostatních potřeb objektu na energii do výstupu.

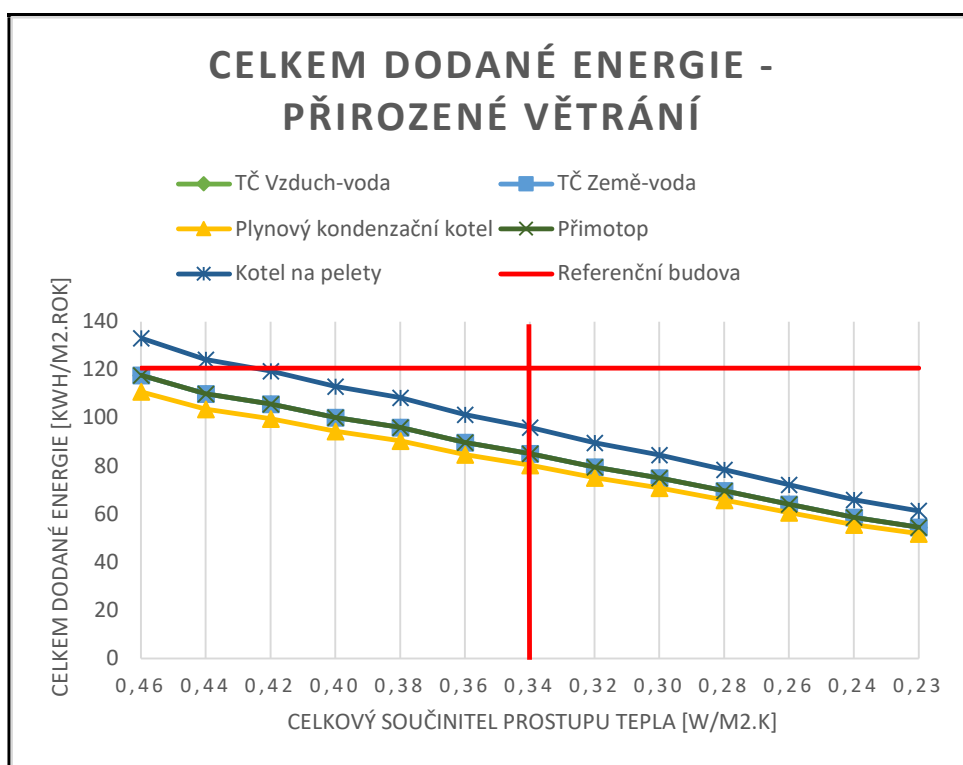
4 POROVNÁNÍ VARIANT

V této části se v grafické podobě porovnají varianty zdroje tepla se závislostí na součiniteli prostupu tepla, a to pro celkovou dodanou energii a primární neobnovitelnou energii.

V grafech je referenční budova vyznačena červenou barvou. Pro dosažení požadavku EN je zapotřebí, aby hodnoty energií a součinitelů prostupu tepla variant tepelného zdroje byly nižší než hodnoty budovy referenční.

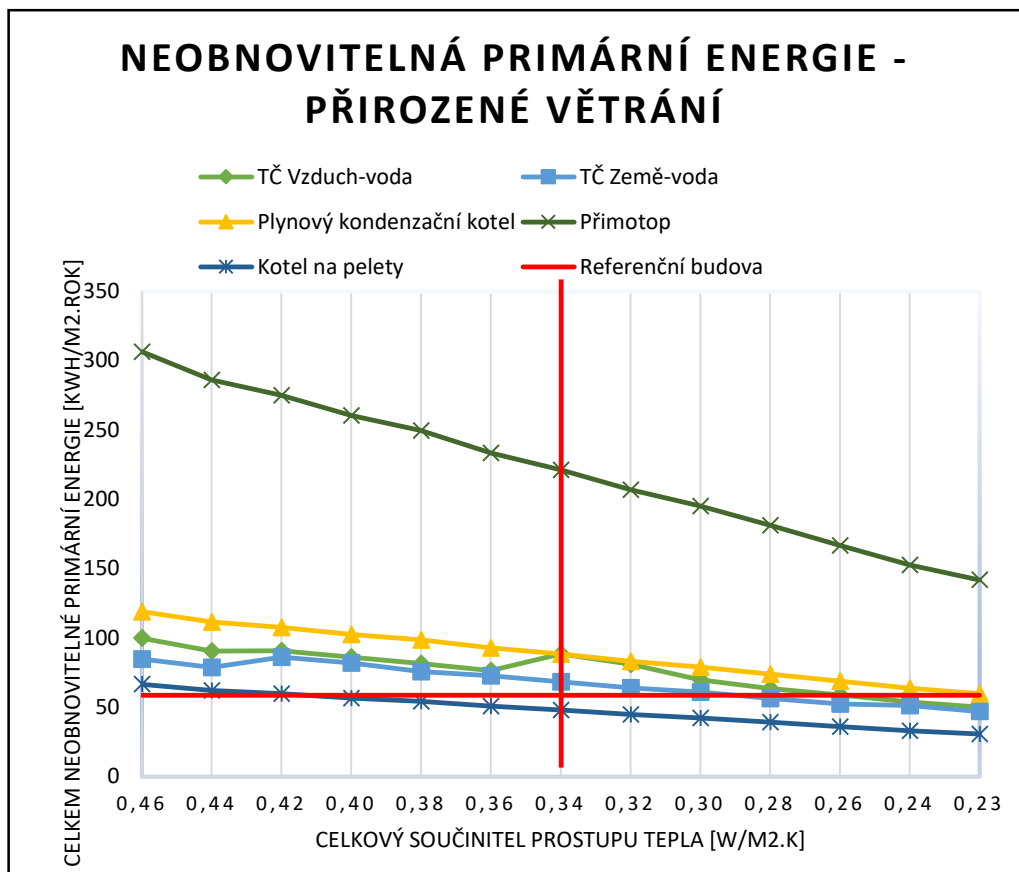
4.1 S přirozeným větráním

V následujícím grafu je patrné, že všechny budovy jsou schopné docílit požadavku EN na celkovou dodanou energii, jakmile celkový součinitel prostupu tepla bude nižší než budova referenční.



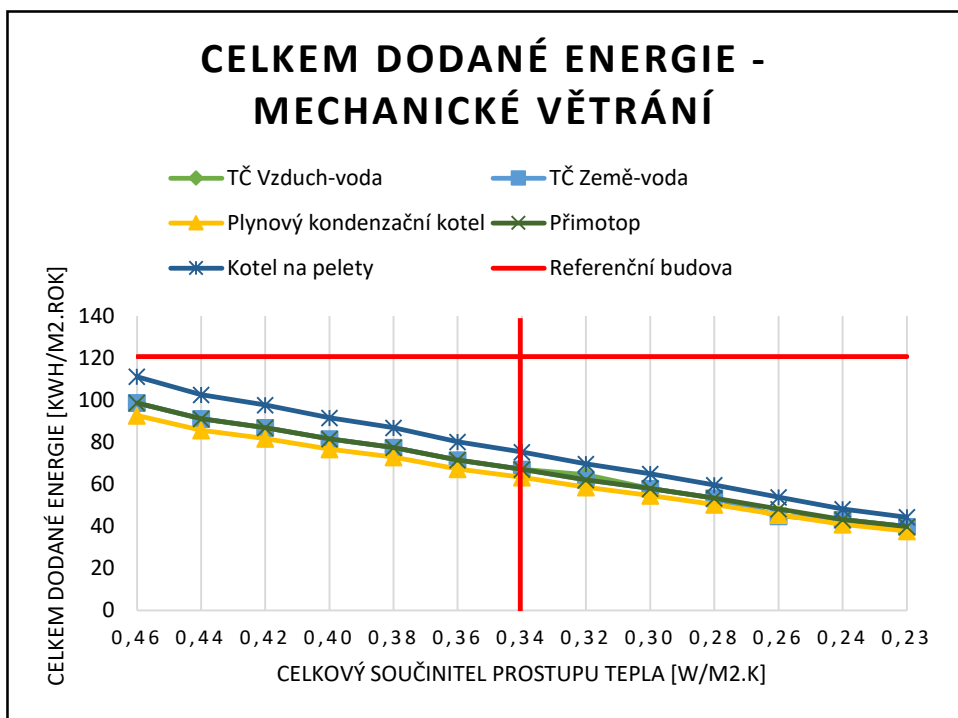
Graf 1 Celkem dodané energie – přirozené větrání

Obdobně jsou vyznačeny hodnoty na docílení požadavků energetické náročnosti v grafu pro neobnovitelné primární energie budovy. Zde se projevuje koeficient energonositele. Je vidět, že většina zdrojů tepla není schopná dosáhnout požadavku EN a pokud ano, tak pouze při nízkých hodnotách součinitele prostupu tepla. V tomto stavu je patrná výhodnost kotle na pelety.

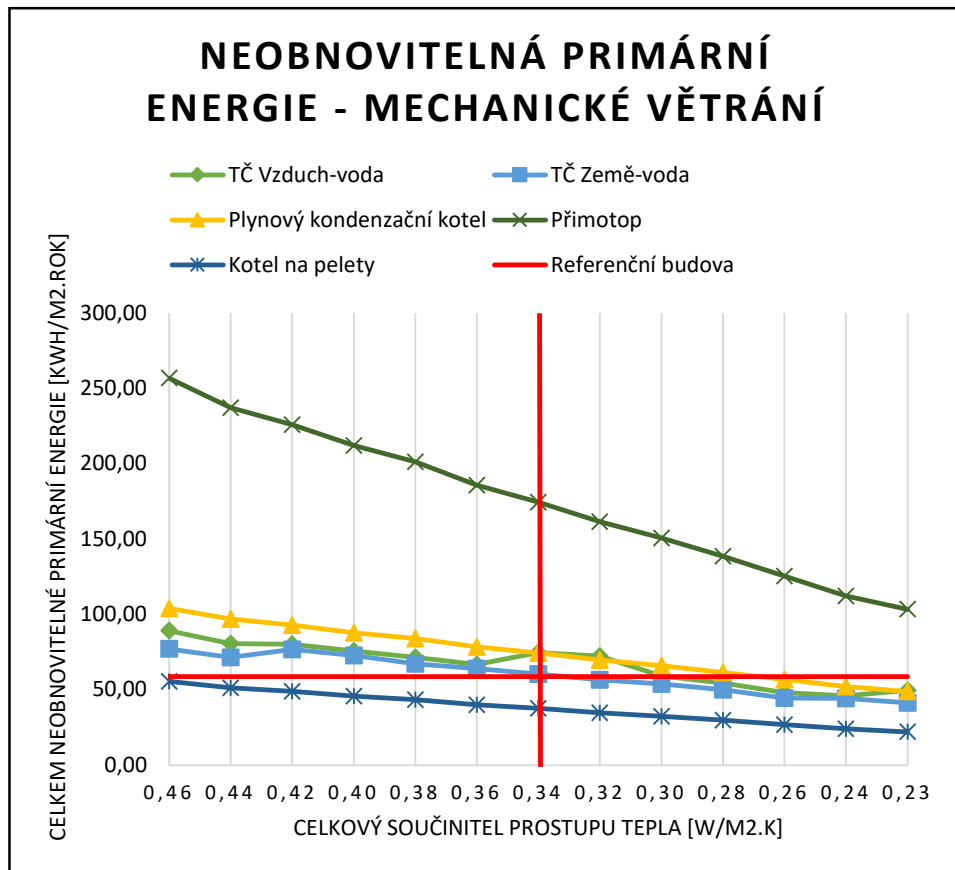


Graf 2 Neobnovitelná primární energie – přirozené větrání

4.2 S mechanickým/nuceným větráním:



Graf 3 Celkem dodané energie – mechanické větrání



Graf 4 Neobnovitelná primární energie – mechanické větrání

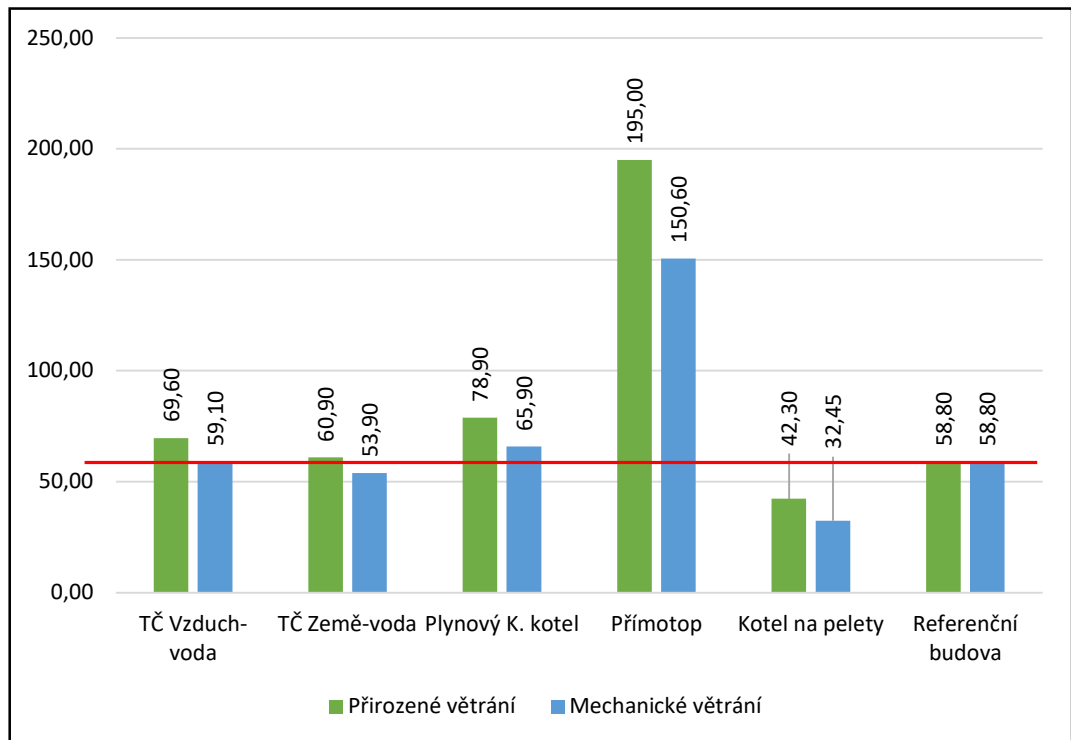
Z grafů je patrné, že budova se VZT jednotkou má výrazně nižší požadavky na dodávku energií na provoz budovy.

Všechny varianty kromě elektrického přímotopu jsou schopné dosáhnout požadavku EN za předpokladu kvalitní obálky budovy.

Na níže uvedeném grafu byly zpracovány dvě varianty z vypočtených výsledku pro primární neobnovitelnou energii při celkovém součiniteli prostupu tepla $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Je patrné, že budovy s mechanickým větráním mají nižší potřebu primární neobnovitelné energie, avšak v hodnotách se projevila potřeba energie pro provoz VZT jednotky.

Hodnoty pro mechanické větrání by mohly být nižší, pokud by se uvažovala úspornější VZT jednotka.



Graf 5 Porovnání potřeby primární energie při $U_{em} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

5 VOLBA ZDROJE TEPLA PRO DANÝ OBJEKT

I když je z grafů patrné, že **kotel na pelety** je z hlediska EN nejvhodnější, nastává zde problém s dispozicí objektu. Neboť kotel je spalovací, bylo by zapotřebí zajistit komín pro odvod spalin a dále zásobování budovy pelety. To by vyžadovalo extra objekt na pozemku, který by byl určený pro skladování pelet s automatickým zásobováním kotle a s kvalitní větráním, aby se zamezilo zvlhčení pelet.

Samostatné **elektrické přímotopy** nesplňují požadavky pro EN. Tento výsledek by se mohl lišit za využití el. energie z obnovitelných zdrojů (např. fotovoltaika). Bohužel, i tato varianta s využitím fotovoltaiky mi nepřijde vhodná kvůli zimnímu období a jeho délce dne společně s úhlem dopadu slunce na případné fotovoltaické panely.

Plynový kondenzační kotel sice splňuje požadavky, ale obdobně jako u kotle na pelety by bylo zapotřebí zajistit odvod spalin, a hlavně zřídit plynovodní přípojku pro zásobování plynem.

Tepelné čerpadlo vzduch-voda splňuje veškeré požadavky EN a není zapotřebí zajistit žádné další potřebné doplňky jako u ostatních variant. Tepelná čerpadla jsou navíc schopná chladit v letním období.

Pro tuto budovu však navrhuji variantu s **tepelným čerpadlem země-voda**, jenž je schopná chladit jak aktivně, tak i pasivně. Výrazně se tím sníží potřebný chod tepelného čerpadla v letním období a tím i potřebu neobnovitelné primární energie. Objekt má vlastní pozemek, ve kterém se navrhnu požadované vrty.

Obálka budovy byla navrhnutá pro celkový součinitel prostupu tepla $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ z důvodu dosažení či blízkosti vzhledem k doporučeným hodnotám $U_{\text{rec},20}$ dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.

Pro objekt zvažuji instalaci VZT jednotky s nuceným větráním v budově. [12]

6 PŘEHLED MOŽNÝCH ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ OBJEKTU

6.1 Otopná tělesa

Otopná tělesa předávají teplo hlavně konvekcí. Tímto způsobem se ohřívá okolní vzduch a až následně okolní konstrukce, tzn. teplota vnitřního vzduchu je vyšší než teplota konstrukcí.

Otopná tělesa se dělí na desková, trubková, článková a konvektory. Daný objekt je po obálce doplněn vysokým počtem francouzských oken, a proto by nebylo možno vytápět jedním typem otopných těles, ale kombinací podlahových konvektorů. Trubková otopná tělesa se dají využít v koupelnách jako doplňující zdroj tepla, pokud nebudou další řešení dostačující.

Hlavní výhodou otopných těles je rychlá a jednoduchá instalace a regulace oproti velkoplošnému vytápění a případná estetika.

6.2 Podlahové vytápění

Otopná plocha předává teplo do interiéru za pomoci sálavé složky tepelného toku a částečně i konvekcí. Díky sálání podlahové vytápění nejprve zahřívá okolní konstrukce a až poté okolní vzduch. Z toho je patrné, že okolní vzduch bude mít teplotu nižší než okolní konstrukce.

Podlahové vytápění je považováno za nízkoteplotní, a proto stačí, aby zdroj tepla předával do výměníku teplotu max. 45 °C. Je však zapotřebí splňovat požadavky na maximální povrchovou teplotu, tj. 33 °C pro koupelny a 29 °C pro obytné prostory. Dále není vhodné instalovat podlahové vytápění pod pevně zabudované prvky, tj. vana/sprchový kout, kuchyňská linka apod. Současně se nedoporučuje zakrývat povrchy podlah koberci či nízkopodlažními objekty jakožto postele atd., aby se nesnížila účinnost vytápění prostor podlahovým systémem.

Hlavní výhody jsou estetičnost, příjemné teplo od nohou, vysoké akumulární schopnosti tepla v roznášecí vrstvě podlahy (možno brát i jako nevýhodu, neboť systém nebude okamžitě schopen reagovat na požadavek uživatele) a rovnoměrné rozložení tepla.

6.3 Stropní vytápění

Obdobně jako u podlahového vytápění se stropní vytápění řadí mezi sálavé systémy. Sdílení tepla je tedy stejné. Stropní systémy mohou být navrženy za pomoci otopných hadů nebo kapilárních rohoží, které mohou být následně zakryty podhledem či omítkou.

Systémy stropního vytápění mohou být využity jak pro vytápění, tak i pro chlazení v letním období, jednoduchým snížením teploty přírodní vody. Dále tyto prostory jsou vhodné pro alergiky, neboť nedochází k pohybu vzduchu prouděním, protože teplý vzduch si již nachází v nejvyšším možném místě prostoru. Při využití stropního vytápění se není třeba zabývat rozmístěním nábytku, popř. dalších prvků, které by mohly zamezit otopnému výkonu soustavy jako je tomu u podlahové soustavy nebo u otopných těles.

7 VOLBA ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ OBJEKTU

Pro tuto budovu je navržena kombinace několika uvedených možností.

Pro obytné a neobytné prostory je navrženo vytápění za pomoci stropních systémů. V prostorech, kde nelze instalovat stropní vytápění, jako například v jídelně kvůli otevřené galerii do 2.NP, nebo v místech kde nelze dispozičně využít otopná tělesa a výkon stropních systému je nedostačující, jsou tyto prostory doplněny podlahovým systémem. Do koupelen budou kromě stropního vytápění osazena elektrická trubková tělesa.

Stropní systémy v objektu kromě neobytných prostorů (tj. bazén a wellness) budou sloužit také pro stropní chladicí systém.

8 NÁVRH ZDROJE TEPLA

Pro instalaci tepelného čerpadla určeného pro přípravu tepla a chladu je zpravidla rozhodující zimní stav. Při návrhu tepelného čerpadla podle roční potřeby tepla byl využit software NTC – návrh tepelných čerpadel, jenž je volně přístupný ke stažení. Do programu lze nahrát vlastní parametry tepelného čerpadla dle jeho charakteristik. Dále je zapotřebí zadat základní údaje pro návrh, což jsou roční potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody, teplota připravované teplé vody a teplota přírodní otopné vody.

Na základě následujících výsledků jsem zvolil tepelné čerpadlo EcoForect ecoGEO B4 T3-12 o výkonu 16 kW s vestavěným elektrokotlem o výkonu 6 kW.

Tab. 7 Vstupní parametry pro NTC [8]

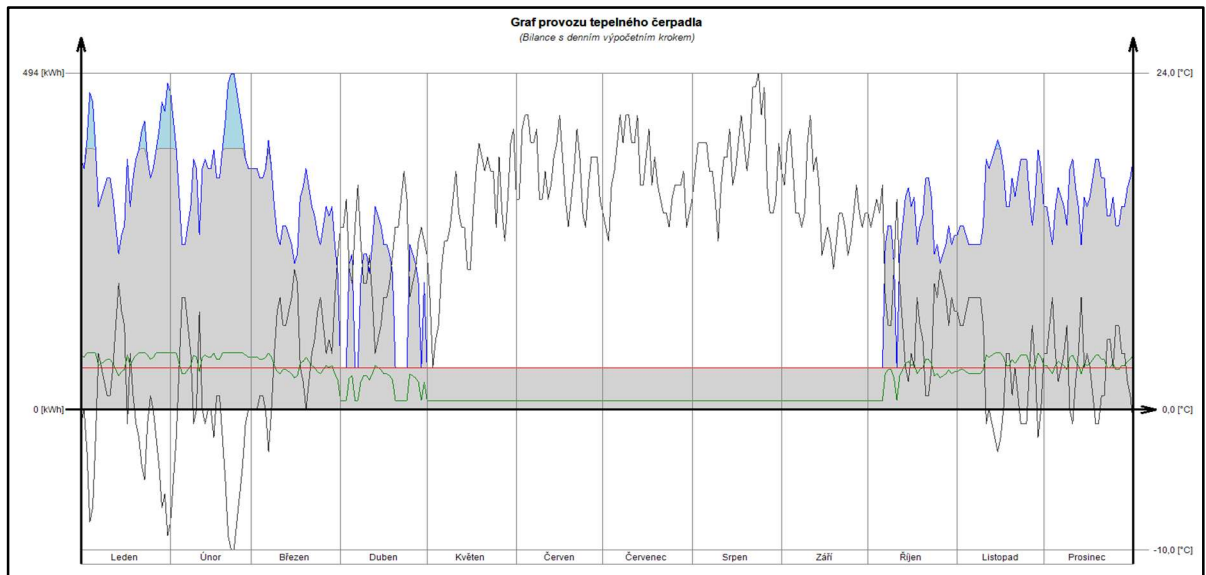
Venkovní výpočtová teplota vzduchu	-12 °C
Mezní teplota otopného období	12 °C
Návrhová teplota vzduchu v interiéru	21 °C
Teplota připravované teplé vody	55 °C
Teplota otopné vody v soustavě Tw1	46 °C
Teplota vratné vody v soustavě Tw2	35 °C
Roční potřeba tepla na ohřev TV	22 305 kWh/rok
Roční potřeba tepla na vytápění	48 792 kWh/rok
Teplotní exponent otopných ploch	1,1

Tab. 8 Výstupní parametry pro NTC [8]

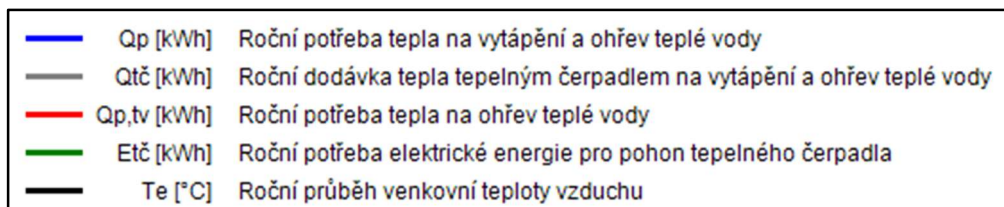
Počet hodinostupňů za otopné období	95 500 K. Hod
Roční potřeba tepla na ohřev TV a VYT	71 097 kWh/rok
Roční dodávka tepla TČ na ohřev TV a VYT	70 565 kWh/rok
Roční dodávka tepla doplňkovým zdrojem tepla	532 kWh/rok
Roční potřeba elektrické energie pro pohon TČ	15 340 kWh/rok
Roční pokrytí potřeby tepla z TČ na ohřev TV a VYT	99,25 %
Sezónní topný faktor tepelného čerpadla	4,60
Sezónní topný faktor celé soustavy	4,49

Navržené tepelné čerpadlo EcoForest ecoGEO B4 T3-12 pokrývá až 99,25 % roční potřeby pro vytápění a přípravy teplé vody. Neboť úsek pro vytápění bazénové vody je zapojen v okruhu pro ohřev teplé vody, byl i podobně započten do výpočetního softwaru. Tato potřeba bude také pokryta tepelným čerpadlem po většinu roku.

V zimních obdobích, kdy výkon samotného tepelného čerpadla nebude dostačující, budou nadbytečné potřeby kryté za pomoci vestavěného elektrokotle o výkonu 6kW.



Obr. 2 Graf provozu TČ s denním krokem [8]



Obr. 3 Legenda křivek grafu [8]

Ve výše uvedeném grafu jsou znázorněny dodávky tepla tepelným čerpadlem a potřeby elektrické energie pro jeho pohon a potřebu tepla na vytápění a přípravu teplé vody dle venkovních teplot.

9 NÁVRH ZEMNÍCH VRTŮ

Návrh zemních vrtů se provede podle ČSN EN 15450 podle roční potřeby tepla.

Dobře navržená potřeba tepla zahrnuje potřebu tepla na vytápění, přípravu teplé vody a potřebu tepla na dohřívání bazénové vody. Neboť není třeba navrhovat vrty pro teplo dodané doplňkovým zdrojem tepla, odečetl jsem jej od celkové hodnoty. Tuto hodnotu následně využiji pro návrh zemních vrtů.

Vstupní parametry:

Návrhová potřeba tepla $Q = 70\,565$ kWh

Roční hodinová zátěž vrtů $t = 2\,400$ h

Sezonní topy faktor TČ SCOP = 4,60

Teoretický výkon vrtu $Q_{\text{vrt}} = 50$ W/m

- **Teoretický topný výkon Q_t :**

$$Q_t = \frac{Q}{t}$$

$$Q_t = \frac{70\,565}{2\,400}$$

$$Q_t = 29,4 \text{ kW}$$

- **Teoretický chladicí výkon Q_{CHL} :**

$$Q_{\text{CHL}} = Q_t - \frac{Q_t}{\text{SCOP}}$$

$$Q_{\text{CHL}} = 29,4 - \frac{29,4}{4,60}$$

$$Q_{\text{CHL}} = 23 \text{ kW}$$

- **Celková potřeba délky vrtů L:**

$$L = \frac{Q_{CHL}}{Q_{VRT}}$$

$$L = \frac{23\,000}{50}$$

$$L = 460\,m$$

Navrhuji 4x zemní vrt o délce 115 metrů.

[5]

10 REGULACE

Regulaci celé soustavy bude zajišťovat inteligentní systém MaR. V každé místnosti budou osazena čidla teploty a termostaty se senzorem relativní vlhkosti. Systém MaR bude pomocí naměřených hodnot ovládat pohony na trojcestných ventilech a oběhových čerpadlech a tím řídit distribuci tepla a chladu.

Pro vytápění bude navržena ekvitermní regulace teploty topné vody. Exteriérová teplota bude měřena pomocí venkovního čidla na severní fasádě objektu.

Pro chlazení je navržena nepřímá regulace podle vnitřní teploty. Systém MaR bude za pomoci naměřených hodnot ze senzoru relativní vlhkosti určovat teplotu rosného bodu, podle které se budou řídit směšovací ventily, aby teplota přívodní chladicí vody neklesla pod teplotu rosného bodu.

Prostorové termostaty, které jsou instalované v každé místnosti, umožní ovládní termopohonů ventilů na příslušném okruhu rozdělovače podlahového vytápění či stropního vytápění/chlazení.

11 VYHODNOCENÍ NAVRŽENÉ BUDOVY

Pro vyhodnocení navržené budovy kvůli dosažení požadavků pro energetickou náročnost byl využit výpočtový software NKN obdobně jako v rešeršní části.

Vstupní údaje budovy se shodují s hodnotami, které byly použity při volbě tepelného zdroje.

Specificky se bude v softwaru nově zadávat navržená obálka budovy, zdroj tepla, hodnoty přípravy teplé vody, zdroj chladu a vzduchotechnika. Osvětlení pomocí LED zůstává stejné.

Tab. 9 Vyhodnocení EN navržené budovy

	Návrhová budova	Referenční budova	Klasifikační ukazatel ER	Splnění požadavku EN	Třída energetické náročnosti EN
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} [W/m ² .K]	0,310	0,34	0,92	ANO	C – Úsporná
Celková dodaná energie do budovy Q_{fuel} [kWh/m ² .rok]	66,00	105,10	0,63	ANO	A – Mimořádně úsporná
Neobnovitelná primární energie EnP_R [kWh/m ² .rok]	55,90	64,00	0,87	ANO	B – Velmi úsporná

Z tabulky je patrné, že budova dosahuje požadavkům pro EN. Pro zlepšení třídy energetické náročnosti by stačilo zlepšit obálku, případně zajistit kvalitnější VZT jednotku. Ta byla zvolena ve výpočtech analogicky dle ČSN 73033-1.

12 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo porovnat a navrhnout optimální řešení technických systémů rodinné vily s ohledem na dosažení nízké energetické náročnosti.

V první části jsem posoudil pět variant zdrojů tepla, a to s přirozeným větráním a mechanickým (nuceným) větráním. Došel jsem k výsledku, že volba variant s nuceným větráním výrazně snižuje potřebu na dodávku energii oproti variant s přirozeným větráním. Dále bylo patrné, že se zlepšující se obálkou budovy se také snižuje požadavek na primární neobnovitelnou energii. Tím se i zlepšovala její třída energetické náročnosti EN. Následně jsem posoudil varianty vytápění a zvolil tu nejhodnější pro objekt. Z posuzovaných možností pro zdroj tepla jsem zvolil tepelné čerpadlo země-voda, a to vzhledem k jeho možnosti chlazení jak aktivně, tak i pasivně. Pro vytápění jsem zvolil kombinaci podlahového a stropního systému pro jeho možnost stropního chlazení. Zvolil jsem tepelné čerpadlo EcoForest ecoGEO B4 T3-12. Pro tento zdroj tepla jsem následně navrhnul požadovanou hloubku a množství zemních vrtů pro přívod tepla či chladu do objektu. Vzhledem k volbě tepelného čerpadla typu EcoForest ecoGEO B4 T3-12 a obálky budovy s celkovým součinitelem prostupu tepla $U_{em} = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$, dosáhla budova požadavkům energetické náročnosti EN s rezervou 39,1 kWh/m²rok pro celkovou dodanou energii a s rezervou 8,1 kWh/m²rok pro neobnovitelnou primární energii. Tyto hodnoty by se mohly více redukovat za pomoci konkrétní volby VZT jednotky, která by využívala méně energie na provoz, než varianta navržená analogicky dle ČSN 73033-1.

Ve druhé části diplomové práce bylo výsledně zvolené řešení zpracováno v projektové dokumentaci ve stupni pro provedení stavby. Soustava je navržena tak, aby byla schopná pokrýt požadavky budovy na přípravu tepla a chladu. Pro vytápění budovy se primárně používá teplovodní stropní vytápění. Do místností, kde instalace stropního vytápění není možná nebo samostatné stropní vytápění je nedostačující pro pokrytí tepelné ztráty místnosti, byla navržena doplňková teplovodní podlahová soustava. Do koupelen místo podlahového systému byly navrženy elektrické otopné žebříky pro možnost vytápění mimo otopné období. V letním období lze stropní soustavu využívat jednak pro pasivní, tak i aktivní chlazení objektu. Celou soustavu je možno lokálně regulovat za pomoci terminálů instalovaných v místnostech daného okruhu.

13 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] PETRÁŠ, Dušan. Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. 1. vyd. vyd. Bratislava: Jaga group, 2008. ISBN 9788080760694;8080760691;
- [2] TYWONIAK, Jan. Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady. 1. vyd. vyd. Praha: Grada, 2008. ISBN 8024720612;9788024720616;
- [3] ZMRHAL, Vladimír. Sálavé chladicí systémy. Vyd. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 8001043185;9788001043189;
- [4] Aktivní chlazení v domě | Dřevostavby, časopis o bydlení – DřevoStavby. Dřevostavby – Portál | Dřevostavby, časopis o bydlení – DřevoStavby [online]. Copyright © 2023 Kladenská 107, Praha 6 [cit. 17.05.2023]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/vse-o-drevostavbach/stavba-drevostavby/vytapeni-a-vzduchotechnika/7037-system-aktivniho-chlazení-v-dome>
- [5] Návrh tepelného čerpadla. Projekty tepelných čerpadel země – voda / GEROTop.cz [online]. Copyright © 2023 GEROTop spol. s r.o. [cit. 17.05.2023]. Dostupné z: <https://www.gerotop.cz/dimenzovani-hlubinnych-vrtu>
- [6] Bašta, J. Návrh tlakové expanzní nádoby Objem expanzní nádoby, seřízení přetlaku na straně vzdušiny, 3.12.2019. tzbinfo. [cit. 17.05.2023]. <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>.
- [7] BAŠTA, Jiří. Regulace v technice prostředí staveb. 1. vyd. vyd. v Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 8001054551;9788001054550;
- [8] HORÁK, Petr. NTC – Návrh tepelných čerpadel [software]. 2012. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/horak.p/ntc.rar>
- [9] atelier KLANC – Realizace – Rodinné domy. Klanc...architekti [online]. Copyright © 2013 MyFonts Inc [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <http://www.klanc.cz/realizace/rodinne-domy?vila-s-bazenem-ii-klanovice#>
- [10] Katedra technických zařízení budov, Fakulta stavební, ČVUT v Praze 2021. Výpočetní nástroj NKN III [software]. 2021. Dostupné z: <http://nkn.fsv.cvut.cz/>

- [11] 264/2020 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov. Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-264>
- [12] ČSN 73033-1. Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet – Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data. Praha: ÚNMZ, 2020.
- [13] Plošné vytápění/chlazení In: Rehau [online]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/download/1398624/vytapeni-chlazení-ti-cz.pdf>
- [14] ECOFOREST ECOGEO B, C země / voda – PROTC. PROTC – Technická databáze pro projektanty [online]. Copyright © Copyright GT Energy s.r.o. 2019 [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/ecoforest-ecogeo-zeme-voda>
- [15] Hořejší, Miroslav., Novák, Jan. Výpočet pojistného ventilu pro kotle a výměníky tepla. In: TZB-info [online]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzbinfo.cz/tabulky-a-vypocty/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymenikytepla>
- [16] STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG (DE). DIMENZOVÁNÍ TEPELNÉHO ČERPADLA [online]. [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://www.stiebel-eltron.cz/toolbox/waermepumpe/>
- [17] Schwarzer, Jan. Návrh a dimenzování VZT pro bazény (I) In: TZB-info [online]. [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetraniklimatizace/4218-navrh-a-dimenzovani-vzt-pro-bazeny-i>
- [18] Reinberk, Zdeněk. Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací. In: TZB-info [online]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-vypocet-tepelne-zraty-potrubí-s-izolací>
- [19] Katalog produktů GIACOMINI. Podlahové topení, kulové kohouty a mnoho dalšího od značky GIACOMINI. [online]. Copyright © 2023 GIACOMINI CZECH, s.r.o. [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://www.giacomini.cz/katalog>
- [20] Produkty a řešení : Regulus. Regulus - Úsporné topení [online]. Copyright © Copyright Regulus s r.o. 2015 [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/produkty>
- [21] Ohřev bazénu. Bazény a příslušenství [online]. Copyright © Bazenonline.cz, Eseos s.r.o. 2011 [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://www.bazenonline.cz/bazenove/eshop/11-1-Ohrev-bazenu>

[22] CV216/316 MZ. IMI Hydronic Engineering | Home [online]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/cs/product/cv216316-mz>

[23] TRÍCESTNÝ ZÓNOVÝ UZÁVĚR SE SERVOPOHONEM | IVAR CS : komponenty pro vodu, vytápění a plyn. Hlavní stránka | IVAR CS : komponenty pro vodu, vytápění a plyn [online]. Copyright © IVAR CS spol. s r.o., 2023 [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/katalog/vytapeni-ivartrio/tricestny-zonovy-uzaver-se-servopohonem-p140496/>

[24] [online]. Copyright © SIKO KOUPELNY a.s. [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://www.siko.cz/koupelnove-elektricke-radiatory/c/C021-elektricke-radiatory>

14 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Hodnoty referenční budovy [11].....	10
Tab. 2 Výstupní hodnoty NKN pro TČ Vzduch-voda [10].....	11
Tab. 3 Výstupní hodnoty NKN pro TČ Země-voda [10].....	12
Tab. 4 Výstupní hodnoty NKN pro Plynový kondenzační kotel [10].....	13
Tab. 5 Výstupní hodnoty NKN pro Elektrické přímotopy [10].....	14
Tab. 6 Výstupní hodnoty NKN pro Kotel na pelety [10].....	15
Tab. 7 Vstupní parametry pro NTC [8].....	23
Tab. 8 Výstupní parametry pro NTC [8].....	23
Tab. 9 Vyhodnocení EN navržené budovy.....	27

15 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Celkem dodané energie – přirozené větrání	16
Graf 2 Neobnovitelná primární energie – přirozené větrání.....	17
Graf 3 Celkem dodané energie – mechanické větrání	17
Graf 4 Neobnovitelná primární energie – mechanické větrání.....	18
Graf 5 Porovnání potřeby primární energie při $U_{em} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	19

16 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rodinná vila [9]	9
Obr. 2 Graf provozu TČ s denním krokem [8].....	24
Obr. 3 Legenda křivek grafu [8]	24

17 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 01: Technická zpráva

Příloha 02: Výpočtová část

Příloha 03: Výkresová dokumentace

Příloha 04: Technické listy