



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ENVIRONMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ OBJEKTU DOMU S KAVÁRNOU V ZAJEČÍ

ENVIRONMENTAL SOLUTION OF A HOUSE WITH A CAFÉ IN ZAJEČÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tereza Medková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N0732A260018 Environmentálně vyspělé budovy
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Tereza Medková
Název	Environmentální řešení objektu domu s kavárnou v Zaječí
Vedoucí práce	doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- (1) Platné právní předpisy, zejména Stavební zákon č. 183/2006 Sb., Zákon č. 3/2020 Sb. o hospodaření energií a další předpisy související s tématem práce
- (2) Platné technické národní předpisy a normy ČSN, ČSN EN ISO
- (3) Katalogy stavebních materiálů, konstrukčních systémů, stavebních výrobků;
- (4) Odborná literatura

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zadání:

Zpracování určené části projektové dokumentace zadané budovy s téměř nulovou spotřebou energie ve stupni pro vydání stavebního povolení.

Cíle:

Dispoziční řešení budovy s návrhem vhodné konstrukční soustavy a nosného systému na základě zvolených materiálů a konstrukčních prvků, včetně vyřešení osazení objektu do terénu s respektováním okolní zástavby. Koncepční řešení technických systémů budovy a klasifikace její energetické náročnosti.

I) Část architektonicko-stavební řešení (podíl 35 %) bude obsahovat: průvodní zprávu, souhrnnou technickou zprávu, koordinační situaci (1:200), požárně bezpečnostní řešení stavby a výkresy (1:100, příp. 1:50): základů, půdorysů podlaží, konstrukce zastřešení, svislých řezů a technických pohledů. Součástí dokumentace bude stavebně fyzikální posouzení objektu (min. tepelná stabilita prostoru, kondenzace vodní páry ve stavební konstrukci) a průkaz energetické náročnosti budovy (bez posouzení proveditelnosti alternativních systémů a doporučených opatření)

(II) Část technika prostředí staveb (podíl 35 %) bude obsahovat koncepční studie relevantních systémů technického zařízení budovy s vazbou na výrobu a užití energie a hospodaření s vodou, schéma zapojení energetických zdrojů, výpočet výkonových parametrů, zjednodušené schéma řízení a dispoziční umístění zdrojů.

(III) Náplň volitelné části (podíl 30 %) bude stanovena vedoucím práce z oblasti energetiky, či ekonomiky budov, týkající se jejich návrhu nebo provozu. Tato část může být řešena teoretickými nebo experimentálními prostředky.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá komplexním environmentálním návrhem domu s kavárnou v Zaječí. První část se zabývá konstrukční částí budovy, která má dvě nadzemní podlaží a suterén. V suterénu se nachází sklady a místnosti pro technické vybavení, v přízemí je umístěna kavárna a obývací pokoj s kuchyní a ve druhém patře jsou ložnice, koupelny a šatny. Základové pasy jsou zhotoveny z prostého betonu. Nosné stěny v suterénu tvoří bednicí tvárnice vylité betonem a v nadzemních podlažích jsou zhotoveny z keramických tvárnic. Všechny nenosné stěny jsou také z keramických tvárnic. Vodorovné nosné konstrukce tvoří železobetonové stropní desky. Střecha je plochá extenzivní vegetační. Druhá část práce se zabývá technickým vybavením budovy. Budova je vybavena plynovým kondenzačním kotlem, podlahovým vytápěním, klimatizací, nuceným větráním, fotovoltaickou elektrárnou s bateriovým úložištěm, retenční nádrží, venkovními žaluziemi a biodynamickým osvětlením. Třetí část práce porovnává několik možností využití solární energie v kombinaci s různými zdroji tepla z hlediska energetické a ekonomické náročnosti budovy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kavárna, rodinný dům, keramické tvárnice, plochá extenzivní vegetační střecha, vzduchotechnika, podlahové vytápění, fotovoltaika, biodynamické osvětlení, průkaz energetické náročnosti budovy

ABSTRACT

In my master's project I design a nearly zero energy consumption house with a café in Zaječí. The 1ST part of this project deals with a structural part of the building, which has two above-ground floors and basement. On the basement are storerooms and rooms for technical equipment, on the ground floor is café and living room with kitchen, and on the second floor are bedrooms, bathrooms and cloakrooms. Footings are from cast-in-place concrete, the load bearing walls on basement are from formwork blocks with cast-in-place concrete, on above-ground floors are from ceramic blocks and every non-load bearing walls are also from ceramic blocks. On whole floor are reinforced concrete floor slab and flat green roof. The 2ND part deals with technical equipment of the building. There are gas boiler, floor heating, air conditioning, mechanical ventilation (HVAC), photovoltaics panels with energy storage, retention tank, external blinds and biodynamic lighting. The 3RD part compares several options for using solar energy in combination with different heat sources in terms of energy and economic efficiency of the building.

KEYWORDS

Café, family house, two-storey building, ceramic blocks, flat green roof, HVAC, floor heating, biodynamic lighting, photovoltaic, energy performance certificate

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Tereza Medková *Environmentální řešení objektu domu s kavárnou v Zaječí*. Brno, 2022. 46 s., 390 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Environmentální řešení objektu domu s kavárnou v Zaječí* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 8. 1. 2022

Bc. Tereza Medková
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Environmentální řešení objektu domu s kavárnou v Zaječí* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 8. 1. 2022

Bc. Tereza Medková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Úvodem bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce doc. Aleši Rubinovi, Ph.D. a konzultantovi Ing. Petru Jelínkovi, Ph.D. za přátelský přístup, čas, a především cenné odborné rady, které mi během zpracování této práce věnovali. Rovněž bych ráda poděkovala své rodině za podporu během celého studia.

V Brně dne 8. 1. 2022

Bc. Tereza Medková
autor práce

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 ARCHITEKTONICKO-STAVEBNÍ ŘEŠENÍ	11
1.1 POPIS OBJEKTU	11
1.2 SEZNAM PŘÍLOH K ČÁSTI 1	12
2 TECHNIKA PROSTŘEDÍ STAVEB	13
2.1 OSVĚTLENÍ	13
Kavárna	13
Obytná část	13
Technické zázemí	13
2.2 HOSPODAŘENÍ S VODOU	14
2.2.1 <i>Pitná voda</i>	14
Průměrná denní potřeba vody	14
Maximální denní potřeba vody	14
Maximální hodinová potřeba vody	14
Roční potřeba vody	14
2.2.2 <i>Nepitná voda</i>	15
Denní potřeba nepitné vody	15
Stanovení objemu nádrže na nepitnou vodu	15
Roční potřeba nepitné vody	15
2.2.3 <i>Srážková voda</i>	16
Množství zachycené vody na střeše	16
Posouzení využití srážkové vody:	16
2.2.4 <i>Návrh řešení na využití srážkové vody</i>	16
2.3 VZDUCHOTECHNIKA	17
2.3.1 <i>Rozdělení objektu na funkční celky</i>	17
2.3.2 <i>Stanovení průtoků vzduchu</i>	18
2.3.3 <i>Volba distribučních elementů</i>	19
2.3.4 <i>Výběr vzduchotechnické jednotky</i>	19
2.3.5 <i>Dimenzování potrubí</i>	20
2.4 VYTÁPĚNÍ	21
2.4.1 <i>Tepelné ztráty objektu</i>	21
Tepelná ztráta prostupem	21
Tepelná ztráta větráním	21
2.4.2 <i>Potřeba tepla na ohřev teplé vody</i>	22
Objem zásobníkového ohříváče teplé vody	22
Výkon topné vložky ohříváče (potřeba tepla na ohřev TV)	22
2.4.3 <i>Návrh zdroje tepla</i>	23
Přípojný výkon kotelny	23
2.4.4 <i>Návrh akumulční nádoby</i>	24
2.5 CHLAZENÍ	25
2.5.1 <i>Výpočet tepelných zisků</i>	25
2.5.2 <i>Návrh vnitřních jednotek</i>	25
2.5.3 <i>Návrh zdroje chladu</i>	26
Potřeba chladu pro VZT:	26
Potřeba chladu pro vnitřní chladicí jednotky:	26
2.5.4 <i>Technická specifikace systému chlazení</i>	26
2.6 FOTOVOLTAIKA	27
2.6.1 <i>Klimatická data</i>	27
2.6.2 <i>Výběr FV panelů</i>	27
2.6.3 <i>Umístění panelů na střeše</i>	28

2.6.4	Provozní účinnost FV panelů.....	29
2.6.5	Rozbor provozu.....	29
2.6.6	Bilance výroby, spotřeby a akumulace	30
	Červenec.....	30
	Leden.....	31
	Celoroční bilance.....	32
2.6.7	Akumulace elektrické energie.....	33
2.7	SEZNAM PŘÍLOH K ČÁSTI 2	33
3	POSOUZENÍ VARIANTNÍCH ŘEŠENÍ SYSTÉMŮ TZB	34
3.1	NÁVRH JEDNOTLIVÝCH VARIANT	34
3.1.1	Varianta 1: plynový kotel + FV s bateriemi	34
3.1.2	Varianta 2: plynový kotel + FV bez baterií	35
3.1.3	Varianta 3: plynový kotel + solární kolektory	35
3.1.4	Varianta 4: kotel na pelety + FV s bateriemi.....	36
3.1.5	Varianta 5: kotel na pelety + solární kolektory.....	37
3.1.6	Varianta 6: pouze kotel na pelety.....	37
3.1.7	Souhrnný přehled variant	38
3.2	POSOUZENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	38
3.2.1	Chlazení, nucené větrání, osvětlení	38
3.2.2	Zdroj tepla.....	39
3.2.3	Solární energie	39
3.3	POSOUZENÍ POŘIZOVACÍCH NÁKLADŮ	40
3.4	POSOUZENÍ NÁKLADŮ NA PROVOZ	41
3.4.1	Jednotkové ceny.....	41
	Elektřina	41
	Plyn.....	41
	Dřevěné pelety	41
3.4.2	Roční spotřeby a náklady.....	42
3.5	CELKOVÉ ZHODNOCENÍ	42
3.6	SEZNAM PŘÍLOH K ČÁSTI 3	43
	ZÁVĚR.....	44
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	45

ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá environmentálním řešením objektu domu s kavárnou v katastrálním území obce Zaječí. Dokumentace byla zpracována ve stupni požadovaném pro udělení stavebního povolení (DSP). Součástí práce je návrh všech technických zařízení, která se v budově vyskytují. Práce byla zhotovena dle aktuálních zákonů, vyhlášek a norem platných v České republice.

1 ARCHITEKTONICKO-STAVEBNÍ ŘEŠENÍ

Tato část diplomové práce obsahuje architektonické, dispoziční, materiálové a konstrukční řešení objektu, požárně bezpečnostní řešení a posouzení z hlediska stavební fyziky.

1.1 Popis objektu

Jedná se o objekt o dvou nadzemních a jednom podzemním podlaží. Budova jednou stěnou přímo sousedí se sousedním objektem. V 1.NP se nachází kavárna s vlastním hygienickým zázemím, vstupní prostory do obytné části a obývací pokoj s kuchyní. Ve 2.NP je umístěna tzv. klidová zóna obytné části, tedy ložnice, šatny a koupelny. V podzemním podlaží je umístěno veškeré technické zázemí celého objektu a skladovací prostory náležící obytné části.

Objekt je založen na základových pasech. Pod podlahou přilehlou k zemině je podkladní beton. Svislé nosné konstrukce v nadzemní části jsou zhotoveny z broušených cihelných bloků Porotherm Profi tl. 300 mm a 250 mm, v podzemní části z tvárnic ztraceného bednění tl. 300 mm vylitého betonem. Příčky tvoří cihelné bloky Porotherm Profi různých tloušťek. Schodiště je železobetonové prefabrikované. Vodorovné nosné konstrukce tvoří monolitické železobetonové stropní desky tl. 200 mm a v jihovýchodní části objektu předpjaté stropní panely Spiroll. Na objektu je plochá extenzivní vegetační střecha. Objekt je kontaktně zateplen expandovaným polystyrenem EPS tl. 180 mm v nadzemní části a extrudovaným polystyrenem XPS tl. 140 mm v podzemní části. Výplně otvorů tvoří hliníkové dveře a hliníková okna s izolačním trojsklem, uvnitř jsou obložkové dřevěné dveře.

Navrhovaná novostavba bude provedena na pozemku parc. č. 36 v katastrálním území Zaječí. Uvedená parcela se nachází blízko centra obce. Z hlediska výškového uspořádání se jedná o pozemek mírně svažitého charakteru. Plocha pozemku činí 1123 m², zastavěná plocha domu s kavárnou je 216 m² a tvoří cca 19,2 % z celkové plochy stavebního pozemku. Dalších přibližně 264 m² budou zabírat zpevněné plochy okolo budovy (příjezdové cesty, parkoviště, terasa...). Vstup a vjezd na pozemek je umožněn sjezdem z obecní komunikace III. třídy.

1.2 Seznam příloh k části 1

- **A Průvodní zpráva**
- **B Souhrnná technická zpráva**
- **C Situační výkresy**
 - C.1 Situační výkres širších vztahů
 - C.3 Koordinační situační výkres
- **D.1.1 Architektonicko-stavební řešení**
 - D.1.1.1 Půdorys 1.PP
 - D.1.1.2 Půdorys 1.NP
 - D.1.1.3 Půdorys 2.NP
 - D.1.1.4 Výkres ploché střechy
 - D.1.1.5 Řez A-A'
 - D.1.1.6 Technické pohledy
- **D.1.2 Stavebně konstrukční řešení**
 - D.1.2.1 Půdorys základů
- **D.1.3 Požárně bezpečnostní řešení**
 - D.1.3.1 Technická zpráva požární ochrany
 - *Příloha 1 – Výpočet požárního rizika*
 - D.1.3.2 PBŘ – Půdorys 1.PP
 - D.1.3.3 PBŘ – Půdorys 1.NP
 - D.1.3.4 PBŘ – Půdorys 2.NP
 - D.1.3.5 PBŘ – Situační výkres
- **E Stavební fyzika**
 - E.1 Posouzení z hlediska stavební fyziky
 - *E.1.1 Tepelně technické posouzení stavebních konstrukcí*
 - *E.1.2 Posouzení tepelné stability*
 - *E.1.3 Výpočet činitele denní osvětlenosti*
 - E.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

2 TECHNIKA PROSTŘEDÍ STAVEB

2.1 Osvětlení

V rámci této diplomové práce je řešeno kompletní vnitřní osvětlení celého objektu.

Kavárna

Při návrhu osvětlení hlavních prostor kavárny byla vybírána svítidla, která se svým designem do tohoto prostředí hodí a stanou se tak příjemným, nerušivým, ale přitom atraktivním doplňkem celého interiéru. Jedná se o svítidla v antracitovém provedení, která jsou zavěšena ze stropu. Tato svítidla jsou stmívatelná, je tedy možné dle potřeby intenzitu osvětlení plynule regulovat.

V hygienických místnostech jsou navržena čtvercová LED svítidla pro zabudování do podhledu, která jsou vybavena PIR čidly a rozsvítí se automaticky po zaznamenání pohybu.

Obytná část

Do obytných místností byly navrženy biodynamické plnospektrální LED panely od společnosti Spectrasol. Tyto panely produkují světelné spektrum imitující denní světlo vyzařované Sluncem, díky čemuž se lidé v budovách mohou cítit lépe nebo být výkonnější. Pro-kognitivní světlo podporuje zdraví, fyzickou i psychickou vitalitu a kognitivní funkce (myšlení, vytrvalost, výkon, soustředěnost...). Toto osvětlení zároveň neobsahuje nebezpečnou modrou složku spektra (tzv. Blue light hazard), která představuje riziko nevratného poškození buněk oční sítnice. Panely budou řízeny na základě denní osvětlenosti a času. Jsou plynule stmívatelné a disponují možností změny spektrálního složení. Přes den světla svítí bílým světlem se zastoupením všech spektrálních složek – toto světlo navozuje pocit denního osvětlení a v zimních měsících nám může výrazně pomoci prodloužit den. V noci se světlo plynule zbarvuje do červena a odbourává modrou spektrální složku – tento jev pomáhá tělu připravit se na spánek a produkovat více hormonu melatoninu, který má významný vliv na kvalitu spánku. Dohromady tedy toto světlo výrazně ovlivňuje cirkadiální rytmus, který je pro správné fungování člověka velmi důležitý.

Pro osvětlení hygienických místností, komunikačních prostor, šaten a spíží jsou navržena klasická LED svítidla bez smívání s ovládním vypínačem.

V celé obytné části jsou navržena orientační svítidla pro noční vidění s PIR čidly pohybu, která rovněž neobsahují modrou spektrální složku. Tato světla jsou umístěna cca 30 cm nad podlahou a aktivují se, jestliže zaznamenají pohyb. Jsou tedy vhodná například tehdy, když jde v noci člověk na toaletu nebo například do kuchyně pro pití.

Technické zázemí

V 1.PP byla navržena přisazená stropní LED svítidla tak, aby přiměřeně osvětlovala místnosti podle účelu jejich užívání.

Návrh světelných výkonů a konkrétních svítidel obsahuje příloha F.1.1 Návrh svítidel.

Studie půdorysů jednotlivých podlaží s přibližným umístěním svítidel obsahují přílohy F.1.2 Osvětlení – půdorys 1.PP, F.1.3 Osvětlení – půdorys 1.NP a F.1.4 Osvětlení – půdorys 2.NP.

2.2 Hospodaření s vodou

2.2.1 Pitná voda

- *Průměrná denní potřeba vody*

- kavárna:

- Mytí skla: $Q_{d,p,11} = q_{s,1} \cdot n = 164,4 \cdot 1 = 164,4 \text{ l/den}$

- WC: $Q_{d,p,12} = [(2 \cdot 3 + 2 \cdot 6) + (3 \cdot 1,5 + 1 \cdot 6)] \cdot 8 = 228 \text{ l/den}$

(Maximální obsazenost kavárny je 16 návštěvníků. Pro výpočet uvažují celodenní obsazení kavárny z 50 % (stále 8 návštěvníků). Po hodině se celé osazenstvo vymění za nové s předpokladem, že každý návštěvník jde alespoň 1x na WC. Polovinu návštěvníků tvoří ženy, polovinu muži (4+4). ½ žen spláchne 3 l, ½ spláchne 6 l. ⅓ mužů použijí pisoár a spláchnou 1,5 l, ⅓ použije velké splachování na WC - 6 l.)

- obytná část: $Q_{d,p,2} = q_{s,2} \cdot n = 100 \cdot 4 = 400 \text{ l/den}$

CELKEM: $Q_{d,p} = Q_{d,p,1} + Q_{d,p,2} = 164,4 + 228 + 400 = \mathbf{792,4 \text{ l/den}}$

- *Maximální denní potřeba vody*

- kavárna: $Q_{d,max,1} = Q_{d,p,1} \cdot k_d = (164,4 + 228) \cdot 1,5 = 588,6 \text{ l/den}$

- obytná část: $Q_{d,max,2} = Q_{d,p,2} \cdot k_d = 400 \cdot 1,5 = 600 \text{ l/den}$

CELKEM: $Q_{d,max} = Q_{d,max,1} + Q_{d,max,2} = 588,6 + 600 = \mathbf{1188,6 \text{ l/den}}$

- *Maximální hodinová potřeba vody*

- kavárna: $Q_{h,max,1} = (Q_{d,max,1}/t) \cdot k_{h,1} = (588,6/8) \cdot 1,8 = 132,4 \text{ l/h}$

- obytná část: $Q_{h,max,2} = (Q_{d,max,2}/t) \cdot k_{h,2} = (600/24) \cdot 2,2 = 55 \text{ l/h}$

CELKEM: $Q_{h,max} = Q_{h,max,1} + Q_{h,max,2} = 132,4 + 55 = \mathbf{187,4 \text{ l/h}}$

- *Roční potřeba vody*

- kavárna:

- Mytí skla: $Q_{rok,11} = q_{rok,1} \cdot n = 60 \cdot 1 = 60 \text{ m}^3/\text{rok}$

- WC: $Q_{d,p,12} = [(2 \cdot 3 + 2 \cdot 6) + (3 \cdot 1,5 + 1 \cdot 6)] \cdot 8 \cdot 300 = 68400 \text{ l/rok} = 68,4 \text{ m}^3/\text{rok}$

- obytná část: $Q_{rok,2} = q_{rok,2} \cdot n = 35 \cdot 4 = 140 \text{ m}^3/\text{rok}$

CELKEM: $Q_{rok} = Q_{rok,1} + Q_{rok,2} = 60 + 68,4 + 140 = \mathbf{268,4 \text{ m}^3/\text{rok}}$

2.2.2 Nepitná voda

- **Denní potřeba nepitné vody**

- Splachování WC:

- kavárna: $D_{p,d,WC1} = [(2 \cdot 3 + 2 \cdot 6) + (3 \cdot 1,5 + 1 \cdot 6)] \cdot 8 = 228 \text{ l/den}$

- obytná část: $D_{p,d,WC2} = q_{WC,2} \cdot n = 25 \cdot 4 = 100 \text{ l/den}$

CELKEM: $D_{p,d,WC} = D_{p,d,WC1} + D_{p,d,WC2} = 228 + 100 = 328 \text{ l/den}$

- Pračka:

$D_{p,d,pračka} = q_{pračka} \cdot n = 10 \cdot 4 = 40 \text{ l/den}$

- Zalévání zahrady:

$D_{f,d} = q_{zal} \cdot S = 1 \cdot 700 = 700 \text{ l/den}$

(700 m² = přibližná plocha celé zahrady bez terasy a průjezdu)

$D_{N,d} = D_{p,d,WC} + D_{p,d,pračka} + D_{f,d} = 328 + 40 + 700 = 1\,068 \text{ l/den}$

- **Stanovení objemu nádrže na nepitnou vodu**

→ Dimenzujeme na 3 týdny suchého počasí

$V_{nádrž} = D_{N,d} \cdot 21 = 1068 \cdot 21 = 22428 \text{ l} = 22,5 \text{ m}^3$

- **Roční potřeba nepitné vody**

- Splachování WC:

- kavárna: $D_{p,a,WC1} = [(2 \cdot 3 + 2 \cdot 6) + (3 \cdot 1,5 + 1 \cdot 6)] \cdot 8 \cdot 300 =$
 $= 68\,400 \text{ l/rok}$

- obytná část: $D_{p,a,WC2} = q_{WC,2} \cdot n \cdot d_a = 25 \cdot 4 \cdot 365 = 36\,500 \text{ l/rok}$

CELKEM: $D_{p,a,WC} = D_{p,a,WC1} + D_{p,a,WC2} = 68\,400 + 36\,500 = 104\,900 \text{ l/rok}$

- Pračka:

$D_{p,a,pračka} = q_{pračka} \cdot n \cdot d_a = 10 \cdot 4 \cdot 365 = 14\,600 \text{ l/rok}$

- Zalévání zahrady:

$D_{f,a} = q_{zal,rok} \cdot S = 60 \cdot 700 = 42\,000 \text{ l/rok}$

(700 m² = přibližná plocha celé zahrady bez terasy a průjezdu)

$D_{t,a} = D_{p,a,WC} + D_{p,a,pračka} + D_{f,a} = 104\,900 + 14\,600 + 42\,000 = 161\,500 \text{ l/rok}$

$D_{t,a} = 161,5 \text{ m}^3/\text{rok}$

2.2.3 Srážková voda

- *Množství zachycené vody na střeše*

- Odvodňovaná plocha střechy: $A = 216 \text{ m}^2$
- Dlouhodobý srážkový normál: $h = 559 \text{ mm}$ (pro Jihomoravský kraj)
- Součinitel výtěžnosti sběrné plochy střechy: $e = 0,5$ (extenzivní vegetační střecha)
- Hydraulická účinnost mech. čištění srážkové vody: $\eta = 0,9$

$$Y_R = A \cdot h \cdot e \cdot \eta = 216 \cdot 0,559 \cdot 0,5 \cdot 0,9 = 54 \text{ m}^3/\text{rok}$$

- *Posouzení využití srážkové vody:*

$$Y_R \geq D_{t,a} \rightarrow 54 \geq 161,5 \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

2.2.4 Návrh řešení na využití srážkové vody

Množství srážkové vody nepostačuje pro pokrytí celkové roční potřeby nepitné vody. Navrhuji, aby byla zachycená srážková voda využívána pouze pro zalévání zahrady. V tomto případě:

$$Y_R \geq D_{f,a} \rightarrow 54 \geq 42 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Velikost nádrže: $V_{\text{nádrž}} = D_{f,d} \cdot 21 = 700 \cdot 21 = 14700 \text{ l} = 14,7 \text{ m}^3 \cong 15 \text{ m}^3$



Obr. 1: Akumulační nádrž na dešťovou vodu o objemu 15 m³

2.3 Vzduchotechnika

2.3.1 Rozdělení objektu na funkční celky

Objekt byl pro účely návrhu nuceného větrání rozdělen na 2 zóny, které mají odlišné požadavky z hlediska systému větrání. Každý funkční celek bude větrán samostatnou vzduchotechnickou jednotkou.

1.NP



2.NP



- Zařízení č. 1 – Kavárna
- Zařízení č. 2 – Obytná část

2.3.2 Stanovení průtoků vzduchu

Vzduchotechnické jednotky budou sloužit pouze pro nucené větrání objektu, nebudou zabezpečovat klimatizační funkci (vytápění, chlazení, odvlhčování...). Množství přiváděného a odváděného vzduchu se stanoví z hygienických dávek vzduchu na osobu nebo zařizovací předmět.

Tab. 1: Stanovení průtoků vzduchu

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha	Světelná výška	Objem	Počet osob	Dávka vzduchu na osobu	Dávka vzduchu na zařizovací předmět	Požadovaná intenzita	Přívod vzduchu	Odvod vzduchu	Dosažená výměna
		A	S.V.	V_m	n_o	x_o	x_{zp}	x_i	V_p	V_o	$x_{i,skut}$
		[m ²]	[m]	[m ³]	[-]	[m ³ ·h ⁻¹]	[m ³ ·h ⁻¹]	[h ⁻¹]	[m ³ ·h ⁻¹]	[m ³ ·h ⁻¹]	[h ⁻¹]
ZAŘÍZENÍ č. 1 - Kavárna											
101	Kavárna	49,6	2,6	128,9	17	35	-	5	600	270	4,7
102	Chodba k hyg. zázemí	4,9	2,6	12,8	-	-	-	-	-	-	-
103	WC muži	5,4	2,6	13,9	-	-	50+30+25		0	110	7,9
104	WC invalidé	3,9	2,6	10,1	-	-	50+30		0	80	8,0
105	WC ženy	6,4	2,6	16,5	-	-	2*50+30		0	140	8,5
Celková bilance zařízení č. 1									600	600	
ZAŘÍZENÍ č. 2 - Obytná část											
106	Zádveří	17,9	2,5	44,8	-	-	-	-	-	-	-
107	Chodba	10,1	2,5	25,3	-	-	-	-	-	-	-
108	WC	2,9	2,5	7,2			50+30		0	100	13,9
109	Obytný pokoj a kuchyně	58,4	2,5	146,0	4	50		2	300	150	2,1
110	Spíž	6,2	2,5	15,5				3	0	50	3,2
201	Chodba	13,9	2,5	34,7	-	-	-	-	-	-	-
202	Pokoj	18,7	2,5	46,7	1	50		2	100	0	2,1
203	Pokoj	18,8	2,5	47,1	1	50		2	100	0	2,1
204	Šatna	4,9	2,5	12,3	-	-	-	-	-	-	-
205	Ložnice	16,8	2,5	42,1	2	50		2	100	0	2,4
206	Šatna	6,2	2,5	15,5	-	-	-	-	-	-	-
207	Koupelna	4,0	2,5	9,9			50+30+70		0	150	15,2
208	Koupelna	10,0	2,5	25,0			50+30+70		0	150	6,0
209	Sklad/úklidová místnost	6,1	2,5	15,3	-	-	-	-	-	-	-
Celková bilance zařízení č. 2									600	600	

2.3.3 Volba distribučních elementů

Tab. 2: Distribuční elementy

Č. m.	Název místnosti	Distribuční prvek	
		Přívod	Odvod
ZAŘÍZENÍ č. 1 - Kavárna			
101	Kavárna	3x VVM 400, 16 lamel	2x VVM 300, 8 lamel
102	Chodba k hyg. zázemí	-	-
103	WC muži	-	2x TVOM 80
104	WC invalidé	-	1x TVOM 100
105	WC ženy	-	2x TVOM 100
ZAŘÍZENÍ č. 2 - Obytná část			
106	Zádveří	-	-
107	Chodba	-	-
108	WC	-	1x TVOM 100
109	Obývací pokoj a kuchyně	2x VVM 300, 8 lamel	-
110	Spíž	-	1x TVOM 80
201	Chodba	-	-
202	Pokoj	1x VVM 300, 8 lamel	-
203	Pokoj	1x VVM 300, 8 lamel	-
204	Šatna	-	-
205	Ložnice	1x VVM 300, 8 lamel	-
206	Šatna	-	-
207	Koupelna	-	2x TVOM 100
208	Koupelna	-	2x TVOM 100
209	Sklad/úklidová místnost	-	-

2.3.4 Výběr vzduchotechnické jednotky

Pro obě zóny byla zvolena kompaktní rekuperační vzduchotechnická jednotka Duovent Compact DV 800 od společnosti Elektrodesign. Obě jednotky budou obsahovat vodní ohřívač napojený na plynový kondenzační kotel a přímý výparník napojený na venkovní klimatizační jednotku.

Podrobná specifikace VZT jednotky je uvedena v příloze F.2.5 Technický list – VZT jednotka Duovent Compact DV



Obr. 2: Rekuperační VZT jednotka Duovent Compact DV 800

2.3.5 Dimenzování potrubí

V rámci této práce byla dimenzována pouze hlavní trasa potrubí pro zařízení č. 1 (kavárna).

Tab. 3: Dimenze potrubí

Z PLÁNU			HODNOTY						
			PŘEDBĚŽNÉ				SKUTEČNÉ (VYPOČTENÉ)		
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	Předběžná rychlost	Předběžná rychlost	Průtočná plocha	Průměr kruhového potrubí	Rozeř stran potrubí/průměr	Skutečná průtočná plocha	Skutečná rychlost
u	V	L	v'	v'	S'	d'	A x B (Ø)	S	v
-	[m ³ ·h ⁻¹]	[m]	[m·s ⁻¹]	[m·h ⁻¹]	[m ²]	[m]	[mm]	[m ²]	[m·s ⁻¹]
ZAŘÍZENÍ č. 1 - Kavárna - PŘÍVOD									
A	210	2,60	2	7200	0,029	0,193	200	0,031	1,86
B	420	2,60	3	10800	0,039	0,223	225	0,040	2,93
C	630	7,15	4,5	16200	0,039	0,223	225	0,040	4,40
ZAŘÍZENÍ č. 1 - Kavárna - ODVOD									
A	70	0,95	2	7200	0,010	0,111	100	0,008	2,48
B	140	2,25	2,5	9000	0,016	0,141	140	0,015	2,53
C	190	0,80	3	10800	0,018	0,150	150	0,018	2,99
D	250	1,75	3,5	12600	0,020	0,159	160	0,020	3,45
E	330	3,00	4	14400	0,023	0,171	180	0,025	3,60
F	630	11,70	4,5	16200	0,039	0,223	225	0,040	4,40

2.4 Vytápění

2.4.1 Tepelné ztráty objektu

Tepelná ztráta prostupem

Tepelné ztráty prostupem byly stanoveny obálkovou metodou.

Tab. 4: Tepelná ztráta prostupem

KONSTRUKCE	PLOCHA	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	ČÍNITEL TEPLOTNÍ REDUKCE	MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM
	A _i	U _i	b	H _{Ti}
	[m ²]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[-]	[W·K ⁻¹]
Obvodová stěna – nadzemní	127,3	0,174	0,02	0,44
Obvodová stěna – sokl	21,4	0,190	0,02	0,08
Stěna mezi sousedními budovami	54,6	0,174	0,02	0,19
Podlaha na zemině v 1.NP	41	0,250	0,02	0,21
Podlaha do nevytápěného prostoru (kavárna)	28,7	0,349	0,02	0,20
Podlaha do nevytápěného prostoru (obytná část)	103,1	0,334	0,02	0,69
Vegetační střecha nad 1.NP	67,7	0,125	0,02	0,17
Vegetační střecha nad 2.NP	117,0	0,125	0,02	0,29
Okna	42,0	0,710	0,02	0,60
Dveře	4,7	0,800	0,02	0,08
Celková měrná ztráta prostupem tepla:		H_{Ti}	[W·K⁻¹]	2,94
Výpočtová teplota v interiéru:		θ_{int,i}	[K]	20
Výpočtová teplota v exteriéru:		θ_e	[K]	-13
Tepelná ztráta prostupem:		Q_{prostup}	[W]	97,1

Tepelná ztráta větráním

Objekt bude větrán vzduchotechnickým zařízením. Tepelnou ztrátu přirozeným větráním tedy nebudeme uvažovat. Tepelná ztráta vzduchotechnikou se vypočítá ze vztahu:

$$Q_{v,ZVT} = \rho \cdot c \cdot \sum V_p \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 1,2 \cdot 1010 \cdot \frac{(600 + 600)}{3600} \cdot (20 - (-13)) = 8080 \text{ W} = 8,08 \text{ kW}$$

kde: ρ objemová hmotnost vzduchu [kg/m³]
 c měrná tepelná kapacita vzduchu [J/kg·K]
 V_p objem přiváděného vzduchu [m³/s]

2.4.2 Potřeba tepla na ohřev teplé vody

Objem zásobníkového ohříváče teplé vody

- Kavárna: $q_{TV,kav} = q_{TV,max} \cdot n = 20 \cdot 16 = 320 \text{ l/den}$
 $k_{TV,kav} = 0,35$ (doba ohřevu 3 hodiny)
- Obytná část: $q_{TV,ob} = q_{TV,max} \cdot n = 60 \cdot 4 = 240 \text{ l/den}$
 $k_{TV,ob} = 0,5$ (doba ohřevu 3 hodiny)

$$V_z = \sum (q_{TV} \cdot k_{TV}) \cdot \varphi = [(320 \cdot 0,35) + (240 \cdot 0,5)] \cdot 1,15 = 266,8 \text{ l} \cong 270 \text{ l}$$

- kde: $q_{TV,max}$ maximální specifická potřeba teplé vody [l/(spotřební jednotka·den)]
 n počet obyvatel, spotřebních jednotek
 k_{TV} součinitel nerovnoměrnosti [spotřební jednotka*den]
 φ součinitel mrtvého prostoru [-]

Pro ohřev teplé vody byl zvolen stacionární nepřímotopný zásobníkový ohříváč teplé vody Vaillant VIH R 300/3 BR. Tento zásobník disponuje objemem 300 l, jednou topnou spirálou pro závěsné nebo stacionární kotle a hořčíkovou anodou.



Obr. 3: Zásobníkový ohříváč Vaillant VIH R 300/3 BR

Výkon topné vložky ohříváče (potřeba tepla na ohřev TV)

$$Q_{TV} = \frac{V_z \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{z \cdot 3600} + Q_{cirk} = \frac{300 \cdot 1 \cdot 4,2 \cdot (55 - 10)}{3 \cdot 3600} + 0 = 5,25 \text{ kW}$$

- kde: V_z objem zásobníkového ohříváče [l]
 ρ hustota vody [kg/m^3]
 c měrná tepelná kapacita vody [$\text{J/kg}\cdot\text{K}$]
 t_1 průměrná teplota vody ve vodovodním řádu [$^{\circ}\text{C}$]
 t_2 požadovaná teplota teplé vody [$^{\circ}\text{C}$]

2.4.3 Návrh zdroje tepla

Přípojný výkon kotelny

$$Q_I = 0,7 \cdot Q_{\text{prostup}} + 0,7 \cdot Q_{v,VZT} + Q_{TV} = 0,7 \cdot 0,0971 + 0,7 \cdot 8,08 + 5,25 = 10,97 \text{ kW}$$

$$Q_{II} = Q_{\text{prostup}} + Q_{v,VZT} = 0,0971 + 8,08 = 8,18 \text{ kW}$$

$$Q = \max\{Q_I; Q_{II}\} = \max\{12,72; 8,18\} = \mathbf{10,97 \text{ kW}}$$

Jako zdroj tepla byl vybrán Závěsný plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC plus VU 146/5-5 o jmenovitém výkonu v rozsahu 3,0 - 14,9 kW. Podrobná specifikace kotle je uvedena v příloze F.3.2 Technický list – plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC plus.



Obr. 4: Plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC plus

2.4.4 Návrh akumulční nádoby

Akumulční nádobu navrhujeme do systému z důvodu pokrytí nerovnoměrných dodávek tepla do objektu a současně může sloužit také jako hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků. Pro plynový kondenzační kotel stanovíme objem akumulční nádoby implicitní hodnotou 10 l na 10 kW výkonu kotle.

$$V_a = 10 \cdot Q = 10 \cdot 10,97 = 109,7 \text{ l}$$

Na základě výpočtu byla vybrána akumulční nádoba Viadrus ECONOMY o objemu 200 l.



Obr. 5: Akumulční nádoba Viadrus ECONOMY 200 l

2.5 Chlazení

2.5.1 Výpočet tepelných zisků

Tab. 5: Výpočet tepelných zisků

Číslo místnosti	Název místnosti	Fasáda	RADIACE					OBVODOVÉ STĚNY		STŘECHA		OSOBY		OSVĚTLENÍ		CELKOVÝ TEPELNÝ ZISK MÍSTNOSTI	
			Plocha okna	Čas	Intenzita sluneční radiace	Stínící součinitel	Tepelné zisky radiací	Plocha obvodové stěny	Tepelné zisky obvodovou	Plocha střechy	Tepelné zisky střechou	Počet osob	Tepelné zisky osobami	Podlahová plocha	Tepelné zisky osvětlením		
			A _o	t	I	s	Q _R	A _{os}	Q _{os}	A _s	Q _s	n	Q _H	A _P	Q _L		Q _{CELK.}
			[m ²]	[h]	[W/m ²]	[-]	[W]	[m ²]	[W]	[m ²]	[W]	[-]	[W]	[m ²]	[W]		[W]
1.01	Kavárna	SZ	9,1	17	361	1	3267,1	11,2	37,6	-	-	16	1280	49,6	247,9	4832,5	
1.09	Obývací pokoj s kuchyní	JV	9,9	9	511	0,15	755,0	13,2	51,5	58,4	292,0	4	320	-	-	1829,3	
		JZ	4,7	15	511	0,15	360,3	12,8	50,6								
2.02	Pokoj	JZ	3,0	15	511	0,15	230,0	9,4	37,1	21,2	106,2	1	80	-	-	453,2	
2.03	Pokoj	JZ	-	-	-	-	-	11,0	43,5	18,8	94,2	1	80	-	-	362,4	
		SZ	3,0	17	361	0,15	162,5	7,7	25,8								
2.05	Ložnice	SZ	2,9	17	361	0,15	154,3	6,8	22,7	16,9	84,7	2	160	-	-	421,7	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZÁTĚŽ OBJEKTU															7899,2		

2.5.2 Návrh vnitřních jednotek

Pro chlazení místností byl zvolen systém VRF od společnosti Toshiba.

Tab. 6: Návrh vnitřních jednotek

Číslo místnosti	Název místnosti	Celkový tepelný zisk místnosti [W]	Navržené jednotky
1.01	Kavárna	4832,5	4cestná kazetová SMMSu - 5,6 kW
1.09	Obývací pokoj s kuchyní	1829,3	1cestná kaz. FLAT SMMSu - 2,2 kW
2.02	Pokoj	453,2	1cestná kaz. FLAT SMMSu - 0,9 kW
2.03	Pokoj	362,4	1cestná kaz. FLAT SMMSu - 0,9 kW
2.05	Ložnice	421,7	1cestná kaz. FLAT SMMSu - 0,9 kW



Obr. 6: 1cestná kazetová jednotka Toshiba FLAT SMMSu



Obr. 7: 4cestná kazetová jednotka Toshiba SMMSu

2.5.3 Návrh zdroje chladu

- *Potřeba chladu pro VZT:*

$$Q_{VZT} = \sum V_p \cdot \rho \cdot c \cdot (t_E - t_I) = \frac{600 + 600}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (32 - 25) = 2828 \text{ W} = 2,83 \text{ kW}$$

- *Potřeba chladu pro vnitřní chladicí jednotky:*

$$Q_{chl} = \sum Q_{chl,i} = (3 \cdot 900) + 2200 + 5600 = 10500 \text{ W} = 10,5 \text{ kW}$$

$$Q_{Zch,1} = Q_{VZT} + Q_{chl} = 2,83 + 10,5 = 13,33 \text{ kW}$$

Zdrojem chladu byla zvolena kompaktní venkovní jednotka VRF pro chlazení a topení Toshiba MiNi SMMS Single-Fan o chladicím výkonu 12,10 kW. Podrobná specifikace viz příloha F.4.3 Technický list – venkovní VRF jednotka Toshiba MiNi SMMS Single-Fan 12,10 kW



Obr. 8: Venkovní VRF jednotka Toshiba MiNi SMMS Single-Fan

2.5.4 Technická specifikace systému chlazení

Pro chlazení prostorů je navržen dvoutrubkový systém VRF od firmy Toshiba. Venkovní kondenzační jednotka „MiNi SMMS Single-Fan“ o výkonu 12,10 kW je osazena na stěně objektu. Vnitřní výparníkové jednotky jsou v 1cestném a 4cestném kazetovém provedení. Napojení je provedeno pomocí přívodního a odvodního měděného potrubí k vnitřním jednotkám včetně rozbočovačů a napájecích a komunikačních kabelů mezi vnější a vnitřními jednotkami. Jako chladicí teplotonosná látka je použito chladivo R32. Systémy pracují v letním období jako chladicí zařízení a jsou navrženy na vnitřní teplotu 25 °C při výpočtové venkovní teplotě 32 °C. Současně je možné je využít v zimním období k přitápění (např. při rozběhu podlahového topení nebo v přechodných obdobích roku). Jednotky budou ovládány zařízením MaR. Ovládání cirkulačního chlazení bude dle provozních požadavků autonomním regulačním systémem (on/off, regulátor otáček, teplotní čidlo). Od jednotek bude proveden odvod kondenzátu samospádem v rámci profese ZTI. Větrací vzduchotechnické jednotky (zařízení číslo 1 a 2) jsou vybaveny přímými chladiči, které jsou rovněž napojeny na venkovní kondenzační jednotku v rámci systému VRF. Napájení venkovní kondenzační jednotky zajistí profese ELE dle předaných podkladů.

2.6 Fotovoltaika

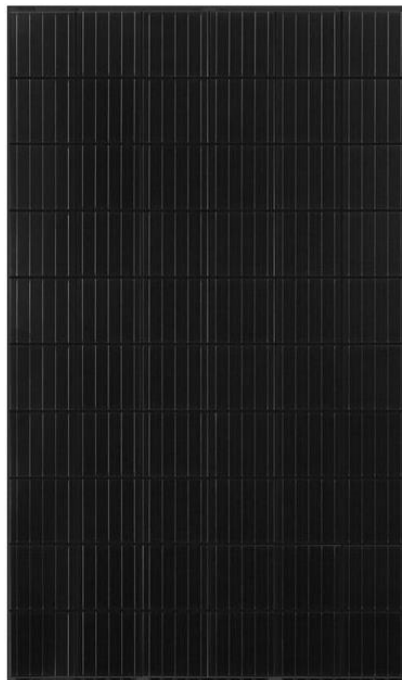
2.6.1 Klimatická data

Hodnoty průměrných výkonů sluneční radiace a průměrných denních teplot byly získány z průměrných denních údajů pomocí portálu PVGIS. Tato klimatická data jsou uvedena v příloze B.6.1 Klimatická data.

2.6.2 Výběr FV panelů

Monokrystalické FV panely HT60-156M od společnosti HT-SAAE

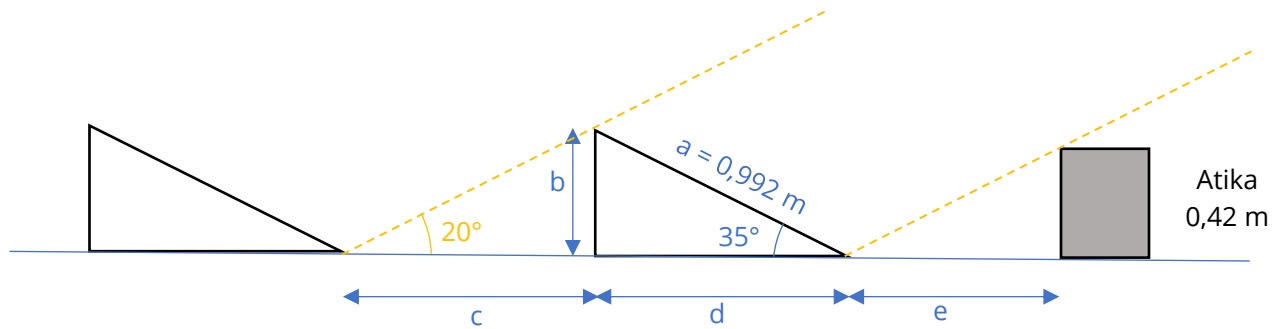
- Rozměr: 1640 x 992 x 35 mm
- Plocha: 1,627 m²
- Maximální výkon: 300 Wp
- Účinnost při normových zkušebních podmínkách: 18,4 %
- Teplotní součinitel výkonu γ : -0,39 %/K
- NOCT (jmenovitá provozní teplota článku): 45 °C
- Orientace: JJZ (odklon o 21° od jihu)
- Maximální počet panelů na střeše: 24 ks



Obr. 9: FV panel HT60-156M

Podrobná technická specifikace navržených FV panelů je uveden v příloze F.5.2 Technický list - FV panel HT60-156 M 300 W.

2.6.3 Umístění panelů na střeše

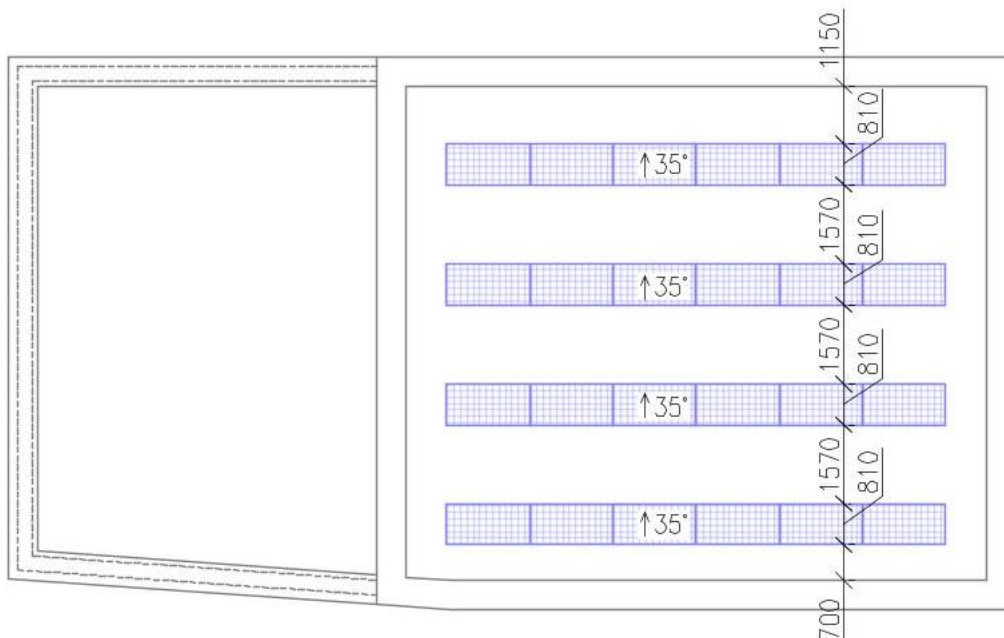


$$b = \sin(35^\circ) * a = \sin(35^\circ) * 992 = 0,57 \text{ m}$$

$$c = \frac{b}{\text{tg}(20^\circ)} = \frac{0,57}{\text{tg}(20^\circ)} = 1,57 \text{ m}$$

$$d = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{0,992^2 - 0,57^2} = 0,81 \text{ m}$$

$$e = \frac{\text{atika}}{\text{tg}(20^\circ)} = \frac{0,42}{\text{tg}(20^\circ)} = 1,15 \text{ m}$$



Obr. 10: Umístění panelů na střeše

2.6.4 Provozní účinnost FV panelů

$$\eta_{FV} = \eta_{ref} \cdot \left[1 + \frac{\gamma}{100} \cdot \left(t_{es} + \left(1 - \frac{\eta_{ref}/100}{0,95} \right) \frac{G_m}{800} \cdot (NOCT - 20) - 25 \right) \right] \cdot \left(1 + k \cdot \ln \frac{G_m}{1000} \right)$$

kde: η_{ref} účinnost při normových zkušebních podmínkách (18,6 %)
 γ teplotní součinitel výkonu (-0,39 %/K)
 t_{es} střední měsíční teplota v době slunečního svitu
 G_m střední intenzita slunečního záření pro danou orientaci a sklon [W/m²]
 NOCT jmenovitá provozní teplota článku (45 °C)
 k součinitel snížení výkonu při menším ozáření

$$k = \frac{\frac{\Delta\eta_G}{100}}{\ln \frac{G}{G_{ref}}}$$

kde: $\Delta\eta_G$ 4,0 %
 G_{ref} 1000 W/m²

Tab. 7: Účinnost FV panelů

Měsíc	Průměrný výkon slunečního záření	Průměrná teplota v době slunečního svitu	$\ln(G/G_{ref})$	Součinitel snížení výkonu při menším ozáření	Účinnost FV panelů
	G [W/m ²]	t_{es} [°C]	-	k	η_{FV} [%]
Leden	184,78	0,86	-1,689	-0,024	20,815
Únor	247,49	1,92	-1,396	-0,029	20,616
Březen	326,43	6,36	-1,120	-0,036	20,131
Duben	405,34	12,50	-0,903	-0,044	19,519
Květen	403,84	16,49	-0,907	-0,044	19,221
Červen	433,50	20,17	-0,836	-0,048	18,887
Červenec	440,20	22,89	-0,821	-0,049	18,669
Srpen	413,35	21,40	-0,883	-0,045	18,832
Září	406,36	17,45	-0,901	-0,044	19,143
Říjen	294,27	11,12	-1,223	-0,033	19,833
Listopad	213,09	6,42	-1,546	-0,026	20,342
Prosinec	175,54	1,63	-1,740	-0,023	20,774

2.6.5 Rozbor provozu

Pro účely výpočtu byly zvoleny 2 referenční dny v roce – den v ledu, který znázorňuje spotřeby energie v zimním období, a den v červenci, který reprezentuje spotřeby energií v letním období. Jedná se o dny, kdy výroba energie solárními panely dosahuje svého maxima či minima.

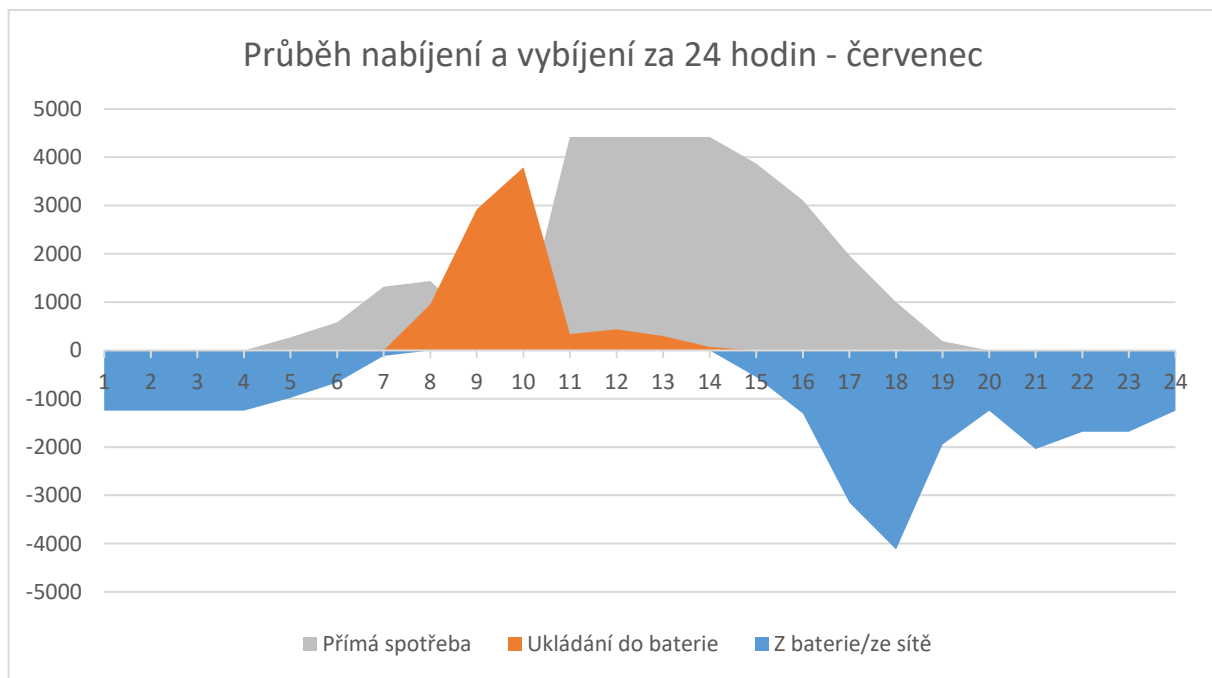
Podrobný výpočet je obsažen v příloze F.5.3 Rozbor provozu.

2.6.6 Bilance výroby, spotřeby a akumulace

Červenec

Tab. 8: Výpočet nutného počtu panelů v červenci

Maximální hodinová spotřeba	5120	W
Maximální hodinové ozáření	701,18	W/m ²
Předběžná účinnost	18,466	%
Plocha panelu 1,65x0,992	1,637	m ²
Potřebná plocha panelů	39,543	m ²
Potřebný počet panelů	24	ks
Skutečný počet panelů	24	ks
Maximální hodinový výkon	5086,3	W



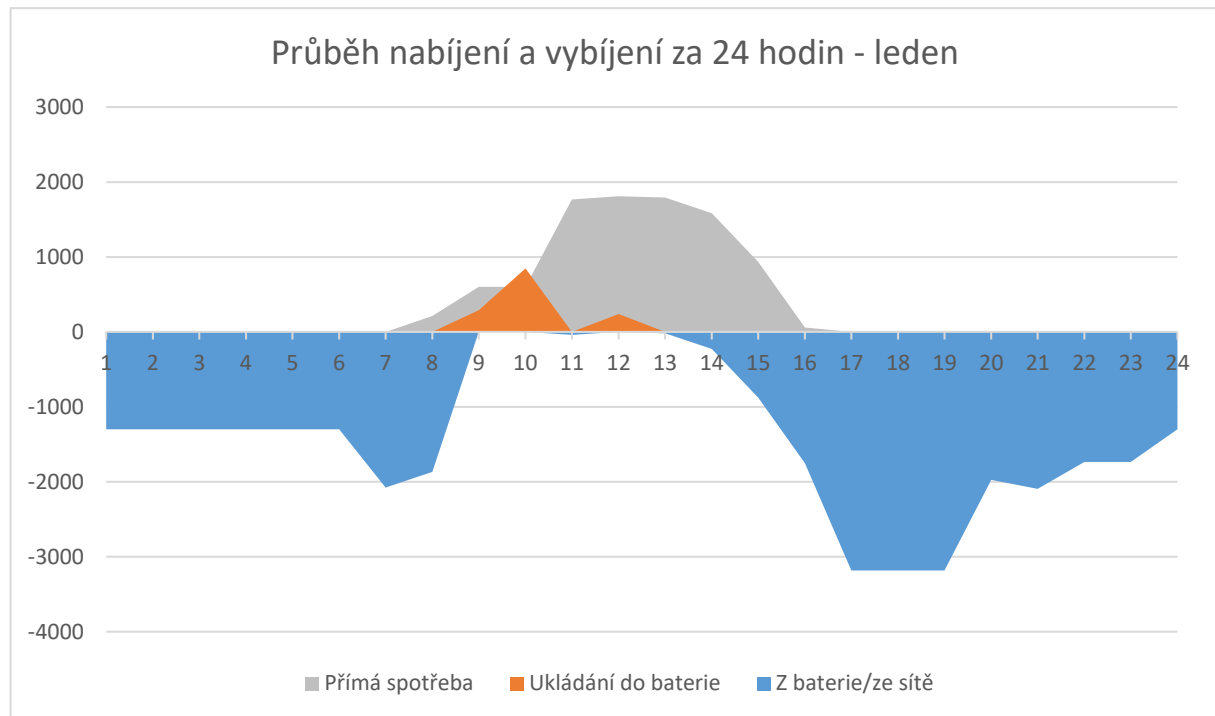
Graf 1: Průběh nabíjení a vybíjení v červenci

Podrobný výpočet červencové bilance obsahuje příloha F.5.4 Bilance výroby, spotřeby a akumulace červenec + leden.

Leden

Tab. 9: Výpočet nutného počtu panelů v lednu

Maximální hodinová spotřeba	3184	W
Maximální hodinové ozáření	253,15	W/m ²
Předběžná účinnost	20,590	%
Plocha panelu 1,65x0,992	1,637	m ²
Potřebná plocha panelů	61,085	m ²
Potřebný počet panelů	37	ks
Skutečný počet panelů	24	ks
Maximální hodinový výkon	2047,6	W



Graf 2: Průběh nabíjení a vybíjení v lednu

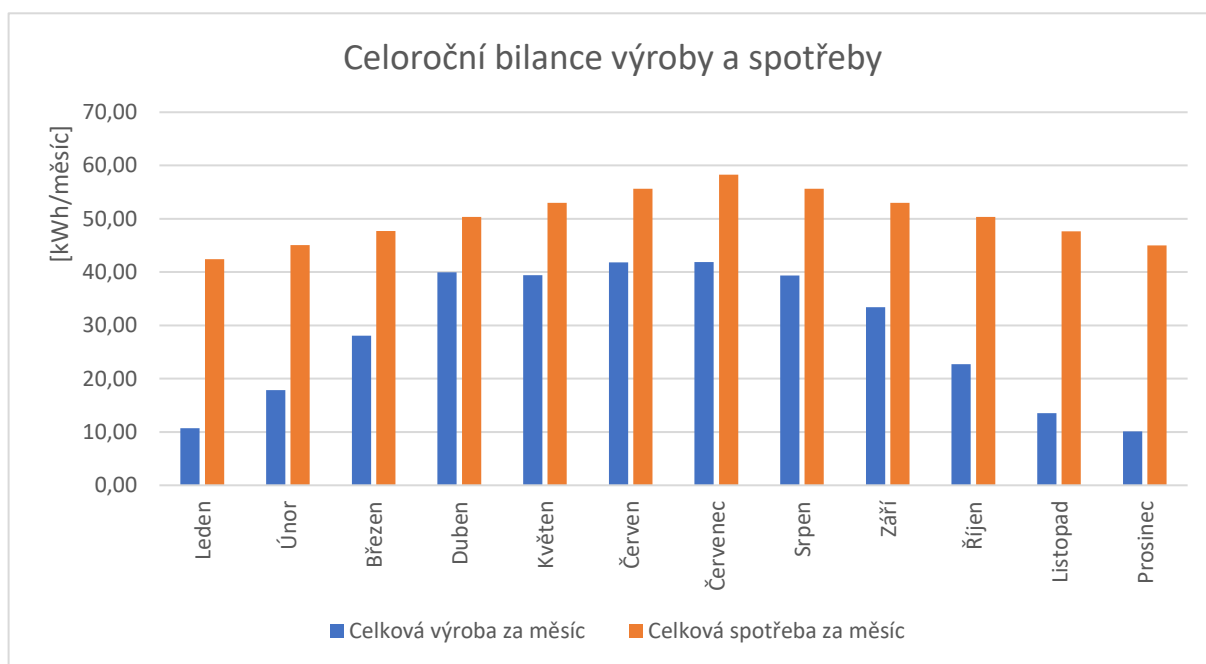
Podrobný výpočet lednové bilance obsahuje příloha F.5.4 Bilance výroby, spotřeby a akumulace červenec + leden.

Celoroční bilance

Výpočet bilance pro leden a červenec vychází z předchozí kapitoly, ostatní měsíce byly rovnoměrně dopočteny.

Tab. 10: Celoroční bilance

Měsíc	Průměrný výkon slunečního záření	Průměrná teplota v době slunečního svitu	$\ln(G/G_{ref})$	Součinitel snížení výkonu při menším ozáření	Účinnost FV panelů	Celkové měsíční ozáření	Celková výroba za měsíc	Celková spotřeba za měsíc	Stupeň pokrytí v měsíci	Pokrytá spotřeba	Nutno dokoupit
	G [W/m ²]	t_{es} [°C]		k							
1.	184,78	0,86	-1,689	-0,024	20,590	1326,73	10,73	42,4	25	10,73	31,67
2.	247,49	1,92	-1,396	-0,029	20,393	2231,79	17,88	45,1	40	17,88	27,18
3.	326,43	6,36	-1,120	-0,036	19,913	3592,51	28,10	47,7	59	28,10	19,60
4.	405,34	12,50	-0,903	-0,044	19,307	5271,02	39,98	50,4	79	39,98	10,38
5.	403,84	16,49	-0,907	-0,044	19,012	5281,71	39,45	53,0	74	39,45	13,56
6.	433,50	20,17	-0,836	-0,048	18,681	5698,49	41,82	55,7	75	41,82	13,83
7.	440,20	22,89	-0,821	-0,049	18,466	5777,53	41,91	58,3	72	41,91	16,37
8.	413,35	21,40	-0,883	-0,045	18,627	5381,09	39,38	55,6	71	39,38	16,26
9.	406,36	17,45	-0,901	-0,044	18,935	4495,25	33,44	53,0	63	33,44	19,54
10.	294,27	11,12	-1,223	-0,033	19,618	2945,21	22,70	50,3	45	22,70	27,63
11.	213,09	6,42	-1,546	-0,026	20,122	1709,25	13,51	47,7	28	13,51	34,17
12.	175,54	1,63	-1,740	-0,023	20,550	1254,09	10,12	45,0	22	10,12	34,91
Σ	3944,18						339,01	604,12	55	339,0	265,1



Graf 3: Celoroční bilance výroby a spotřeby

2.6.7 Akumulace elektrické energie

Navržená fotovoltaická elektrárna bude fungovat jako hybridní. To znamená, že bude obsahovat dostatečně velké bateriové úložiště tak, aby se veškerá vyrobená elektrická energie spotřebovala přímo v objektu a nedodávala se zpět do distribuční sítě.

Bateriové úložiště se navrhuje na nejvyšší množství vyrobené energie během dne, které je nutné uložit do baterie, aby mohlo být využito v jinou denní dobu nebo v jiný den v měsíci. Z grafů 1 a 2 je patrné, že toto množství je daleko větší v letním období, kdy má sluneční záření větší výkon. Pravděpodobně nejvyšší množství energie se tedy vyrobí v červenci a na tuto hodnotu je třeba navrhnout kapacitu baterií. Z grafu 1 vidíme, že potřebná kapacita baterií by byla přibližně 4 kWp.

2.7 Seznam příloh k části 2

- **F.1 Osvětlení**
 - F.1.1 Návrh svítidel
 - F.1.2 Osvětlení – Půdorys 1.PP
 - F.1.3 Osvětlení – Půdorys 1.NP
 - F.1.4 Osvětlení – Půdorys 2.NP
- **F.2 Vzduchotechnika**
 - F.2.1 Vzduchotechnika – Půdorys 1.PP
 - F.2.2 Vzduchotechnika – Půdorys 1.NP
 - F.2.3 Vzduchotechnika – Půdorys 2.NP
 - F.2.4 Schéma řízení VZT jednotky
 - F.2.5 Technický list – VZT jednotka Duovent Compact DV
- **F.3 Vytápění**
 - F.3.1 Schéma zapojení kotelny
 - F.3.2 Technický list – plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC plus
- **F.4 Chlazení**
 - F.4.1 Chlazení – Půdorys 1.NP
 - F.4.2 Chlazení – Půdorys 2.NP
 - F.4.3 Technický list – venkovní VRF jednotka Toshiba MiNi SMMS Single-Fan 12,1 kW
 - F.4.4 Technický list – vnitřní 1cestná VRF jednotka Toshiba FLAT SMMSu 0,90 kW
 - F.4.5 Technický list – vnitřní 1cestná VRF jednotka Toshiba FLAT SMMSu 2,20 kW
 - F.4.6 Technický list – vnitřní 4cestná VRF jednotka Toshiba SMMSu 5,60 kW
- **F.5 Fotovoltaika**
 - F.5.1 Klimatická data
 - F.5.2 Technický list – FV panel HT60-156 M 300 Wp
 - F.5.3 Rozbor provozu
 - F.5.4 Balance výroby, spotřeby a akumulace červenec + leden
- **F.6 Globální schéma energetických zdrojů**

3 POSOUZENÍ VARIANTNÍCH ŘEŠENÍ SYSTÉMŮ TZB

Tato část diplomové práce se zabývá návrhem několika variant systémů TZB. Tyto varianty jsou následně posuzovány z hlediska energetické náročnosti a zjednodušeně také po stránce ekonomické, která zahrnuje posouzení nákladů na pořízení hlavních zařízení s ohledem na jejich životnost a nákladů provozních při současných cenách energií.

Cílem této části je zjistit, jestli je systém TZB navržený v části B neoptimalnější variantou, a zda neexistuje jiný systém, který by byl pro tuto budovu výhodnější.

3.1 Návrh jednotlivých variant

3.1.1 Varianta 1: plynový kotel + FV s bateriemi

Toto je varianta, která je navržena v rámci části B této diplomové práce.

Vzduchotechnika

- 2x rekuperační VZT jednotku Elektrodesign Duovent Compact DV 800 o průtoku 600 m³/h

Příprava teplé vody

- Zásobníkový ohříváč teplé vody Vaillant VIH R 300/3 BR o objemu 300 l

Vytápění

- Plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC plus VU 146/5-5 o jmenovitém výkonu 3-14,9 kW
- Akumulační nádoba Viadrus Economy o objemu 200 l

Chlazení

- Zdroj chladu – venkovní VRF kondenzační jednotka Toshiba MiNi SMMS Single-Fan 12,10 kW

Výroba elektrické energie

- 24x monokrystalický FV panel HT-SAAE HT60-156M, maximální výkon 300 Wp
- Bateriové úložiště

3.1.2 Varianta 2: plynový kotel + FV bez baterií

Ve variantě 2 nebude fotovoltaická elektrárna vybavena bateriovým úložištěm a vyrobená elektrická energie bude využívána také na ohřev teplé vody.

Vzduchotechnika

- 2x rekuperační VZT jednotku Elektrodesign Duovent Compact DV 800 o průtoku 600 m³/h

Příprava teplé vody

- Zásobníkový ohřívač teplé vody Vaillant VIH R 300/3 BR o objemu 300 l

Vytápění

- Plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC plus VU 146/5-5 o jmenovitém výkonu 3-14,9 kW
- Akumulační nádoba Viadrus Economy o objemu 200 l

Chlazení

- Zdroj chladu – venkovní VRF kondenzační jednotka Toshiba MiNi SMMS Single-Fan 12,10 kW

Výroba elektrické energie

- 24x monokrystalický FV panel HT-SAAE HT60-156M, maximální výkon 300 Wp

3.1.3 Varianta 3: plynový kotel + solární kolektory

Fotovoltaické panely ve variantě 3 nahradí solární kolektory, které budou využívány pro ohřev teplé vody.

Vzduchotechnika

- 2x rekuperační VZT jednotku Elektrodesign Duovent Compact DV 800 o průtoku 600 m³/h

Příprava teplé vody

- Zásobníkový ohřívač teplé vody Vaillant VIH R 300/3 BR o objemu 300 l
- Solární kolektory Propuls Solar Suntime 1.2

- Rozměr: 1895 x 1063 mm
- Plocha: 2,014 m²
- Plocha apertury: 1,842 m²
- Orientace: JJZ (odklon o 21° od jihu)
- Maximální počet panelů na střeše: 20 ks
- Potřebný počet panelů na střeše: 10 ks*



Obr. 11: Solární kolektor Suntime 1.2

*Potřebný počet solárních kolektorů byl stanoven zjednodušeným výpočtem na stránce TZBinfo (<https://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>) a najdeme jej v příloze G.6 Zjednodušený návrh solárních kolektorů.

Vytápění

- Plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC plus VU 146/5-5 o jmenovitém výkonu 3-14,9 kW
- Akumulační nádoba Viadrus Economy o objemu 200 l

Chlazení

- Zdroj chladu – venkovní VRF kondenzační jednotka Toshiba MiNi SMMS Single-Fan 12,10 kW

3.1.4 Varianta 4: kotel na pelety + FV s bateriemi

V této variantě bude vytápění objektu a ohřev teplé vody realizován za pomoci kotle na pelety v kompaktním provedení s elektronicky řízeným spalováním pelet s automatickým zapalováním. Kotel obsahuje zabudovaný zásobník na pelety.

Vzduchotechnika

- 2x rekuperační VZT jednotku Elektrodesign Duovent Compact DV 800 o průtoku 600 m³/h

Příprava teplé vody

- Zásobníkový ohřívač teplé vody Vaillant VIH R 300/3 BR o objemu 300 l

Vytápění

- Kompaktní kotel na pelety se zabudovaným zásobníkem ATMOS D15PX o výkonu 4,5-15 kW



Obr. 12: Kotel na pelety ATMOS D15PX

- Akumulační nádoba Viadrus Economy o objemu 200 l

Chlazení

Zdroj chladu – venkovní VRF kondenzační jednotka Toshiba MiNi SMMS Single-Fan 12,10 kW

Výroba elektrické energie

- 24x monokrystalický FV panel HT-SAAE HT60-156M, maximální výkon 300 Wp
- Bateriové úložiště

3.1.5 Varianta 5: kotel na pelety + solární kolektory

V této variantě bude vytápění objektu a ohřev teplé vody realizován za pomoci kotle na pelety v kompaktním provedení s elektronicky řízeným spalováním pelet s automatickým zapalováním. Kotel obsahuje zabudovaný zásobník na pelety.

Vzduchotechnika

- 2x rekuperační VZT jednotku Elektrodesign Duovent Compact DV 800 o průtoku 600 m³/h

Příprava teplé vody

- Zásobníkový ohřívač teplé vody Vaillant VIH R 300/3 BR o objemu 300 l
- 10x solární kolektor Propuls Solar Suntime 1.2

Vytápění

- Kompaktní kotel na pelety se zabudovaným zásobníkem ATMOS D15PX o výkonu 4,5-15 kW
- Akumulační nádoba Viadrus Economy o objemu 200 l

Chlazení

Zdroj chladu – venkovní VRF kondenzační jednotka Toshiba MiNi SMMS Single-Fan 12,10 kW

3.1.6 Varianta 6: pouze kotel na pelety

V této variantě bude vytápění objektu a ohřev teplé vody realizován za pomoci kotle na pelety v kompaktním provedení s elektronicky řízeným spalováním pelet s automatickým zapalováním. Kotel obsahuje zabudovaný zásobník na pelety.

Vzduchotechnika

- 2x rekuperační VZT jednotku Elektrodesign Duovent Compact DV 800 o průtoku 600 m³/h

Příprava teplé vody

- Zásobníkový ohřívač teplé vody Vaillant VIH R 300/3 BR o objemu 300 l

Vytápění

- Kompaktní kotel na pelety se zabudovaným zásobníkem ATMOS D15PX o výkonu 4,5-15 kW
- Akumulační nádoba Viadrus Economy o objemu 200 l

Chlazení

Zdroj chladu – venkovní VRF kondenzační jednotka Toshiba MiNi SMMS Single-Fan 12,10 kW

3.1.7 Souhrnný přehled variant

Tab. 11: Souhrnný přehled TZB systémů v jednotlivých variantách

OBLAST	ZAŘÍZENÍ	VARIANTA					
		1	2	3	4	5	6
Vzduchotechnika	VZT jednotka č.1	X	X	X	X	X	X
	VZT jednotka č. 2	X	X	X	X	X	X
Ohřev teplé vody	Zásobníkový ohříváč 300 l	X	X	X	X	X	X
	Solární kolektory			X		X	
Vytápění	Plynový kondenzační kotel	x	x	x			
	Kotel na dřevěné pelety				X	X	X
	Akumulační nádoba 200 l	X	X	X	X	X	X
Chlazení	Venkovní kondenzační jednotka	X	X	X	X	X	X
Výroba elektrické energie	Monokrystalické FV panely	X	X		X		
	Bateriové úložiště	X			X		

3.2 Posouzení energetické náročnosti

Posouzení z hlediska energetické náročnosti bylo provedeno v programu DEKSOFT – Energetika. Posudek varianty 1 je obsažen v příloze E.1 části A. Posudky variant 2–6 jsou obsaženy v přílohách G.1–G.5 části 2. Níže je uvedena souhrnná tabulka výsledků těchto posudků.

Tab. 12: Souhrnná tabulka dodaných energií

[kWh/m ² ·rok]		VARIANTA					
		1	2	3	4	5	6
Energie potřebná pro	Vytápění	10,6 A	10,6 A	10,6 A	11,2 A	11,2 A	11,2 A
	Chlazení	1,05 B	1,05 B	1,05 B	1,05 B	1,05 B	1,05 B
	Nucené větrání	4,07 D	4,07 D	4,07 D	4,07 D	4,07 D	4,07 D
	Příprava TV	34,0 B	34,0 B	34,2 B	37,8 C	35,5 C	37,8 C
	Osvětlení	3,87 C	3,87 C	3,87 C	3,87 C	3,87 C	3,87 C
Celková dodaná energie		53,6 A	53,6 A	53,8 A	58,0 A	55,7 A	58,0 A
Primární energie z neobnovitelných zdrojů		66,3 A	67,8 B	46,6 A	30,7 A	28,6 A	33,2 A

3.2.1 Chlazení, nucené větrání, osvětlení

Při posuzování se vycházelo z předpokladu, že jsou ve všech variantách obsaženy stejné systémy chlazení, nuceného větrání a osvětlení. Proto ve výsledcích vidíme, že se potřeby energií pro tyto systémy nemění.

3.2.2 Zdroj tepla

Pro posouzení vytápění objektu a ohřevu teplé vody byly použity dva typy primárních zdrojů tepla. Ve variantách 1-3 byl uvažován plynový kondenzační kotel a ve variantách 4-6 kotel na dřevěné pelety.

Kotel na dřevěné pelety má nižší účinnost, takže pro jeho provoz a pro pokrytí stejných tepelných ztrát (a potřeby tepla pro ohřev TV) je zapotřebí větší množství paliva.

Zároveň má ovšem typ paliva významný vliv na spotřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů. Zatímco je zemní plyn považován za neobnovitelný zdroj paliva, dřevěné pelety jsou zdrojem obnovitelným. Podíváme-li se tedy na poslední řádek tabulky a srovnáme variantu 1 s variantou 4 (v těchto variantách se liší pouze zdroj tepla, ostatní systémy TZB jsou totožné), vidíme, že se spotřeba primárních energií liší o více než polovinu.

3.2.3 Solární energie

Ve variantě 1 a 2 jsem porovnávala, jaký vliv na spotřebu primární energie bude mít způsob využití energie vyrobené fotovoltaickou elektrárnou. V obou případech se jedná o hybridní FV elektrárnu, což znamená, že všechna vyrobená energie se spotřebuje přímo v budově a v případě potřeby (nedostatku) se odebírá energie i z distribuční sítě.

Ve variantě 1 je navrženo dostatečně velké bateriové úložiště, do kterého se ukládají přebytky elektrické energie. Vyrobená energie je využívána pro provoz všech elektrických zařízení v objektu. Ve variantě 2 nejsou navrženy baterie a vyrobená elektrická energie je využívána i pro ohřev teplé vody, dochází tedy k přeměně elektrické energie na tepelnou. Výroba elektrické energie je daleko náročnější než výroba energie tepelné, proto je lepší elektrickou energii spotřebovat bez jakékoliv další přeměny.

Při srovnání variant 2 a 3 zase vidíme, jaký vliv má způsob využití solární energie. Tyto varianty porovnávají, zda je výhodnější využít plochu střechy k instalaci fotovoltaické elektrárny nebo solárních kolektorů pro ohřev teplé vody. Vyrobená energie z obou systémů je využita na ohřev teplé vody a v obou těchto systémech je instalován plynový kondenzační kotel.

Pokud se podíváme do podrobného posudku v příloze G.1, zjistíme, že fotovoltaická elektrárna vyrobí takové množství energie, které je schopné pokrýt pouze 1,8 % z 63,5 % spotřeby tepla na ohřev teplé vody. To je v přepočtu pouze 2,83 % ze spotřeby tepla na ohřev TV.

Pokud se však podíváme do posudku v příloze G.2, najdeme zde, že solární kolektory dokážou během roku pokrýt až 42,9 % ze 63,6 % energie potřebné na ohřev teplé vody, což je v přepočtu celých 67,45 % ze spotřeby tepla na ohřev TV.

Na výsledcích tedy vidíme, že pokles spotřeby primární energie z neobnovitelných zdrojů rapidně klesl při použití solárních kolektorů, a to téměř o třetinu, zatímco celková spotřeba energie zůstala takřka na stejné hodnotě.

Pokles primární energie je v tomto případě dán i tím, že je daleko výhodnější využívat teplo ze solárních kolektorů než teplo z kotle na zemní plyn. Faktor energetické přeměny zemního plynu je 1,20, zatímco solárního kolektoru pouze 0,05. Faktor energetické přeměny udává, kolik MJ energie z primárních zdrojů potřebujeme pro výrobu 1 MJ tepla.

Stejně porovnání jsem provedla také u variant s kotlem na dřevěné pelety (varianta 4 a 5). V tomto případě se však instalací solárních kolektorů místo FVE spotřeba primárních energií snížila jen mírně. Kotel na dřevěné pelety a solární kolektor se oba řadí do obnovitelných zdrojů primární energie, takže instalace solárních kolektorů nikterak nepomůže z hlediska spotřeby neobnovitelné

energie (v tomto případě je neobnovitelnou energií pouze elektrická energie, která však není využívána na topení ani ohřev teplé vody).

Ve variantě 6 jsem ponechala pouze kotel na dřevěné pelety a zcela jsem vynechala využití solární energie. Na výsledcích je vidět, že celková dodaná energie je úplně stejná jako ve variantě 4 a od varianty 5 se také o mnoho neliší. Potřeba primární neobnovitelné energie se významně neliší od varianty 4 ani 5. Již nyní lze tedy říci, že v případě instalace kotle na dřevěné pelety se nevyplatí další investice do zařízení na využití solární energie.

3.3 Posouzení pořizovacích nákladů

Do posouzení z hlediska pořizovacích nákladů nebudou zahrnuta zařízení, která jsou pro všechny varianty stejná. Jedná se o:

- vzduchotechnické jednotky
- zdroj chladu
- akumulární nádoba 200 l
- zásobníkový ohřívač teplé vody 300 l

Dále do výpočtu nebudou zahrnuty nutné komponenty systémů TZB, jako jsou:

- vnitřní klimatizační jednotky
- distribuční elementy VZT
- svítidla
- prvky otopné soustavy
- komínová tělesa
- rozvody
- oběhová čerpadla
- izolace
- atd.

Náklady na pořízení těchto prvků jsou ve všech variantách téměř totožné, a proto nemá význam je do výpočtu zahrnovat. Stejně tak nebudeme uvažovat náklady na dopravu a montáž nebo nutné vstupní revize.

Pro účely posouzení pořizovacích nákladů budeme posuzovat pouze pořizovací cenu těchto konkrétních zařízení:

- Plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC plus VU 146/5-5
- Kompaktní kotel na pelety se zabudovaným zásobníkem ATMOS D15PX
- Monokrystalické FV panely HT60-156M
- Bateriové úložiště Pylontech Force H2 3,556 kWh
- Solární kolektory Suntime 1.2

*Uvedené ceny jsou převzaty z oficiálních ceníků konkrétních výrobců platných k 7.1.2022 a nezahrnují sazbu DPH.

Tab. 13: Pořizovací náklady

ZAŘÍZENÍ	CENA ZA JEDNOTKU	VARIANTA					
		1	2	3	4	5	6
Plynový kotel	42 635	42 635	42 635	42 635	-	-	-
Kotel na pelety	88 400	-	-	-	88 400	88 400	88 400
Fotovoltaické panely	2 825	67 800	67 800	-	67 800	-	-
Baterie	39 670	39 670	-	-	39 670	-	-
Solární kolektory	14 900	-	-	149 000	-	149 000	-
Náklady celkem	-	150 105	110 435	191 635	195 870	237 400	88 400

Z tabulky 13 je patrné, že cena kotle na pelety je oproti plynovému kondenzačnímu kotli dvojnásobná. Životnost obou těchto zařízení je odhadována na cca 15 let.

Současně také vidíme, že systémy, které obsahují solární kolektory, jsou výrazně dražší než systémy obsahující fotovoltaické panely s bateriovým úložištěm. Rozdíl činí při současných cenách přibližně 40 000 Kč. Odhadovaná životnost fotovoltaických panelů i solárních kolektorů činí 25-30 let.

Z hlediska pořizovacích nákladů jasně vítězí varianta 6, která neobsahuje žádný ze solárních systémů.

3.4 Posouzení nákladů na provoz

3.4.1 Jednotkové ceny

Níže uvedené ceny jsou z aktuálních ceníků a nezahrnují sazbu DPH.

Elektřina

- dodavatel: E.ON Česká republika, s.r.o.
- platnost cen od: 23.12.2021
- distribuční sazba: D 02d – běžná spotřeba
- tarif: vysoký
- celková cena: 5633,55 Kč/MWh bez DPH (cena elektřiny + distribuce)

Plyn

- dodavatel: E.ON Česká republika, s.r.o.
- platnost cen od: 23.12.2021
- celková cena: 7,56 – 15 MWh/rok 2 040,38 Kč/MWh bez DPH
15 – 25 MWh/rok 2 021,62 Kč/MWh bez DPH

Dřevěné pelety

- výrobce: Biomac s.r.o.
- typ: TOP A1
- cena platná k: 7.1.2022
- výhřevnost: 17,0 MJ/kg
- balení: pytel 15 kg
- celková cena: 103 Kč/15 kg bez DPH

3.4.2 Roční spotřeby a náklady

Tab. 14: Roční spotřeby energií

MÉDIUM		VARIANTA					
		1	2	3	4	5	6
Elektřina	[MWh/rok]	3,01	3,35	3,41	2,83	3,24	3,17
Plyn	[MWh/rok]	15,6	15,2	7,57	-	-	-
Pelety	[MWh/rok]	-	-	-	17,3	8,41	17,3
	[kg/rok]				3664	1781	3664
	[pytlů/rok]				245	119	245

Tab. 15: Roční náklady na energie

MÉDIUM		VARIANTA					
		1	2	3	4	5	6
Elektřina	[Kč/rok]	16 957 Kč	18 872 Kč	19 210 Kč	15 943 Kč	18 253 Kč	17 858 Kč
Plyn	[Kč/rok]	31 537 Kč	30 729 Kč	15 446 Kč	-	-	-
Pelety	[Kč/rok]	-	-	-	25 235 Kč	12 257 Kč	25 235 Kč
Celkem	[Kč/rok]	48 494 Kč	49 601 Kč	34 656 Kč	41 178 Kč	30 510 Kč	43 093 Kč

Z tabulky 15 vidíme, že při současných cenách energií by byly na provoz nejnáročnější varianty 1 a 2, které obsahují plynový kotel a fotovoltaickou elektrárnu.

Naopak varianty 3 a 5, které obsahují solární kolektory pro ohřev teplé vody, jsou na provoz nejméně nákladné.

Střední cestou z hlediska nákladů na provoz se staly varianty 4 a 6. Ačkoliv varianta 4 obsahuje fotovoltaické panely, roční náklady na provoz jsou téměř shodné s variantou 6, která obsahuje pouze peletový kotel.

3.5 Celkové zhodnocení

Jestliže bychom hodnotili varianty z hlediska celkové spotřeby energií, spotřeby primárních neobnovitelných zdrojů, pořizovacích nákladů a nákladů na provoz, a postavili bychom všechny tyto faktory na stejně důležitou úroveň při rozhodování, došli bychom k těmto výsledkům:

Tab. 16: Roční náklady na energie

KRITÉRIUM	VARIANTA					
	1	2	3	4	5	6
Celková spotřeba energií	1	1	3	5	4	5
Neobnovitelné zdroje	5	6	4	2	1	3
Pořizovací náklady	3	2	4	5	6	1
Náklady na provoz	5	6	2	3	1	4
Průměr	3,5	3,75	3,25	3,75	3	3,25

Čísla v tabulce značí umístění jednotlivých variant v každém hodnoceném kritériu (1 = varianta dopadla nejlépe, 6 = varianta dopadla nejhůře).

Pokud by měla všechna kritéria stejnou váhu, tak vidíme, že nejlépe by dopadla varianta 5. Tato varianta je sice nejlepší z hlediska spotřeby primárních neobnovitelných zdrojů a disponuje nejnižšími náklady na provoz, ovšem obě tyto hodnoty se velice blíží hodnotám dosaženým v jiných variantách (var. 3 a 4). Naopak nejhůře dopadla z hlediska pořizovacích nákladů, které však velmi výrazně převyšují všechny ostatní hodnocené varianty. Domnívám se, že výše pořizovacích nákladů je natolik vysoká, že ji nedokážou vyvážit ani výborné výsledky ve jmenovaných dvou kritériích.

Opakem k variantě 5 je varianta 2. V této variantě je sice dosaženo velice přijatelných pořizovacích nákladů a celková spotřeba energie je nejnižší (spolu s variantou 1) ze všech posuzovaných variant, bohužel se však spotřebuje největší množství elektrické energie z distribuční sítě. To má velký vliv na spotřebu neobnovitelných zdrojů a samozřejmě také provozní náklady. Obě tato kritéria jsou však téměř srovnatelná s variantou 1.

Varianta 1 je ve většině kritérií velmi srovnatelná s variantou 2. Vlivem bateriového úložiště sice disponuje o něco lepšími výsledky v provozních nákladech a spotřebě neobnovitelných primárních zdrojů, zato si ale při jejím pořízení mírně připlatíme.

Varianta 4 sice dosáhla dobrých výsledků ve spotřebě neobnovitelných zdrojů, ale spolu s variantou 6 má největší celkovou spotřebu energií. Pořizovací náklady na tuto variantu jsou stále velmi vysoké, druhé nejvyšší po variantě 5. Náklady na provoz jsou průměrné.

V poměru cena – výkon jsou dle mého uvážení neoptimalnější varianty 3 a 6. Varianta 3 s plynovým kotlem a solárními kolektory je sice poměrně drahá na pořízení, ale náklady na provoz dosahují vynikajících hodnot. Stejně tak má sice mírně vyšší spotřebu neobnovitelných zdrojů, ale zato nižší spotřebu celkových energií dodávaných z distribučních sítí.

Náklady na pořízení varianty 6 jsou o více než polovinu nižší než u varianty 3, zato si ročně připlatíme o čtvrtinu víc za provoz. Tím, že je v této variantě kotel na pelety, je také spotřeba primárních neobnovitelných zdrojů o více než čtvrtinu nižší než u varianty 3.

3.6 Seznam příloh k části 3

- G.1 PENB – Varianta 2
- G.2 PENB – Varianta 3
- G.3 PENB – Varianta 4
- G.4 PENB – Varianta 5
- G.5 PENB – Varianta 6
- G.6 Zjednodušený návrh solárních kolektorů

ZÁVĚR

Budova byla navržena tak, aby splňovala všechny nároky obyvatel z hlediska jejího užívání. Je navržena v souladu s územním plánem obce Zaječí a s platnými zákony, vyhláškami a normami. Je také navržena s ohledem na nízkou energetickou náročnost a možnost využívání obnovitelných zdrojů energie. Do budovy byl navržen plynový kondenzační kotel, dvě vzduchotechnické jednotky, VRF systém chlazení a fotovoltaická elektrárna s bateriovým úložištěm. Třetí část této práce však dokazuje, že je téměř nemožné najít variantu systému TZB, o které by se dalo říct, že je po všech stránkách nejlepší. Zároveň se mi v této části také povedlo najít varianty, které by v současné době pro tuto budovu byly o něco optimálnější řešení než původní návrh. Jako nejefektivnější se za daných podmínek jeví varianta, ve které byla fotovoltaická elektrárna vyměněna za solární kolektory pro ohřev teplé vody, nebo varianta, která neobsahuje žádný ze systémů využívajících energii Slunce a v níž byl plynový kondenzační kotel nahrazen kotlem na dřevěné pelety.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Zákony, nařízení vlády, vyhlášky

- Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 309/206 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti ochrany zdraví při práci.
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby ve znění vyhlášky č. 20/2012 Sb.
- Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.
- Vyhláška č. 23/2008 Sb. ve znění Vyhlášky č. 268/2011 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb ve znění pozdějších předpisů

Normy

- ČSN 73 0540-1:2005 Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie.
- ČSN 73 0540-2:2011 + Z1:2012 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.
- ČSN 73 0540-3:2005 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin.
- ČSN 73 0540-4:2005 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody.
- ČSN 73 0532:2010 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky.
- ČSN 730525 - Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady.
- ČSN 73 4301:2004 + Z1:2005 + Z2/2009 Obytné budovy.
- ČSN 73 0580-1:2007 + Z1:2011 Denní osvětlení budov – část 1: Základní požadavky.
- ČSN 73 0580-2:2007 Denní osvětlení budov – část 2: Denní osvětlení obytných budov.
- ČSN 73 0581:2009 Oslunění budov a venkovních prostor – Metoda stanovení hodnot.
- ČSN 73 0810 – PBS – Společná ustanovení
- ČSN 73 0802 – PBS – Nevýrobní objekty
- ČSN 73 0818 – PBS – Obsazení objektu osobami
- ČSN 73 0833 – PBS – Objekty pro bydlení a ubytování
- ČSN 73 0872 – PBS – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
- ČSN 73 0873 – PBS – Zásobování požární vodou
- ČSN EN 1443 – Komíny – Obecné požadavky
- ČSN 73 4201 – Komíny a kouřovody – Navrhování, provádění a připojování spotřebičů paliv
- ČSN 06 1008 – Požární bezpečnost tepelných zařízení
- ČSN 01 3495 – Výkresy ve stavebnictví – Výkresy PBS
- ČSN 73 4301 - Obytné budovy
- ČSN 73 4130 - Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky
- ČSN 01 3420 - Kreslení výkresů stavebních částí

Elektronické zdroje a podklady výrobců

- deksoft.eu
- www.tzb-info.cz
- www.google.cz/maps
- www.geology.cz
- www.zakonyprolidi.cz
- <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- www.wienerberger.cz
- www.isover.cz
- www.topwet.cz
- www.elektrodesign.cz
- www.mandik.cz
- www.vaillant.cz
- www.atmos.eu
- www.propuls.cz
- www.ht-saae.com
- www.viadrus.cz
- www.toshiba.com