

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



ENERGETICKÝ AUDIT DOMOVA PRO SENIORY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval:

Bc. Petr Kučera

Vedoucí práce:

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.



2022 / 2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: <u>Kučera</u>	Jméno: <u>Petr</u>	Osobní číslo: <u>477416</u>
Zadávající katedra: <u>11125 TZB</u>		
Studijní program: <u>BUDOVY A PROSTŘEDÍ N3649</u>		
Studijní obor/specializace: <u>BUDOVY A PROSTŘEDÍ</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>ENERGETICKÝ AUDIT DOMOVA PRO SENIORY</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>ENERGY AUDIT OF A HOME FOR THE SENIORS</u>	
Pokyny pro vypracování: Vypracujte energetický audit projektu objektu domova pro seniory. Při zpracování vycházejte z metodiky stanovené platnými předpisy a normami a zaměřte se na analýzu stávajícího stavu a návrh příležitostí k energetickým úsporám. Navržené řešení vyhodnoťte z hlediska dopadu na energetickou náročnost, životní prostředí a ekonomickou výhodnost stanovenou na základě prosté návratnosti. Pro stanovení energetické náročnosti dopadu úsporných opatření využijte ve vhodných případech dynamický model energetického chování objektu a simulace.	
Seznam doporučené literatury: ČSN ISO 50002 Energetické audity - požadavky s návodem pro použití Vyhláška 140/2021 Sb. o energetickém auditu Zákon 406/2000 Sb. o hospodaření energií Dahlsveen T., Petráš D., Hirš J.: Energetický audit budov ISBN: 80-88905-86-9, Jaga 2003	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>prof. Ing. Karel Kabele, CSc.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>19.9.2022</u>	Termín odevzdání DP v IS KOS: <u>9.1.2023</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 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“.

<u>19.9.2022</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
---	---

Prohlášení

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

V Praze dne 5.1.2023

.....
Bc. Petr Kučera

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu prof. Ing. Karlovi Kabelemu, CSc. za vedení mé diplomové práce, věcné připomínky, cenné rady a čas při konzultacích v průběhu zpracování diplomové práce. Zároveň bych chtěl poděkovat své rodině a partnerce za trpělivost a podporu, nejen při zpracování diplomové práce, ale i v průběhu celého studia.

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na vypracování energetického auditu projektu domova pro seniory, který byl vypracován v rámci bakalářské práce v roce 2021. Struktura a obsah práce je členěn podle aktuální platné prováděcí vyhlášky č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu, která se skládá ze tří hlavních částí, a to ze Souhrnu energetického auditu, Vymezení předmětu energetického auditu a Podrobnosti zprávy o energetickém auditu. V první části je vyhodnocení příležitostí ke snížení energetické náročnosti, a to v rámci celkového souhrnu energetického auditu. Druhá část je zaměřena na popis objektu, který je předmětem energetického auditu, a to z hlediska stavebně-konstrukčního a technického řešení budovy. Tato část se také zabývá podrobným popisem dynamického modelu v softwaru DesignBuider, který byl sestaven pro stanovení spotřeby energie pro jednotlivé účely v budově. Popis modelu je primárně zaměřen na rozdělení a popis provozních zón a stanovení předpokládaného provozu užívání v jednotlivých zónách. Dynamický model byl použit také pro stanovení úspor spotřeby energie pro jednotlivé dílčí příležitosti ke snížení energetické náročnosti budovy. Ve třetí části je provedena detailní analýza užití spotřeby energie a výpočet celkové dodané energie do budovy za pomoci dílčích výpočtů podle ČSN 73 0331-1 a dynamické simulace. V této části je provedena také analýza všech příležitostí ke snížení energetické náročnosti budovy, které byly v rámci energetického auditu posouzeny. Analýza příležitostí obsahuje jednak návrh, ale i ekonomické a ekologické vyhodnocení jednotlivých dílčích příležitostí. V závěrečném vyhodnocení byl poté navržen soubor příležitostí doporučený k realizaci, který ze závazné vyhlášky musí vykazovat úsporu minimálně 10 % v celkové spotřebě energie energetického hospodářství nebo 10 % v celkových emisích CO₂ oproti výchozímu (navrženému) stavu. V rámci příloh energetického auditu je také zpracován Plán energetického auditu, který je závazným dokumentem při zpracování energetického auditu.

Klíčová slova

Energetický audit, dynamický model, spotřeba elektřiny, příležitosti ke snížení energetické náročnosti

Annotation

The diploma thesis is focused on the elaboration of an energy audit for a design of a retirement home, which was developed within the framework of the bachelor thesis in 2021. The structure and content of the thesis is structured according to the current Implementing Decree No. 140/2021 Sb., o energetickém auditu, which consists of three main parts, namely the Energy Audit Summary, Definition of the subject of the energy audit and Details of the energy audit report. The first part is an assessment of the opportunities to reduce energy consumption, within the overall energy audit summary. The second part focuses on the description of the building that is the subject of the energy audit, in terms of the structural and technical design of the building. This part also deals with a detailed description of the dynamic model in the DesignBuider software that was built to determine the energy consumption for individual purposes in the building. The description of the model is primarily focused on the division and description of the operational zones and on determining the expected use operation in each zone. The dynamic model was also used to determine the energy consumption savings for each sub-opportunity to reduce the energy consumption of the building. In the third part, an analysis of the use of energy consumption was carried out and calculation of the total energy supplied to the building is carried out, with the help of partial calculations according to CSN 73 0331-1 and dynamic simulation were used. In this section, an analysis of all opportunities to reduce the energy consumption of the building that were assessed in the energy audit is carried out. The analysis opportunities includes both the design and the economic and ecological evaluation for each sub-opportunity. A set of opportunities recommended for implementation was then proposed in the final evaluation which, by mandatory decree, must show savings of at least 10 % in the total energy consumption of the energy management system or 10 % in total CO₂ emissions compared to the baseline (designed) condition. The Energy Audit Plan, which is a binding document in the preparation of the energy audit, is also prepared as part of the energy audit annexes.

Keywords

Energy audit, dynamic model, electricity consumption, opportunities to reduce energy consumption

Obsah práce

1	Úvod	10
2	Souhrn energetického auditu	12
2.1	Identifikační údaje	12
2.2	Vstupní podklady	13
2.3	Cíl energetického auditu.....	13
2.4	Vyhodnocení příležitostí ke snížení energetické náročnosti	14
2.5	Souhrn příležitostí ke snížení energetické náročnosti	15
2.6	Program realizace příležitostí	16
3	Vymezení předmětu energetického auditu.....	17
3.1	Situace stavby	17
3.2	Charakteristika stavby	18
3.2.1	Popis objektu.....	18
3.2.2	Provozní řešení.....	22
3.2.3	Stavebně-konstrukční řešení.....	22
3.2.4	Technické zařízení budovy	22
3.3	Energetický model budovy	25
3.3.1	Umístění objektu a klimatická data.....	25
3.3.2	Rozdělení provozních zón v modelu	26
3.3.3	Provoz objektu	28
3.3.4	Stavební konstrukce budovy	40
4	Podrobnosti zprávy o energetickém auditu	45
4.1	Výpočet dodaná energie do budovy.....	45
4.1.1	Účinnost systému	47
4.1.2	Spotřeba energie.....	49
4.1.3	Roční pomocná energie	54
4.1.4	Celková dodaná energie.....	57
4.1.5	Produkce emisí CO ₂	58
4.2	Přehled užití spotřeby energie energetického hospodářství.....	58
4.2.1	Bilance energetických vstupů.....	58
4.2.2	Analýza energetické účinnosti významných spotřebičů	60
4.2.3	Analýza užití energie	61
4.2.4	Ukazatele energetické náročnosti.....	67

4.3	Příležitosti ke snížení energetické náročnosti	68
4.3.1	Příležitost 1 – Snížení požadované vnitřní teploty na vytápění	69
4.3.2	Příležitost 2 – Instalace solárního fotovoltaického systému (FVE)	77
4.3.3	Příležitost 3 – Využití šedé odpadní vody pro předehřev studené vody.....	92
4.3.4	Příležitost 4 – Instalace solárního termického systému.....	101
4.3.5	Příležitost 5 – Instalace tepelného čerpadla země-voda (zemní vrty)	115
4.4	Souhrnné porovnání všech posouzených příležitostí	124
4.5	Ekonomické vyhodnocení podle vyhlášky č. 140/2021 Sb.	128
4.5.1	Výpočet jednotlivých kritérií ekonomického hodnocení	128
4.5.2	Ekonomické vyhodnocení jednotlivých příležitostí.....	130
4.5.3	Multikriteriální hodnocení příležitostí ke snížení energetické náročnosti.....	134
5	Analýza vyhodnocení jednotlivých příležitostí:	136
6	Závěr.....	138
7	Seznam zdrojů a literatury	139
8	Seznam tabulek	141
9	Seznam grafů	143
10	Seznam obrázků	145

Přílohy

Příloha č.1 – Plán energetického auditu

Seznam použitých symbolů a zkratk

EA	Energetický audit
TČ	Tepelné čerpadlo
TV	Teplá voda
ZZT	Zpětné získávání tepla
VZT	Vzduchotechnická jednotka
TZB	Technické zařízení budovy
EH	Energetické hospodářství
NT	Nízký tarif
VT	Vysoký tarif
FVE	Fotovoltaická elektrárna
FV	Fotovoltaická / fotovoltaické
RV	Rekuperační výměník
NP	Nadzemní podlaží



1 Úvod

V současné době je energetický audit (EA) zpracován podle platného zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií [20] a jeho prováděcí vyhláškou č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu [21], která nabyla účinnosti 1. dubna 2021. Tato vyhláška nahradila původní vyhlášku č. 480/2021 Sb. o energetickém auditu. V neposlední řadě je také platná evropská norma ČSN ISO 50002 Energetické audity – Požadavky s návodem pro použití. [26] Změna v postupu provádění energetického auditu spočívá v tom, že původní postup se přibližoval k obecně platnému standardu, konkrétně k výše uvedené normě. Nově vyhláška o energetickém auditu specifikuje požadavky na obsah zprávy o provedeném energetickém auditu, nikoli na celý proces, jako doposud.

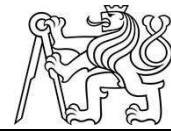
EA je systematická kontrola a analýza spotřeby energie za účelem získání dostatečných znalostí o stávajícím nakládání s energií v energetickém hospodářství (EH), která identifikuje a kvantifikuje možnosti nákladově efektivních úspor energie a podává o těchto skutečnostech zprávy. [20] Jedná se o komplexní analýzu energetických toků ve stávajících nebo nových budovách s cílem najít možnosti úspor energií za pomoci optimalizace energetických systémů a hledání alternativních řešení. V rámci navržených řešení je posuzováno také technicko-ekonomické vyhodnocení a vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí.

Povinnost zpracovat EA platí pro podnikatele, který zaměstnává 250 a více osob nebo vykazuje roční obrát po 2 po sobě jdoucích kalendářních roků vyšší než 1 300 000 000 Kč nebo bilanční sumu rozvahy vyšší než 1 100 000 000 Kč. Povinnost pro podnikatele, a také pro kraje, obce, příspěvkové organizace státu, veřejné vysoké školy a Českou národní banku platí v případě, když hodnota průměrného ročního nakládání s energií v energetickém hospodářství za poslední 2 po sobě jdoucí kalendářní roky je vyšší než 5 000 MWh/rok. [20]

EA je zpracováván energetickým specialistou podle § 10 odst. 1 písm. a) nebo osobou usazenou v jiném členském státě Unie, pokud je oprávněna k výkonu uvedené činnosti podle právních předpisů jiného členského státu Unie jednou za 4 roky pro celé energetické hospodářství. Platnost energetického auditu platí 10 let nebo do provedení změny energetického hospodářství, po které došlo za 2 po sobě jdoucí roky ke změně o více než 25 % při nakládání s energií energetického hospodářství ročně oproti stavu z platného energetického auditu. [20]

Níže uvedené obecné informace vycházejí ze závazné prováděcí vyhlášky [21] a na základě této vyhlášky je také poté zpracován následující energetický audit v rámci diplomové práce. Obsah zprávy o provedeném energetickém auditu obsahuje tyto části:

- souhrn energetického auditu,
- vymezení předmětu energetického auditu,
- podrobnosti zprávy o provedeném energetickém auditu a
- přílohy zprávy o provedeném energetickém auditu podle § 10.



V souhrnu energetického auditu jsou uvedeny jednak identifikační údaje zadavatele a zpracovatele energetického auditu a vstupní podklady, které jsou použity k vypracování energetického auditu, ale také zde zadavatel energetického auditu zjistí, jaké příležitosti ke snížení energetické náročnosti mu z provedeného energetického auditu vyplývají, a to v rámci celkového souhrnu energetického auditu. Zároveň jde zde uveďte program realizace příležitosti ke snížení energetické náročnosti, který obsahuje návrh vhodného měření a způsobu vyhodnocování přínosů realizace.

Ve vymezení předmětu energetického auditu je zpracovatelem specifikována hodnocená hranice energetického hospodářství a uvede přehled jednotlivých ucelených částí.

Podrobnosti zprávy o provedeném energetickém auditu obsahuje přehled užití a spotřeby energie energetického hospodářství a jeho ucelených částí, která zahrnuje bilanci energetických vstupů, přehled užití energie v závazném členění na budovy, výrobní procesy a dopravu, přehled stávajících ukazatelů energetické náročnosti a analýzu účinnosti energie významných spotřebičů. Druhá část podrobnosti zprávy se zabývá danými příležitostmi ke snížení energetické náročnosti.

Historie spotřeby energie je uvedena minimálně za 2 předchozí ucelené kalendářní roky nebo za 24 po sobě jdoucích měsíců a je uvedena v měsíčním kroku pro všechny energonositele.

V přílohách zprávy o provedeném energetickém auditu podle § 10 jsou dílčí záznamy o způsobu provedení energetického auditu, které obsahují Plán energetického auditu, seznam požadovaných a obdržených podkladů podepsaný zástupcem zadavatele, plán měření a výstupy z měření, je-li provedeno a soubor ilustrativních fotografií předmětu energetického hospodářství, je-li relevantní.

Příležitosti ke snížení energetické náročnosti jsou zpracovány v takovém rozsahu, který odpovídá plánu a cíli energetického auditu. Navržené příležitosti ke snížení energetické náročnosti musí vykazovat úsporu minimálně 10 % v celkové spotřebě energie energetického hospodářství nebo 10 % v celkových emisích CO₂, které jsou nově posuzovány v rámci ekologického hodnocení jako jediný ukazatel. Pro každou příležitost ke snížení energetické náročnosti je specifikován výchozí stav, specifikace příležitosti ke snížení energetické náročnosti a hodnocení příležitosti. Podrobný popis hodnocení jednotlivých příležitostí je uveden v podkapitole 4.3.

Tato diplomová práce je zaměřena na zpracování energetického auditu projektu novostavby domova pro seniory, který byl zpracován v rámci bakalářské práce v roce 2021. Cílem této práce je seznámit se s prováděcí vyhláškou o energetickém auditu [1], která je závazná při zpracování EA a na základě této vyhlášky a aktuálních norem vypracovat energetický audit, včetně všech požadovaných náležitostí. Pro stanovení jednotlivých dílčích spotřeb energie v objektu bude mimo jiné také sestaven dynamický model objektu v softwaru DesignBuilder. Popis dynamického modelu objektu je součástí energetického auditu.



2 Souhrn energetického auditu

2.1 Identifikační údaje

Předmět energetického auditu

Typ objektu: novostavba domova pro seniory
Adresa: parc. č. xxx/x, katastrální území Řeporyje [745251]

Zadavatel energetického auditu

Zadavatel: vlastník objektu
Adresa: v rámci diplomové práce není uvedeno
e-mail: v rámci diplomové práce není uvedeno

Zpracovatel energetického auditu

Jméno a příjmení: v rámci diplomové práce není uvedeno
Adresa: v rámci diplomové práce není uvedeno
e-mail: v rámci diplomové práce není uvedeno

Časové vymezení energetického auditu

Datum zahájení: 19.9.2022
Datum ukončení: 9.1.2023

Evidence energetického auditu

Evidenční číslo ENEX: v rámci diplomové práce není uvedeno



2.2 Vstupní podklady

Pro vypracování energetického auditu byl jako výchozí stav uvažován projekt novostavby domova pro seniory pro stavební povolení, vypracovaný v rámci bakalářské práce v roce 2021. [1] Pro stanovení roční, resp. měsíční spotřeby energie pro jednotlivé procesy technického zařízení budovy byl na základě vypracované projektové dokumentace a předpokládaného provozu objektu sestaven dynamický model budovy v softwaru DesignBuilder (podrobněji v podkapitole 3.3). Pro dílčí výpočty celkové dodané energie do budovy byly využity vztahy z normy ČSN 73 0331-1 [22].

Software a další podklady, které sloužili pro vypracování energetického auditu jsou následující:

- DesignBuilder – školní licence ČVUT, fakulta stavební,
- Energie 2021 (Svoboda software) - školní licence ČVUT, fakulta stavební,
- technické listy komponentů od daných výrobců.

Energetický audit byl zpracován podle platné metodiky, zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií [20], jeho prováděcí vyhláškou č. 140/2021 Sb. o energetickém auditu [21], normou ČSN ISO 50002 – Energetické audity – Požadavky s návodem pro použití [26] a dalšími souvisejícími právními předpisy.

2.3 Cíl energetického auditu

Účel energetického auditu je zhodnotit a zmapovat navržený výchozí stav projektu novostavby a navrhnout a vyhodnotit dané příležitosti ke snížení energetické náročnosti z ekonomického a enviromentálního hlediska podle [20] a [21]. Minimální cíl, který je dán výše uvedenou prováděcí vyhláškou, je dosáhnout úspory minimálně 10 % energie z celkové spotřeby energetického hospodářství nebo 10 % z celkových emisích CO₂ energetického hospodářství, se zohledněním případných synergetických vlivů dílčích příležitostí ke snížení energetické náročnosti.

Závěrem energetického auditu bude navrhnout a doporučit optimální příležitost či příležitosti ke snížení energetické náročnosti, která povedou ke snížení celkové energetické náročnosti objektu a zároveň bude splněna výše daná podmínka.



2.4 Vyhodnocení příležitostí ke snížení energetické náročnosti

Tab. 1: Souhrn příležitostí pro snížení energetické náročnosti dle [21], Přílohy 1 - část A

SOUHRN PŘÍLEŽITOSTÍ KE SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI ¹									
Energetické hospodářství		Domov pro seniory							
ČÁST A		SOUHRNNÁ BILANCE NAVRŽENÝCH PŘÍLEŽITOSTÍ KE SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI							
Ozn.		VÝCHOZÍ STAV		NÁVRH		EFEKT NAVRŽENÝCH PŘÍLEŽITOSTÍ KE SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI			
1	Neobnovitelné zdroje energie (NOZE)	89,78	MWh/rok	57,73	MWh/rok	32,05	MWh/rok	35,7	%
2	Obnovitelné zdroje energie (OZE)	0	MWh/rok	19,39	MWh/rok	-19,39	MWh/rok	-21,6	%
3	Druhotné zdroje energie	0	MWh/rok	0	MWh/rok	0	MWh/rok	0	%
4	Spotřeba energie celkem	89,78	MWh/rok	77,12	MWh/rok	12,66	MWh/rok	14,1	%
5	Podíl OZE z celku	0	%	25,15	%	---	---	25,2	%
6	Emise CO ₂	77,21	t CO ₂ /rok	49,64	t CO ₂ /rok	27,57	t CO ₂ /rok	35,7	%

Vyhodnocení souhrnné bilance

Rozsah navržených příležitostí ke snížení energetické náročnosti byl navržen na základě vyhodnocení jednotlivých dílčích příležitostí, které vykazují potencionální úsporu energie a ekonomickou návratnost a byly dohodnuty se Zadavatelem energetického auditu.

Bilance navržených příležitostí vykazuje úsporu vyšší než 10 % z celkové spotřeby energie, konkrétně 35,7 % a úsporu vyšší než 10 % z celkových emisí CO₂, konkrétně 35,7 %, se zohledněním synergických vlivů příležitostí.

Navržené příležitosti pro snížení energetické náročnosti budovy jsou primárně zaměřeny na oblast technického zařízení budovy. Pro dosažení vyšších úspor energie na straně stavebního řešení objektu, zejména pak zlepšení tepelně-technických parametrů konstrukcí na obálce budovy, by bylo, vzhledem k navrženým konstrukcím na obálce budovy, které z větší části splňují hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní budovu, v dlouhodobém horizontu ekonomicky nenávratné.

Cíl energetického auditu je na základě výše uvedeného splněn.

¹ Celkové přínosy navržených příležitostí ke snížení energetické náročnosti jsou z kalkulovány tak, aby byly zohledněny možné synergické vlivy. Jedná se o maximální, technicky dosažitelný potenciál úspor souborem příležitostí ke snížení energetické náročnosti.



2.5 Souhrn příležitostí ke snížení energetické náročnosti

Souhrn příležitostí ke snížení energetické náročnosti je uveden v následující tabulce. Rozsah navržených příležitostí vychází z celkového vyhodnocení jednotlivých dílčích příležitostí a byl dohodnut se Zadavatelem energetického auditu. Priorita realizace vychází z multikriteriálního hodnocení, které je uvedeno v podkapitole 4.5.3. Celkem bylo vyhodnoceno 5 příležitostí.

Tab. 2: Souhrn příležitostí pro snížení energetické náročnosti dle [21], Přílohy 1 - část B

SOUHRN PŘÍLEŽITOSTÍ PRO SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI ²														
ČÁST B			VÝSTUPY HODNOCENÍ PŘÍLEŽITOSTÍ KE SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI											
PŘÍLEŽITOSTI KE SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI			PŘÍNOSY				EKONOMICKÉ UKAZATELE							Zahrnuto do ČÁSTI A?
			Úspora energie			Úspora emisí CO ₂	Doba hodnocení - T _h	Náklady na realizaci - IN	Úspora nákladů na energii - N _e	Čistá současná hodnota NPV _{th}	Reálná doba návratnosti - T _d	Priorita realizace		
			Neobnovitelné zdroje energie	Obnovitelné zdroje energie	Druhotné zdroje energie									
Ozn.	Název	Popis	MWh/rok	MWh/rok	MWh/rok	t CO ₂ /rok	Roky	tis. Kč	tis. Kč/rok	tis. Kč	roky			
1	Příležitost 1	Snížení vnitřní teploty	84,46	0,00	0	4,57	30	50	54,13	1 548,78	1	4	X	
2	Příležitost 2	Instalace FVE	70,47	19,39	0	16,60	30	757,82	196,62	4 772,45	4	1	X	
3	Příležitost 3	Využití šedé odpadní vody	82,19	0,00	0	6,52	30	289,50	75,72	1 866,37	4	3	X	
4	Příležitost 4	Instalace solárních kolektorů	80,01	9,51	0	8,41	30	982,61	99,54	1 616,25	11	2		
5	Příležitost 5	Instalace TČ země-voda	86,03	0,00	0	3,23	30	1 524,81	38,20	-989,68	-	5		

² V tabulce jsou uvedeny všechny příležitosti ke snížení energetické náročnosti, které byly v rámci energetického auditu identifikovány. V posledním sloupci tabulky jsou křížkem označeny ty příležitosti ke snížení energetické náročnosti, které byly uvažovány do části A – Souhrnné bilance navržených příležitostí ke snížení energetické náročnosti.



Po vyhodnocení výchozího stavu a podrobné analýze spotřeb energií v energetickém hospodářství byl vyhodnocen soubor příležitostí ke snížení energetické náročnosti budovy, který byl dohodnut se Zadavatelem energetického auditu. Na základě vyhodnocení, z ekonomického a ekologického hlediska jednotlivých příležitostí, byl poté vybrán a navržen soubor příležitostí ke snížení energetické náročnosti, který bude dostačující pro splnění zákonných povinností, které jsou specifikované v provádějící vyhlášce č. 140/2021 Sb. [21] a jsou předpokladem pro splnění cíle energetického auditu.

Celkem bylo vyhodnoceno 5 příležitostí ke snížení energetické náročnosti:

- Příležitost 1: Snížení požadované vnitřní teploty na vytápění,
- Příležitost 2: Instalace solárního fotovoltaického systému (FVE),
- Příležitost 3: Využití šedé odpadní vody pro předehřev studené vody,
- Příležitost 4: Instalace solárního termického systému,
- Příležitost 5: Instalace tepelného čerpadla země-voda (zemní vrty)

Vyhodnocení jednotlivých příležitostí, v rámci ekonomických a ekologických parametrů, je detailně popsáno v kapitole 4.3, resp. 4.5.

Na základě vyhodnocení nebyla navržena a doporučena Příležitost 4 a Příležitost 5. Příležitost 4 byla v rámci vyhodnocení porovnána s Příležitostí 2, jelikož se u obou jedná o instalaci solárního systému na stejné ploše střechy a následně byla vybrána ta Příležitost, která vykazuje lepší potenciální úsporu energie a ekonomickou návratnost, tj. Příležitost 2. Příležitost 5 nebyla navržena z důvodu ekonomické nenávratnosti na základě vysokých investičních nákladů a nízké roční úspoře elektrické energie. Na základě výše uvedených skutečností byly poté navrženy tyto příležitosti:

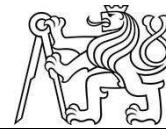
- Příležitost 1: Snížení požadované vnitřní teploty na vytápění,
- Příležitost 2: Instalace solárního fotovoltaického systému (FVE),
- Příležitost 3: Využití šedé odpadní vody pro předehřev studené vody.

Celkové vyhodnocení příležitostí je stanoveno na základě vypracované projektové dokumentace a vytvořeného dynamického modelu, který vychází z předpokládaného provozu objektu. Pro zpracování EA nebyly k dispozici žádné další podklady. Pro přesné stanovení přínosů jednotlivých příležitostí je nutné provádět dlouhodobé a pravidelné měření spotřeby energie, a poté stanovit reálné přínosy jednotlivých příležitostí.

Dále se očekává s realizací všech tří navržených příležitostí a předpokládá se jejich synergické působení ve prospěch snížení celkové energetické náročnosti, včetně produkovaných emisí CO₂ energetického hospodářství.

2.6 Program realizace příležitostí

V programu realizace příležitostí je doporučeno investorovi objektu instalovat podružná měření energie, konkrétně měření elektrické energie tak, aby bylo možné sledovat a vyhodnocovat reálné přínosy realizovaných příležitostí a v dalším energetickém auditu stanovit jednotlivé indikátory energetické náročnosti – EnPI (energy performance indicator). Pokud měřidla nebudou instalována a pravidelně odečítána a vyhodnocována, nebude možné reálné přínosy příležitostí stanovit.



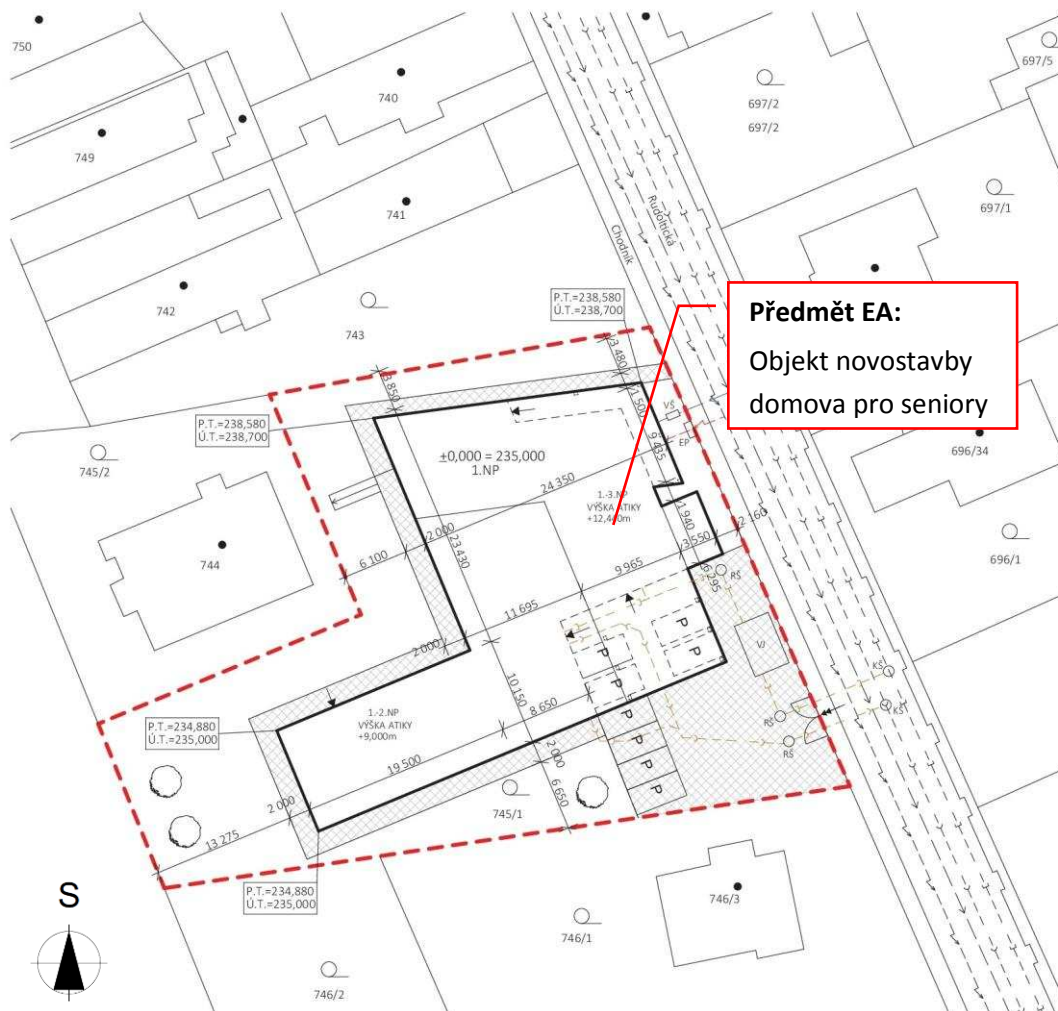
3 Vymezení předmětu energetického auditu

Předmětem energetického auditu je ucelená část energetického hospodářství novostavby domova pro seniory. Na základě vypracovaného projektu lze konstatovat, že předpokládanou převládající činností v objektu bude ubytování osob se zdravotním nebo jiným postižením.

Název objektu: domov pro seniory
Adresa: parc. č. xxx/x, katastrální území Řeporyje [745251]
Účel objektu: ubytování osob vyššího věku nebo se zdravotním postižením

3.1 Situace stavby

Objekt je navržen v městské části Praha - Řeporyje na parcele č. xxx/x, v katastrálním území Řeporyje [745251]. Umístění objektu (*Obr. 1*) vychází z vypracované projektové dokumentace.



Obr. 1: Situace stavby [1]



3.2 Charakteristika stavby

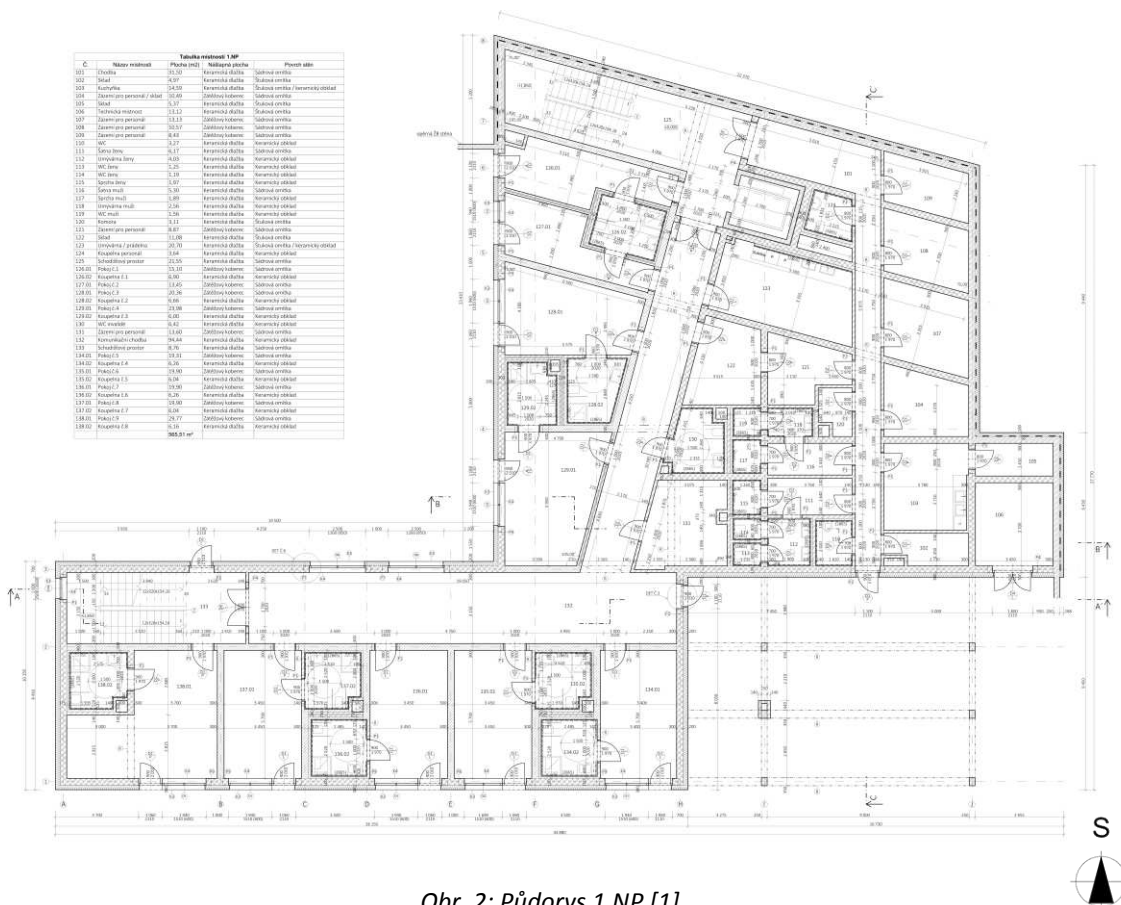
3.2.1 Popis objektu

Předmětem energetického auditu je nepodsklepený, tří podlažní domov pro seniory, který disponuje rozměry 41,15x33,58 m a je tvaru L. Část 1. nadzemního podlaží (NP) se nachází pod terénem a je ve styku se zeminou. Všechny střešní plochy objektu jsou zastřešeny plochou střechou. Nad 2.NP se nachází terasa a z části zelená střecha. Nad 3.NP se nachází nepochozí plochá střecha. Okolí objektu tvoří zástavba převážně rodinných domů.

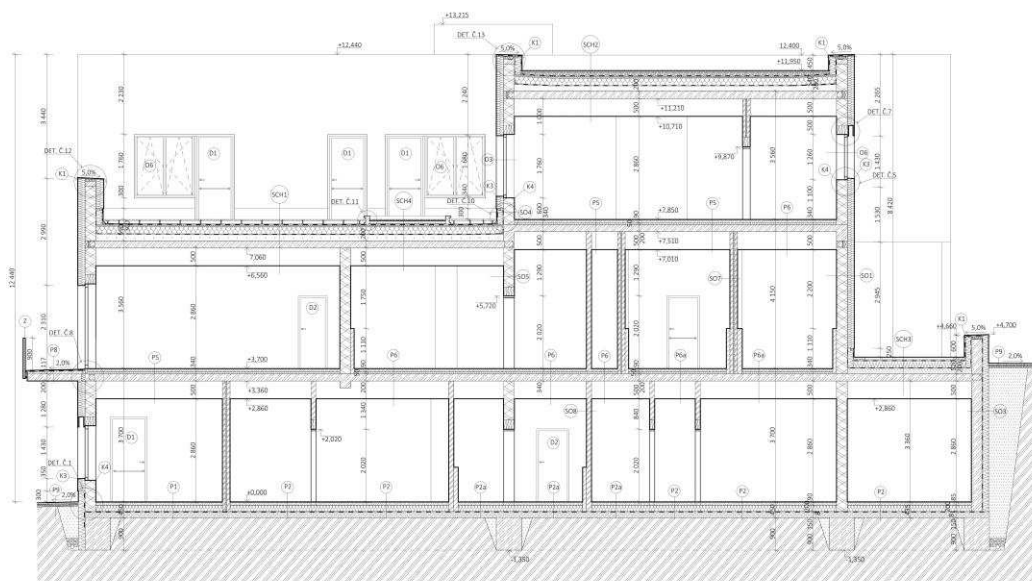
Návrh objektu vychází z architektonické studie, která sloužila pro vypracování projektové dokumentace pro stavební povolení. Níže jsou uvedeny základní geometrické charakteristiky objektu a zobrazeny jednotlivé půdorysy objektu, vybraný řez, pohled a vizualizace objektu.

Tab. 3: Základní geometrické charakteristiky objektu [1]

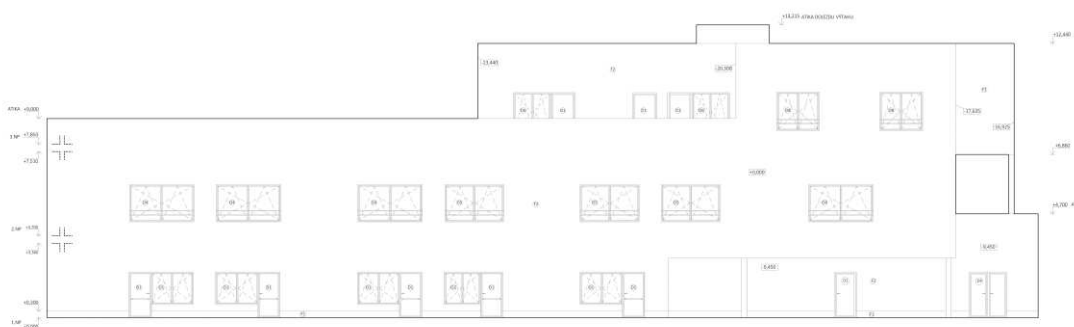
ZÁKLADNÍ GEOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY OBJEKTU		
Parametr	Hodnota	Jednotka
Objem budovy s upravovaným vnitřním prostředím	8157,5	m ³
Celková plocha obálky budovy	3424,7	m ²
Objemový faktor tvaru budovy	0,42	m ² / m ³
Celková energeticky vztažná plocha	1987,5	m ²
Celková vnitřní podlahová plocha	5242,5	m ²
Podíl průsvitných konstrukcí v ploše svislých konstrukcí	15,2	%



Obr. 2: Půdorys 1.NP [1]



Obr. 5: Řez B-B' [1]



Obr. 6: Severní pohled [1]



Obr. 7: Vizualizace objektu – jih [1]



Obr. 8: Vizualizace objektu – severozápad [1]



Obr. 9: Vizualizace objektu – severovýchod [1]



3.2.2 Provozní řešení

Budova je funkčně rozdělena na samostatné pobytové jednotky, sloužící pro pobyt osob, komunikační chodby a zázemí pro personál. Objekt je vybaven celkem 25 pobytovými jednotkami, které jsou jedno nebo dvoulůžkové. Celkem je uvažováno s maximálním počtem 45 osob a 10 zaměstnanci. V 1.NP a 2.NP se nachází vstup do objektu, pobytové jednotky, komunikační chodby, prostory pro stravování a návštěvy a zázemí pro zaměstnance. Ve 3.NP se taktéž nachází pobytové jednotky, komunikační chodba, zázemí pro personál, a také vstup na terasu. Objekt je uvažován s celoročním provozem, včetně víkendů.

3.2.3 Stavebně-konstrukční řešení

Konstrukční systém objektu je zděný stěnový z keramického zdiva Heluz tl. 300 mm, opatřené kontaktním zateplovacím systémem z EPS 100 F tl. 200 mm. Suterénní stěny v 1.NP v kontaktu se zemí jsou tvořeny betonovými tvárnice ze ztraceného bednění tl. 300 mm, opatřené tepelnou izolací z XPS Perimetr tl. 180 mm. Střechy objektu jsou navrženy ploché, zatepleny tepelnou izolací z EPS 150 v celkové tl. 250 mm, resp. tepelnou izolací z XPS tl. 200 mm (zelená střecha a strop nad 1.NP). Podlaha na terénu je navržena těžká plovoucí, opatřená tepelnou izolací z EPS 100 Z tl. 200 mm.

Okna v objektu jsou navržena hliníková typu Aluprof MB-86 ST s tepelně izolačním trojsklem a se součinitelem prostupu tepla zasklení $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a součinitelem prostupu tepla rámu $U_f = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Součinitel prostupu tepla celého okna je deklarovaný výrobcem s hodnotou $U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

V celém objektu jsou navrženy hliníkové dveře typu Aluprof MB-86 ST s tepelně izolačním trojsklem a se součinitelem prostupu tepla zasklení $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Součinitel prostupu tepla celých dveří je deklarovaný výrobcem s hodnotou $U_d = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. U vnějších výplní je navrženo stínění v podobě vnějších žaluzií, proti přehřívání vnitřních prostorů v letním období.

Podrobný popis použitých skladeb konstrukcí, včetně vyhodnocení konstrukcí tvořící ochlazovanou obálku budovy, je uveden v podkapitole 3.3.4.

3.2.4 Technické zařízení budovy

3.2.4.1 Vytápění

Hlavním zdrojem tepla v objektu je navrženo tepelné čerpadlo (TČ) vzduch-voda typu Alpha innotec LW 251A-LUX 2.0 o tepelném výkonu $P_H = 24 \text{ kW}$ (pro A2/W35 dle EN 14511) s elektrickou bivalencí v podobě integrovaného elektrokotle v TČ. Tepelné čerpadlo je použito pro venkovní instalaci s hermeticky uzavřeným okruhem. Umístění venkovní jednotky je navrženo na východní straně u objektu. Na přívodním potrubí je umístěn trojcestný ventil, který rozděljuje otopnou vodu na dva okruhy – na vytápění a na přípravu teplé vody (TV). K systému vytápění je navržena akumuláční nádrž na otopnou vodu TPSK o objemu 479 l.

Otopná soustava v objektu je navržena teplovodní s dvoutrubkovým rozvodem a nuceným oběhem teplonosné látky pomocí oběhových čerpadel s průměrným elektrickým příkonem ve výši 100 W. Otopné plochy jsou tvořeny deskovými otopnými tělesy s termostatickými hlavicemi. Zdroj tepla bude regulován na základě venkovní teploty pomocí ekvitermní regulace. Teplotní spád otopné soustavy je uvažován na 45/35 °C.



Vnitřní návrhová teplota pro chodby činí 18 °C (pro noční útlum 15 °C) a pro zbylou část objektu 22 °C (pro noční útlum 20 °C).

Tab. 4: Přehled TZB – vytápění

PŘEHLED TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOVY PRO VYBRANOU ČÁST					VYTÁPĚNÍ
Typ zdroje	Označení	Tepelný výkon [kW]	Účinnost / COP _{H,gen} ³ [% / -]	Objem [l]	Počet [ks]
Tepelné čerpadlo vzduch-voda	Alpha innotec LW 251A-LUX 2.0	24	3,35	-	1
Bivalentní elektrokotel	Integrovaný elektrokotel v TČ	6	95	-	1
Akumulační nádrž	TPSK	-	-	479	1

3.2.4.2 Příprava teplé vody

Příprava TV je zajištěna ve 2 nepřímo-topných zásobnících WWS405 o celkovém objemu 760 l pomocí tepelného čerpadla. V objektu je navržena cirkulace teplé vody s předpokládaným průměrným elektrickým příkonem cirkulačního čerpadla ve výši 50 W.

Ohřev TV v zásobnících je řízen dle poklesu teploty vody pomocí teplotní čidla v zásobnících, kde TČ přednostně ohřívá zásobník TV. Výstupní teplota teplé vody je uvažována na 55 °C a teplota přívodní, studené vody na 10 °C.

Teplá voda bude použita celoročně pro sprchování osob, osobní hygienu a pro potřeby v kuchyňských prostorech.

Tab. 5: Přehled TZB – příprava TV

PŘEHLED TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOVY PRO VYBRANOU ČÁST					PŘÍPRAVA TV
Typ zdroje	Označení	Tepelný výkon [kW]	Účinnost / COP _{W,gen} ⁴ [% / -]	Objem [l]	Počet [ks]
Tepelné čerpadlo vzduch-voda	Alpha innotec LW 251A-LUX 2.0	24	2,47	-	1
Bivalentní elektrokotel	Integrovaný elektrokotel v TČ	6	95	-	1
Nepřímo-topný zásobník TV	WWS405	-	-	380	2

³ Pro další výpočty byla hodnota ročního provozního topného faktoru tepelného čerpadla pro vytápění COP_{H,gen} přepočtena na základě jmenovité účinnosti TČ COP_n a součinitele ročního provozu TČ pro vytápění f_{H,COP}. Podrobněji viz kapitola 4.1.1.

⁴ Pro další výpočty byla hodnota ročního provozního topného faktoru tepelného čerpadla pro přípravu TV COP_{W,gen} přepočtena na základě jmenovité účinnosti TČ COP_n a součinitele ročního provozu TČ pro přípravu TV f_{W,COP}. Podrobněji viz kapitola 4.1.1.



3.2.4.3 Vzduchotechnika

V objektu je navržen systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla (ZZT) z odpadního vzduchu. Vzduchotechnická jednotka (VZT) je navržena typu Duplex 1500 MULTIECO s účinností protiproudého výměníku $\eta=77\%$. Pro návrh je uvažováno s rovnotlakým větráním s množstvím větracího vzduchu $25\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{osoba})$. Celkový maximální jmenovitý průtok přiváděného a odváděného vzduchu, na který je VZT jednotka navržena, je poté $1\,375\text{ m}^3/\text{h}$.

Čerstvý vzduch je přiváděn do všech obytných místností, a také do zázemí pro personál. Odpadní vzduch je odváděn ze všech obytných místností, z hygienických prostorů (koupelny, toalety) a z technického zázemí pro personál. Umístění VZT jednotky je předpokládáno v technické místnosti v 1.NP.

Tab. 6: Přehled TZB – VZT

PŘEHLED TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOVY PRO VYBRANOU ČÁST				VZT
Typ zdroje	Označení	Jmenovitý průtok [m ³ /h]	Účinnost ZZT [%] ⁵	Počet [ks]
VZT jednotka s rekuperací tepla	Duplex 1500 MULTIECO	1 375	77	1

3.2.4.4 Chlazení

V objektu není uvažováno s žádným chlazením vnitřních prostor.

3.2.4.5 Osvětlení

V obytných prostorách jsou navrženy prosklené výplně otvorů pro zajištění denního osvětlení prostorů. Pro zajištění umělého osvětlení je v celém objektu navrženo úsporné LED osvětlení. Ovládání osvětlení je místní pomocí vypínačů nebo tlačítek v jednotlivých místnostech.

3.2.4.6 Technologie a ostatní zařízení

V jednotlivých obytných místnostech budou umístěny zásuvkové obvody pro standardní elektrické spotřebiče. V zázemí pro personál budou také zásuvkové obvody sloužit pro kancelářské spotřebiče (počítače, tiskárny apod.) a pro potřeby v kuchyňských prostorách (pro mikrovlnné trouby, rychlovarné konvice apod.).

3.2.4.7 Vlastní zdroje energie

V budově není navržen žádný vlastní zdroj elektrické energie, který by sloužil při výpadku elektřiny. Hlavním zdrojem tepla je tepelné čerpadlo vzduch-voda, které odebírá tepla z vnějšího prostředí (ze vzduchu). Budova je standardně napojena na vnější distribuční síť.

⁵ Účinnost zpětného získávání tepla byla určena na základě typu výměníku a objemového průtoku vzduchu. Podrobněji kapitola 4.1.1.



3.3 Energetický model budovy

Na základě projektu novostavby domova pro seniory byl sestaven dynamický model objektu za pomoci softwaru DesignBuilder, který umožňuje komplexní dynamickou simulaci budovy pomocí výpočetního jádra EnergyPlus v hodinovém a nižším kroku výpočtu. DesignBuilder se nejčastěji používá pro detailní analýzu toků energie, k hodnocení tepelné pohody, k certifikaci budov a k optimalizaci návrhu budovy v jakékoliv fázi dle požadavků klienta. [3]

Pro sestavení funkčního 3D modelu bylo nutné nejdříve definovat okrajové podmínky výpočtu mezi které patří klimatická data, provoz objektu, stavební konstrukce a technické systémy budovy. Následně byla budova rozdělena do jednotlivých zón, které se liší různým profilem užívání. Pro co nejpřesnější dynamické chování modelu byl zadán také svažitý terén a okolní zástavba kolem objektu, která má vliv mimo jiné i na stínění budovy, a tím také na množství dopadajících slunečních zisků skrz prosklené plochy.

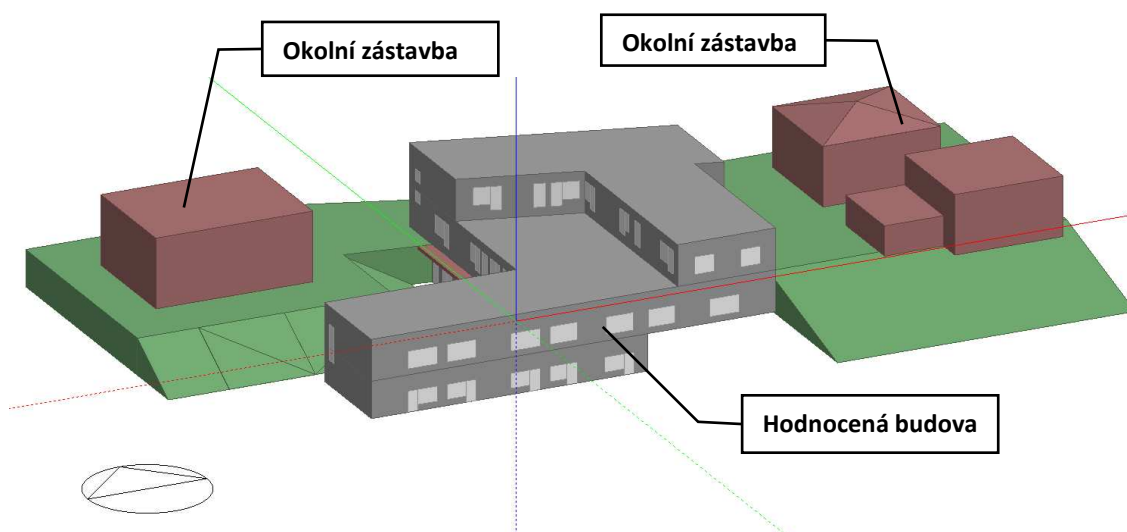
Model budovy vychází zejména z vypracované projektové dokumentace pro stavební povolení, ve které byly k dispozici půdorysy jednotlivých podlaží, pohled, řezy, situace a skladby ochlazovaných konstrukcí.

3.3.1 Umístění objektu a klimatická data

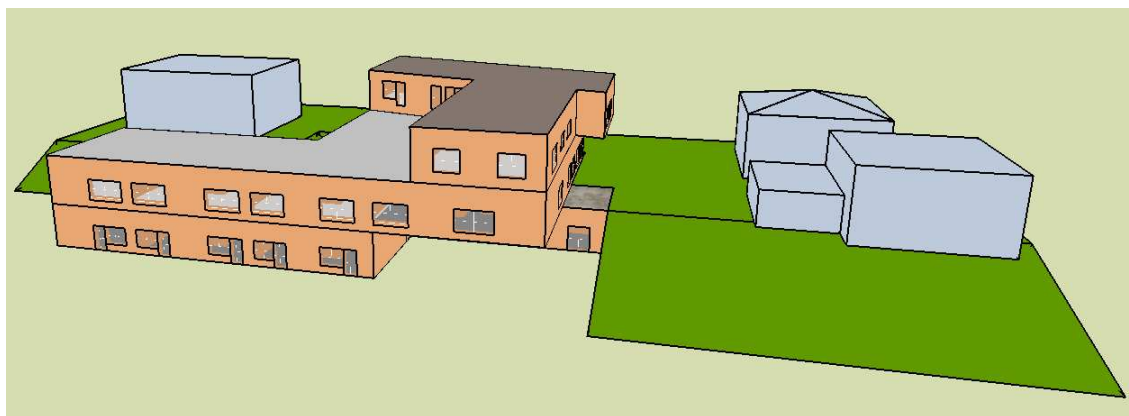
Budova je situována v Praze v městské části Praha – Řeporyje. Pro výpočet byla použita data z nejbližší meteorologické stanice z databáze ze softwaru – Praha/Ruzyně z roku 2002. Pro zvolenou polohu odpovídají následující parametry dle databáze v softwaru:

- Zeměpisná šířka: 50,1°
- Zeměpisná délka: 14,25°
- Klimatické pásmo dle ASHRAE 5
- Nadmořská výška 365 m.n.m.
- Zatížení větrem: 2-normální

Budova je orientována na jižní stranu, která odpovídá zadané orientaci v softwaru na 0°.



Obr. 10: Energetický model – DesignBuilder



Obr. 11: Vizualizace dynamického modelu (JV nároží) – DesignBuilder



Obr. 12: Vizualizace dynamického modelu (JZ nároží) – DesignBuilder

3.3.2 Rozdělení provozních zón v modelu

Model objektu je rozdělen do jednotlivých bloků tvořící jednotlivá podlaží a následně do bloků tvořící jednotlivé zóny, popisující stejný provoz a stejné tepelně-vlhkostní mikroklima. Pro zjednodušení jsou jednotlivé místnosti, sloužící pro personál sloučeny do jedné zóny v jednotlivých podlažích, podobně také v pobytových jednotkách je sloučen pobytový prostor a koupelna do jedné zóny. Zbývající místnosti tvoří samostatné zóny (viz Obr. 13 až Obr. 15). Celkem je objekt rozdělen na 6 provozních zón, které můžeme vidět v následující Tab. 7.

Tab. 7: Přehled provozních zón

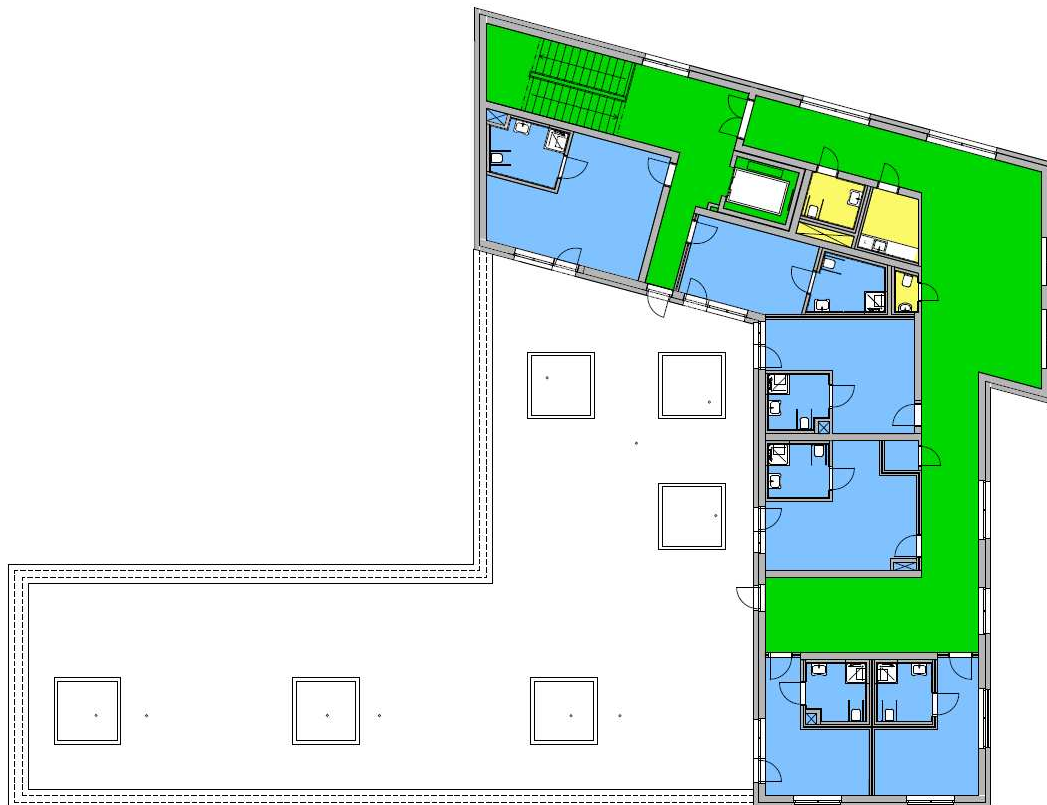
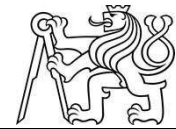
Typ zóny	Barva zóny v půdorysu
Pobytové jednotky	Modrá
Chodby	Zelená
Zázemí pro personál	Žlutá
Společenské místnosti	Oranžová
Jídelna	Červená
Technická místnost	Fialová



Obr. 13: Půdorys provozních zón 1.NP



Obr. 14: Půdorys provozních zón 2.NP



Obr. 15: Půdorys provozních zón 3.NP

3.3.3 Provoz objektu

Pro dynamickou simulační analýzu je provoz objektu nastaven podle předpokládaného způsobu užívání a rozdělen do 6 provozních zón, které se liší obsazeností, způsobem užívání a požadovanými parametry vnitřního prostředí. Provoz objektu se předpokládá celoroční, 365 dní v roce.

3.3.3.1 Pobytové místnosti

Provozní zóna pobytových místností je tvořena samostatným pobytovým prostorem a koupelnou, která je součástí každého pokoje.

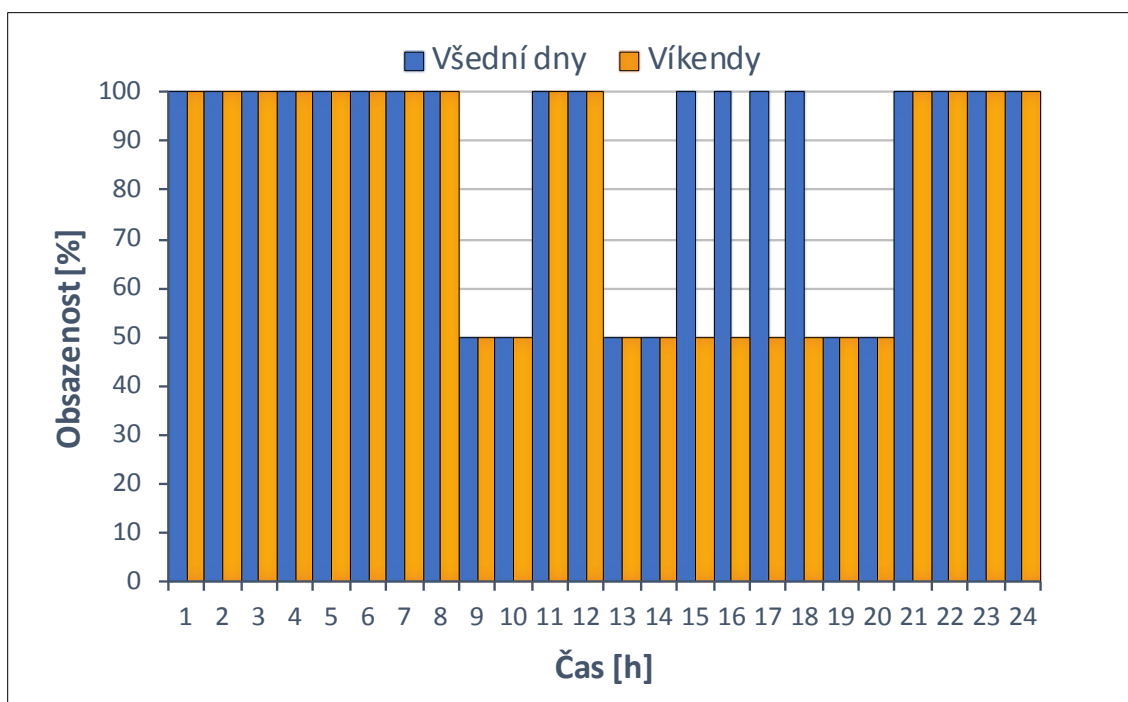
Obsazenost v pobytových místnostech je uvažována maximálně 45 osobami po jedné nebo dvou osobách na pokoji. Ve všední dny se uvažuje od 8:00 – 10:00, od 12:00 – 14:00 a od 18:00 – 20:00 s 50 % obsazeností a od 10:00 – 12:00, od 14:00 – 18:00 a od 20:00 – 8:00 se 100 % obsazeností. O víkendu je to podobné s tím rozdílem, že od 14:00 – 20:00 se počítá s 50 % obsazeností, z důvodu víkendových návštěv. U všech osob v pobytových místnostech se uvažuje s uvolňováním metabolického tepla s hodnotou ve výši 115 W, kde hodnota odpovídá činnosti sedící osobě. [4] Metabolický faktor, zohledňující věk a pohlaví, je uvažován s hodnotou ve výši 0,925, kde hodnota odpovídá 50 % počtu mužů a 50 % počtu žen.

V zóně se uvažuje s vnitřními tepelnými zisky od vybavení, konkrétně od televizorů a zásuvkové spotřeby, s hodnotou 4 W/m². Časový podíl chodu vybavení je uvažován od 10:00 – 12:00 a od 14:00 – 18:00 na 50 % a od 20:00 – 22:00 na 100 %. Ve zbylém čase se s vnitřními zisky od vybavení nepočítá.



Ve všech zónách je osvětlení uvažováno s úspornými podstropními LED svítidly, jejichž viditelná složka záření tvoří 18 % celkového výkonu. Průměrný příkon 1 svítidla je uvažován 10 W a světelný tok 1 300 lm. Počet svítidel byl poté stanoven, aby ve všech zónách byla dosažena požadovaná intenzita osvětlení. Celkem je uvažováno v obytných místnostech se 155 svítidly. Požadovaná hodnota osvětlení v zóně je nastavena na 300 lx s 50 % časovým podílem chodu osvětlení od 8:00 – 16:00, se 100 % časovým podílem chodu osvětlení od 16:00 – 22:00 a s 20 % časovým podílem chodu osvětlení od 22:00 – 8:00. Ovládání osvětlení je v celém objektu nastaveno na režim zapnuto/vypnuto podle uživatelského komfortu, a to pomocí vypínačů umístěných 0,8 m nad podlahou.

Vytápění je uvažováno trvalé s provozem od 6:00 – 22:00 a přerušované od 22:00 – 6:00. Požadovaná teplota vnitřního prostředí je nastavena na 22 °C při trvalém vytápění a na 20 °C při přerušovaném vytápění. Větrání je nucené se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu s minimální výměnou vzduchu ve výši 25 m³/(h-osoba). Ekvivalentní hodnota je ve výši 6,944 l/(s-osoba). Účinnost zpětného získávání tepla je nastavena na 77 %. Spotřeba teplé vody je uvažována v hodnotě ve výši 2,69 l/(m².den), která ekvivalentně odpovídá hodnotě 40 l/(osobu.den). Požadovaná teplota TV je nastavena na 55 °C. Přehledné shrnutí provozní zóny je uvedeno v Tab. 8.



Graf 1: Obsazenost osob – obytné místnosti

3.3.3.2 Chodby

Komunikační chodba je umístěna v každém podlaží, propojující jednotlivé obytné místnosti a jednotlivá nadzemní patra.

V chodbách není uvažováno s žádným trvalým výskytem osob ani s trvalými tepelnými zisky od vybavení. Počet LED svítidel na chodbách je stanoven celkem na 35 ks s požadovanou intenzitou osvětlení 100 lx, s 50 % časovým podílem chodu osvětlení od 8:00 – 22:00 a s 20 % časovým podílem chodu osvětlení od 22:00 – 8:00.



Provoz vytápění je stejný jako v pobytových jednotkách s tím rozdílem, že požadovaná vnitřní teplota v chodbách v době vytápění je 18 °C, resp. 15 °C v době přerušovaného vytápění. Spotřeba teplé vody se v zóně neuvažuje. Větrání je na chodbách uvažováno přirozené s intenzitou větrání 0,3 h⁻¹. Přehledné shrnutí provozní zóny je uvedeno v *Tab. 9*.

3.3.3.3 Zázemí pro personál

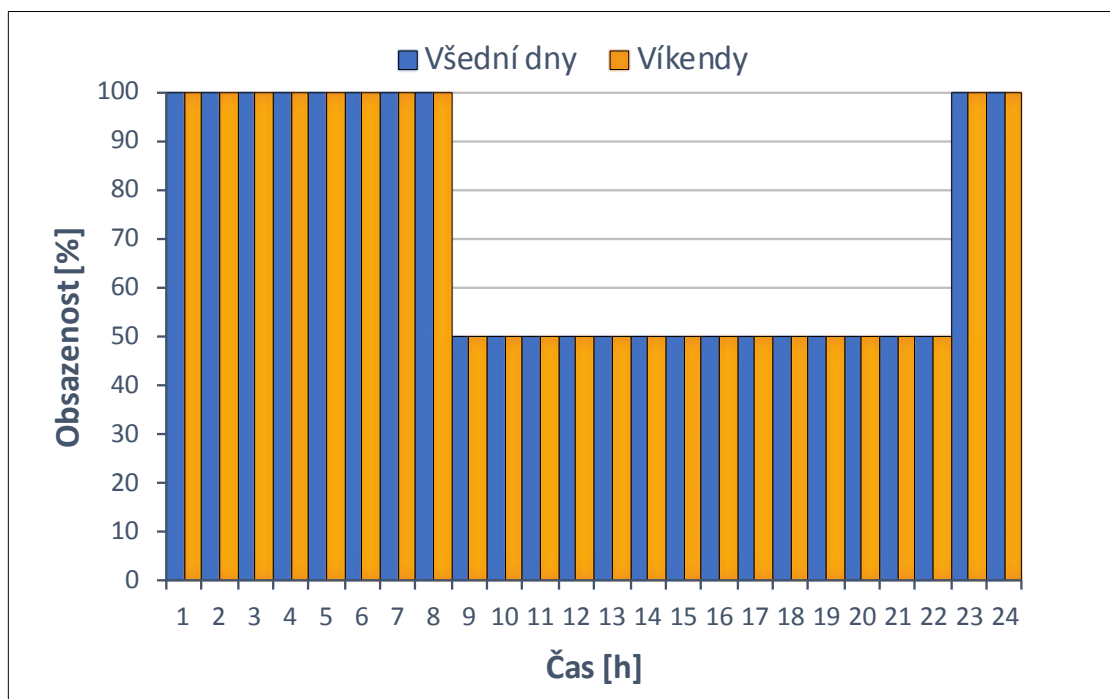
Zóna zázemí pro personál zahrnuje kuchyňky, šatny, sprchy, WC, skladové prostory a prostory pro zaměstnance.

Obsazenost je uvažována maximálně 10 zaměstnanci od 8:00 – 22:00 s 50 % obsazeností a od 22:00 – 8:00 se 100 % obsazeností. U všech osob v zázemí pro personál se uvažuje s uvolňováním metabolického tepla v hodnotě ve výši 140 W na zaměstnance, kde hodnota odpovídá sedící, mírně aktivní činnosti. [4]

V zóně se uvažuje s vnitřními tepelnými zisky od vybavení, konkrétně od počítačů pro personál, tiskáren, televizorů, rychlovarných konvic, mikrovlnné trouby, lednic a zásuvkové spotřeby s celkovou hodnotou 15 W/m². Časový podíl chodu vybavení je uvažován od 0:00 – 24:00 na 50 %.

Počet LED svítidel je stanoven celkem na 65 ks s požadovanou intenzitou osvětlení 300 lx, s 50 % časovým podílem chodu osvětlení od 8:00 – 16:00 a se 100 % časovým podílem chodu osvětlení od 16:00 – 8:00.

Vytápění je uvažováno trvalé v celé době. Požadovaná teplota vnitřního prostředí je nastavena na 22 °C. Větrání v zóně je nucené jako v pobytových místnostech. Spotřeba teplé vody je uvažována v hodnotě 1,48 l/(m²·den), která ekvivalentně odpovídá hodnotě 40 l/(osobu·den). Požadovaná teplota TV je nastavena na 55 °C. Přehledné shrnutí provozní zóny je uvedeno v *Tab. 10*.



Graf 2: Obsazenost osob – zázemí pro personál



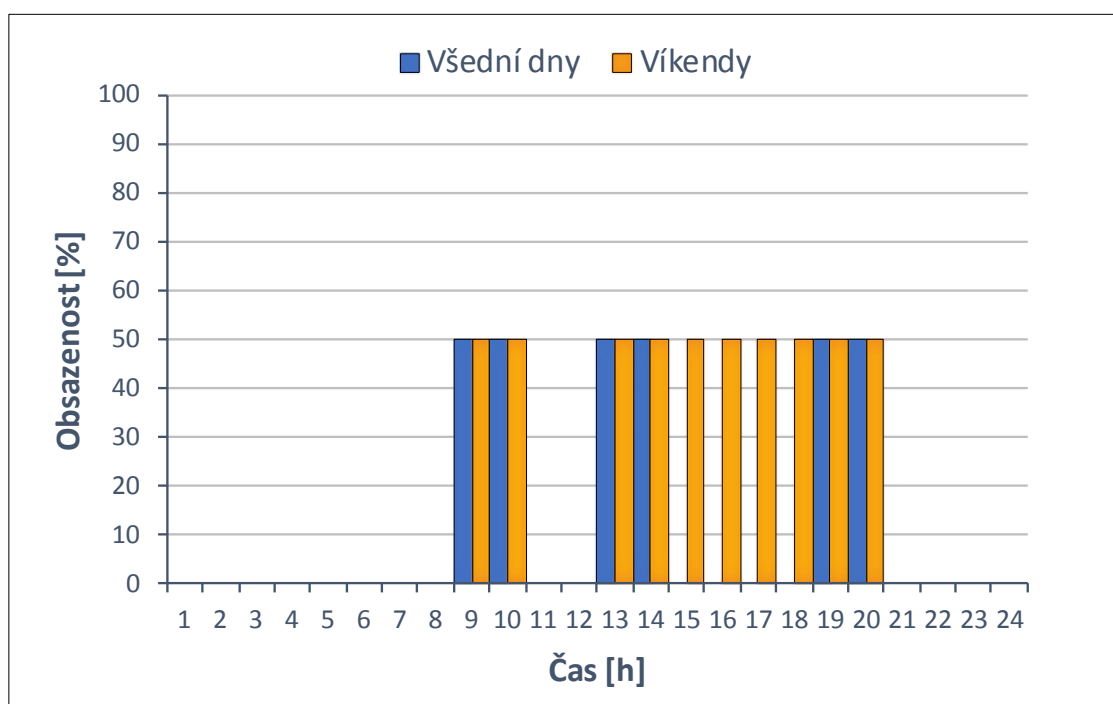
3.3.3.4 Společenské místnosti

Další zónou jsou společenské místnosti, které se nacházejí pouze ve 2.NP.

Maximální počet osob ve společenských místnostech je navržen na 20 osob. Obsazenost je uvažována 50 % v době snídaní, obědů a večeří, a to od 8:00 – 10:00, od 12:00 – 14:00 a od 18:00 – 20:00. O víkendech se uvažuje s návštěvami osob, proto se uvažuje od 14:00 – 20:00 s 50 % obsazeností. U všech osob se uvažuje s uvolňováním metabolického tepla v hodnotě ve výši 115 W na osobu, kde hodnota odpovídá činnosti sedící osoby. [4]

V zóně se uvažuje s vnitřními tepelnými zisky od televizorů v hodnotě 2,5 W/m² s časovým chodem podle obsazenosti osob. Počet LED svítidel je stanoven celkem na 20 ks s požadovanou intenzitou osvětlení 300 lx, se 100 % časovým chodem provozu v době přítomnosti osob.

Parametry pro vytápění a větrání jsou nastaveny stejné jako u obytných místností. Spotřeba teplé vody se v zóně neuvažuje. Přehledné shrnutí provozní zóny je uvedeno v *Tab. 11*.



Graf 3: Obsazenost osob – společenské místnosti

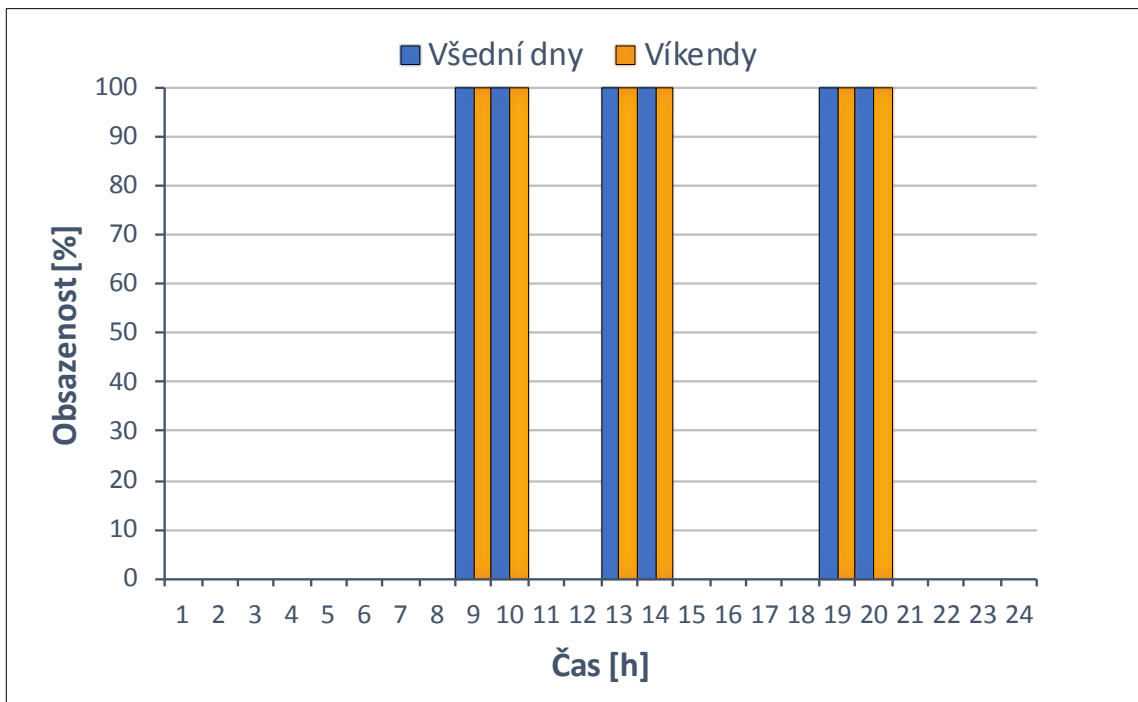
3.3.3.5 Jídelna

Místnost jídelny se nachází ve 2.NP a bude sloužit pouze pro shromáždění osob ke stravování.

Podíl obsazenosti je uvažován 100 % s maximálně 25 osobami v době od 8:00 – 10:00, od 12:00 - 14:00 a od 18:00 – 20:00.

V zóně se neuvažuje s žádnými tepelnými zisky od vybavení a spotřebičů. Počet LED svítidel je stanoven celkem na 10 ks se 100 % časovým chodem provozu podle obsazenosti osob.

Parametry pro vytápění a větrání jsou nastaveny stejné jako u obytných místností. Spotřeba teplé vody se v zóně neuvažuje. Přehledné shrnutí provozní zóny je uvedeno v *Tab. 12*.



Graf 4: Obsazenost osob – jídelna

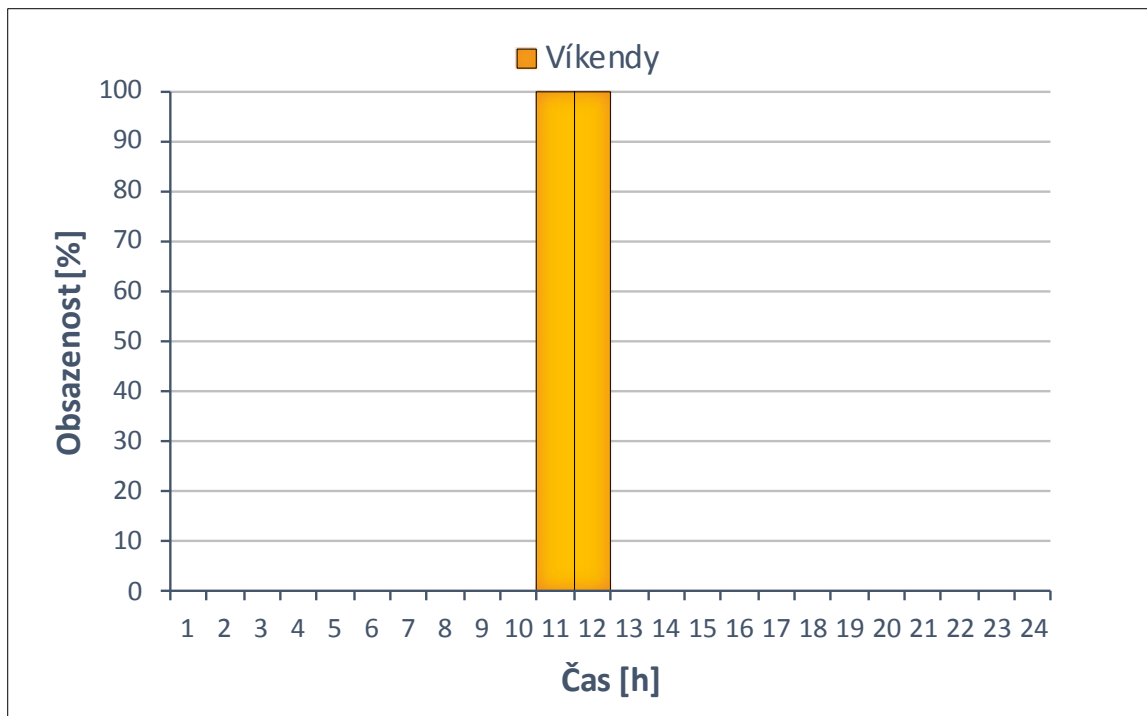
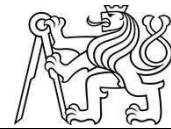
3.3.3.6 Technická místnost

Technická místnost se nachází v 1.NP, kde se předpokládá umístění veškerých technických systémů pro budovu.

V místnosti se uvažuje pouze údržba 1 osobou o víkendech v rozsahu max. 2 h denně s uvolňováním metabolického tepla o hodnotě 150 W, kde hodnota odpovídá lehké činnosti pro stojící osobu. [4] Metabolický faktor je uvažován s hodnotou 1, která odpovídá hodnotě pro muže.

V technické místnosti se uvažuje s vnitřními tepelnými zisky od TZB systémů ve výši 100 W. Počet LED svítidel je stanoven na 2 svítidla s časovým chodem v době údržby s požadovanou intenzitou osvětlení 100 lx. Přehledné shrnutí provozní zóny je uvedeno v Tab. 13.

Větráno v zóně je uvažováno přirozené s hodnotou $0,3h^{-1}$ v době obsazenosti. Spotřeba teplé vody se v zóně neuvažuje.



Graf 5: Obsazenost osob – technická místnost

V následujících tabulkách níže jsou přehledně shrnuty jednotlivé provozní zóny a jejich předpokládané užívání a nastavení tepelně-vlhkostního mikroklima.



Tab. 8: Předpokládané provozní užívání – pobytové jednotky

Provozní zóna	Pobytové jednotky							
Celková plocha	669,54 m ²							
Obsazenost	Počet osob	45						
	Časový úsek	8:00	10:00	12:00	14:00	18:00	20:00	24:00
	Všední dny	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1
	Víkendy	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1
Vnitřní tepelné zisky od vybavení	Hodnota	4 W/m ²						
	Časový úsek	8:00	10:00	12:00	14:00	18:00	20:00	24:00
	Všední dny	0	0	0,5	0	0,5	0	1
	Víkendy	0	0	0,5	0	0,5	0	1
Osvětlení	Hodnota	1,16 W/(m ² ·100 lux)						
	Časový úsek	8:00	16:00		22:00		24:00	
	Po - Ne	0,2		0,5		1		0,2
Vytápění	Typ vytápění	Trvalé			Přerušované			
	Časový úsek	6:00 – 22:00			22:00 – 6:00			
	Teplota	22 °C			20 °C			
Příprava TV	Hodnota	2,69 l/(m ² ·den)						
Chlazení	Neuvažováno							
Větrání	Hodnota	25 m ³ /(h·osoba)						
	Časový úsek	Dle obsazenosti						
	Teplota	22 °C						
Infiltrace	Hodnota	0,1 h ⁻¹						
	Časový úsek	0:00 – 24:00						



Tab. 9: Předpokládané provozní užívání – chodby

Provozní zóna	Chodby			
Celková plocha	438,84 m ²			
Obsazenost	Neuvažováno			
Vnitřní tepelné zisky od vybavení	Neuvažováno			
Osvětlení	Hodnota	1,20 W/(m ² ·100 lux)		
	Časový úsek	8:00	22:00	24:00
	Po - Ne	0,2	0,5	0,2
Vytápění	Typ vytápění	Trvalé	Přerušované	
	Časový úsek	6:00 – 22:00	22:00 – 6:00	
	Teplota	18 °C	15 °C	
Příprava TV	Neuvažováno			
Chlazení	Neuvažováno			
Větrání	Hodnota	0,3 h ⁻¹		
	Časový úsek	8:00 – 18:00		
Infiltrace	Hodnota	0,1 h ⁻¹		
	Časový úsek	0:00 – 24:00		



Tab. 10: Předpokládané provozní užívání – zázemí pro personál

Provozní zóna	Zázemí pro personál		
Celková plocha	275,45 m ²		
Obsazenost	Počet osob	10	
	Časový úsek	8:00	22:00
	Všední dny	1	0,5
	Víkendy	1	0,5
Vnitřní tepelné zisky od vybavení	Hodnota	15 W/m ²	
	Časový úsek	0:00	24:00
	Všední dny	0,5	0,5
	Víkendy	0,5	0,5
Osvětlení	Hodnota	1,18 W/(m ² ·100 lux)	
	Časový úsek	8:00	16:00
	Po - Ne	1	0,5
Vytápění	Typ vytápění	Trvalé	
	Časový úsek	0:00 – 24:00	
	Teplota	22 °C	
Příprava TV	Hodnota	1,45 l/(m ² ·den)	
Chlazení	Neuvažováno		
Větrání	Hodnota	25 m ³ /(h·osoba)	
	Časový úsek	0:00 – 24:00	
	Teplota	22 °C	
Infiltrace	Hodnota	0,1 h ⁻¹	
	Časový úsek	0:00 – 24:00	



Tab. 11: Předpokládané provozní užívání – společenské místnosti

Provozní zóna	Společenské místnosti							
Celková plocha	79,37 m ²							
Obsazenost	Počet osob	20						
	Časový úsek	8:00	10:00	12:00	14:00	18:00	20:00	24:00
	Všední dny	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0
	Víkendy	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0
Vnitřní tepelné zisky od vybavení	Hodnota	2,5 W/m ²						
	Časový úsek	8:00	10:00	12:00	14:00	18:00	20:00	24:00
	Všední dny	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0
	Víkendy	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0
Osvětlení	Hodnota	1,26 W/(m ² ·100 lux)						
	Časový úsek	8:00	10:00	12:00	14:00	18:00	20:00	24:00
	Všední dny	0	1	0	1	0	1	0
	Víkendy	0	1	0	1	1	1	0
Vytápění	Typ vytápění	Trvalé			Přerušované			
	Časový úsek	8:00 – 20:00			20:00 – 8:00			
	Teplota	22 °C			20 °C			
Příprava TV	Neuvažováno							
Chlazení	Neuvažováno							
Větrání	Hodnota	25 m ³ /(h·osoba)						
	Časový úsek	Dle obsazenosti						
	Teplota	22 °C						
Infiltrace	Hodnota	0,1 h ⁻¹						
	Časový úsek	0:00 – 24:00						



Tab. 12: Předpokládané provozní užívání – jídelna

Provozní zóna	Jídelna							
Celková plocha	40,39 m ²							
Obsazenost	Počet osob	25						
	Časový úsek	8:00	10:00	12:00	14:00	18:00	20:00	24:00
	Všední dny	0	1	0	1	0	1	0
	Víkendy	0	1	0	1	0	1	0
Vnitřní tepelné zisky od vybavení	Neuvažováno							
Osvětlení	Hodnota	1,24 W/(m ² ·100 lux)						
	Časový úsek	8:00	10:00	12:00	14:00	18:00	20:00	24:00
	Všední dny	0	1	0	1	0	1	0
	Víkendy	0	1	0	1	0	1	0
Vytápění	Typ vytápění	Trvalé			Přerušované			
	Časový úsek	8:00 – 20:00			20:00 – 8:00			
	Teplota	22 °C			20 °C			
Příprava TV	Neuvažováno							
Chlazení	Neuvažováno							
Větrání	Hodnota	25 m ³ /(h·osoba)						
	Časový úsek	Dle obsazenosti						
	Teplota	22 °C						
Infiltrace	Hodnota	0,1 h ⁻¹						
	Časový úsek	0:00 – 24:00						



Tab. 13: Předpokládané provozní užívání – technická místnost

Provozní zóna	Technická místnost		
Celková plocha	13,12 m ²		
Obsazenost	Počet osob	1	
	Časový úsek	10:00	12:00
	Všední dny	0	0
	Víkendy	0	1
Vnitřní tepelné zisky od vybavení	Hodnota	7,62 W/m ²	
	Časový úsek	0:00	24:00
	Všední dny	1	1
	Víkendy	1	1
Osvětlení	Hodnota	2,29 W/(m ² ·100 lux)	
	Časový úsek	10:00	12:00
	Všední dny	0	0
	Víkendy	0	1
Vytápění	Neuvažováno		
Příprava TV	Neuvažováno		
Chlazení	Neuvažováno		
Větrání	Hodnota	0,3 h ⁻¹	
	Časový úsek	Dle obsazenosti	
Infiltrace	Hodnota	0,1 h ⁻¹	
	Časový úsek	0:00 – 24:00	



3.3.4 Stavební konstrukce budovy

Veškeré stavební konstrukce budovy vychází z vypracované projektové dokumentace pro stavební povolení z roku 2021.

Skladby ochlazovaných konstrukcí na obálce budovy jsou již navrženy tak, že většina z nich splňují doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ dle ČSN 73 0540-2 [23] pro daný typ konstrukce. Podrobné vyhodnocení můžeme vidět v *Tab. 18* dále.

Tab. 14: Přehled stavebních konstrukcí v modelu – neprůsvitné konstrukce

STAVEBNÍ KONSTRUKCE POUŽITÉ V MODELU		NEPRŮSVITNÉ KONSTRUKCE	
Označení konstrukce (v modelu)	Skladba konstrukce (od exteriéru)		Součinitel prostupu tepla U (dle modelu) [W/(m ² ·K)]
	Vrstva ⁶	Tloušťka [mm]	
_S01 Stena obvodova	- Fasádní omítka - Heluz P15 - Lepící hmota - EPS 100 F - Sádrová omítka	8 300 10 200 10	0,159
_SO2 Stena se zeminou	- XPS Perimetr - Lepící hmota - Železobeton - Sádrová omítka	180 10 300 10	0,176
_SCH1 Strecha plocha dlazba	- EPS 150 - Lepící hmota - EPS 150 - Lepící hmota - Perlitbeton (spádová vrstva) - ŽB stropní konstrukce - Vzduchová mezera (podhled) - Sádrokarton	50 10 200 10 120 200 500 12,5	0,123

⁶ Při zadávání jednotlivých skladeb konstrukcí v softwaru byly zanedbány vrstvy, které mají minimální vliv na tepelně-technické vlastnosti konstrukcí (parozábrany, hydroizolace apod.).



Tab. 14: Přehled stavebních konstrukcí v modelu – neprůsvitné konstrukce (pokračování)

_SCH2 Strecha plocha kacírek	- Kačírek	100	0,122
	- EPS 150	50	
	- Lepící hmota	10	
	- EPS 150	200	
	- Lepící hmota	10	
	- Perlitbeton (spádová vrstva)	120	
	- ŽB stropní konstrukce	200	
	- Vzduchová mezera (podhled)	500	
	- Sádrokarton	12,5	
_SCH3 Strecha zelena	- Střešní substrát	70	0,139
	- XPS Perimetr	200	
	- Lepící hmota	10	
	- Perlitbeton (spádová vrstva)	120	
	- ŽB stropní konstrukce	200	
	- Vzduchová mezera (podhled)	500	
	- Sádrokarton	12,5	
_STR1 Strop nad 1.NP	- Betonová dlažba	40	0,143
	- Štěrkový podsyp	80	
	- XPS Perimetr	200	
	- Lepící hmota	10	
	- Perlitbeton (spádová vrstva)	120	
	- ŽB stropní konstrukce	200	
	- Vzduchová mezera (podhled)	190	
	- Sádrokarton	12,5	



Tab. 14: Přehled stavebních konstrukcí v modelu – neprůsvitné konstrukce (pokračování)

_PDL 1 Podlaha na terenu	- Podkladní beton	150	0,173
	- EPS 100Z	200	
	- Betonová mazanina	75	
	- Nášlapná vrstva	15	
_PDL2 Podlaha nad exteriérem	- Fasádní omítka	8	0,139
	- EPS 100 F	200	
	- Lepící hmota	10	
	- ŽB stropní konstrukce	200	
	- Isover TF Profi	50	
	- Betonová mazanina	70	
	- Nášlapná vrstva	15	

Pozn: U konstrukcí, kde je uvažováno s kotvením tepelného izolantu, byla použita korekce na vliv systematických tepelných mostů dle ČSN 73 0540-4 [25].

Tab. 15: Přehled stavebních konstrukcí v modelu – vnitřní konstrukce

STAVEBNÍ KONSTRUKCE POUŽITÉ V MODELU		VNITŘNÍ KONSTRUKCE	
Označení konstrukce (v modelu)	Skladba konstrukce		Součinitel prostupu tepla U (dle modelu) [W/(m ² ·K)]
	Vrstva	Tloušťka [mm]	
_SV1 Stena vnitřní nosná	- Sádrová omítka	10	0,490
	- Heluz P15	300	
	- Sádrová omítka	10	
_SV2 Vnitřní prčka	- Sádrová omítka	10	1,294
	- Heluz P15	140	
	- Sádrová omítka	10	
_SV3 Vnitřní stena akustická	- Sádrová omítka	10	0,570
	- Heluz Kompakt	210	
	- Sádrová omítka	10	



Tab. 16: Přehled stavebních konstrukcí v modelu – výplně otvorů

STAVEBNÍ KONSTRUKCE POUŽITÉ V MODELU		VÝPLNĚ OTVORŮ	
Označení konstrukce (v modelu)	Tepelně-technické vlastnosti		Součinitel prostupu tepla U (dle modelu) [W/(m ² ·K)]
	Solární propustnost g [-]	Světelná propustnost L _T [-]	
_Okno trojsklo	0,5	0,7	0,8
_Dvere vnější	0,5	0,4	1,0

Tepelně-izolační vlastnosti použitých materiálů:

Při zadávání jednotlivých tepelných vodivostí tepelně-izolačních materiálů byla použita pro výpočet návrhová hodnota tepelné vodivosti λ_u , která byla stanovena dle ČSN 73 0540-3:2005 [24], a to přírážkou dle míry vlhkosti nasákavosti materiálu. Jednotlivé tepelně-izolační materiály jsou uvedeny v následující Tab. 17.

Tab. 17: Přehled vlastností použitých tepelně-izolačních materiálů

TEPELNĚ – IZOLAČNÍ VLASTNOSTI POUŽITÝCH MATERIÁLŮ			
Materiál	Deklarovaná hodnota λ_D [W/(m·K)]	Přírážka vlhkosti materiálu [%]	Návrhová hodnota λ_u [W/(m·K)]
EPS 100 F (fasáda)	0,037	3 %	0,038
XPS Perimetr (suterénní stěna, střecha nad TM)	0,034	-	0,034
EPS 150 (střechy)	0,035	3 %	0,036
EPS 100 Z (podlaha na terénu)	0,037	3 %	0,038
Isover TF Profi (podlaha nad exteriérem)	0,035	7 %	0,038

Vyhodnocení stavebních konstrukcí:

V následující Tab. 18 jsou vyhodnoceny pouze ty konstrukce, které tvoří ochlazovanou obálku budovy, resp. vytápěnou část objektu s upravovaným vnitřním prostředím. Vyhodnocení je provedeno podle ČSN 73 0540-2 [23] z které lze konstatovat, že většina konstrukcí na obálce budovy splňují doporučenou hodnotu pro pasivní budovu $U_{pas,20}$, kromě vnitřní nosné stěny, oddělující vytápěný a nevytápěný prostor (technickou místnost), splňující požadovanou hodnotu $U_{N,20}$ a vstupních dveří, splňující doporučenou hodnotu $U_{rec,20}$.



Tab. 18: Vyhodnocení stavebních konstrukcí na obálce budovy

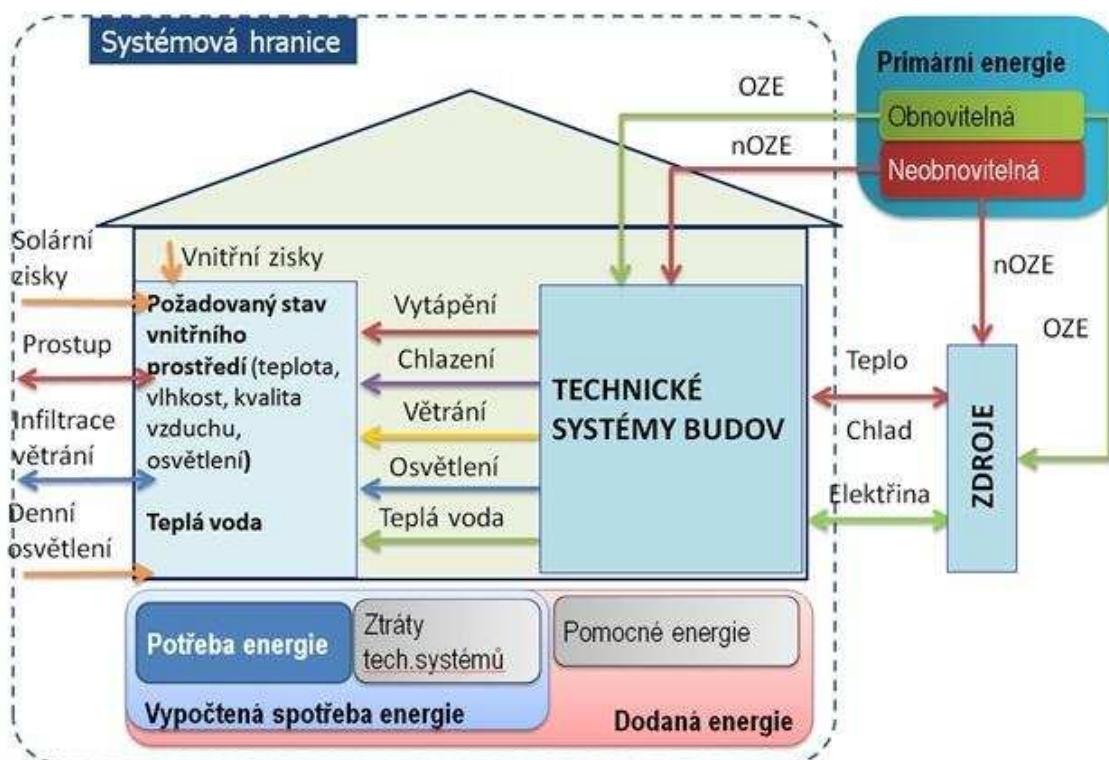
VYHODNOCENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ NA OBÁLCE BUDOVY					
Označení konstrukce (v modelu)	Součinitel prostupu tepla U (dle modelu) [W/(m ² ·K)]	Požadované hodnoty U _{N,20} W/(m ² ·K)]	Doporučené hodnoty pro U _{rec,20} W/(m ² ·K)]	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy U _{pas,20} W/(m ² ·K)]	Splnění
_S01 Stena obvodova	0,159	0,30	0,25	0,18 až 0,12	U _{pas,20}
_SO2 Stena se zeminou	0,176	0,45	0,30	0,22 až 0,15	U _{pas,20}
_SCH1 Strecha plocha dlazba	0,123	0,24	0,16	0,15 až 0,10	U _{pas,20}
_SCH2 Strecha plocha kacicrek	0,122	0,24	0,16	0,15 až 0,10	U _{pas,20}
_STR1 Strop nad 1.NP	0,143	0,24	0,16	0,15 až 0,10	U _{pas,20}
_PDL 1 Podlaha na terenu	0,173	0,45	0,30	0,22 až 0,15	U _{pas,20}
_PDL2 Podlaha nad exterierem	0,139	0,24	0,16	0,15 až 0,10	U _{pas,20}
_SV1 Stena vnitřní nosná	0,490	0,60	0,40	0,30 až 0,20	U _{N,20}
_Okno trojsklo	0,8	1,5	1,2	0,8 až 0,6	U _{pas,20}
_Dvere vnejsi	1,0	1,7	1,2	0,9	U _{rec,20}



4 Podrobnosti zprávy o energetickém auditu

4.1 Výpočet dodaná energie do budovy

Podkapitola se zabývá výpočtem roční spotřeby a celkové dodané energie do budovy pro jednotlivé procesy v budově (vytápění, příprava TV, osvětlení, zásuvková spotřeba, nucené větrání a pomocná energie) na systémové hranici energetického hospodářství. Při výpočtu celkové roční dodané energie byla použita metodika měsíčního výpočtu, vycházející především z normy ČSN EN 15 316 [28], ČSN 73 0331 [22] a z dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder.



Obr. 16: Obecná systémová hranice budovy [2]

Celková roční dodaná energie do budovy EP se stanoví jako součet jednotlivých vypočtených dílčích dodaných energií do budovy. Jednotlivé dílčí dodané energie se skládají z celkové roční vypočtené spotřeby energie, která se vypočte z celkové potřeby energie se zahrnutím účinnosti technických systémů a dále z pomocné energie, která je potřeba na chod technických systémů v budově. Celková roční dodaná energie do budovy se obecně stanoví dle [28] podle vztahu

$$EP = Q_{fuel,tot} = EP_H + EP_C + EP_F + EP_W + EP_L - EP_{PV} - EP_{CHP} \quad (1)$$

kde: $Q_{fuel,tot}$ je celková roční dodaná energie obsažená v energonositelích zásobujících budovu [GJ],

EP_H je celková roční dodaná energie na vytápění, včetně pomocné energie na provoz systému vytápění [GJ],



EP_C	je celková roční dodaná energie na chlazení, včetně pomocné energie na provoz chladicího zařízení [GJ],
EP_F	je celková roční dodaná energie na mechanické větrání a úpravu vlhkosti větracího vzduchu, včetně pomocné energie na mechanické větrání a úpravu vlhkosti větracího vzduchu [GJ],
EP_W	je celková roční dodaná energie na přípravu teplé vody, včetně pomocné energie na provoz zařízení na přípravu teplé vody [GJ],
EP_L	je celková roční dodaná energie na osvětlení a zásuvkovou spotřebu [GJ],
EP_{PV}	je celková roční produkce energie fotovoltaickým systémem [GJ],
EP_{CHP}	je celková roční produkce energie systémem kombinované výroby elektřiny a tepla [GJ].

Pro posuzovanou novostavbu domova pro seniory platí, že roční dodaná energie na chlazení EP_C , roční produkce energie fotovoltaickým systémem EP_{PV} a roční produkce energie systémem kombinované výroby elektřiny a tepla EP_{CHP} je nulová. Zároveň také není uvažováno se zvlhčováním, resp. odvlhčováním vzduchu ve vnitřních prostor. Pro výpočet jednotlivých dílčích dodaných energií do budovy můžeme poté vztah (1) zapsat ve tvaru

$$EP = (Q_{H,fuel} + Q_{aux,H}) + (Q_{aux,F}) + (Q_{W,fuel} + Q_{aux,W}) + (Q_{L,fuel} + Q_{Z,fuel}) \quad (2)$$

kde: $Q_{H,fuel}$	je roční dodaná energie na vytápění [GJ], stanovená podle (8),
$Q_{W,fuel}$	je roční dodaná energie na přípravu teplé vody [GJ], stanovená podle (9),
$Q_{L,fuel}$	je roční dodaná energie na osvětlení [GJ], stanovená v podkapitole 4.1.2.4,
$Q_{Z,fuel}$	je roční dodaná energie na zásuvkovou spotřebu [GJ], stanovená v podkapitole 4.1.2.5,
$Q_{aux,H}$	je roční dodaná pomocná energie systému vytápění [GJ], stanovená podle (12),
$Q_{aux,W}$	je roční dodaná pomocná energie systému přípravy teplé vody [GJ], stanovená podle (13),
$Q_{aux,F}$	je roční dodaná pomocná energie na provoz ventilátorů mechanického větrání [GJ], stanovená podle (14).

Pro samotný výpočty jednotlivých dílčích dodaných energií do budovy, které jsou uvedeny dále, je nutné nejprve stanovit jednotlivé účinnosti systémů v budově, konkrétně účinnost systému vytápění, přípravy teplé vody a nuceného větrání, jejichž stanovení je uvedeno v podkapitole 4.1.1.



4.1.1 Účinnost systému

Sezónní účinnost vytápění a přípravy teplé vody byla stanovena podle ČSN 73 0331-1 [22].

Hlavním navrženým zdrojem tepla v objektu pro vytápění a přípravu teplé vody je tepelné čerpadlo vzduch-voda s jmenovitým topným faktorem $COP_n = 3,6$ (pro A2/W35, stanovené podle EN 14511 [31]) dle technického listu od výrobce. Bivalentním zdrojem tepla je navržen integrovaný elektrokotel o výkonu 9 kW.

4.1.1.1 Vytápění

Roční provozní topný faktor tepelného čerpadla pro vytápění $COP_{H,gen}$ se stanoví podle následujícího vztahu dle [22]

$$COP_{H,gen} = f_{H,COP} \cdot COP_n \quad (3)$$

kde: $f_{H,COP}$ je součinitel ročního provozu TČ pro vytápění [-],

COP_n je jmenovitý topný faktor TČ [-] při jmenovitých podmínkách, stanovený podle ČSN EN 14511-2 [31].

$f_{H,COP}$ je daný dle ČSN 73 0331-1 [22], Tabulky A.12 podle výstupní teploty otopné vody a typu tepelného čerpadla následovně:

Tab. 19: Součinitel ročního provozu TČ vzduch-voda pro vytápění dle [22], upraveno

Typ tepelného čerpadla	Vzduch-voda (A2/W35)
Návrhová výstupní teplota otopné vody [°C]	45
$f_{H,COP}$ [-]	0,93

$$COP_{H,gen} = 0,93 \cdot 3,6 = 3,348$$

Sezónní účinnost výroby zdrojem tepla pro vytápění $\eta_{H,gen}$ pro elektrokotel je stanoven dle [22], Tabulky A.9 podle výkonového rozsahu. Tato hodnota odpovídá také hodnotě sezónní výroby zdrojem tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ (viz dále).

Tab. 20: Sezónní účinnost výroby tepla zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ pro elektrokotle dle [22], upraveno

Zdroj tepla	Elektrokotel
Jmenovitý rozsah výkonu Φ_H [kW]	0 – 20
$\eta_{H,gen}$ [-]	0,95

Celková účinnost systému vytápění η_{VYT} je dána součinem účinností systému vytápění dle vztahu

$$\eta_{VYT} = \eta_{H,gen} \cdot \eta_{H,em} \cdot \eta_{H,dis} \quad (4)$$

kde: $\eta_{H,gen}$ je sezónní účinnost výroby tepla zdrojem tepla [-],

$\eta_{H,em}$ je účinnost systému pro sdílení tepla mezi vytápěným prostředím a otopnými prvky [-],

$\eta_{H,dis}$ je účinnost systému pro distribuci tepla [-].



$\eta_{H,em}$ je daná dle [22], Tabulky A.24, podle způsobu vytápění následovně:

Tab. 21: Typické účinnosti sdílení tepla $\eta_{H,em}$ dle [22], upraveno

Způsob vytápění	Teplovodní otopná soustava s deskovými otopnými tělesy s termostatickou hlavicí, umístěnými u vnější stěny
$\eta_{H,em}$	0,88

$\eta_{H,dis}$ je daná dle [22], Tabulky A.20 podle vedení rozvodů a teploty topné vody ϑ_m následovně:

Tab. 22: Účinnost distribuce tepla na vytápění $\eta_{H,dis}$ pro tepl. soustavy vytápění dle [22], upraveno

Vedení rozvodů pro $\vartheta_m \geq 45 \text{ °C}$	min. 80 % délky rozvodů vedeno ve vytápěných prostorách, rozvody v nevytápěných prostorách jsou izolovány podle platné legislativy
$\eta_{H,dis}$	0,92

Tedy pro:

tepelné čerpadlo: $\eta_{VYT,T\check{C}} = 3,348 \cdot 0,88 \cdot 0,92 = 2,711$

elektrokotel: $\eta_{VYT,EL} = 0,95 \cdot 0,88 \cdot 0,92 = 0,769$

4.1.1.2 Příprava teplé vody

Roční provozní topný faktor tepelného čerpadla pro přípravu teplé $COP_{W,gen}$ se stanoví podle vztahu dle [22]

$$COP_{W,gen} = f_{W,COP} \cdot COP_n \quad (5)$$

kde: $f_{W,COP}$ je součinitel ročního provozu TČ pro přípravu teplé vody [-],

COP_n je jmenovitý topný faktor TČ [-] při jmenovitých podmínkách stanovený podle ČSN EN 14511-2 [31].

$f_{W,COP}$ je daný dle ČSN 73 0331-1 [22], Tabulky A.13 podle výstupní teploty teplé vody a typu tepelného čerpadla následovně:

Tab. 23: Součinitel ročního provozu TČ vzduch-voda $f_{W,COP}$ pro přípravu TV dle [22], upraveno

Typ tepelného čerpadla	Vzduch-voda (A2/W35)
Požadovaná teplota teplé vody [°C]	$f_{W,COP}$ [-]
50	0,77
60	0,60

Pozn.: v tabulce lze lineárně interpolovat

$$COP_{W,gen} = 0,685 \cdot 3,6 = 2,466$$



Celková účinnost systému pro přípravu teplé vody je dána pouze účinností výroby zdrojem tepla.

Tedy pro:

tepelné čerpadlo: $\eta_{TV,T\check{C}} = 2,466$

elektrokotel: $\eta_{TV,EL} = 0,95$

4.1.1.3 Nucené větrání

Pro nucené větrání je uvažována VZT jednotka se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu s objemovým průtokem vzduchu 1 375 m³/h a s rekuperačním protiproudým výměníkem. Celoroční účinnost zpětného získávání tepla $\eta_{H,hr}$ z odpadního vzduchu je dána podle [22], Tabulky A.63 následovně:

Tab. 24: Celoroční účinnost zpětného získávání tepla $\eta_{H,hr}$ dle [22], upraveno

Typ výměníku systému zpětného získávání tepla	Protiproudý výměník (kanálový)
Objemový průtok vzduchu [m ³ /h]	600 – 5 000
$\eta_{H,hr}$ [-]	0,77

4.1.2 Spotřeba energie

4.1.2.1 Vytápění

Roční spotřeba energie na vytápění $Q_{H,fuel}$ se obecně spočte pro měsíční metodu výpočtu dle [28] podle vztahu

$$Q_{H,fuel} = \sum_{m=1}^{12} \left(\sum_{z=1}^n \frac{Q_{H,dis,m} \cdot f_{H,z}}{\eta_{H,gen,z}} \right) \quad (6)$$

kde: $Q_{H,dis,m}$ je spotřeba energie v distribučním systému vytápění v měsíci m [kWh/měsíc],

$f_{H,z}$ je podíl z $Q_{H,dis,m}$ připadajícího na příslušný zdroj tepla [-],

$\eta_{H,gen,z}$ je sezónní účinnost výroby tepla zdrojem tepla z [-].

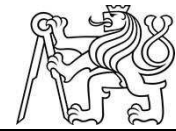
Spotřeba energie v distribučním systému $Q_{H,dis,m}$ je možné stanovit dle [28] dle vztahu

$$Q_{dis,m} = \frac{Q_{H,nd,m}}{\eta_{H,em} \cdot \eta_{H,dis}} \quad (7)$$

kde: $Q_{H,nd,m}$ je potřeba energie na vytápění v měsíci m [kWh/měsíc],

$\eta_{H,em}$ je účinnost systému pro sdílení tepla mezi vytápěným prostředím a otopnými prvky [-],

$\eta_{H,dis}$ je účinnost systému pro distribuci tepla [-].



Po výpočtu celkové účinnosti systému vytápění ze vztahu (4) můžeme výše uvedený vztah (6) zapsat dle tvaru

$$Q_{H,fuel} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{VYT}} \cdot f_{H,z} \quad (8)$$

kde: $Q_{H,nd}$ je roční potřeba tepla na vytápění [kWh/rok],
 η_{VYT} je celková účinnost systému vytápění [-],
 $f_{H,z}$ je podíl z $Q_{H,nd}$ připadající na příslušný zdroj tepla [-].

Celková roční potřeba tepla na vytápění vyplývá z roční dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder dle okrajových podmínek, předpokládaným provozem objektu a účinností systému vytápění dle vztahu (4).

Pro vytápění a přípravu teplé vody se uvažuje jako hlavní zdroj tepla tepelné čerpadlo vzduch-voda s bivalentním elektrokotlem. Podíl roční potřeby tepla na vytápění a přípravu TV pro TČ vzduch-voda se určil podle [22], Tabulky A.1, následovně:

Tab. 25: Podíl roční potřeby tepla na vytápění a přípravu TV pro TČ vzduch-voda [22], upraveno

Zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody	Tepelné čerpadlo vzduch / voda v bivalentním provozu
$f_{H,gen} [-]$	0,94

$$Q_{H,nd} = 28\,994,54 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{H,fuel,TČ} = \frac{28\,994,54}{2,711} \cdot 0,94 = 10\,053,44 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{H,fuel,EL} = \frac{28\,994,54}{0,769} \cdot 0,06 = 2\,262,25 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{H,fuel} = Q_{H,fuel,TČ} + Q_{H,fuel,EL} = 10\,053,44 + 2\,262,25 = 12\,315,69 \text{ kWh/a}$$

Pro systém vytápění je dále uvažována tepelná ztráta akumulární nádrže na otopnou vodu, která se vypočte na základě měrné denní ztráty akumulárního zásobníku $Q_{H,gen,st,ls}$ dle [22], Tabulky A.17. V objektu je uvažována akumulární nádrž o objemu 479 l s tepelnou izolací v tl. cca 100 mm.

Tab. 26: Měrné denní tepelné ztráty akumulárního zásobníku $Q_{H,gen,st,ls}$ dle [22], upraveno

Tloušťka izolace [mm]	100	
Objem zásobníku [l]	250	500
$Q_{H,gen,st,ls}$ [Wh/(l·den)]	2,4	2,2

Pozn.: v tabulce lze lineárně interpolovat

$$Q_{H,gen,st,ls} = (2,2168 \cdot 479 \cdot 365) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 387,57 \text{ kWh/a}$$



Celková roční spotřeba energie pro systém vytápění je poté dána roční spotřebou energie pro vytápění, navýšena o spotřebu energie na pokrytí ztrát akumulční nádrže pro otopnou vodu.

$$Q_{H,fuel} = \left(Q_{H,fuel,T\check{C}} + \frac{Q_{H,gen,st,ls}}{\eta_{VYT}} \cdot f_{H,z} + Q_{H,fuel,EL} + \frac{Q_{H,gen,st,ls}}{\eta_{VYT}} \cdot f_{H,z} \right)$$

$$Q_{H,fuel} = \left(10\,053,44 + \frac{387,57}{2,711} \cdot 0,94 + 2\,262,25 + \frac{387,57}{0,769} \cdot 0,06 \right)$$

$$Q_{H,fuel} = 12\,480,31 \text{ kWh/a}$$

4.1.2.2 Příprava teplé vody

Pro přípravu teplé vody se uvažuje se stejným rozdělením zdrojů tepla jako v případě vytápění dle Tab. 25.

Celková roční potřeba tepla na přípravu teplé vody $Q_{W,nd}$ vychází z roční dynamické simulace objektu ze softwaru DesignBuilder na základě roční spotřeby teplé vody. Pro dynamickou simulaci je uvažována spotřeba teplé vody 40 l na osobu za den. Účinnost systému přípravy teplé vody je dána pouze účinností výroby zdrojem tepla TČ $COP_{W,gen}$ a elektrokotlem $\eta_{w,gen}$ (viz podkapitola 4.1.1).

Pro výpočet spotřeby energie na přípravu teplé vody $Q_{W,fuel}$ se použije obdobný vztah (8) jako při výpočtu spotřeby energie na vytápění. Příprava teplé vody se uvažuje celoročně.

$$Q_{W,nd} = 44\,287,59 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{W,fuel} = \frac{Q_{W,nd}}{\eta_{TV}} \cdot f_{W,z} \quad (9)$$

kde: $Q_{W,nd}$ je roční potřeba tepla na přípravu teplé vody [kWh/rok],
 η_{TV} je celková účinnost systému na přípravu teplé vody [-],
 $f_{W,z}$ je podíl z $Q_{W,nd}$ připadající na příslušný zdroj tepla [-].

$$Q_{W,fuel,T\check{C}} = \frac{44\,287,47}{2,466} \cdot 0,94 = 16\,881,73 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{W,fuel,EL} = \frac{44\,287,47}{0,95} \cdot 0,06 = 2\,797,11 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{W,fuel} = Q_{W,fuel,T\check{C}} + Q_{W,fuel,EL} = 16\,881,73 + 2\,797,11 = 19\,678,84 \text{ kWh/a}$$

Dále je do spotřeby energie započítána celková tepelná ztráta rozvodů teplé vody $Q_{W,dis,ls}$, která se výpočte na základě měrné denní tepelné ztráty rozvodů $q_{w,dis,ls}$ dle [22], Tabulky A.62 a délky rozvodů pro systém přípravy teplé vody. Délka rozvodu teplé vody byla odhadnuta na 150 m a délka cirkulačního potrubí na 100 m.



$$Q_{W,dis,ls} = \sum Q_{W,dis,ls,ind} + Q_{W,dis,ls,col} \quad (10)$$

kde: $Q_{W,dis,ls,ind}$ je součet ztrát tepla jednotlivých přívodních potrubí, která nejsou opatřena cirkulačním potrubím [W],

$Q_{W,dis,ls,col}$ je ztráta tepla přívodního cirkulačního potrubí [W].

Tab. 27: Měrná denní tepelná ztráta rozvodů TV $q_{W,dis,ls}$ – tl. izolace 40 mm dle [22], upraveno

Rozměr potrubí – DN	¾"
Tloušťka tepelná izolace [mm]	40
Typ potrubí	$q_{W,dis,ls}$ [Wh/(m·den)]
Cirkulační potrubí	119,0
Potrubí bez cirkulace	44,7

$$Q_{W,dis,ls} = [(44,7 \cdot 150 \cdot 365) + (119 \cdot 100 \cdot 365)] \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 6\,790,82 \text{ kWh/a}$$

V neposlední řadě je také uvažována tepelná ztráta zásobníků $Q_{W,st,ls}$, která je daná pomocí denní tepelné ztráty $q_{W,st,ls,d}$ pro nepřímo ohříváný zásobník, vyrobený po roce 1995 dle [22], Tabulky A.56 pro přípravu teplé vody o teplotě 55 °C. V objektu jsou uvažovány 2 zásobníky s dílčím objemem 1 zásobníku 380 l.

Tab. 28: Denní tep. ztráta zásobníku pro nepřímo ohříváný zásobník TV $q_{W,st,ls,d}$ dle [22], upraveno

Objem zásobníku teplé vody [l]	$q_{W,st,ls,d}$ [Wh/(l·den)]
200	7,9
400	5,6

Pozn.: v tabulce lze lineárně interpolovat

$$Q_{W,st,ls} = 2 \cdot (5,83 \cdot 380 \cdot 365) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1\,617,24 \text{ kWh/a}$$

Celková roční spotřeba energie pro systém přípravy teplé vody je poté dána součtem roční spotřeby energie pro přípravu TV, navýšena o tepelné ztráty rozvodů a zásobníku.

$$Q_{W,fuel} = \left(Q_{W,fuel,TČ} + \frac{Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls}}{\eta_{VYT}} \cdot f_{H,z} + Q_{W,fuel,EL} + \frac{Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls}}{\eta_{VYT}} \cdot f_{H,z} \right)$$

$$Q_{W,fuel} = \left(16\,881,73 + \frac{6\,790,82 + 1\,617,24}{2,466} \cdot 0,94 + 2\,797,11 + \frac{6\,790,82 + 1\,617,24}{0,95} \cdot 0,06 \right)$$

$$Q_{W,fuel} = 23\,414,89 \text{ kWh/a}$$



4.1.2.3 Nucené větrání a úprava vlhkosti

Roční spotřeba energie pro nucené větrání je určena v roční pomocné energii na provoz ventilátorů mechanického větrání dále.

4.1.2.4 Osvětlení:

Roční spotřeba energie na osvětlení $Q_{L,fuel}$ vychází z roční dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder na základě požadované intenzity osvětlení a příkonu osvětlovací soustavy v dané zóně.

$$Q_{L,fuel} = 19\,654,37 \text{ kWh/a}$$

4.1.2.5 Zásuvková spotřeba:

Jedná se o spotřebu energie od instalovaných elektrických spotřebičů v budově (televizorů, počítačů, mikrovlnné trouby, rychlovarných konvic, apod.). Celková roční spotřeba energie na zásuvkovou spotřebu $Q_{Z,fuel}$ vychází z předpokládaného užívání a provozu budovy ze softwaru DesignBuilder.

$$Q_{Z,fuel} = 28\,480,68 \text{ kWh/a}$$



4.1.3 Roční pomocná energie

Spotřeba celkové pomocné energie na provoz technických systému v budově $Q_{aux,A}$ vychází z ČSN 73 0331-1 [22]. Do této spotřeby byla započítána pomocná spotřeba na pohon oběhových čerpadel pro systém vytápění, cirkulačních čerpadel pro systém přípravy TV a pohon ventilátorů ve VZT jednotce pro systém nuceného větrání.

$$Q_{aux,A} = Q_{aux,H} + Q_{aux,W} + Q_{aux,F} \quad (11)$$

kde: $Q_{aux,H}$ je roční pomocná energie systému vytápění [kWh/rok], stanovena v podkapitole 4.1.3.1,

$Q_{aux,W}$ je roční pomocná energie systému přípravy teplé vody [kWh/rok], stanovena v podkapitole 4.1.3.2,

$Q_{aux,F}$ je roční pomocná energie na provoz ventilátorů mechanického větrání [kWh/rok], stanovena v podkapitole 4.1.3.3.

4.1.3.1 Pomocná energie systému vytápění

Průměrný roční elektrický příkon oběhových čerpadel pro systém vytápění je určen zjednodušenou metodou dle [22] pro vytápěnou plochu 1 793,4 m².

$$Q_{aux,H} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot (P_{aux,H,P} + P_{aux,H,ot} + P_{aux,H,oth}) \cdot t_{H,op} \quad (12)$$

kde: $P_{aux,H,P}$ je průměrný elektrický příkon oběhových čerpadel [W],

$P_{aux,H,ot}$ je elektrický příkon systému měření a regulace systému vytápění [W],

$P_{aux,H,oth}$ je elektrický příkon pomocných aktivních prvků zabudovaných v soustavě vytápění [W],

$t_{H,op}$ je roční doba provozu teplovodní soustavy vytápění [h].

$P_{aux,H,P}$ je určen dle [22], Tabulky A.33 pro dvoutrubkovou otopnou soustavu s proměnnou regulací otáček oběhových čerpadel na základě velikosti vytápěné plochy.

Tab. 29: Průměrný roční el. příkon oběh. čerpadel $P_{H,P}$ pro dvoutrubkovou OS dle [22], upraveno

Vytápěná plocha [m ²]	1 793,4
Typ regulace otáček	Proměnná regulace otáček
$P_{H,P}$ [W]	171

$P_{aux,H,ot}$ je určen dle [22], Tabulky A.35 pro systém regulace s elektromagnetickým pohonem.

Tab. 30: Průměrný roční elektrický příkon systému měření a regulace $P_{H,ct,em}$ dle [22], upraveno

Typ systému	systém regulace s elektromagnetickým pohonem (ovládání – zapnuto/vypnuto)
$P_{H,ct,em}$ [W]	1,0 (na akční člen)

$Q_{aux,H,oth}$ není v systému vytápění uvažován.



Délka provozu teplovodní soustavy $t_{H,op}$ je uvažován 24 hodin denně během celého otopného období. Délka otopného období, resp. počet dnů kdy je otopná soustava v provozu, byla převzata ze softwaru DesignBuilder s hodnotou 236 dnů.

$$Q_{aux,H} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot [(171 + 1,0 + 0) \cdot (24 \cdot 236)] = 974,208 \text{ kWh/a}$$

4.1.3.2 Pomocná energie systému přípravy teplé vody

Průměrná roční spotřeba energie na pohon cirkulačního čerpadla pro přípravu teplé vody byla určena obdobným způsobem dle vztahu (12). Do této spotřeby byla zahrnuta pouze spotřeba energie cirkulačního čerpadla s odhadnutým průměrným příkonem 50 W. Provoz cirkulačního čerpadla je uvažován 24 hodin denně, 365 dní v roce.

$$Q_{aux,W} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot (P_{aux,W,P} + P_{aux,W,ot} + P_{aux,W,oth}) \cdot t_{W,op} \quad (13)$$

- kde: $P_{aux,W,P}$ je průměrný elektrický příkon cirkulačních čerpadel [W],
 $P_{aux,W,ot}$ je elektrický příkon systému měření a regulace systému přípravy teplé vody [W],
 $P_{aux,W,oth}$ je elektrický příkon pomocných aktivních prvků zabudovaných v systému přípravy teplé vody [W],
 $t_{W,op}$ je roční doba provozu systému přípravy teplé vody [h].

$$Q_{aux,W} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot [(50 + 0 + 0) \cdot (24 \cdot 365)] = 438,0 \text{ kWh/a}$$

4.1.3.3 Pomocná energie na provoz ventilátorů mechanického větrání

Pro systém nuceného větrání je navržena vzduchotechnická jednotka s objemovým průtokem vzduchu 1 375 m³/h s EC motorem.

Spotřeba energie na provoz ventilátorů mechanického větrání $Q_{aux,F}$ je určena podle [22] na základě měrného elektrického příkonu ventilátorů, objemového průtoku vzduchu a provozní doby systému nuceného větrání.

$$Q_{aux,F} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot (P_{F,p,n} \cdot f_{c,vent} \cdot t_{ahu,op}) \quad (14)$$

- kde: $P_{F,p,n}$ je instalovaný elektrický příkon ventilátorů systému nuceného větrání [W·s/m³],
 $f_{c,vent}$ váhový činitel regulace pohonu ventilátorů větracího systému,
 $t_{ahu,op}$ je roční doba provozu systému nuceného větrání [h].



Instalovaný příkon ventilátorů systému nuceného větrání je určen dle [22] následujícím vztahem

$$P_{F,p,n} = p_{SFP,ahu} \cdot \max(V_{v,z}, V_{ahu}) \quad (15)$$

- kde: $p_{SFP,ahu}$ je měrný elektrický příkon ventilátorů systému nuceného větrání [$W \cdot s/m^3$],
- $V_{v,z}$ je objemový průtok čerstvého vzduchu v případě nuceného větrání [m^3/s],
- V_{ahu} je objemový průtok přiváděného vzduchu v případě nuceného větrání [m^3/s].
- $P_{SFP,ahu}$ je určen dle [22], Tabulky A.66 na základě objemového průtoku vzduchu, bez ohříváče a chladiče.

Tab. 31: Měrný příkon systému nuceného větrání $p_{SFP,ahu}$ dle [22], upraveno

Typ systému nuceného větrání	Bez ohříváče nebo chladiče
Objemový průtok vzduchu [m^3/h]	$p_{SFP,ahu}$ [$W \cdot s/m^3$]
1000	2 400
2000	2 400

Objemový průtok čerstvého $V_{v,z}$ a přiváděného vzduchu V_{ahu} je uvažován shodný na základě předpokládaného počtu osob v objektu, a to v hodnotě $1\,375\,m^3/h$.

$$P_{F,p,n} = 2400 \cdot \left(\frac{1\,375}{3\,600}\right) = 916,67\,W$$

Provoz systému nuceného větrání je uvažován 24 hodin denně, 365 dní v roce. Dále je uvažován průměrně 50 % objemový průtok vzduchu z celkového jmenovitého průtoku vzduchu do budovy. Této hodnotě odpovídá váhový činitel $f_{c,vent}$, který byl převzat z [9] pro daný typ systému.

Tab. 32: Váhový činitel pro typ pohonu ventilátorů $f_{c,vent}$ dle [9]

Typ systému	Systém s běžnou účinností
$f_{c,ven}$ [-] pro 50 % podíl jmen. průtoku	0,54

Celková spotřeba pomocné energie na provoz ventilátorů mechanického větrání dle vztahu (14) je poté

$$Q_{aux,F} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot [916,67 \cdot 0,54 \cdot (24 \cdot 365)] = 4\,336,22\,kWh/a$$

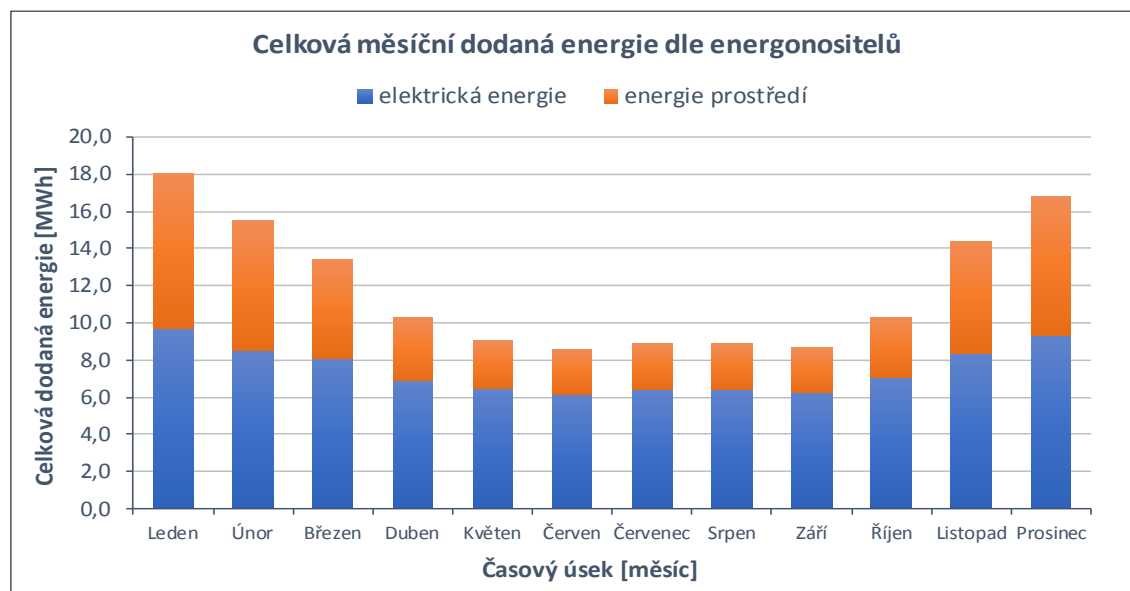


4.1.4 Celková dodaná energie

Celková dodaná energie do budovy je dána výpočtem jednotlivých dílčích dodaných energií do systémů budovy uvedených výše. Konkrétně na vytápění, přípravu teplé vody, mechanické větrání, osvětlení a zásuvkovou spotřebu. Do celkové dodané energie je započítána také energie vnějšího prostředí, kterou využívá tepelné čerpadlo vzduch-voda pro vytápění a přípravu teplé vody. Tuto energii lze stanovit na základě celkové potřeby tepla v distribučním systému vytápění a přípravy teplé vody a celkové spotřeby elektrické energie na vytápění a přípravu teplé vody tepelným čerpadlem. V následující Tab. 33 jsou vyčísleny jednotlivé dílčí dodané energie podle jednotlivých energonositelů a následně je také znázorněn měsíční průběh dodané energie do budovy dle energonositelů (viz Graf 6).

Tab. 33: Souhrn dílčích dodaných energií do budovy dle energonositelů

DÍLČÍ DODANÁ ENERGIE DO BUDOVY DLE ENERGNOSITELŮ					
Dílčí dodaná energie na:	Označení	Elektrická energie [kWh/rok]	Energie z prostředí [kWh/rok]	Celková hodnota [kWh/rok]	Celková hodnota [GJ/rok]
Vytápění	EP _H	13 454,52	23 811,82	37 266,35	134,16
Přípravu teplé vody	EP _W	23 852,89	29 280,76	53 133,65	191,28
Nucené větrání	EP _F	4 336,22	0,00	4 336,22	15,61
Osvětlení	EP _L	19 654,37	0,00	19 654,37	70,76
Zásuvkovou spotřebu	EP _Z	28 480,68	0,00	28 480,68	102,53
Celkem	EP	89 778,69	53 092,58	142 871,28	514,34



Graf 6: Celková měsíční dodaná energie do budovy dle energonositelů



4.1.5 Produkce emisí CO₂

Produkce emisí CO₂, které se jako jediné hodnotí v rámci ekologického hlediska, se na základě emisního faktoru CO₂ a celkové dodané energie do budovy pro příslušný energonositel stanoví podle vztahu.

$$\text{produkce CO}_2 = \text{celková dodaná energie pro elektřinu} \cdot \text{emisní faktor CO}_2 \quad (16)$$

Emisní faktor CO₂ byl stanoven dle prováděcí vyhlášky č. 140/2021 Sb. [21] pro relevantní energonositel, v tomto případě pro elektrickou energii.

Tab. 34: emisní faktor pro příslušný energonositel dle [21], upraveno

Palivo nebo energie	Emisní faktor [t CO ₂ /MWh]
Elektřina	0,860

$$\text{produkce CO}_2 = \frac{89\,779}{1000} \cdot 0,860 = 77,21 \text{ t CO}_2/\text{a}$$

4.2 Přehled užití spotřeby energie energetického hospodářství

V následující kapitole je podrobně analyzována energetická bilance a spotřeba energie na jednotlivé procesy (vytápění, přípravu TV, osvětlení, zásuvkovou spotřebu a nucené větrání) na hranici energetického hospodářství, ve které byly dále podrobně analyzovány toky energie přes systémovou hranici. Celková spotřeba a výpočet energie na jednotlivé procesy je popsán v podkapitole 4.1.

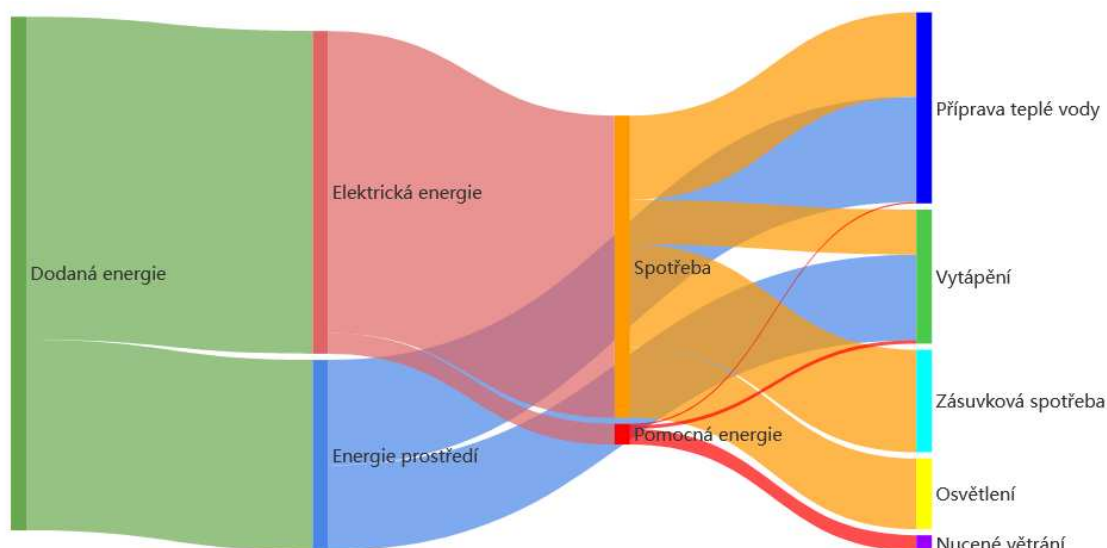
4.2.1 Bilance energetických vstupů

Podkapitola bilance energetických vstupů energetického hospodářství je uvedena v závazném rozsahu pro celé energetické hospodářství výchozího stavu. Bilance energetických vstupů je zpracována pro výchozí stav energetické náročnosti za pomoci dynamického modelu v programu DesignBuilder a dílčích výpočtu uvedených v podkapitole 4.1.

Ve výchozím stavu je dle navržených technických systémů v budově hlavní energonositel elektrická energie, uvažován jako neobnovitelný zdroj energie. Elektřina se využívá pro vytápění, přípravu teplé vody, osvětlení, zásuvkovou spotřebu, nucené větrání a pomocnou spotřebu. Druhotným energonositelem je energie prostředí, konkrétně energie ze vzduchu, která je brána za obnovitelný zdroj energie. Tuto energii využívá hlavní zdroj tepla pro vytápění a přípravu TV – tepelné čerpadlo vzduch-voda.

Energie prostředí je uvažována pouze v rámci energetických vstupů do objektu (celkové dodané energie), ale v další analýze a kapitolách je spotřeba energie vztažena pouze na elektrickou energii.

Pro grafické znázornění toků energie do budovy pro jednotlivé energetické vstupy a následně pro jednotlivé dílčí dodané energie technických systémů budovy, můžeme použít například tzv. „Sankeyův“ diagramu (viz Obr. 17). Celkové roční vyčíslení energetických vstupů podle energonositelů můžeme vidět v následující Tab. 35 dále.

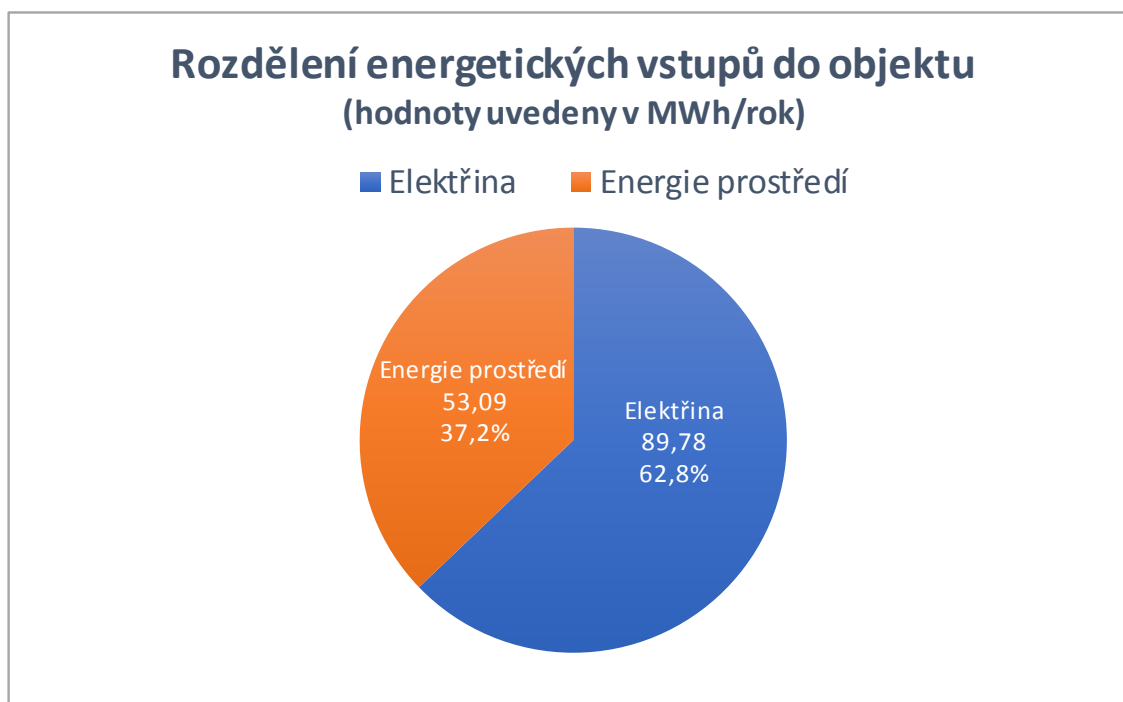


Obr. 17: Sankeyův diagram rozdělení energie [10]

Podrobné rozdělení užití a spotřeba energie, včetně předpokládaného vyčíslení cen energií, je detailně analyzována a popsána v podkapitole 4.2.2.

Tab. 35: Energetické vstupy energetického hospodářství dle [21], Přílohy 3

ENERGETICKÉ VSTUPY						
Energetické hospodářství/ucelená část	Domov pro seniory					
	ENERGETICKÉ VSTUPY			OBLASTI UŽITÍ ENERGIE ⁴ Dodaná energie pro užití uvnitř hodnocených hranic		
ENERGONOSITEL	MWh/rok	tis. Kč/rok	t CO ₂ /rok	BUDOVY Úprava vnitřního prostředí budov	VÝROBNÍ PROCESY Výroba produktů nebo poskytování služeb	DOPRAVA Pohyb osob nebo zboží
	MWh/rok	tis. Kč/rok	t CO ₂ /rok	MWh/rok	MWh/rok	MWh/rok
Celkem	142,87	946,933	77,21	142,87	-	-
Neobnovitelné zdroje energie						
Elektřina	89,78	946,933		89,78	-	-
Obnovitelné zdroje energie						
Energie z prostředí	53,09	-	-	53,09	-	-
Druhotné zdroje energie						
Neobsazeno	-	-	-	-	-	-



Graf 7: Rozdělení energetických vstupů energetického hospodářství

4.2.2 Analýza energetické účinnosti významných spotřebičů

V této podkapitole se uvádějí účinnosti vybraných spotřebičů (zdrojů tepla nebo kompresorů) v energetickém hospodářství, pokud přesáhnou tyto limitní hodnoty:

- **zdroj tepla** s instalovaným výkonem větším než 1 MWt vč. soustavy distribuce tepla [21],
- **zdroj elektřiny** o jmenovitém výkonu větším než 100 kWe vč. vyvedení výkonu [21],
- **zdroj chladu** o jmenovitém chladicím výkonu větším než 100 kW vč. soustavy distribuce chladu. [21]

V energetickém hospodářství se nenacházejí žádné zdroje tepla, které by přesahovali výše předepsané limity. Tabulka analýzy energetické účinnosti vybraných spotřebičů – zdroje proto nebyla provedena.

V případě vybraných spotřebičů sloužících pro výrobu stlačeného vzduchu, které přesahují tyto hodnoty:

- **kompresor stlačeného vzduchu** při instalovaném jmenovitém elektrickém příkonu větším než 50 kW. [21]

V energetickém hospodářství se nenacházejí žádné spotřebiče, sloužící pro výrobu stlačeného vzduchu, které by přesahovali výše předepsané limity. Tabulka analýzy energetické účinnosti vybraných spotřebičů – stlačený vzduch proto nebyla provedena.



4.2.3 Analýza užití energie

Podkapitola analýza užití energie představuje přehled užití energie v energetickém hospodářství pro jednotlivé oblasti užití v závazném členění na budovy, výrobní procesy a dopravu.

Jelikož je předmětný objekt je projekt novostavby, tak nejsou k dispozici žádné faktury ani data spotřeb energií. Na základě této skutečnosti byl sestaven dynamický model v programu DesignBuilder pro stanovení jednotlivých spotřeb energií pro dané užití. Model byl sestaven podle zpracované projektové dokumentace, podrobně viz kapitola 3.3.

Struktura spotřeby energie v energetickém hospodářství je detailně rozdělena podle jednotlivých technických systémů a zdrojů, na které je daná energie využívána. Podrobné rozdělení je uvedeno v *Tab. 37* dále.

- Elektrická energie

Pro spotřebu elektrické energie je uvažováno s připojením objektu k distribuční nízkonapěťové soustavě pomocí jednoho hlavního odběrného místa, umístěného na hranici objektu.

Pro předběžné stanovení ročních provozních nákladů na provoz technických systémů v budově byla stanovena pro daný typ objektu distribuční sazba za elektrickou energii pro podnikatele. Vzhledem k aktuálně měnícím se cenám energií na trhu, je cena elektrické energie stanovena k datu zpracování auditu. Na základě výpočtů je celková spotřeba elektrické energie v objektu vyšší než 50 MWh/rok, proto byla obchodní část ceny stanovena podle aktuálního ceníku od ČEZ ESCO a.s., produkt – Elektřina na dobu určitou s platností od 1.11.2022, pro větší firmy a korporace. [6] Distribuční část ceny byla stanovena podle aktuálního ceníku ČEZ Prodej, a.s. pro distribuční území PREDistribuce, a.s., produkt – Elektřina bez závazku s platností od 11.10.2022, pro podnikatele. [7] Distribuční sazba byla zvolena C56d, která odpovídá sazbě pro tepelné čerpadlo, pro podnikatelský sektor. Vzhledem k výše uvedené situaci na trhu jsou celkové provozní náklady spíše informativní, v závislosti na ceně elektrické energie. Celkové ceny můžou být proto odlišné.

Dále je pro sazbu C56d uvažováno dvacetidvouhodinové pásmo nízkého tarifu (NT) a dvouhodinové pásmo vysokého tarifu (VT), ve kterém se předpokládá blokáce topných zdrojů, kromě pohonu kompresoru tepelného čerpadla. Pro výpočet nákladů za elektřinu byla uvažována cena elektrické energie váženým průměrem podle počtu hodin nízkého a vysokého tarifu. Hlavní jistič byl odhadnut na základě celkového příkonu osvětlení, elektrických spotřebičů a technologie v technické místnosti do 3x63A.

OBCHODNÍ ČÁST CENY

Cena za dodávku elektrické energie je uvedena bez DPH:

- Vysoký tarif	9 898,00 Kč/MWh
- Nízký tarif.....	9 898,00 Kč/MWh
- Stálá platba.....	75,00 Kč/měsíc



DISTRIBUČNÍ ČÁST CENY

Cena za distribuci elektrické energie je uvedena bez DPH:

- Vysoký tarif.....245,81 Kč/MWh
- Nízký tarif 135,91 Kč/MWh

Stálá platba za rezervovaný příkon podle jističe bez DPH:

- Nad 3x50A do 3x63A.....2 633,00 Kč/měsíc

Ostatní poplatky bez DPH:

- Daň z elektřiny28,30 Kč/MWh
- Cena za systémové služby 113,53 Kč/MWh
- Činnost operátora trhu (OTE).....4,20 Kč/měsíc

Celková stanovená cena elektrické energie..... **10 184,9 Kč/MWh bez DPH**
bez měsíční stálé platby, platby za jistič a činnost OTE je:..... **resp. 36 666 Kč/GJ bez DPH**

Celková cena za stálou platbu, platbu za jistič a činnost OTE je: **2 712,2 Kč/měsíc bez DPH**

Celková spotřeba elektrické energie za období 1 roku (12 měsíců)**89,78 MWh/rok**
dle výpočtu z dynamické simulace je:.....**resp. 323 GJ/rok**

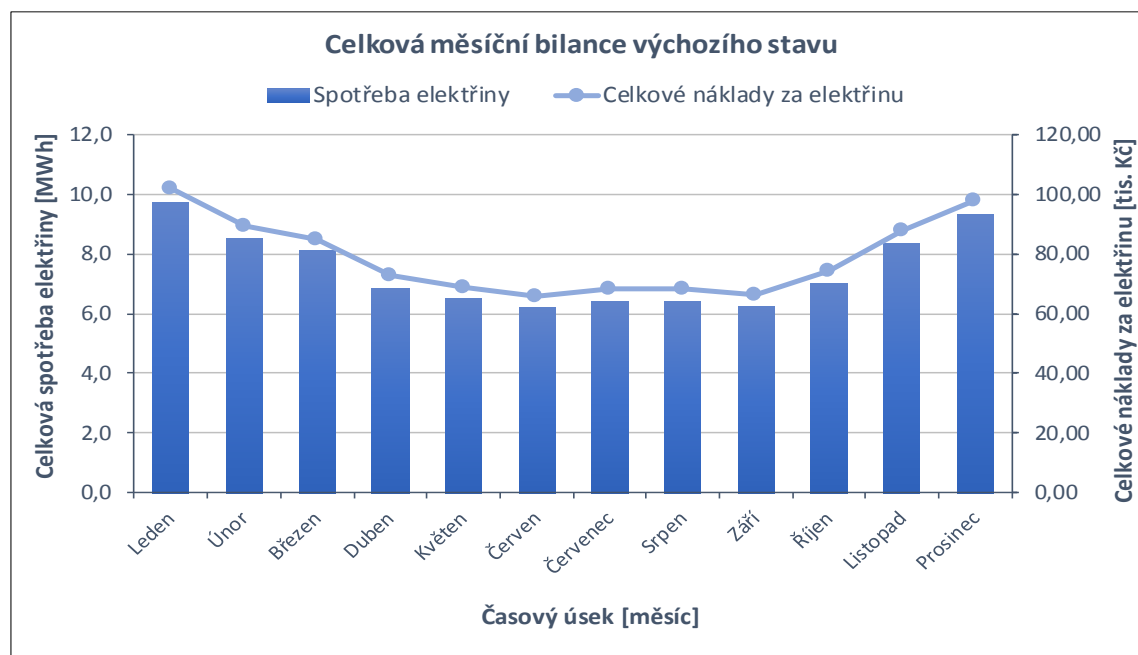
Spotřeba elektrické energie

Celková spotřeba elektrické energie pro systém vytápění a přípravy teplé vody byla doložena na základě vypočtené potřeby tepla z dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder a vztahů uvedených v podkapitole 4.1 Celková spotřeba elektrické energie pro osvětlení a zásuvkovou spotřebu byla vypočtena na základě přednastavených profilů užívání z dynamické simulace. Pomocná energie pro systém vytápění a přípravu teplé vody byla poměrově rozdělena podle potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé vody. Celková roční spotřeba energie pro pohon ventilátorů ve vzduchotechnické jednotce byla poměrově rozdělena mezi celým rokem. V následující *Tab. 36* je uvedena vypočtená spotřeba elektrické energie za 12 měsíců, tj. za období 1 roku.

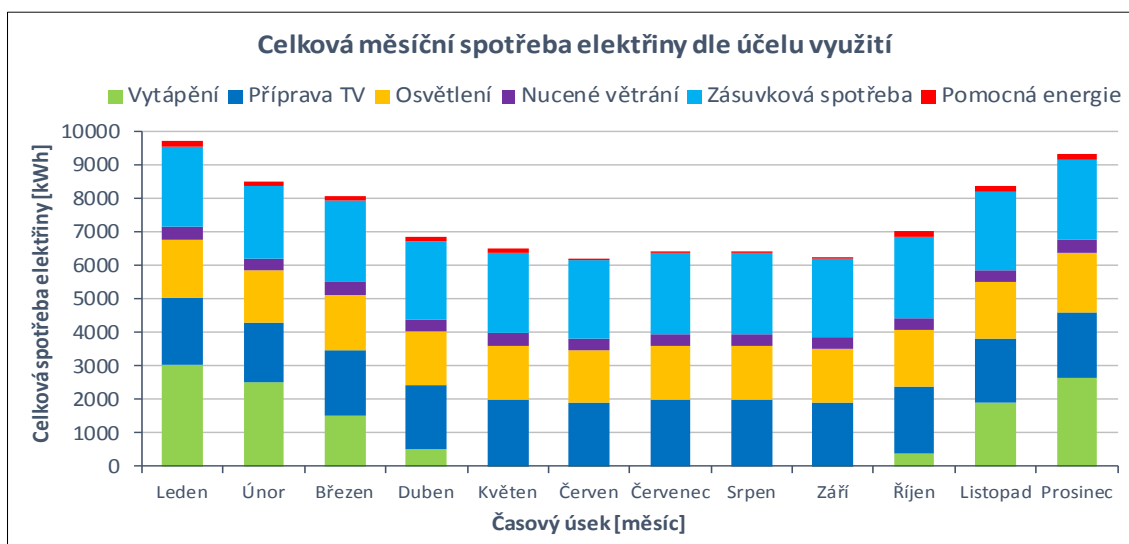


Tab. 36: Celková bilance výchozího stavu

Celková měsíční bilance výchozího stavu			
Měsíc	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celková spotřeba elektřiny [GJ]	Celkové náklady na elektřinu [tis. Kč]
Leden	9,74	35,05	101,87
Únor	8,53	30,70	89,58
Březen	8,10	29,15	85,17
Duben	6,88	24,76	72,75
Květen	6,51	23,43	68,99
Červen	6,19	22,30	65,80
Červenec	6,42	23,12	68,13
Srpen	6,42	23,13	68,14
Září	6,27	22,56	66,53
Říjen	7,02	25,29	74,25
Listopad	8,37	30,12	87,93
Prosinec	9,34	33,61	97,79
Celkem	89,78	323,20	946,93



Graf 8: Celková měsíční bilance výchozího stavu



Graf 9: Spotřeba elektrické energie pro jednotlivé systémy TZB – výchozí stav

Z výše uvedeného grafu je patrné, že spotřeba elektřiny na osvětlení je po celý rok přibližně stejná, a to okolo 1 600 kWh/měsíc. Její hodnota závisí především na předdefinované intenzitě osvětlení a příkonu svítidel v jednotlivých zónách. Co se týče zásuvkové spotřeby, tak ta je v každém měsíci taktéž přibližně stejná a její hodnota je cca 2 400 kWh/měsíc.

Pomocná energie, která v sobě zahrnuje pohon čerpadel pro vytápění a cirkulačního čerpadla pro teplou vodu, je v měsíci od ledna do června a od září do prosince prakticky stejná, v závislosti na počtu dnů v daném měsíci. V měsíci od července do srpna je tato hodnota snížena, vlivem nulové spotřeby energie na pohon čerpadel pro vytápění, jelikož v těchto měsících není žádná potřeba tepla na vytápění a uvažují se proto tato čerpadla pro vytápění vypnutá.

Spotřeba energie na vytápění „kopíruje“ vypočtenou potřebu tepla z dynamické simulace v jednotlivých měsících, kdy v měsíci od června do srpna je tato hodnota nulová.

Spotřeba pro přípravu teplé vody je pro každý měsíc v roce přibližně stejná a závisí především na spotřebě teplé vody na osobu, která je předdefinovaná pro výpočet dynamické simulace s hodnotou 40 l na osobu za den. Měsíční spotřeba elektřiny na přípravu teplé vody je průměrně okolo 1950 kWh/měsíc.

Vzduchotechnická jednotka je uvažována s celoročním provozem, tomu také odpovídá průměrná spotřeba energie na pohon ventilátorů, která je v každém měsíci přibližně stejná v závislosti na počtu dnů v daném měsíci a její hodnota je cca 360 kWh/měsíc.

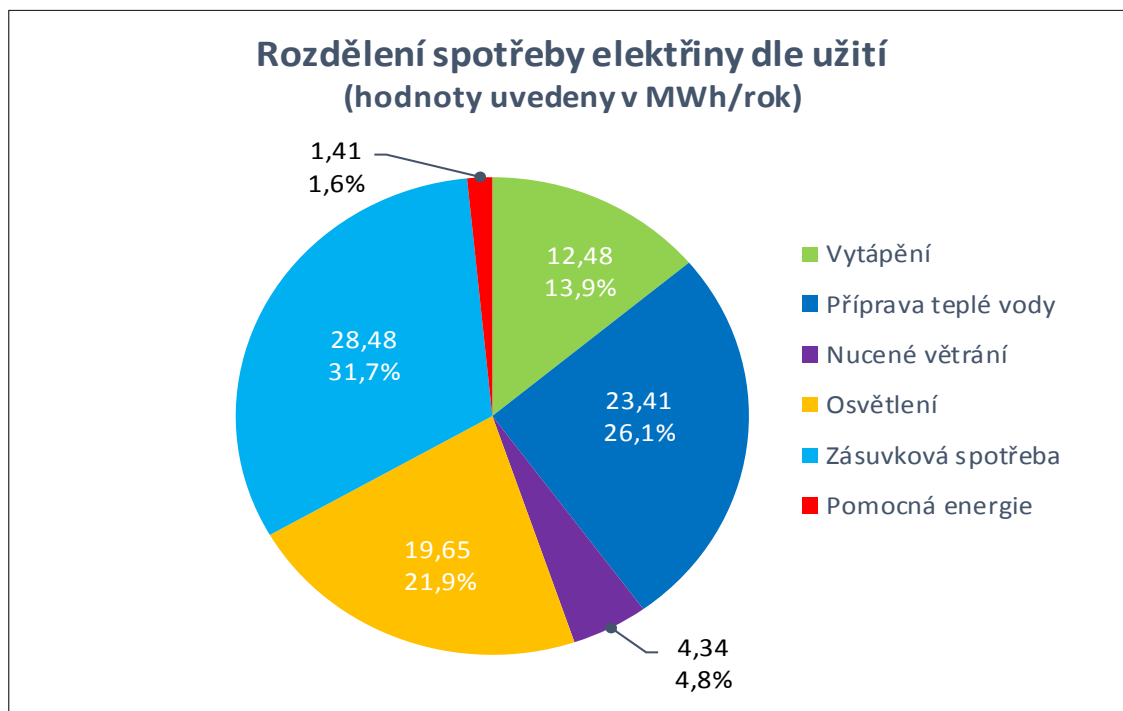


Tab. 37: Analýza užití energie dle [21], Přílohy 4

ANALÝZA UŽITÍ ENERGIE							
Energetické hospodářství/ucelená část		Domov pro seniory					
STRUKTURA SPOTŘEBY ENERGIE		SPOTŘEBA ENERGIE		OBLASTI UŽITÍ ENERGIE			
		Elektrina	Spotřeba energie celkem	Podíl z celkové spotřeby EH	Budovy	Výrobní procesy	Doprava
		MWh/rok tis. Kč/rok	MWh/rok tis. Kč/rok	%			
Energetické hospodářství		89,78	89,78	100 %	X		
		914,39	914,39				
Ucelená část EH		89,78	89,78	100 %	X		
		914,39	914,39				
1	Vytápění		12,48	12,48	13,90 %	X	
			127,11	127,11			
	1.1.	Tepelné čerpadlo	10,19	10,19	11,35 %	X	
			103,76	103,76			
		Elektrokotel	2,29	2,29	2,55 %		
		23,35	23,35				
2	Příprava TV		23,41	23,41	26,08 %	X	
			238,48	238,48			
	2.1.	Tepelné čerpadlo	20,09	20,09	22,37 %	X	
			204,58	204,58			
		Elektrokotel	3,33	3,33	3,71 %		
		33,90	33,90				
3	Nucené větrání		4,34	4,34	4,83 %	X	
			44,16	44,16			
	3.1.	Pohon ventilátorů	4,34	4,34	4,83 %	X	
			44,16	44,16			
4	Osvětlení		19,65	19,65	21,89 %	X	
			200,18	200,18			
	3.1.	LED osvětlení	19,65	19,65	21,89 %	X	
			200,18	200,18			
5	Ostatní		29,89	29,89	33,30 %	X	
			304,46	304,46			
	5.1.	Zásuvková spotřeba	28,48	28,48	31,72 %	X	
			290,07	290,07			
	5.2.	Pomocná energie TZB ⁷	1,41	1,41	1,57 %	X	
			14,38	1,41			

Pozn: V tabulce nejsou započteny ostatní měsíční náklady za elektřinu (platba za jistič, stálé platby, činnost OTE). Jedná se tedy pouze o ceny vztahované za spotřebu elektřiny v MWh.

⁷ Pomocná energie TZB zahrnuje veškerou pomocnou energii v daných systémech (pohon oběhových čerpadel pro vytápění, cirkulační čerpadla pro TV, regulace apod.).



Graf 10: Rozdělení spotřeby elektřiny dle užití

Na grafu výše (viz Graf 10) je znázorněno rozdělení spotřeby elektrické energie v budově podle využití elektřiny ze kterého lze konstatovat, že největší podíl z celkové spotřeby elektřiny tvoří zásuvková spotřeba (31,7 %), osvětlení (21,9 %) a příprava teplé vody (26,1 %). Spotřeba elektřiny na pomocnou energii a nucené větrání, která je v jednotkách procent je, vzhledem k celkové spotřebě elektřiny, téměř zanedbatelná. Vzhledem ke skutečnosti, že obálka budovy, která má zásadní vliv na potřebě tepla na vytápění, je navržena s relativně vysokým standardem, tvoří podíl spotřeby elektřiny na vytápění zhruba 13,9 %. Z tohoto rozdělení spotřeby elektřiny budou navrženy příležitosti ke snížení energetické náročnosti budovy navrhnuty tak, aby primárně byla snížena spotřeba na procesy, které vykazují nejvyšší část spotřeby elektřiny v budově.



4.2.4 Ukazatele energetické náročnosti

Podkapitola zahrnuje přehled ukazatelů energetické náročnosti pro výchozí stav energetického hospodářství. Ukazatel energetické náročnosti budovy (EnPI – energy performance indicator) slouží pro vyhodnocení a porovnání energetické náročnosti budovy. Na základě této informace lze poté navrhnout kroky vedoucí k optimalizaci a spotřebě energie. [8]

Zpracovatel auditu nemá k dispozici podružné měření spotřeby energie pro projekt novostavby, které by umožňovalo stanovit přesnou spotřebu energie v daném energetickém hospodářství. Díky této skutečnosti se podle ČSN ISO 50006 [27] výpočet spotřeby energií pro výchozí stav energetické náročnosti budovy a ukazatel energetické náročnosti budovy stanovil na základě výpočtového modelu z dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder a dílčích výpočtů uvedených v energetickém auditu.

Tab. 38: Ukazatel energetické náročnosti dle [21], Přílohy 5

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI						
Energetické hospodářství /ucelená část		Domov pro seniory				
UŽITÍ ENERGIE/SPOTŘEBIČ		UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI (EnPI)				
		Stávající	Navrhovaný	Popis stanovení ukazatele	Ukazatel [jednotka]	Výchozí hodnota EnPI
Energetické hospodářství /ucelená část celkem						
1	Domov pro seniory	-	X	Výpočet spotřeby elektřiny z dynamického modelu	Spotřeba [MWh]	89,78



4.3 Příležitosti ke snížení energetické náročnosti

Rozsah navržených příležitostí ke snížení energetické náročnosti odpovídá cíli a Plánu energetického auditu a jeho rozsah je navržen přiměřený spotřebě energie a potenciálu úspor energie energetického hospodářství. Každá příležitost ke snížení energetické náročnosti je uvedena po ucelených částí, přičemž obsahuje zejména tyto okruhy dané vyhláškou č. 140/2021 Sb. [21]

- Specifikace výchozího stavu

Zahrnuje specifikaci výchozího stavu, ve kterém je definována hranice hodnocené příležitosti ke snížení energetické náročnosti, která zahrnuje spotřeby energie, které jsou realizací této příležitosti ovlivněny. Dále jsou uvedeny a popsány relevantní proměnné, výchozí stav energetické náročnosti, který je stanoven roční spotřebou energie s časovým průběhem minimálně v měsíčním kroku a ukazatele energetické náročnosti a jeho výchozí hodnota. [21]

- Specifikace příležitostí ke snížení energetické náročnosti budovy

Zahrnuje specifikaci příležitostí ke snížení energetické náročnosti budovy, která obsahuje slovní popis navržené příležitosti, identifikaci přínosů a dopadů realizace do výchozího stavu. Dále je popsán odhad finančních nákladů na realizaci, stanovení rizik a nejistot realizace a možnost finanční podpory, je-li relevantní. [21]

- Hodnocení příležitosti ke snížení energetické náročnosti budovy

Hodnocení je uvedeno změnou energetické náročnosti, stanovené roční úsporou spotřeby a změnou časového průběhu, optimálně v měsíčním kroku. Dále jsou uvedeny ukazatele energetické náročnosti po realizaci příležitosti a popis způsobu stanovení přínosů, včetně možných synergických vlivů s ostatními příležitostmi. Na závěr je provedeno ekonomické a ekologické vyhodnocení podle příloh uvedené ve vyhlášce č. 140/2021 Sb. [21]

Příležitostí ke snížení energetické náročnosti se dají obecně rozdělit na 2 základní skupiny:

- opatření týkající se stavebních konstrukcí, zejména pak obálky budovy,
- opatření týkající se technického zařízení budovy (TZB)

Vzhledem tomu, že navržené skladby konstrukcí na obálce budovy jsou navrženy tak, že většina z nich splňují doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ (viz Tab. 18), tak žádné opatření z hlediska stavební části nejsou navržena. Zlepšování tepelně-technických parametrů ochlazovaných konstrukcí by bylo možné, ovšem z časové hlediska dlouhodobě nenávratné.

Příležitosti ke snížení energetické náročnosti budovy byly primárně zaměřeny na technické zařízení budovy a provoz s ním souvisejícím.



4.3.1 Příležitost 1 – Snížení požadované vnitřní teploty na vytápění

4.3.1.1 Specifikace stávajícího (výchozího) stavu

Hranice hodnocené příležitosti

Navrhovaná příležitost představuje snížení požadované vnitřní teploty pro vytápění v celém objektu, kde vnitřní požadovaná teplota pro vytápění, pro výchozí stav, je navržena dle požadavků investora. Snížení požadované vnitřní teploty je uvažováno pro dosažení úspor spotřeby elektřiny na vytápění, při dodržení vnitřní teploty pro vytápění dle příslušných hygienických předpisů.

Relevantní proměnné

Parametry ovlivňující energetickou náročnost příležitosti jsou následující:

- předpokládá se souhlas budoucího provozovatele objektu k realizaci navržené příležitosti,
- u osob žijící v objektu se nepředpokládá snížení tepelného komfortu natolik, aby tato příležitost nebyla uskutečněna,
- spotřeba elektrické energie pro objekt, resp. pro vytápění, vychází z dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder a z výpočtů uvedených v energetickém auditu,
- jednotková cena elektrické energie vychází z aktuálních ceníků z doby zpracování auditu,
- odhad investičních nákladů na realizaci příležitosti vychází z průměrných cen z doby zpracování energetického auditu,
- případné dotační podpory pro danou příležitost nebyly specifikovány.

Výchozí stav energetické náročnosti

Roční spotřeba elektrické energie je na základě výpočtu z kapitoly 4.1. a dynamické simulace definována hodnotou 89,78 MWh/rok. Měsíční průběh spotřeby znázorňuje *Tab. 36 a Graf 8 z Analýzy užití energie* v podkapitole 4.2.2. Roční spotřeba a úspora energie je následně porovnána v ekonomickém hodnocení navrhované příležitosti.

Ukazatel energetické náročnosti

Ukazatel energetické náročnosti je definován na základě vypočtené celkové roční spotřeby elektrické energie. Hodnota pro výchozí stav je 89,78 MWh/rok.

4.3.1.2 Specifikace Příležitosti 1

Popis navrhované příležitosti

Navrhovaná příležitost představuje snížení požadované vnitřní teploty na vytápění v jednotlivých místnostech v objektu. V současné době je požadovaná vnitřní teplota na vytápění v bytových jednotkách, zázemí pro personál, společenských místnostech a v jídelně stanovena na 22 °C s útlumem přes noc na 20 °C, resp. na chodbách na 18 °C s útlumem přes noc na 15 °C.



Pro dosažení úspor dodané energie na vytápění je navržena požadovaná vnitřní teplota pro vytápění dle ČSN EN 12831 [29] pro daný typ objektu podle následující Tab. 39.

Tab. 39: Vnitřní výpočtová teplota pro místnosti dle [29], upraveno

Druh vytápěné místnosti	Výpočtová vnitřní teplota t_i [°C]
Domovy důchodců	
Obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, kuchyně	20
Vytápěné vedlejší místnosti (předsíně, chodby aj.)	15

Celkový souhrn požadované vnitřní teploty pro trvalé a přerušované vytápění pro výchozí a návrhový stav, resp. pro danou příležitost ke snížení energetické náročnosti budovy, můžeme vidět v následující Tab. 40.

Tab. 40: Porovnání požadované teploty pro vytápění

POROVNÁNÍ POŽADOVANÉ VNITŘNÍ TEPLoty PRO VYTÁPĚNÍ				
Název zóny pro snížení požadované vnitřní teploty pro vytápění	Výchozí stav		Návrhový stav	
	Trvalé vytápění [°C]	Přerušované vytápění [°C]	Trvalé vytápění [°C]	Přerušované vytápění [°C]
Pobytové jednotky	22	20	20	18
Chodby	18	15	15	13
Zázemí pro personál	22	20	20	18
Společenské místnosti	22	20	20	18
Jídelna	22	20	20	18
Technická místnost	-	-	-	-

Vlivem snížení požadované vnitřní teploty na vytápění se sníží i počet dnů, kdy je potřeba tepla na vytápění. Vlivem této skutečnosti je poté snížena také celková spotřeba elektrické energie na pohon oběhových čerpadel. Celkový počet otopných dnů je dle dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder stanoven na 199 dnů. Celková roční spotřeba pomocné energie je poté dopočtena dle vztahu (12)

$$Q_{aux,H} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot [(171 + 1,0 + 0) \cdot (24 \cdot 199)] = 821,47 \text{ kWh/a}$$

Identifikace přínosů a dopadů realizace

Snížení vnitřní požadované teploty na vytápění bude přímo ovlivněna spotřeba elektrické energie na vytápění. Úspora elektrické energie vzniká díky nižší potřebě tepla na vytápění, díky snížení požadované vnitřní teploty v každé místnosti o 2 °C.



Odhad finančních nákladů na realizaci

Celkové investiční náklady (viz Tab. 41) zahrnují především zaregulování otopné soustavy a otopných těles pomocí termostatických hlavic v objektu pověřenou obsluhou. Investiční náklady vychází z cenových nabídek a rozpočtů z doby zpracování energetického auditu a byly odhadnuty na 50 000,- Kč bez DPH.

Tab. 41: Odhadované investiční náklady na realizaci Příležitosti 1

INVESTIČNÍ NÁKLADY NA REALIZACI PŘÍLEŽITOSTI		SNÍŽENÍ POŽADOVANÉ VNITŘNÍ TEPLoty			
Energetické hospodářství		Novostavba domova pro seniory			
Číslo	Položka	MJ	Množství	Cena bez DPH	Kč celkem
		[-]	[ks]	[Kč / MJ]	[Kč]
1	Materiál				
1.1.	Neobsahuje	-	-	-	0
	Celkem za materiál				0,00 Kč
2	Práce				
2.1.	Zaregulování otopného systému a těles <i>/cca 50 místností (odhad ceny)</i>	kpl	1	50 000,00	50 000,00
	Celkem za práci				50 000,00 Kč
	Celkem investičních nákladů na realizaci příležitosti (cena bez DPH)				50 000,00 Kč
	Celkem investičních nákladů na realizaci příležitosti (cena s 21 % DPH)				60 500,00 Kč

Stanovení rizik a nejistot realizace

Mezi hlavní rizika příležitosti patří zejména neodborné zaregulování otopné soustavy, včetně otopných těles nezpůsobilou osobou. Z tohoto důvodu je doporučeno při realizaci příležitosti spolupracovat se specialistou v oboru měření a regulace (MaR) a zasvětit ho do daného problému.

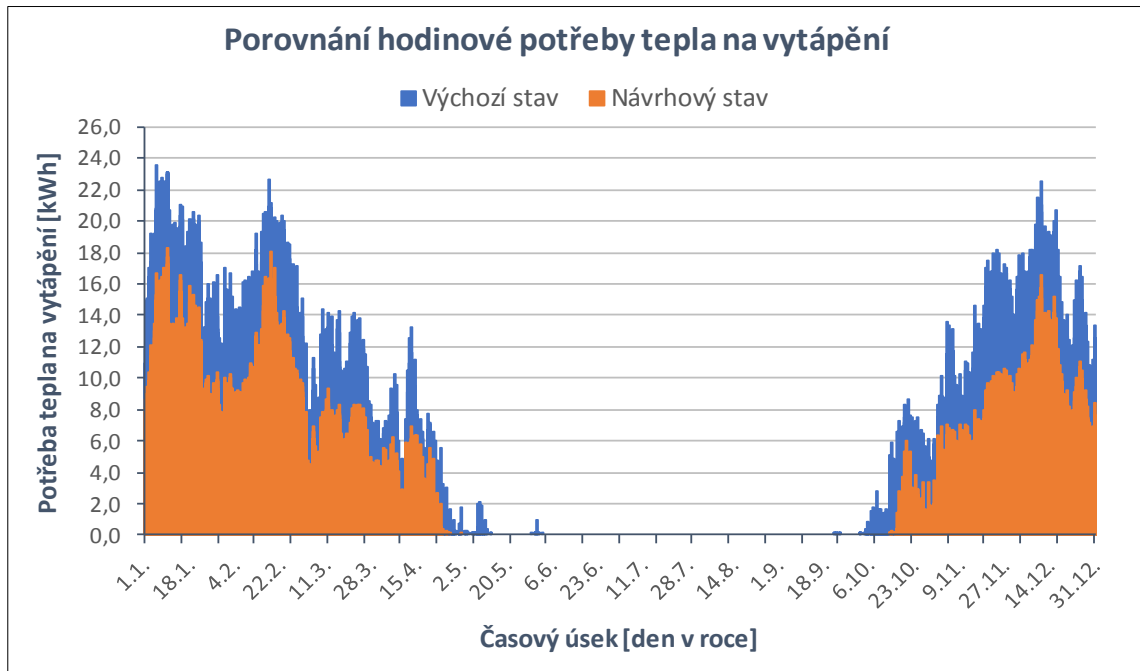
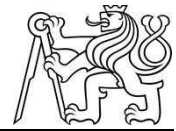
Dalším rizikem může být neodborný zásah do regulace, především otopných těles, osobami, které by cítili nižší tepelný diskomfort.

Možnosti finanční podpory realizace

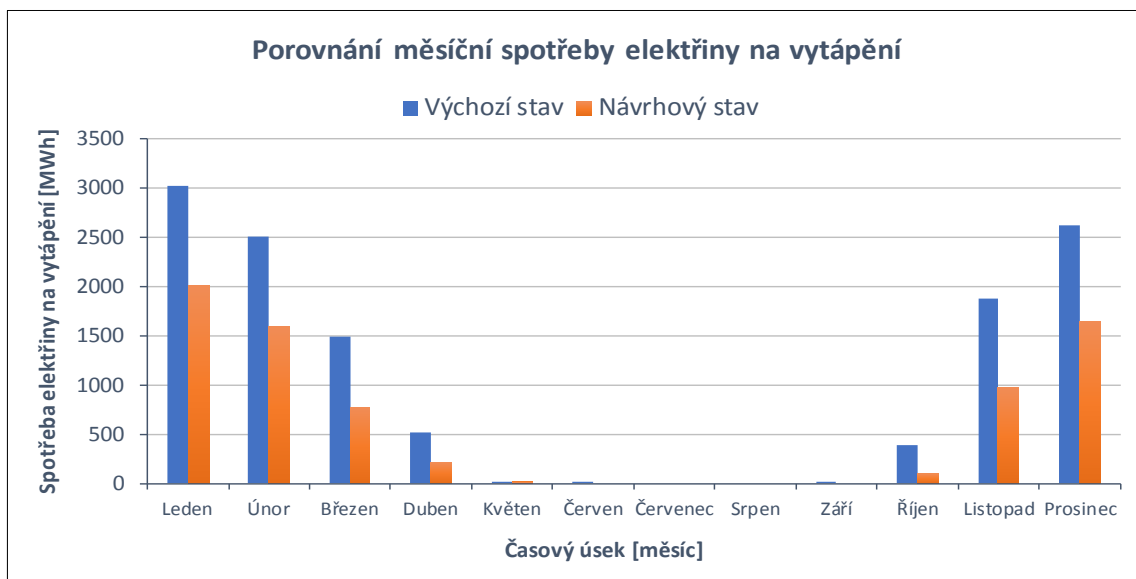
V Plánu energetického auditu není stanovena žádná finanční podpora, a proto tato příležitost finanční podporu nezahrnuje.

4.3.1.3 Hodnocení Příležitosti 1

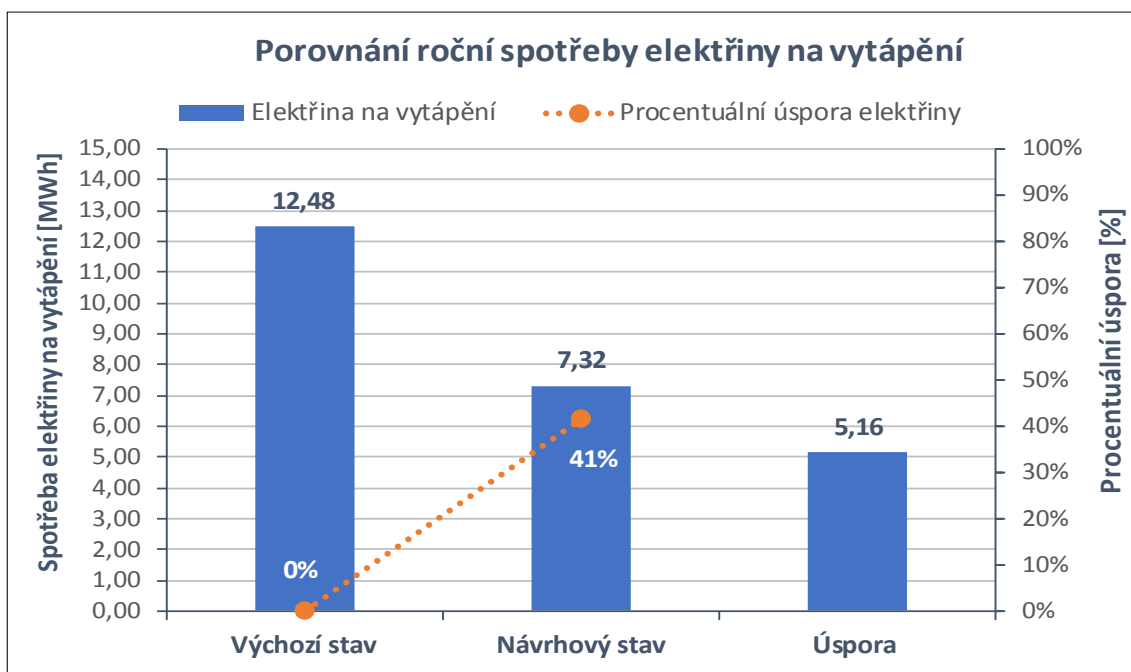
Cílem příležitosti ke snížení energetické náročnosti budovy bylo snížit požadovanou vnitřní teplotu na vytápění v jednotlivých zónách v objektu, a tím také snížit související potřebu tepla na vytápění. Rozdíl potřeby tepla na vytápění oproti výchozímu stavu můžeme vidět v grafu níže (viz Graf 11). Z tohoto předpokladu došlo také ke snížení celkové spotřeby elektrické energie na vytápění o rozdíl, který můžeme vidět na následujících grafu níže (viz Graf 12) a zároveň lze pozorovat procentuální úsporu elektřiny na vytápění oproti výchozímu stavu (viz Graf 13). Ostatní spotřeba elektřiny pro technické systémy v budově zůstává, oproti výchozímu stavu, neměnná.



Graf 11: Porovnání hodinové potřeby tepla na vytápění pro výchozí stav a Příležitost 1

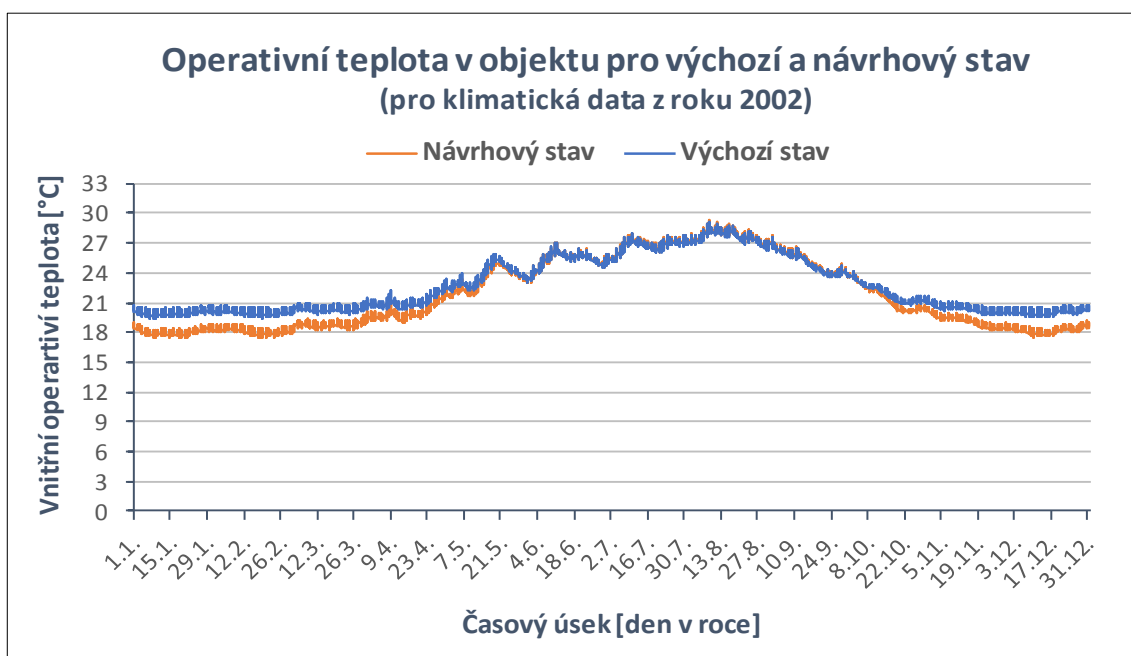


Graf 12: Porovnání měsíční spotřeby elektrické energie na vytápění pro výchozí stav a Příležitost 1

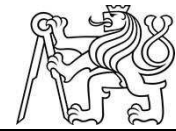


Graf 13: Porovnání roční spotřeby a úspory elektřiny na vytápění pro výchozí stav a Příležitost 1

Následující Graf 14 znázorňuje porovnání průměrné vnitřní operativní teploty v objektu během celého roku. Operativní vnitřní teplota zohledňuje teplotu vzduchu a střední radiální teplotu, která v sobě zahrnuje teplotu okolních ploch s různou povrchovou teplotou. Výpočtově se tato teplota rovná aritmetickým průměrem teploty vzduchu a střední radiální teploty a v praxi se přibližně rovná výsledné teplotě, která se měří kulovým teploměrem.



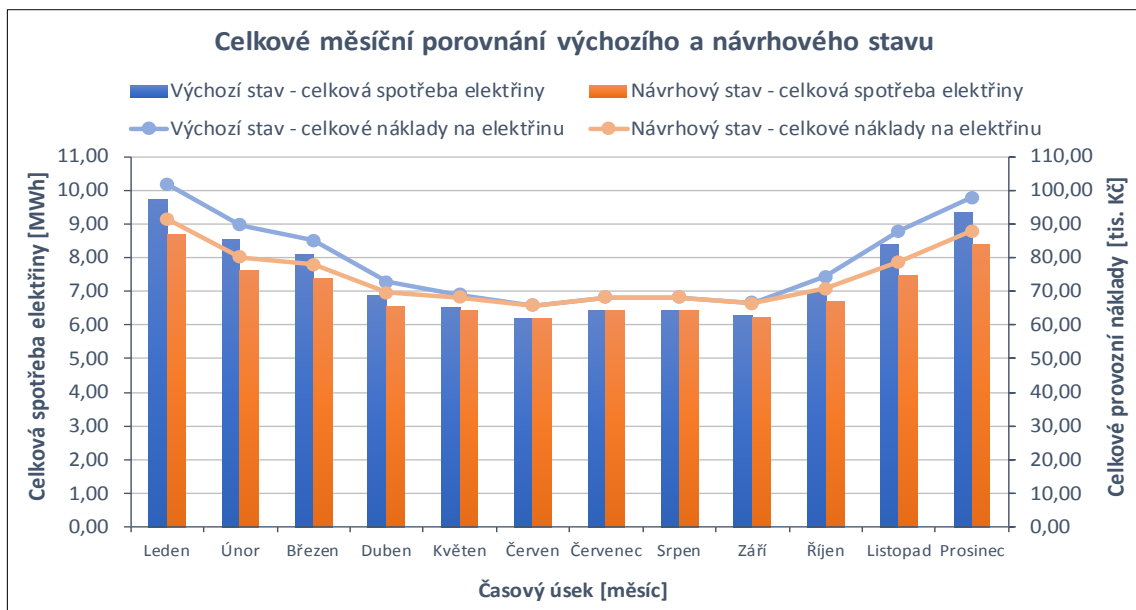
Graf 14: Porovnání průměrné vnitřní operativní teploty pro výchozí stav a Příležitost 1



Z grafu lze pozorovat, že průměrná vnitřní operativní teplota v objektu je ve výchozím stavu cca 22,8 °C. Naopak v navrhované Příležitosti 1 dochází ke snížení průměrné vnitřní operativní teploty v objektu o 0,8 °C, a to na 22,0 °C, vlivem snížení požadované vnitřní teploty na vytápění. Z těchto výsledků lze konstatovat, že při snížení vnitřní teploty v budově o cca 1 °C můžeme očekávat úsporu celkové elektrické energie o zhruba 6 %. Těto úspoře poté odpovídá také snížení nákladů na vytápění o zhruba 54 000,- Kč za rok (*podrobněji viz Tab. 42*).

Ekonomické hodnocení Příležitosti 1

Pro navrhovanou příležitost dochází ke snížení potřeby tepla na vytápění a s ní také k úspoře elektrické energie na vytápění. Roční, resp. měsíční úspory elektrické energie oproti výchozímu stavu můžeme vidět na následujícím grafu (*viz Graf 15*) a v *Tab. 42* níže.



Graf 15: Celkové měsíční porovnání výchozího stavu a Příležitosti 1



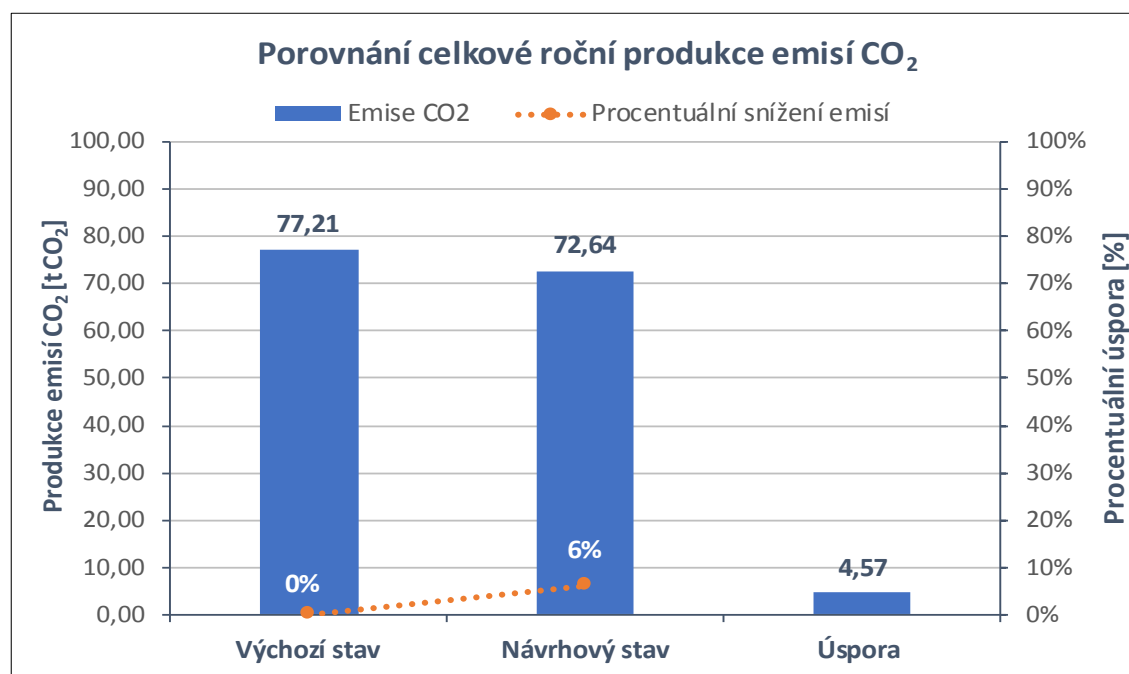
Tab. 42: Celková měsíční bilance výchozího stavu a Příležitosti 1

CELKOVÁ MĚSÍČNÍ BILANCE VÝCHOZÍHO A NÁVRHOVÉHO STAVU						
Měsíc	Výchozí stav		Návrhový stav		Úspora	
	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celkové provozní náklady [tis. Kč]	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celkové provozní náklady [tis. Kč]	Celkové elektřiny [MWh]	Celkových provozních nákladů [tis. Kč]
Leden	9,74	101,87	8,71	91,44	1,02	10,42
Únor	8,53	89,58	7,61	80,19	0,92	9,38
Březen	8,10	85,17	7,38	77,87	0,72	7,30
Duben	6,88	72,75	6,56	69,52	0,32	3,23
Květen	6,51	68,99	6,42	68,13	0,08	0,85
Červen	6,19	65,80	6,18	65,70	0,01	0,10
Červenec	6,42	68,13	6,42	68,13	0,00	0,00
Srpen	6,42	68,14	6,42	68,14	0,00	0,00
Září	6,27	66,53	6,24	66,28	0,02	0,25
Říjen	7,02	74,25	6,69	70,84	0,34	3,42
Listopad	8,37	87,93	7,46	78,65	0,91	9,28
Prosinec	9,34	97,79	8,36	87,90	0,97	9,89
Celkem	89,78	946,93	84,46	892,81	5,31	54,13
Roční úspora z celkové spotřeby energie					5,92%	

Ekologické vyhodnocení Příležitosti 1

Výpočet roční produkce emisí CO₂ je proveden podle vztahu (16) z podkapitoly 4.1.5. Následující graf reprezentuje porovnání celkové roční produkce CO₂ u dané příležitosti a procentuální snížení emisí CO₂ oproti výchozímu stavu.

$$\text{produkce CO}_2 = 84,46 \cdot 0,860 = 72,64 \text{ t CO}_2/\text{a}$$



Graf 16: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 1



Tab. 43: Celková roční produkce emisí CO₂ pro výchozí stav a Příležitost 1

CELKOVÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ CO ₂ PRO VÝCHOZÍ A NÁVRHOVÝ STAV		
Roční produkce emisí CO ₂ pro výchozí stav	77,21	t CO ₂ /rok
Roční produkce emisí CO ₂ pro navrhovanou příležitost – návrhový stav	72,64	t CO ₂ /rok
Roční snížení produkce emisí CO ₂	4,57	t CO ₂ /rok
Roční úspora produkce emisí CO ₂	5,92	%

Vyhodnocení dílčí Příležitosti 1 dle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Z hlediska bilance navržené příležitosti ke snížení energetické náročnosti není splněna podmínka minimální úspory 10 % z celkové spotřeby energie energetického hospodářství, resp. 10 % v celkové produkci emisí CO₂ podle vyhlášky č. 140/2021 Sb. [21]

Navržená daná příležitost ke snížení energetické náročnosti **NEVYHOVUJE**



4.3.2 Příležitost 2 – Instalace solárního fotovoltaického systému (FVE)

4.3.2.1 Specifikace stávajícího (výchozího) stavu

Hranice hodnocené příležitosti

Navrhovaná příležitost představuje instalaci solárního fotovoltaického systému (FVE) na plochou střechu objektu v provedení BAPV (Building Applied Photovoltaics), tj. instalace na střešní souvrství. Vyrobená elektrická energie z FVE je určena pouze pro pokrytí vlastní spotřeby elektrické energie v objektu. Dále bude umožněno ukládání případných přebytků elektrické energie do bateriového uložení, který bude sloužit pro pokrytí případných špiček odběru elektrické energie v době, kdy bude nižší produkce FVE. Kapacita baterií bude navržena tak, aby nedocházelo k přetokům elektřiny, v případě dosažení maximální kapacity bateriového uložení, do distribuční sítě.

Relevantní proměnné

Parametry ovlivňující energetickou náročnost příležitosti jsou následující:

- příležitost předpokládá souhlas budoucího provozovatele objektu k realizaci navržené příležitosti,
- příležitost předpokládá kladné souhlasné stanovisko všech dotčených orgánů k instalaci díla,
- spotřeba elektrické energie v objektu vychází z dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder a z výpočtů uvedených v energetickém auditu,
- jednotková cena elektrické energie vychází z aktuálních ceníků z doby zpracování auditu,
- průběh spotřeby elektrické energie vychází z dynamické simulace v hodinovém kroku výpočtu,
- produkce elektrické energie z fotovoltaické elektrárny vychází z dynamické simulace v hodinovém kroku výpočtu na základě komponentů navrhovaného systému FVE a z klimatických dat nejbližší meteorologické stanice převzaté ze softwaru DesignBuilder pro rok 2002,
- technické parametry navržených komponent FV systému jsou uvažovány na základě technických listů od daných výrobců,
- odhad investičních nákladů na realizaci příležitosti vychází z průměrných cen z doby zpracování energetického auditu,
- případné dotační podpory pro danou příležitost nebyly specifikovány.

Výchozí stav energetické náročnosti

Roční spotřeba elektrické energie je na základě výpočtu z kapitoly 4.1 a dynamické simulace definována hodnotou 89,78 MWh/rok. Měsíční průběh spotřeby znázorňuje *Tab. 36* a *Graf 8* z *Analýzy užití energie* v podkapitole 4.2.2. Roční spotřeba a úspora energie je následně porovnána v ekonomickém hodnocení navrhované příležitosti.



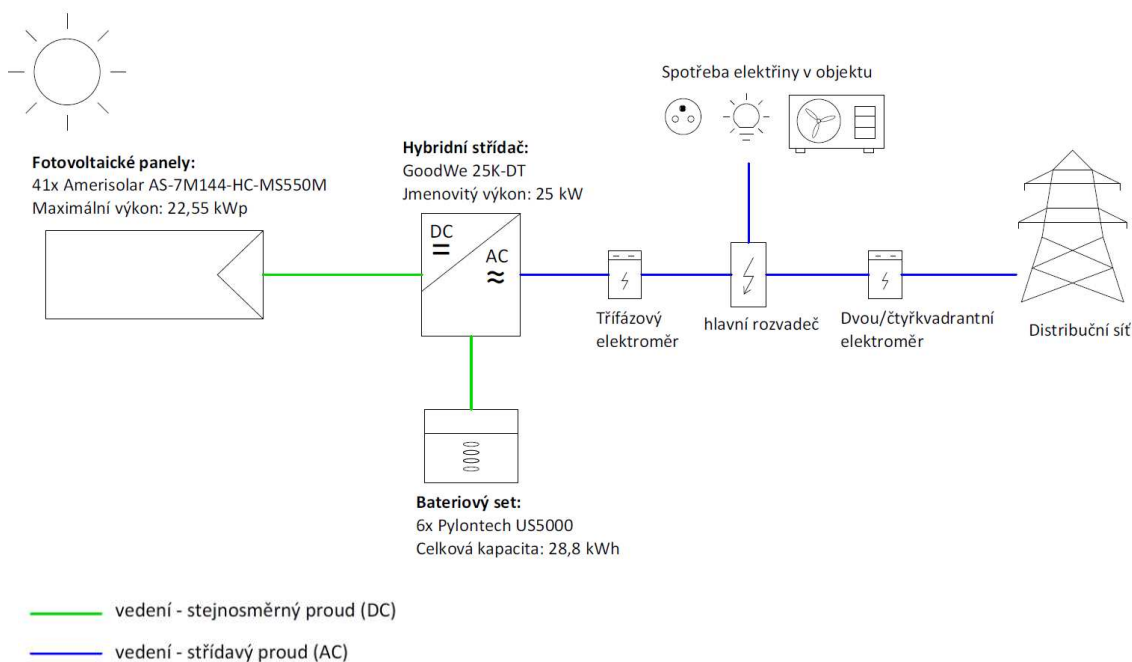
Ukazatel energetické náročnosti

Ukazatel energetické náročnosti je definován na základě vypočtené celkové roční spotřeby elektrické energie. Hodnota pro výchozí stav je 89,78 MWh/rok.

4.3.2.2 Specifikace Příležitosti 2

Popis navrhované příležitosti

Na ploché střeše objektu (nad 3.NP) je navržena fotovoltaická elektrárna o celkovém počtu 41 ks fotovoltaických (FV) panelů s dílčím maximálním výkonem 1 panelu 550 Wp (např. Amerisolar AS-7M144-HC-MS550M). Celkový maximální výkon FVE je pak 22,55 kWp. Plocha 1 FV panelu je 2,58 m². Celková zastavěná plocha FV panelů na střeše je poté 105,78 m². K systému bude připojen hybridní 3-fázový asymetrický střídač (měnič) o výkonu 25 kW (např. GoodWe 25K-DT), který bude umožňovat přeměnu stejnosměrného proudu (DC) z FV panelů na střídavý proud (AC) a dodávat elektrickou energii individuálně do každé fáze podle aktuální potřeby v budově. Fotovoltaická elektrárna bude umožňovat ukládání případných přebytků ve formě elektrické energie do bateriového setu (např. 6x Pylontech US5000) o celkové jmenovité kapacitě 28,8 kWh. Střídač a bateriový set bude umístěn v technické místnosti v 1.NP. Zapojení FV panelů, střídače a bateriového setu bude provedeno v tzv. DC-coupling systému, kdy FV panely a baterie jsou připojeny ke stejnému střídači.

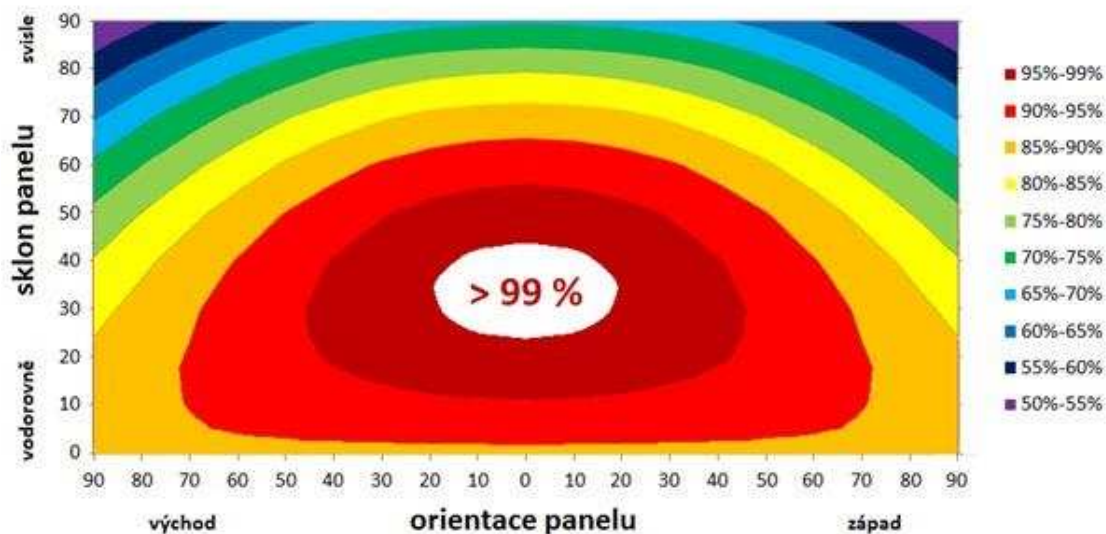


Obr. 18: Schéma zapojení fotovoltaického systému

Pro zajištění maximálního využití solárních zisků, a tím i maximální produkce elektrické energie, budou FV panely umístěny na systémové konstrukci se sklonem 35° s orientací na jih. Tento sklon byl zvolen na základě Obr. 19 níže, který znázorňuje produkci energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu.

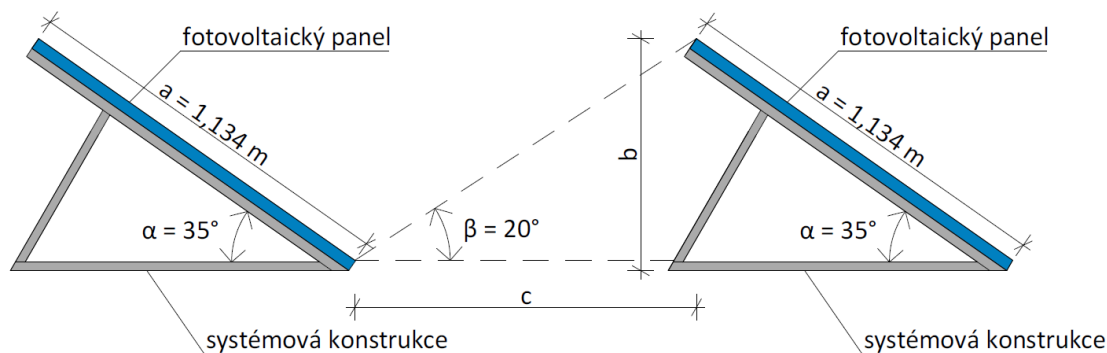


Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu



Obr. 19: Produkce energie v závislosti na sklonu a orientaci FV panelu [14]

Velikost fotovoltaické elektrárny se volila podle maximální možné dispoziční plochy na ploché střeše nad 3.NP. Pro maximální možný počet instalace FV panelů budou panely instalované „naležato“ z důvodu menšího rozestupu mezi panely, kvůli stínění, oproti instalaci „navislo“. Pro zamezení stínění jednotlivých panelů byl dopočten minimální rozstup FV panelů mezi sebou. Výpočet byl proveden i pro velmi nízký úhel 20°, pod kterým dopadají sluneční paprsky na FV panely v ranních a večerních hodinách, tak aby byla umožněna produkce elektřiny i v těchto hodinách. Výsledná vzdálenost rozestupu byla stanovena na 1,8 m ze vztahů níže.



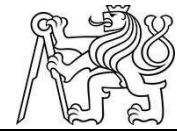
Obr. 20: Schématické zakreslení rozestupu FV panelů

Na Obr. 20 výše je minimální rozstup FV panelů od sebe naznačen písmenem „c“. Pro zjištění rozestupu je nutné znát výšku panelu označené písmenem „b“, která je dána funkcí šířky panelu a úhlu α , který je dán sklonem systémové konstrukce, v tomto případě 35°.

$$b = \sin(\alpha) \cdot a \quad (17)$$

$$b = \sin(35^\circ) \cdot 1,134$$

$$b = 0,650 \text{ m}$$



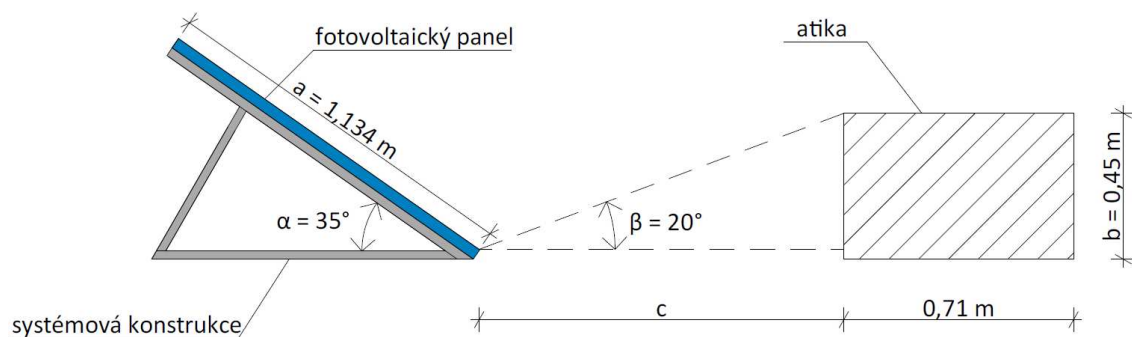
Nyní můžeme dopočítat neznámou vzdálenost „c“, která je dána funkcí výšky panelu „b“ a úhlu β , který reprezentuje úhel, pod kterým dopadají sluneční paprsky na FV panely (Obr. 20). Pro zamezení stínění i v ranních a večerních hodinách je uvažován velmi nízký úhel β , a to 20° .

$$c = \frac{b}{\operatorname{tg}(\beta)} \quad (18)$$

$$c = \frac{0,650}{\operatorname{tg}(20^\circ)}$$

$$c = 1,786 \text{ m} \cong 1,8 \text{ m}$$

Obdobným způsobem byla také dopočtena minimální vzdálenost 1. řady FV panelů od atiky, která je naprojektována s výškou 450 mm od vrchní vrstvy střešního souvrství a s tloušťkou 710 mm. Celková vzdálenost rozestupu byla stanovena na 1,3 m.



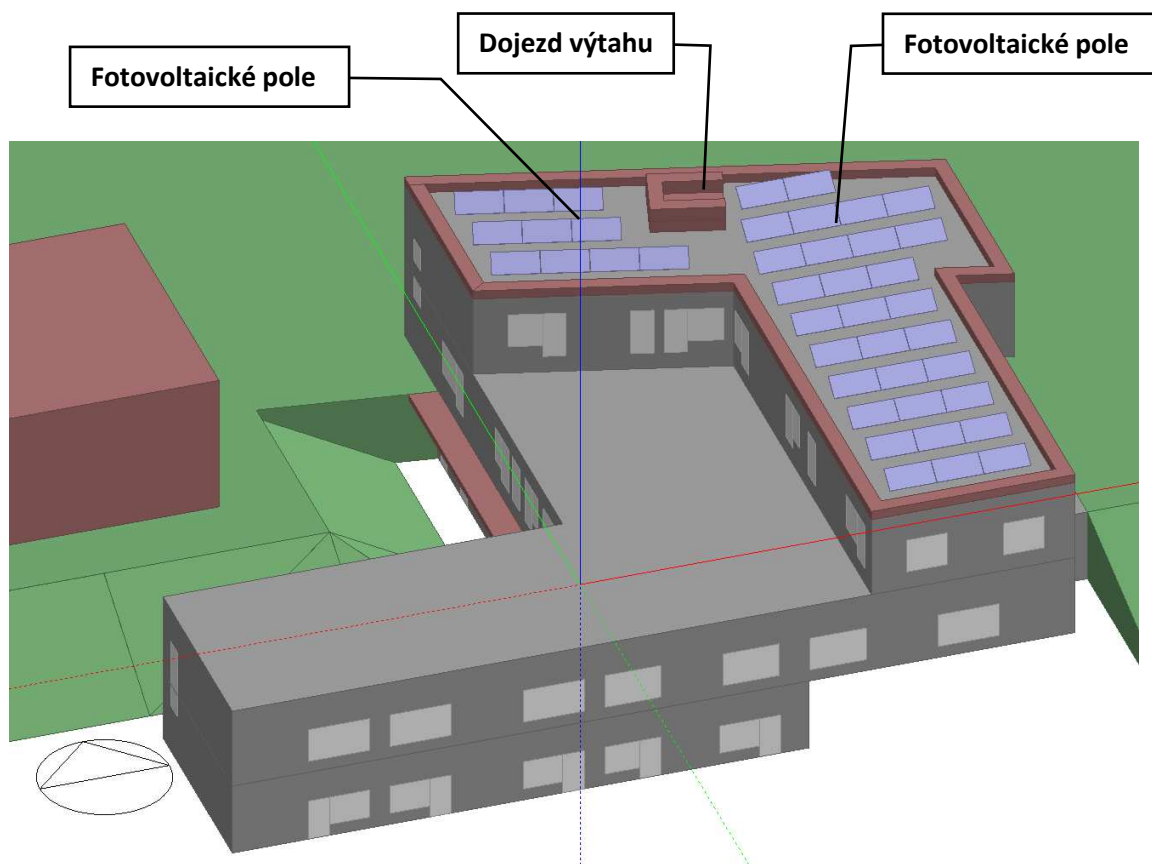
Obr. 21: Schématické zakreslení rozestupu FV panelů od atiky

$$c = \frac{b}{\operatorname{tg}(\beta)}$$

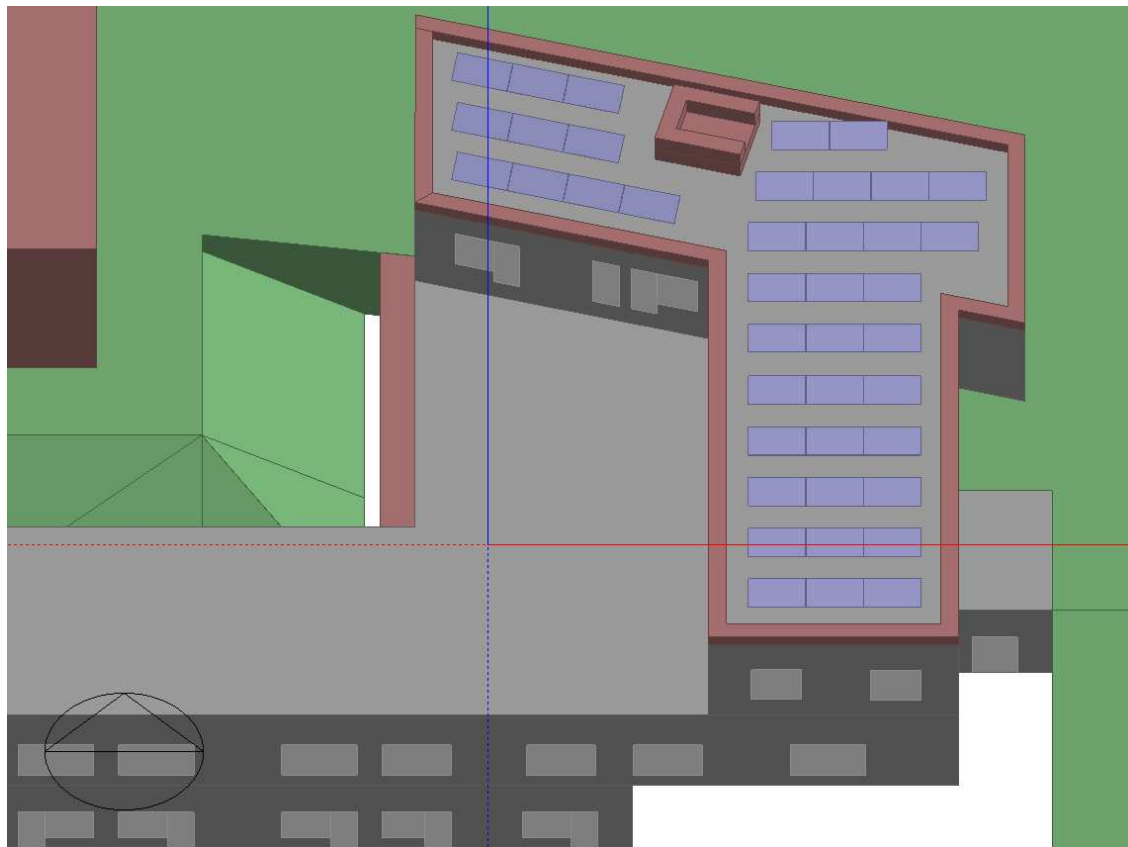
$$c = \frac{0,45}{\operatorname{tg}(20^\circ)}$$

$$c = 1,236 \text{ m} \cong 1,3$$

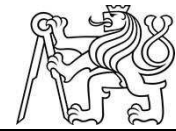
Na následujícím Obr. 22, resp. Obr. 23 je vidět možné rozložení FV panelů na střeše objektu v softwaru DesignBuilder, ve kterém jsou znázorněny také ostatní prvky na střeše, konkrétně atika a dojezd výtahové šachty.



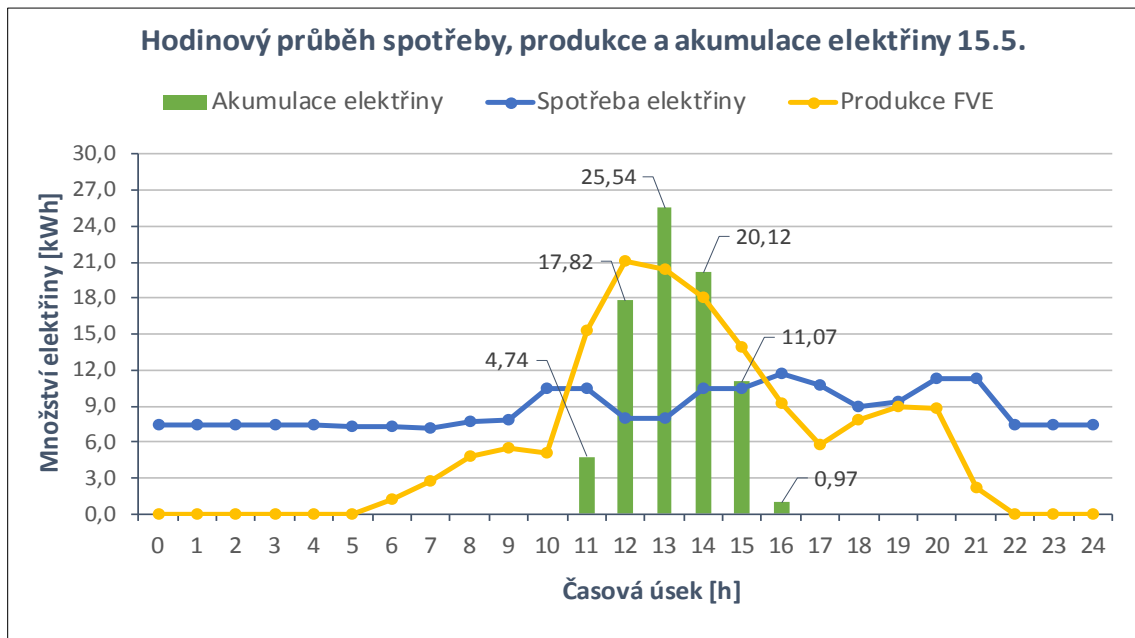
Obr. 22: Rozmístění fotovoltaických panelů na střeše v DesignBuilderu



Obr. 23: Pohled na střechu s rozmístěním FV panelů v DesignBuilderu



Jmenovitý výkon střídače (25 kW) byl stanoven na základě celkové maximální hodinové spotřeby elektrické energie v budově (na straně AC), která činí 19,86 kW a na základě maximální hodinové produkce elektřiny z FVE (na straně DC), která činí 21,38 kW. Velikost bateriového setu byla stanovena na základě rozdílu hodinové celkové spotřeby elektřiny v budově a hodinové produkce elektrické energie z FVE s případnými přebytky elektrické energie z předchozích hodin. Následně byla vyhledána nejvyšší hodnota přebytků elektrické energie z FVE, která činí 25,54 kWh (viz Graf 17). Na základě této hodnoty byl navrhnutý bateriový set o maximální kapacitě 28,8 kWh. Nejvyšší hodnota přebytků elektrické energie z FVE, která je následně akumulována, vychází na základě klimatických dat z roku 2002, celkové hodinové spotřeby a produkce FVE na měsíc květen, konkrétně na 15.5. Průběh hodinové spotřeby, produkce a akumulace elektrické energie ve zmíněný den můžeme vidět na následujícím grafu níže. Pro povoz FV systému je dále uvažována průměrná vlastní spotřeba elektrické energie, především střídače, ve výši 10 W a ztráty v kabelovém vedení ve výši 3 %.

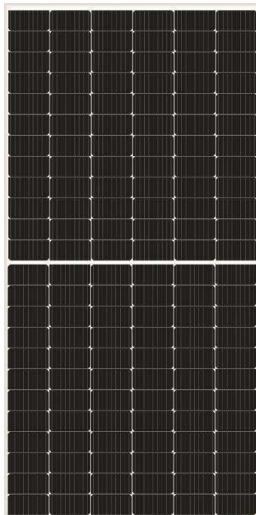


Graf 17: Hodinový průběh spotřeby, produkce a akumulace elektrické energie 15.5 (pro rok 2002)



Na následujících obrázcích jsou uvedeny jednotlivé komponenty FV systému a jejich technické parametry použité pro výpočet produkce elektrické energie v hodinovém kroku výpočtu v softwaru DesignBuilder.

Fotovoltaické panely: Amerisolar AS-7M144-HC-MS550M [11]



- Typ článku: krystalický křemík
- Počet článků v sérii: 72 ks
- Aktivní plocha panelu: 2,30 m²
- Zkratový proud panelu při standardních podmínkách: 13,94 A
- Napětí naprázdno při standardních podmínkách: 50 V
- Proud v bodě maximálního výkonu panelu: 13,16 A
- Napětí v bodě maximálního výkonu panelu: 41,8 V
- Teplotní koeficient pro zkratový proud: 0,001 A/K
- Teplotní koeficient pro napětí naprázdno: -0,140 V/K
- Jmenovitý výkon: 550 Wp

Obr. 24: Fotovoltaický panel Amerisolar AS-7M144-HC-MS550M [11]

3-fázový hybridní střídač: GoodWe 25K-DT [12]



- Evropská euro účinnost: 98,1 %
- Jmenovitý výkon: 25 kW
- Maximální napětí střídavým proudem (AC): 25 kW
- Maximální napájení stejnosměrným proudem (DC): 25,8 kW

Obr. 25: 3-fázový hybridní střídač GoodWe 25k-DT [12]

Bateriový set: 5x Triple power T-BAT H 5.8 [13]



- Jmenovitá energetická účinnost pro nabíjení: 95 %
- Jmenovitá energetická účinnost pro vybíjení: 95 %
- Maximální kapacita: 28,8 kWh
- Maximální výkon pro vybíjení: 16 050 W
- Maximální výkon pro nabíjení: 16 050 W
- Výchozí stav nabití: 2,88 kWh (při 90 % přípustné hloubce vybíjení)

Obr. 26: Bateriový set Triple power T-BAT H 5.8 [13]



Identifikace přínosů a dopadů realizace

Instalace fotovoltaické elektrárny, jako vlastní zdroj elektrické energie, přímo ovlivní množství odebírané elektrické energie z distribuční sítě. FVE je navržena tak, aby veškerá vyrobená elektrická energie byla využita na pokrytí vlastní spotřeby elektrické energie v budově a nedocházelo k přetokům elektrické energie do distribuční sítě.

Odhad finančních nákladů na realizaci

Celkové investiční náklady (viz Tab. 44) zahrnují především cenu za materiál jednotlivých komponent a příslušenství pro fotovoltaickou elektrárnu, cenu za práci a dopravu. Investiční náklady vycházejí z cenových nabídek a rozpočtů z doby zpracování energetického auditu a byly odhadnuty na 757 815,90,- Kč bez DPH.

Tab. 44: Odhadované investiční náklady na realizaci Příležitosti 2

INVESTIČNÍ NÁKLADY NA REALIZACI PŘÍLEŽITOSTI		INSTALACE FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁNY (FVE)			
Energetické hospodářství		Novostavba domova pro seniory			
Číslo	Položka	MJ	Množství	Cena bez DPH	Kč celkem
		[-]	[ks]	[Kč / MJ]	[Kč]
1	Materiál				
1.1.	Fotovoltaický panel <i>/Amerisolar AS-7M144-HC-MS550M</i>	ks	41	5 972,00	244 852,00
1.2.	3-fázový asymetrický střídač <i>/GoodWe 25K-DT</i>	ks	1	61 201,00	61 201,00
1.3.	Bateriový set <i>/6x Pylontech US5000</i>	ks	6	39 802,00	238 812,00
1.4.	Systémová hliníková konstrukce <i>/včetně příslušenství</i>	ks	41	1 150,00	47 150,00
1.5.	Kabelové příslušenství <i>/odhad délky 150 m</i>	m	150	150,00	22 500,00
1.6.	Rozvadeč pro FVE	ks	1	18 500,00	18 500,00
	Celkem za materiál				633 015,00 Kč
2	Práce				
2.1.	Montáž konstrukce FV panelů <i>/včetně osazení a zapojení FV panelů</i>	kpl	41	1 000,00	41 000,00
2.2.	Doprava technologie	kpl	1	10 000,00	10 000,00
2.3.	Dokumentace skutečného provedení	kpl	1	8 500,00	8 500,00
2.4.	Autorský dozor projektanta	kpl	1	3 000,00	3 000,00
2.5.	Revize	kpl	1	4 000,00	4 000,00
2.6.	Celková prohlídka elektrického rozvodu a zařízení <i>/zařízení do milionu Kč</i>	kpl	1	4 500,00	4 500,00
2.7.	Montáž rozvadeče	kpl	1	1 000,00	1 000,00
2.8.	Montáž kabelového příslušenství	m	150	150,00	22 500,00
2.9.	Práce za montáž <i>/dopojení systému a komponentů (odhad 30% z ceny)</i>	kpl	1	30 300,90	30 300,90
	Celkem za práci				124 800,90 Kč
	Celkem investičních nákladů na realizaci příležitosti (cena bez DPH)				757 815,90 Kč
	Celkem investičních nákladů na realizaci příležitosti (cena s 21 % DPH)				916 957,24 Kč



Stanovení rizik a nejistot realizace

Mezi hlavní rizika příležitosti, které mohou ovlivnit produkci elektrické energie patří zejména nevhodný výběr a neodborná instalace FV panelů a jejich vzájemné pospojování mezi sebou, nedostatečné mezery mezi panely, nedostatečné ukotvení FV panelů k systémové konstrukci a s tím související ukotvení systémové konstrukce ke střeše, popř. její přetížení. Dalším rizikem je absence prvků pro ochranu proti nadproudu a přepětových ochran a výběr nevhodného střídače, popř. bateriového setu a jejich zapojení do systému.

Mezi další skupinou rizik, které mohou vzniknout v průběhu provozu, patří nedostatečná údržba systému (nedostatečné čištění, odstraňování námrazy na povrchu panelů atd.). V poslední řadě mohou vzniknout závady způsobené při dopravě jednotlivých komponent a při manipulaci. Z těchto důvodů je nutné, aby instalaci fotovoltaické elektrárny prováděla kvalifikovaná firma s patřičnými zkušenostmi.

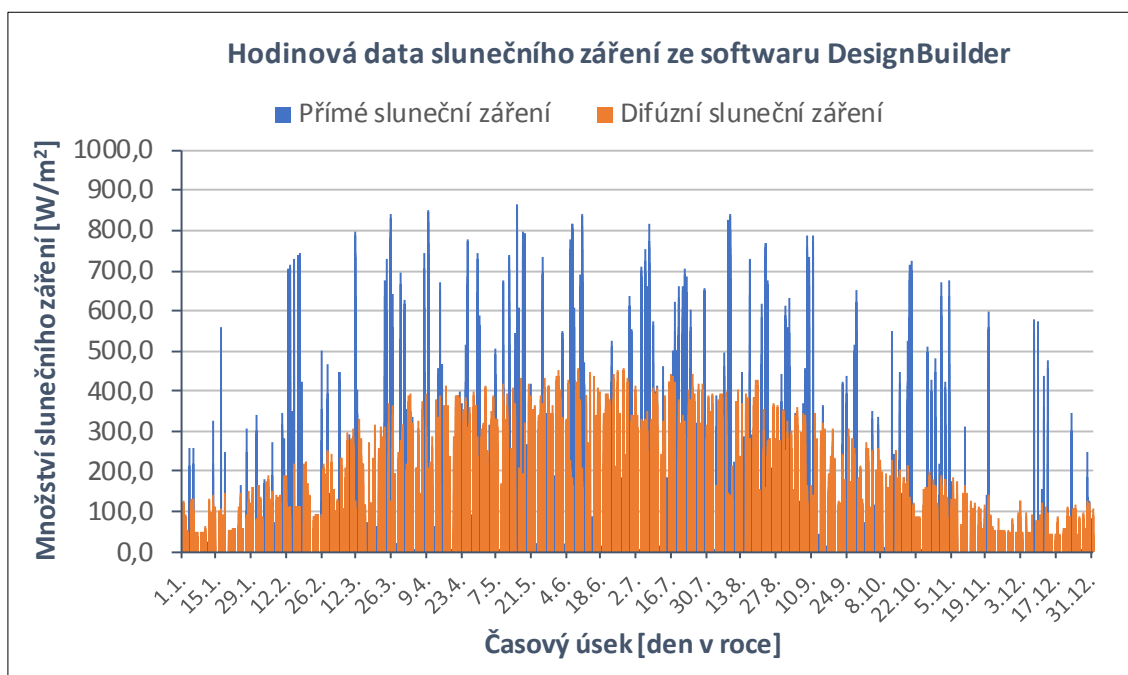
Před samotnou instalací FV panelů na střechu objektu je také nutné posoudit statickou únosnost střešní konstrukce z hlediska hmotnosti samotných FV panelů a systémové konstrukce, ale také pro možnost přetížení systémové konstrukce. V neposlední řadě je důležité posoudit stabilitu FV panelů vůči dynamickým vlivům větru. Proto je doporučeno před realizací FVE k dané problematice přizvat oprávněnou osobu (statik).

Možnosti finanční podpory realizace

V Plánu energetického auditu není stanovena žádná finanční podpora, a proto tato příležitost finanční podporu nezahrnuje.

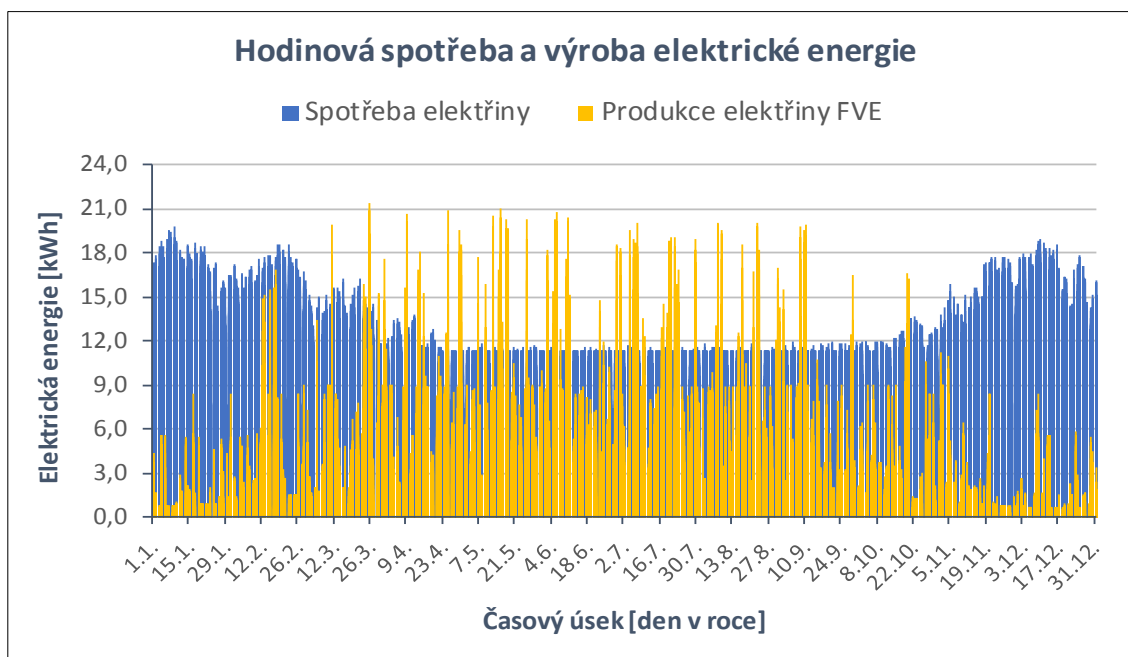
4.3.2.3 Hodnocení Příležitosti 2

Cílem příležitosti ke snížení energetické náročnosti budovy byla instalace vlastního zdroje elektrické energie – fotovoltaické elektrárny, pro snížení odebrané elektrické energie z distribuční sítě. Celková produkce elektrické energie byla na základě navržené velikosti FVE a technických parametrů jednotlivých komponentů vypočítána v softwaru DesignBuilder v hodinovém kroku výpočtu. Důležité je zmínit, že hodnoty hodinové produkce FVE jsou přímo závislé na klimatických podmínkách, konkrétně na množství dopadajícího slunečního záření na plochu FV panelů v dané hodině. Pro výpočet byla použita klimatická data z nejbližší meteorologické stanice – Praha/Ruzyně z roku 2002 z databáze ze softwaru DesignBuilder.

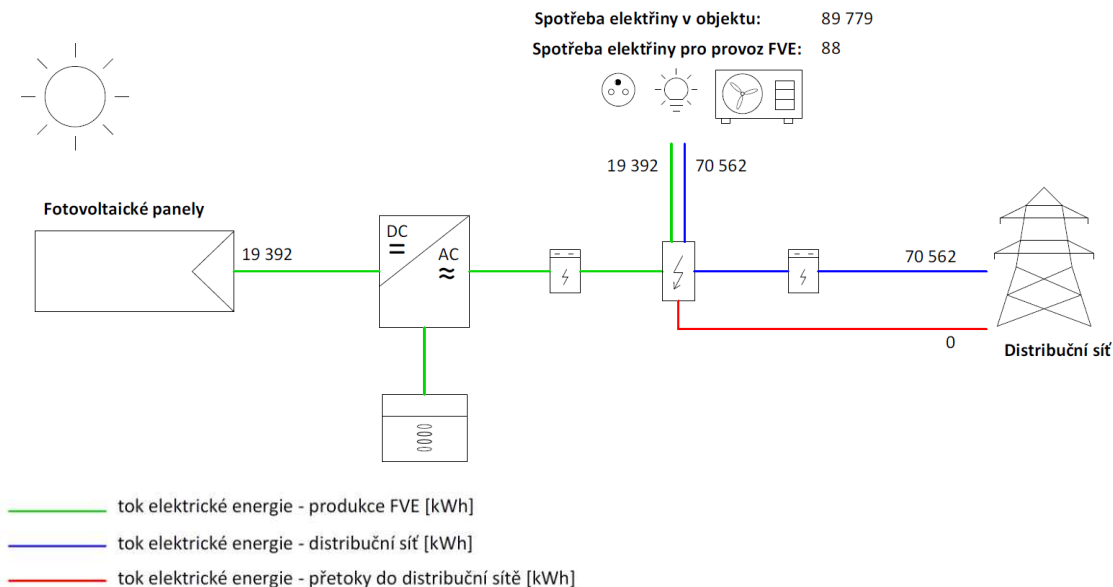


Graf 18: Hodinová data slunečního záření ze softwaru DesignBuilder – Praha/Ruzyně, rok 2002

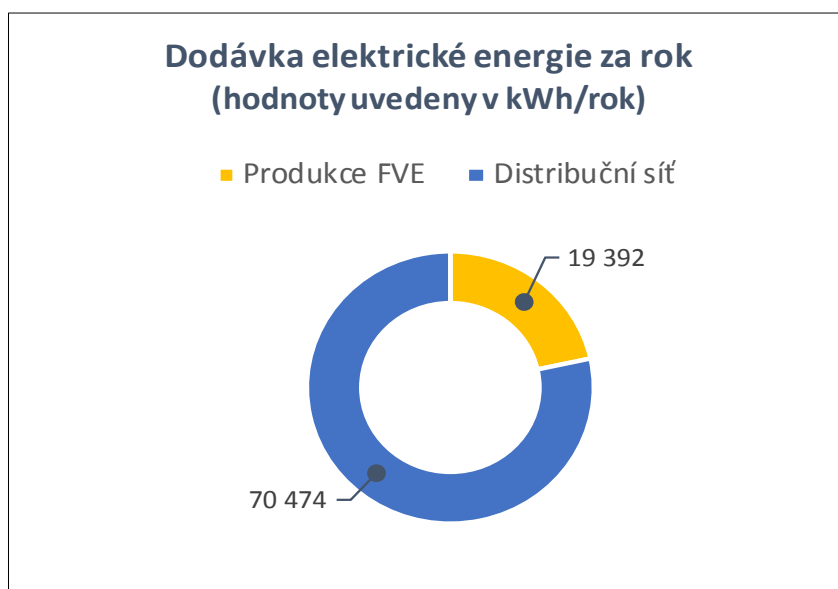
Následující graf (viz Graf 19) znázorňuje hodinový průběh celkové spotřeby elektrické energie v budově a zároveň hodinovou produkci elektrické energie z FVE na kterém můžeme vidět, především v letním období, že v určitých dnech produkce elektřiny z FVE téměř dvojnásobně převyšuje celkovou spotřebu elektřiny v objektu. Z toho důvodu je navržen bateriový set, který bude sloužit pro ukládání přebytků z FVE, které budou následně využity v době, kdy bude produkce elektřiny menší než vlastní spotřeba.



Graf 19: Hodinová spotřeba a výroba elektrické energie

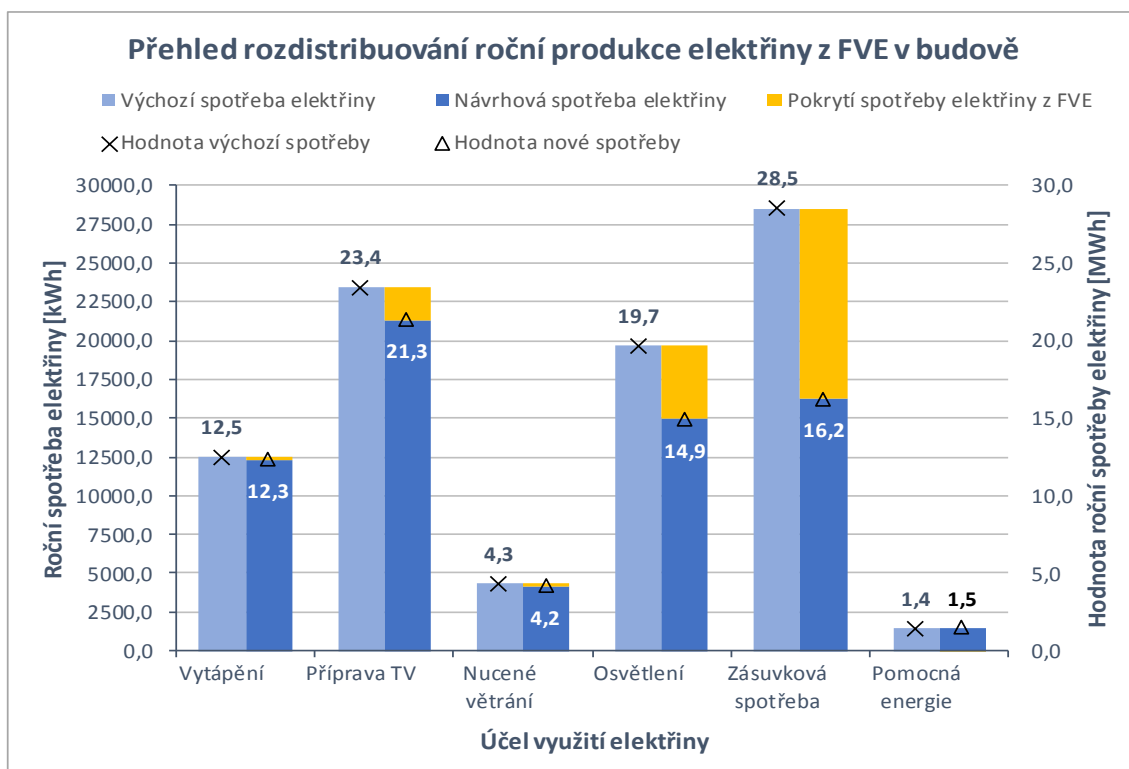


Obr. 27: Schéma toků elektrické energie z FVE a distribuční sítě v kWh



Graf 20: Pokrytí dodávky elektrické energie za rok

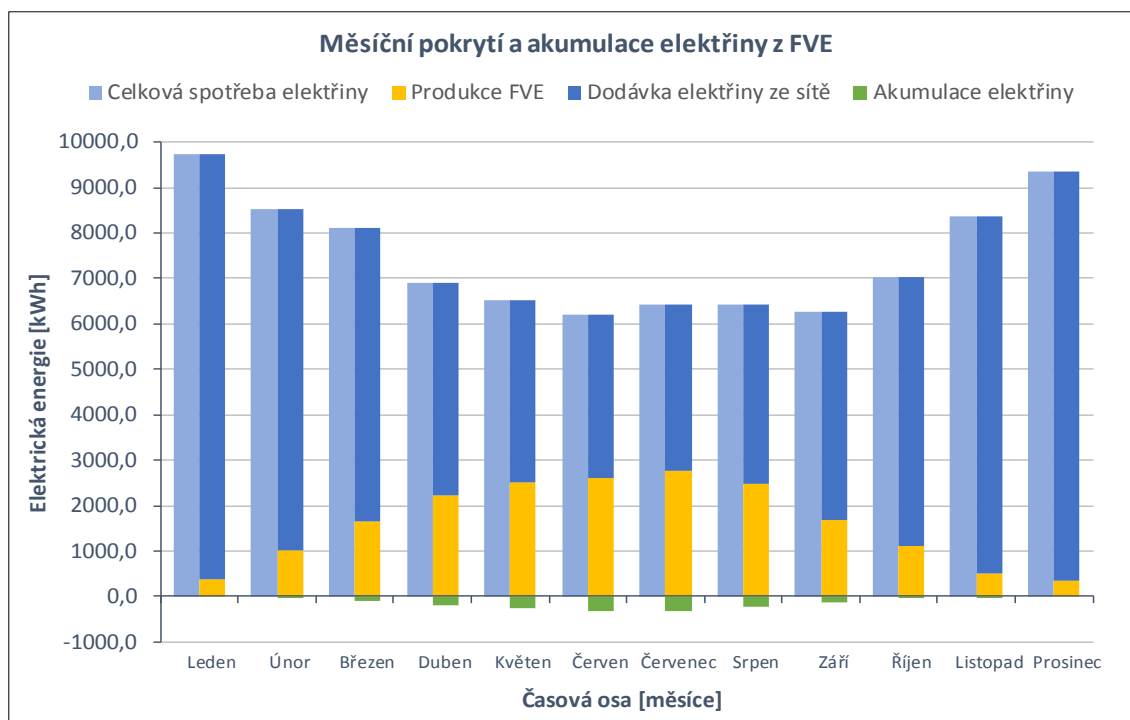
Vyrobená elektrická energie z FVE bude využita pro vlastní pokrytí spotřeby elektřiny v objektu, konkrétně na vytápění a přípravu teplé vody (pro pohon kompresoru tepelného čerpadla), pro pohon ventilátorů ve vzduchotechnické jednotce, osvětlení, zásuvkovou spotřebu a na pomocnou energii (pro pohon oběhových a cirkulačních čerpadel). Přehled rozdělení vyrobené elektřiny z FVE pro jednotlivé systémy v budově lze vidět na následujícím grafu, ze kterého lze konstatovat, že největší pokrytí elektřiny z FVE nastává u systémů, u kterých lze očekávat největší spotřebu elektřiny, tj. u zásuvkové spotřeby a osvětlení.



Graf 21: Přehled rozdělení vyrobené elektřiny z FVE v budově

Následující graf níže (viz Graf 22) znázorňuje měsíční průběh celkové spotřeby elektřiny v budově, včetně vlastní spotřeby FVE v jednotlivých měsících v roce. Dále je znázorněno pokrytí elektrické energie z distribuční sítě a z produkce elektřiny z FVE, kde produkce elektřiny z FVE „kopíruje“ množství slunečního záření v daném měsíci. Maximální produkce elektrické energie nastává v letních měsících, konkrétně od dubna do srpna s hodnotami okolo 2 700 kWh/měsíc. Naopak nejmenší produkce nastává v měsících od listopadu do ledna, v hodnotách okolo 430 kWh/měsíc, kdy je většina elektřiny pokryta z distribuční sítě. Zároveň je znázorněn také průběh akumulace elektřiny z FVE, která bude akumulována v bateriovém setu.

Celková roční produkce elektrické energie z FVE činí 19 392 kWh/rok, a tato hodnota činí rozdíl odebrané elektrické energie z distribuční sítě (viz Graf 20). Vzhledem k předpokládané celkové roční spotřebě elektřiny v objektu (89 779 kWh/rok) a celkové produkci FVE lze očekávat využitelnost FVE okolo 21,6 %. Detailní souhrn bilance elektrické energie s instalací FVE můžeme vidět v následující Tab. 45.



Graf 22: Měsíční pokrytí spotřeby a akumulace elektrické energie v budově

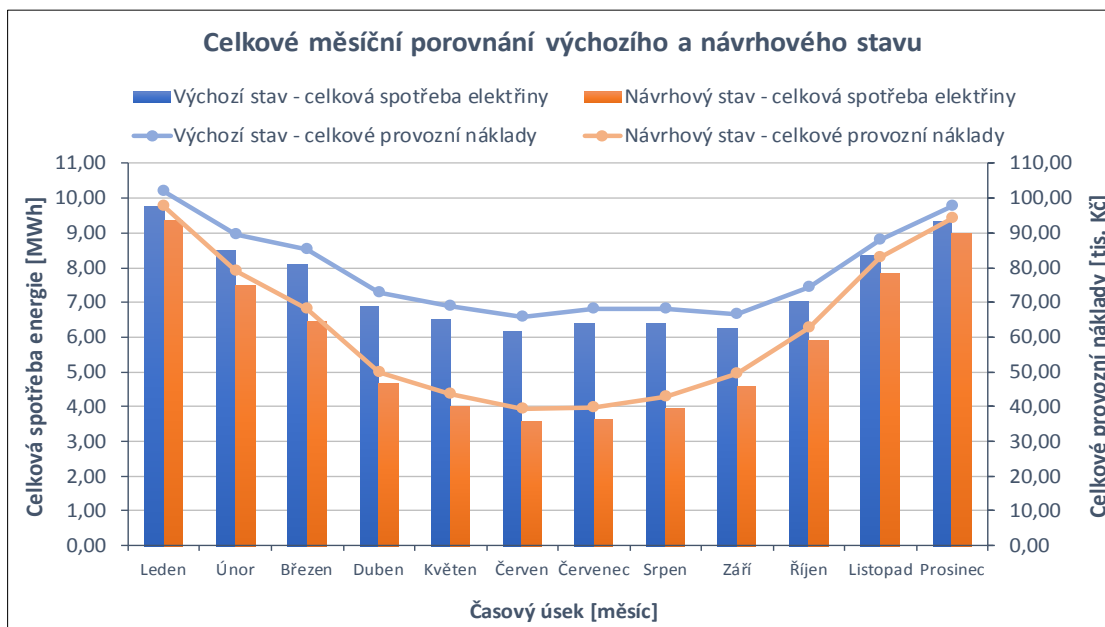
Tab. 45: Měsíční bilance elektrické energie s fotovoltaickou elektrárnou

MĚSÍČNÍ BILANCE ELEKTRICKÉ ENERGIE S FOTOVOLTAICKOU ELEKTRÁRNOU				
Měsíc	Celková spotřeba elektřiny [kWh]	Vlastní spotřeba elektřiny pro FVE [kWh]	Produkce elektřiny FVE [kWh]	Akumulovaná elektrická energie [kWh]
Leden	9 735,32	7,44	396,04	0,00
Únor	8 528,61	6,72	1 031,72	-15,06
Březen	8 096,39	7,44	1 667,37	-95,94
Duben	6 877,04	7,2	2 238,06	-188,15
Květen	6 507,16	7,44	2 506,27	-255,20
Červen	6 194,11	7,2	2 614,33	-310,35
Červenec	6 422,69	7,44	2 782,88	-331,14
Srpen	6 424,44	7,44	2 485,64	-227,77
Září	6 265,92	7,2	1 681,27	-131,45
Říjen	7 024,35	7,44	1 120,91	-22,18
Listopad	8 367,24	7,2	511,08	-1,82
Prosinec	9 335,42	7,44	356,80	0,00
Celkem	89 778,69	87,60	19 392,36	-1 579,06
Využitelnost fotovoltaické elektrárny				21,58%



Ekonomické hodnocení Příležitosti 2

Pro navrhovanou příležitost dochází ke snížení odebrané elektrické energie z distribuční sítě, vlivem instalace vlastního zdroje elektrické energie (FVE). Roční, resp. měsíční úspory energie můžeme vidět na následujícím grafu (Graf 23) a v Tab. 46 níže.



Graf 23: Celkové měsíční porovnání výchozího stavu a Příležitosti 2

Tab. 46: Celková měsíční bilance výchozího stavu a Příležitosti 2

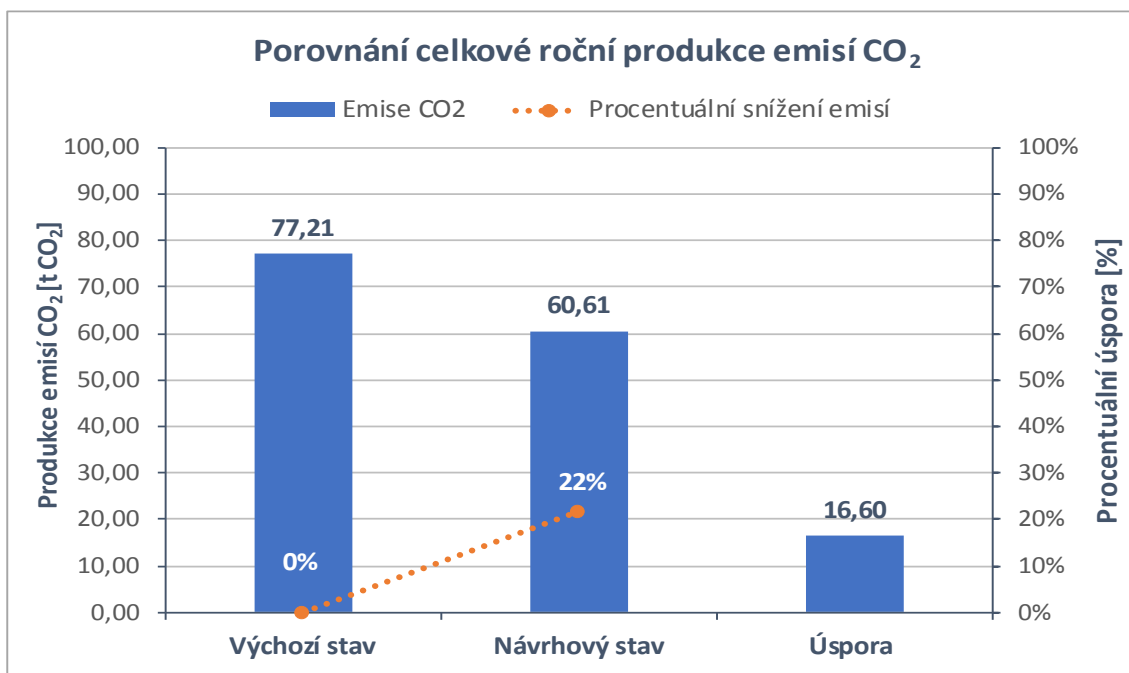
CELKOVÁ MĚSÍČNÍ BILANCE VÝCHOZÍHO A NÁVRHOVÉHO STAVU						
Měsíc	Výchozí stav		Návrhový stav		Úspora	
	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celkové provozní náklady [tis. Kč]	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celkové provozní náklady [tis. Kč]	Celkové elektřiny [MWh]	Celkových provozních nákladů [tis. Kč]
Leden	9,74	101,87	9,35	97,91	0,39	3,96
Únor	8,53	89,58	7,50	79,14	1,02	10,44
Březen	8,10	85,17	6,44	68,27	1,66	16,91
Duben	6,88	72,75	4,65	50,03	2,23	22,72
Květen	6,51	68,99	4,01	43,54	2,50	25,45
Červen	6,19	65,80	3,59	39,25	2,61	26,55
Červenec	6,42	68,13	3,65	39,86	2,78	28,27
Srpen	6,42	68,14	3,95	42,90	2,48	25,24
Září	6,27	66,53	4,59	49,48	1,67	17,05
Říjen	7,02	74,25	5,91	62,91	1,11	11,34
Listopad	8,37	87,93	7,86	82,80	0,50	5,13
Prosinec	9,34	97,79	8,99	94,23	0,35	3,56
Celkem	89,78	946,93	70,47	750,32	19,30	196,62
Roční úspora z celkové spotřeby energie					21,50%	



Ekologické hodnocení Příležitosti 2

Výpočet roční produkce emisí CO₂ je proveden podle vztahu (16) z podkapitoly 4.1.5. Následující graf reprezentuje porovnání celkové roční produkce CO₂ u dané příležitosti a procentuální snížení emisí CO₂ oproti výchozímu stavu.

$$\text{produkce CO}_2 = 70,47 \cdot 0,860 = 60,61 \text{ t CO}_2/a$$



Graf 24: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 2

Tab. 47: Celková roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 2

CELKOVÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ CO ₂ PRO VÝCHOZÍ A NÁVRHOVÝ STAV		
Roční produkce emisí CO ₂ pro výchozí stav	77,21	t CO ₂ /rok
Roční produkce emisí CO ₂ pro navrhovanou příležitost – návrhový stav	60,61	t CO ₂ /rok
Roční snížení produkce emisí CO ₂	16,60	t CO ₂ /rok
Roční úspora produkce emisí CO ₂	21,50	%

Vyhodnocení dílčí Příležitosti 2 dle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Z hlediska bilance navržené příležitosti ke snížení energetické náročnosti je splněna podmínka minimální úspory 10 % z celkové spotřeby energie energetického hospodářství, resp. 10 % v celkové produkci emisí CO₂ podle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Navržená příležitost ke snížení energetické náročnosti **VYHOVUJE**



4.3.3 Příležitost 3 – Využití šedé odpadní vody pro předehřev studené vody

4.3.3.1 Specifikace stávajícího (výchozího) stavu

Hranice hodnocené příležitosti

Navrhovaná příležitost představuje instalaci rekuperačního výměníku (RV) pro centrální rekuperaci tepla z odpadních vod. Výměník využívá teplo ze šedé odpadní vody (ze sprch, van, umyvadel, myček apod.) pro předehřev přírodní studené vody. Předehřev studené vody bude mít dopad jednak na snížení rozdílu teplot mezi přírodní studenou vodou z řadu a výstupní teplotou teplé vody ze zásobníku TV, a také na snížení potřeby tepla na přípravu TV.

Relevantní proměnné

Parametry ovlivňující energetickou náročnost příležitosti jsou následující:

- příležitost předpokládá souhlas budoucího provozovatele objektu k realizaci navržené příležitosti,
- spotřeba elektrické energie pro objekt, resp. pro přípravu teplé vody, vychází z dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder a z výpočtů uvedených v energetickém auditu,
- technické parametry navrhované technologie jsou uvažovány podle technických listů od daného výrobce,
- odhad investičních nákladů na realizaci příležitosti vychází z průměrných cen z doby zpracování energetického auditu,
- případné dotační podpory pro danou příležitost nebyly specifikovány.

Výchozí stav energetické náročnosti

Roční spotřeba elektrické energie je na základě výpočtu z kapitoly 4.1. a dynamické simulace definována hodnotou 89,78 MWh/rok. Měsíční průběh spotřeby znázorňuje *Tab. 36* a *Graf 8* z *Analýzy užití energie* v podkapitole 4.2.2. Roční spotřeba a úspora energie je následně porovnána v ekonomickém hodnocení navrhované příležitosti.

Ukazatel energetické náročnosti

Ukazatel energetické náročnosti je definován na základě vypočtené celkové roční spotřeby energie. Hodnota pro výchozí stav je 89,78 MWh/rok.

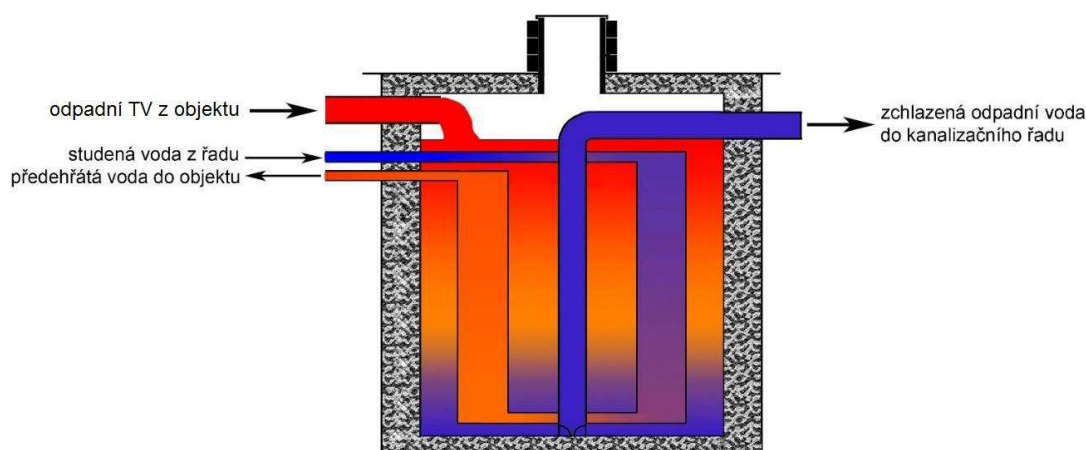


4.3.3.2 Specifikace Příležitosti 3

Popis navrhované příležitosti

V navrhované příležitosti je předpokládáno s instalací rekuperačního výměníku (např. AKIRETHERM PROFI) pro centrální rekuperaci tepla z odpadní šedé vody. RV funguje na základě fyzikálních zákonů a ke své činnosti nespotřebovává žádnou dodatečnou energii. Skládá se z nerezového vlnovce (teplosměnné plochy), skrz který protéká studená voda a z izolované nádoby, kam přitéká odpadní šedá voda. Předehřátá výstupní voda z RV pokračuje do zásobníků TV k dohřevu na požadovanou teplotu teplé vody (55 °C). [15]

SCHÉMA ROZLOŽENÍ TEPLOT V REKUPERAČNÍM VÝMĚNÍKU AKIRETHERM



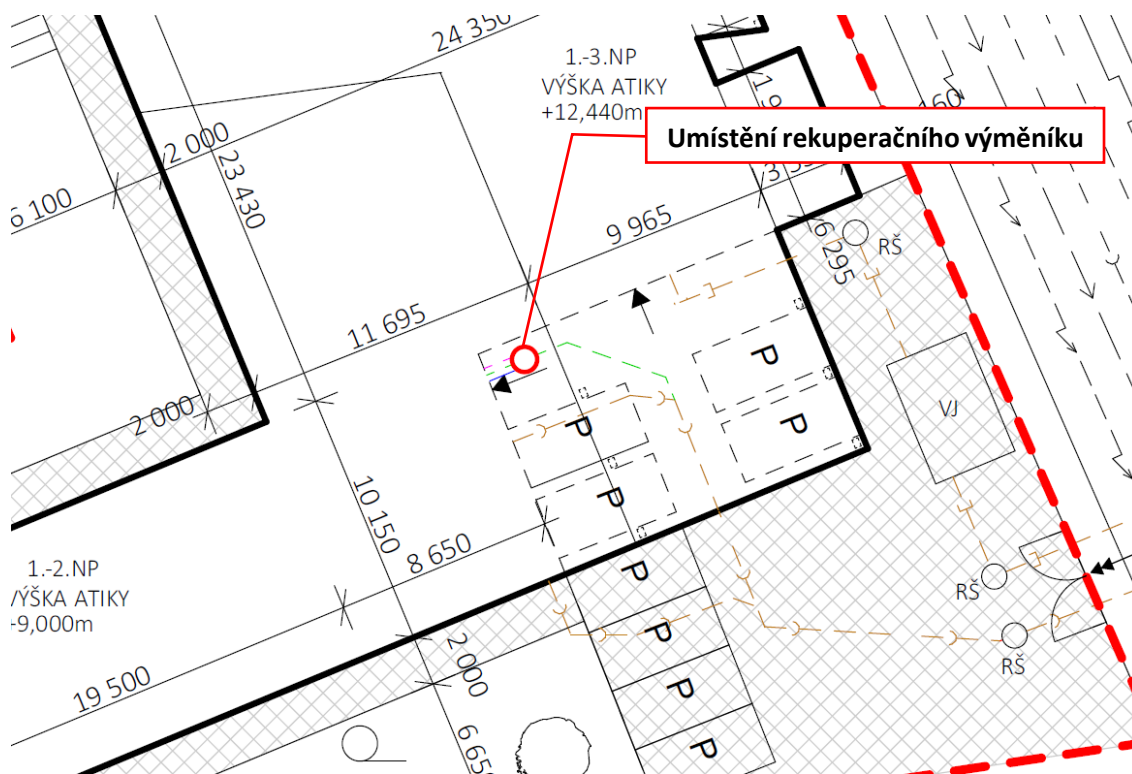
NEJVYŠŠÍ TEPLOTA

NEJNIŽŠÍ TEPLOTA

Obr. 28: Schéma rozložení teplot v rekuperačním výměníku [15], upraveno

Na Obr. 28 můžeme vidět jednotlivé rozložení teplot, kde odpadní šedá voda z objektu natéká samospádem do prostoru RV, kde dochází ke stabilizaci a teplotnímu rozvrstvení teploty (dole minimální a u hladiny maximální teplota). Odtok šedé vody je za pomoci tzv. sifonového efektu, kdy odtok šedé vody z nádoby je umístěn níže, než vtok a odtok má napojeno sací potrubí až ke dnu, kde se nachází oblast studené vody. V okamžiku přítoku šedé vody do prostoru nádoby dojde ke zvýšení hladiny a hydraulický tlak vytlačí studenou šedou vodu do odpadního potrubí, v množství přítoku šedé vody. Studená voda z vodovodního řadu prostupuje nerezovým vlnovcem ze spodní, studené vrstvy, do horní, teplé vrstvy a dochází k postupnému předehřátí studené vody. Při odběru teplé vody v objektu přiteče do nerezového vlnovce stejné množství studené vody, jako je množství odebírané vody v objektu. Takto předehřátá voda postupuje dále do zásobníku teplé vody k dohřevu na požadovanou teplotu. [15]

Rekuperační výměník by měl být umístěn na pozemku investora v úrovni 1.NP v blízkosti potrubí splaškové kanalizace pro úsporu délky materiálů odpadního potrubí z RV. Přípojka studené vody by poté byla napojena z rozvodu studené vody z objektu. Hloubka osazení výměníku do výkopu by se volila tak, aby odpadní šedá voda z objektu samotižně natékala do hrdla RV. S instalací rekuperačního výměníku se musí počítat také s úpravou navržených přípojek inženýrských sítí. Na situačním výkresu níže (viz Obr. 29) je možné vidět jedno z řešení umístění RV na pozemku.



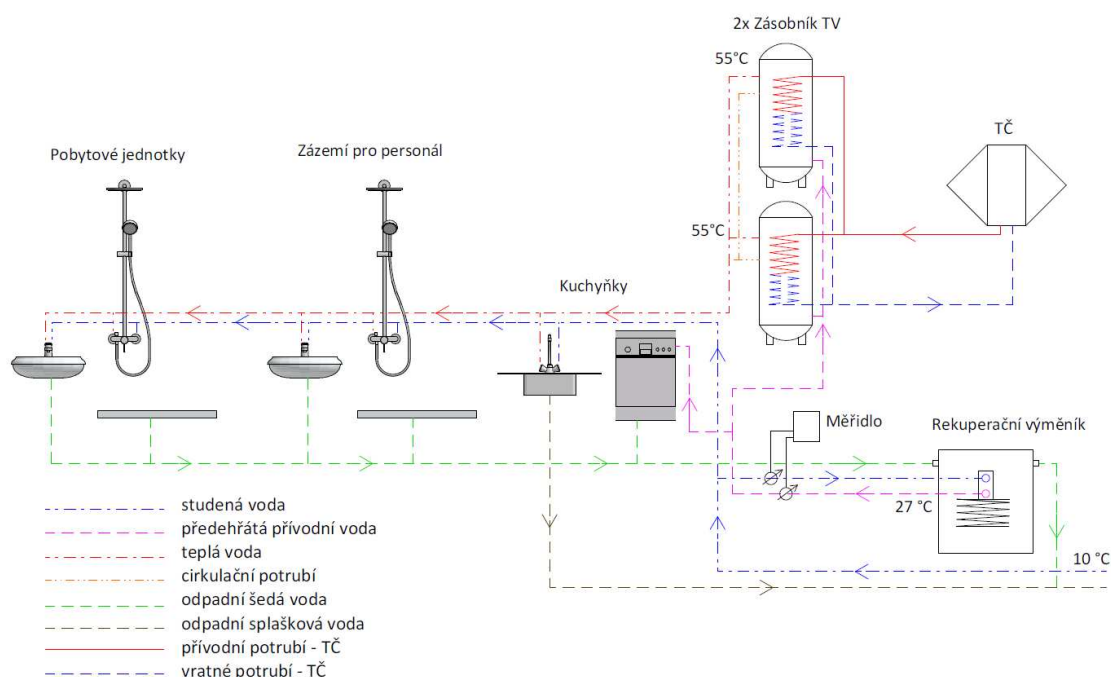
Navrhované nové sítě:

- odpadní šedá voda
- studená voda
- předehřátá přívodní voda

Obr. 29: Umístění rekuperačního výměníku na pozemku

Odpadní šedá voda bude svedena do nádrže s rekuperačním výměníkem ze všech sprch a umyvadel z bytových jednotek, dále ze sprch a umyvadel z prostorů pro personál a z myček nádobí z kuchyní. Přívodní předehřátá voda z RV bude použita pro snížení spotřeby pro ohřev vody v zásobnících TV a myček nádobí. K systému by dále bylo připojeno sdružené kalorimetrické měřidlo, ukazující množství získané, resp. ušetřené energie v GJ nebo kWh. Princip měření by spočíval v množství odebrané pitné vody a snímání teplot na vtoku pitné vody a na odtoku předehřáté vody z RV. Z množství průtoku a rozdílu teplot Δt lze podle rovnice $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ dopočítat získané energetické úspory.

Podle technického listu od výrobce RV [15] se z dlouhodobého měření teplotní rozdíl, vstupující a vystupující vody z RV, pohybuje mezi 15 – 20 °C. Studená, pitná voda z vodovodního řadu, má průměrně teplotu okolo 10 °C v závislosti na ročním období. Z těchto údajů byla odhadnuta průměrná teplota přívodní předehřáté vody z RV na 27 °C. Tato předehřátá voda, o této teplotě, by následně vstupovala do zásobníku TV k dohřevu na požadovanou výstupní teplotu 55 °C. Na následujícím Obr. 30 můžeme vidět možné schéma zapojení systému.



Obr. 30: Schéma zapojení rekuperačního výměníku v objektu

Identifikace přínosů a dopadů realizace

Instalace rekuperačního výměníku, za účelem využití odpadní šedé vody z objektu, bude mít přímý dopad na snížení spotřeby elektrické energie na přípravu teplé vody. Úspora elektrické energie vzniká díky snížení potřeby tepla na přípravu teplé vody, jelikož je uvažována předehřátá přívodní voda do zásobníků TV o teplotě 27 °C, oproti původních 10 °C.

Odhad finančních nákladů na realizaci

Celkové investiční náklady (viz Tab. 48) zahrnují především cenu za materiál jednotlivých komponentů a příslušenství pro rekuperační výměník, cenu za práci a dopravu. Investiční náklady vycházejí z cenových nabídek a rozpočtů z doby zpracování energetického auditu a byly odhadnuty na 358 644,- Kč bez DPH.



Tab. 48: Odhadované investiční náklady na realizaci Příležitosti 3

INVESTIČNÍ NÁKLADY NA REALIZACI PŘÍLEŽITOSTI		INSTALACE REKUPERAČNÍHO VÝMĚNÍKU			
Energetické hospodářství		Novostavba domova pro seniory			
Číslo	Položka	MJ	Množství	Cena bez DPH	Kč celkem
		[-]	[ks]	[Kč / MJ]	[Kč]
1	Materiál				
1.1.	Rekuperační výměník <i>/např. AKIRETHERM PROFI</i>	ks	1	125 000,00	125 000,00
1.2.	Rozvody potrubí <i>/PVC - odhad délky 300 m</i>	m	300	200,00	60 000,00
1.3.	Armatury a ostatní příslušenství <i>/kohouty, filtry, uzávěry apod.</i>	kpl	1	20 000,00	20 000,00
	Celkem za materiál				205 000,00 Kč
2	Práce				
2.2.	Topná zkouška	kpl	1	1 500,00	1 500,00
2.3.	Doprava technologie	kpl	1	10 000,00	10 000,00
2.3.	Dokumentace skutečného provedení	kpl	1	8 500,00	8 500,00
2.4.	Autorský dozor projektanta	kpl	1	3 000,00	3 000,00
2.5.	Montáž rozvodů, doprava, výkopové práce, zapojení <i>/odhadnuto jako 30 % z ceny komponentů</i>	kpl	1	61 500,00	61 500,00
	Celkem za práci				84 500,00 Kč
	Celkem investičních nákladů na realizaci příležitosti (cena bez DPH)				289 500,00 Kč
	Celkem investičních nákladů na realizaci příležitosti (cena s 21 % DPH)				350 295,00 Kč
Poznámka:					
Do investičních nákladů nebyly zahrnuty náklady za komponenty pro provoz systému vytápění a přípravy teplé vody (zásobník TV, akumulací nádrž, expanzní nádoby apod.). Použití těchto komponentů je uvažováno z výchozího, navrženého stavu.					

Stanovení rizik a nejistot realizace

Mezi hlavní rizika příležitosti, která mohou ovlivnit úsporu elektrické energie na přípravu teplé vody je nesprávné zapojení rekuperačního výměníku do systému, nevhodný výběr velikosti a typu RV a nesprávné výškové uložení RV do výkopu. Dalším důležitým rizikem, kterým je přímo ovlivněna teplota přehřáté přívodní vody z RV, je chladnutí odpadní šedé vody v potrubí a jednotlivý provoz v objektu, kdy je do umyvadel pouštěna také voda studená.

V poslední řadě mohou vzniknout závady způsobené při instalaci a dopravě a v průběhu provozu, mezi které patří nedostatečné čištění RV, výměna filtrů apod. Z těchto důvodů je nutné, aby instalaci prováděla kvalifikovaná firma, která má se systémem patřičné zkušenosti.

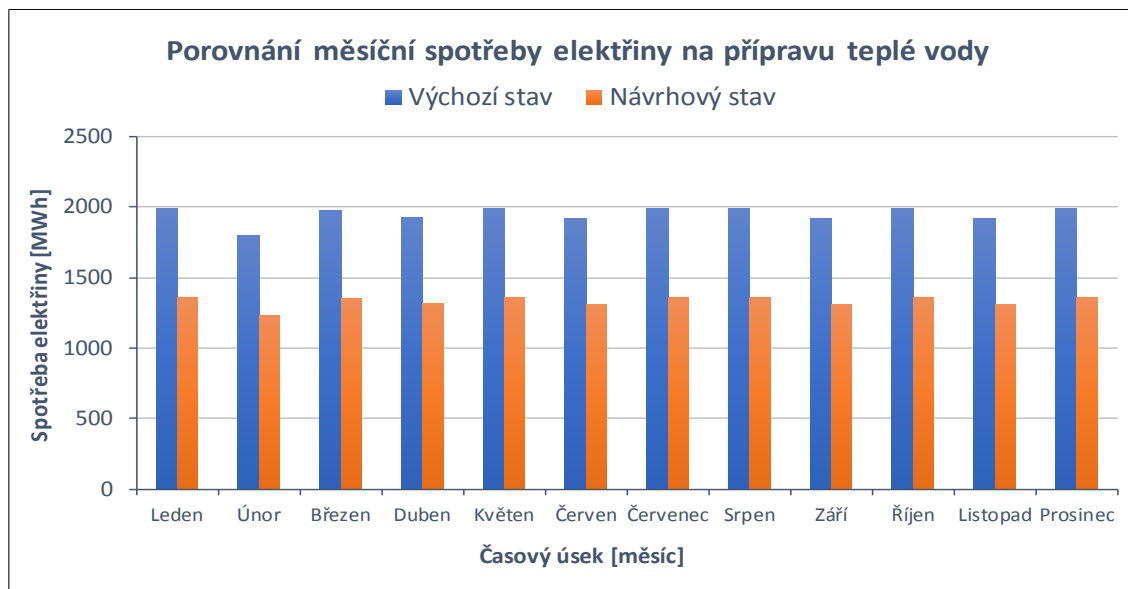
Možnosti finanční podpory a realizaci

V Plánu energetického auditu není stanovena žádná finanční podpora, a proto tato příležitost finanční podporu nezahrnuje.

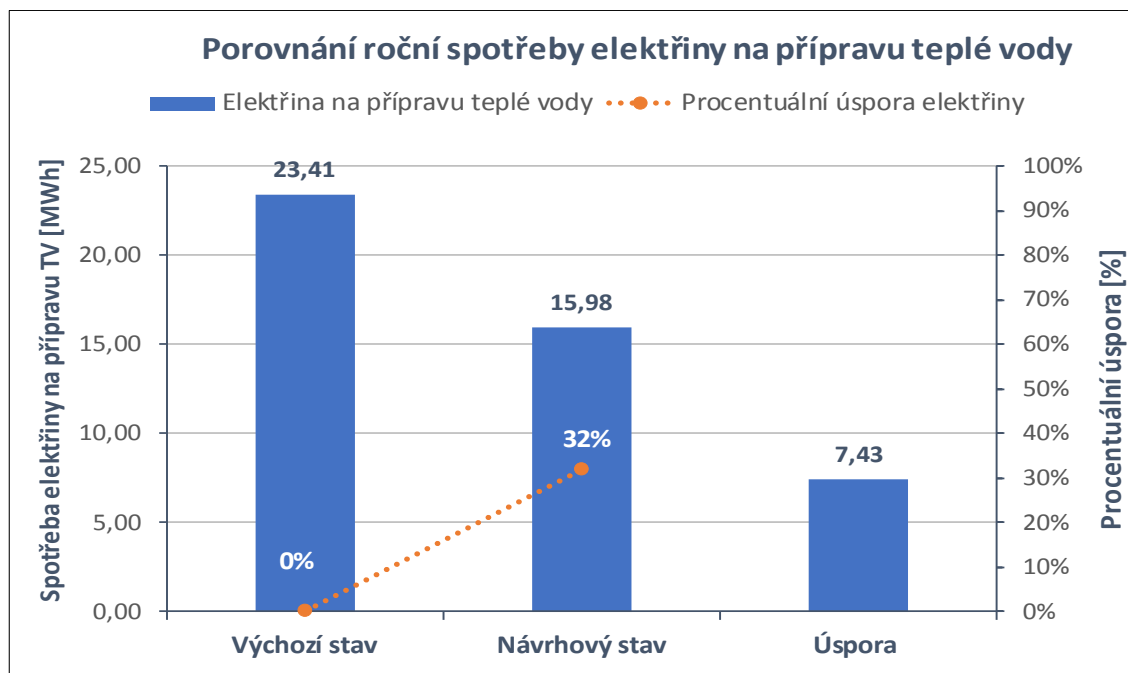


4.3.3.3 Hodnocení Příležitosti 3

Cílem příležitosti ke snížení energetické náročnosti budovy bylo snížit spotřebu energie pro přípravu teplé vody za pomoci odpadní šedé vody a instalace rekuperačního výměníku. Za předpokladu předpokládané výstupní teploty z RV došlo ke snížení celkové spotřeby elektrické energie na přípravu teplé vody o rozdíl, který můžeme vidět na následujícím grafu (viz Graf 25) a zároveň lze pozorovat procentuální úsporu elektřiny na přípravu teplé vody oproti výchozímu stavu (viz Graf 26). Ostatní spotřeba elektřiny pro technické systémy v budově zůstává, oproti výchozímu stavu, neměnná.



Graf 25: Porovnání měsíční spotřeby elektřiny na přípravu TV pro výchozí stav a Příležitost 3

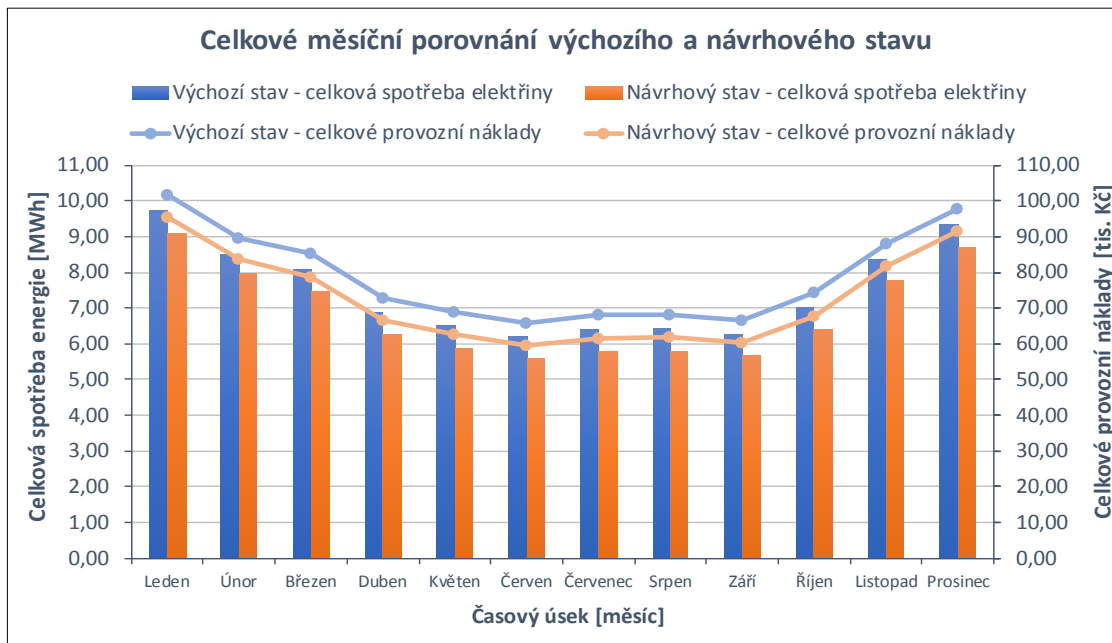


Graf 26: Porovnání roční spotřeby a úspory elektřiny na přípravu TV pro výchozí stav a Příležitost 3



Ekonomické hodnocení Příležitosti 3

Pro navrhovanou příležitost dochází ke snížení potřeby tepla na přípravu teplé vody a s ní také k úspoře elektrické energie na ohřev teplé vody. Roční, resp. měsíční úspory energie můžeme vidět na následujícím grafu (viz Graf 27) a v Tab. 49 níže.



Graf 27: Celkové měsíční porovnání výchozího stavu a Příležitosti 3

Tab. 49: Celková měsíční bilance výchozího stavu a Příležitosti 3

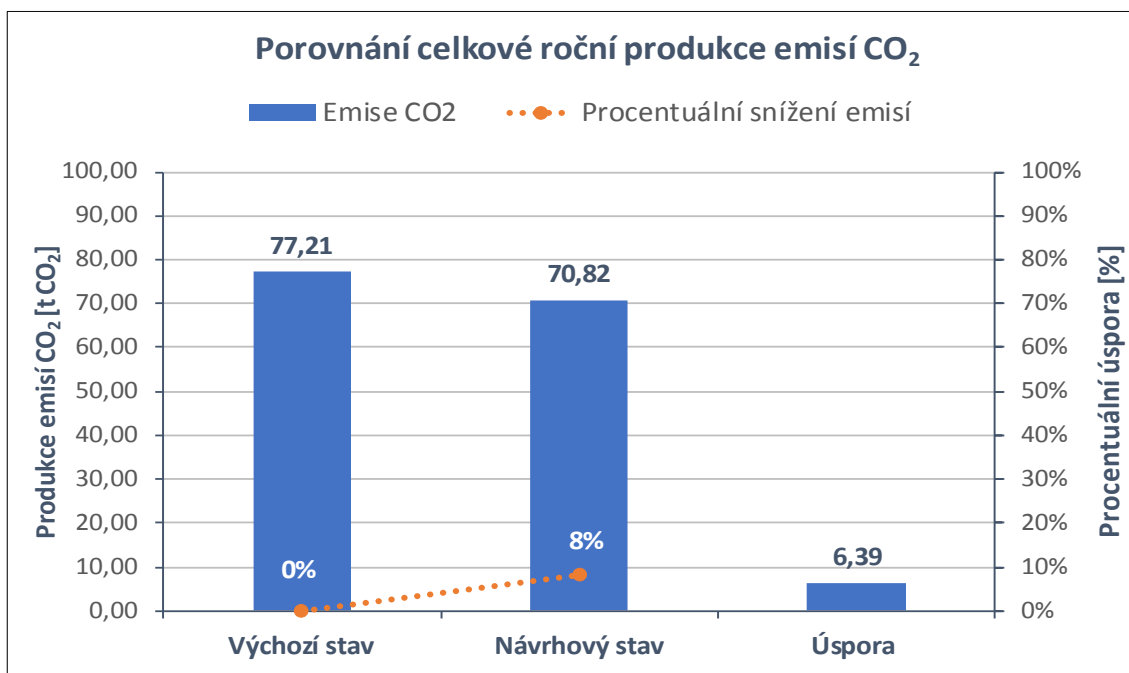
CELKOVÁ MĚSÍČNÍ BILANCE VÝCHOZÍHO A NÁVRHOVÉHO STAVU						
Měsíc	Výchozí stav		Návrhový stav		Úspora	
	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celkové provozní náklady [tis. Kč]	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celkové provozní náklady [tis. Kč]	Celkové elektřiny [MWh]	Celkových provozních nákladů [tis. Kč]
Leden	9,74	101,87	9,10	95,41	0,63	6,45
Únor	8,53	89,58	7,96	83,77	0,57	5,81
Březen	8,10	85,17	7,47	78,77	0,63	6,40
Duben	6,88	72,75	6,26	66,52	0,61	6,24
Květen	6,51	68,99	5,87	62,54	0,63	6,45
Červen	6,19	65,80	5,59	59,61	0,61	6,19
Červenec	6,42	68,13	5,79	61,67	0,63	6,45
Srpen	6,42	68,14	5,79	61,72	0,63	6,43
Září	6,27	66,53	5,66	60,32	0,61	6,21
Říjen	7,02	74,25	6,39	67,80	0,63	6,45
Listopad	8,37	87,93	7,76	81,72	0,61	6,21
Prosinec	9,34	97,79	8,70	91,37	0,63	6,43
Celkem	89,78	946,93	82,34	871,22	7,43	75,72
Roční úspora z celkové spotřeby energie					8,28%	



Ekologické hodnocení Příležitosti 3

Výpočet roční produkce emisí CO₂ je proveden podle vztahu (16) z podkapitoly 4.1.5. Následující graf reprezentuje porovnání celkové roční produkce CO₂ u dané příležitosti a procentuální snížení emisí CO₂ oproti výchozímu stavu.

$$\text{produkce CO}_2 = 82,19 \cdot 0,860 = 70,68 \text{ t CO}_2/\text{a}$$



Graf 28: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 3

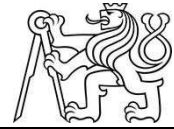
Tab. 50: Celková roční produkce emisí CO₂ pro výchozí stav a Příležitost 3

CELKOVÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ CO ₂ PRO VÝCHOZÍ A NÁVRHOVÝ STAV		
Roční produkce emisí CO ₂ pro výchozí stav	77,21	t CO ₂ /rok
Roční produkce emisí CO ₂ pro navrhovanou příležitost – návrhový stav	70,82	t CO ₂ /rok
Roční snížení produkce emisí CO ₂	6,39	t CO ₂ /rok
Roční úspora produkce emisí CO ₂	8,28	%

Vyhodnocení dílčí Příležitosti 3 dle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Z hlediska bilance navržené příležitosti ke snížení energetické náročnosti není splněna podmínka minimální úspory 10 % z celkové spotřeby energie energetického hospodářství, resp. 10 % v celkové produkci emisí CO₂ podle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Navržená příležitost ke snížení energetické náročnosti **NEVYHOVUJE**



Poznámka Zpracovatele auditu

Uvažovaná teplota výstupní přívodní vody z rekuperačního výměníku 27 °C a celková účinnost systému byla stanovena za ustálených a předem předepsaných podmínek určené zkušebnou při měření. Ovšem tato teplota závisí na mnoha proměnných, mezi kterými patří především provoz objektu, a tím související teplota odpadní šedé vody. Při běžném provozu se nesmí opomenout skutečnost, že odpadní šedá voda ze sprch a umyvadel bude také voda studená, která bude mít za následek snížení teploty vody v nádrži RV, a tím také nižší teplotu výstupní přívodní vody. Dalším důležitým aspektem je také délka potrubí odpadní šedé vody, a tím také související chladnutí vody. Z těchto důvodů je celková úspora elektrické energie na přípravu teplé vody spíše optimistická a lze proto predikovat menší úspory energií, než je předpokládáno. Z těchto nejistot je doporučeno s instalací rekuperačního výměníku instalovat také podružná měření a v prvních měsících testovacího provozu vyhodnocovat, jaké jsou reálné úspory daného opatření.



4.3.4 Příležitost 4 – Instalace solárního termického systému

4.3.4.1 Specifikace stávající (výchozího) stavu

Hranice hodnocené příležitosti

Navrhovaná příležitost představuje instalaci solárního termického systému na plochou střechu nad 3.NP. Vyrobená tepelná energie z kolektorů by byla využita pro vlastní potřebu v objektu, konkrétně na pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody. Případné přebytky tepelné energie by byly akumulovány do vody v solárním zásobníku, jehož velikost bude navržena tak, aby veškeré přebytky mohly být akumulovány a nedocházelo tak k přehřívání, a tím i ke ztrátě účinnosti a životnosti solárních kolektorů.

Relevantní proměnné

Parametry ovlivňující energetickou náročnost příležitosti jsou následující:

- příležitost předpokládá souhlas budoucího provozovatele objektu k realizaci navržené příležitosti,
- Příležitost předpokládá kladné souhlasné stanovisko všech dotčených orgánů k instalaci díla,
- potřeba na přípravu teplé vody vychází z dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder a z výpočtů uvedených v energetickém auditu,
- jednotková cena elektrické energie vychází z aktuálního ceníku z doby zpracování auditu,
- průběh potřeby na přípravu teplé vody vychází z dynamické simulace v hodinovém kroku výpočtu,
- produkce tepelné energie ze solárních termických kolektorů vychází z hodinového výpočtu ze softwaru Energie 2021 od Svoboda software na základě technických parametrů navrženého solárního termického systému a z klimatických dat referenčního klimatického roku,
- klimatická data, použitá pro výpočet, jsou stanovena pro referenční klimatický rok 2012, pro nejbližší lokalitu z databáze ze softwaru Energie 2021, konkrétně pro Prahu - Nové Město,
- technické parametry navržených solárních termických kolektorů jsou uvažovány na základě technického listu od výrobce,
- odhad investičních nákladů na realizaci příležitosti vychází z průměrných cen z doby zpracování energetického auditu,
- případné dotační podpory pro danou příležitost nebyly specifikovány.

Výchozí stav energetické náročnosti

Roční spotřeba elektrické energie je na základě výpočtu z kapitoly 4.1. a dynamické simulace definována hodnotou 89,78 MWh/rok. Měsíční průběh spotřeby znázorňuje *Tab. 36* a *Graf 8* z *Analýzy užití energie* v podkapitole 4.2.2. Roční spotřeba a úspora energie je následně porovnána v ekonomickém hodnocení navrhované příležitosti.



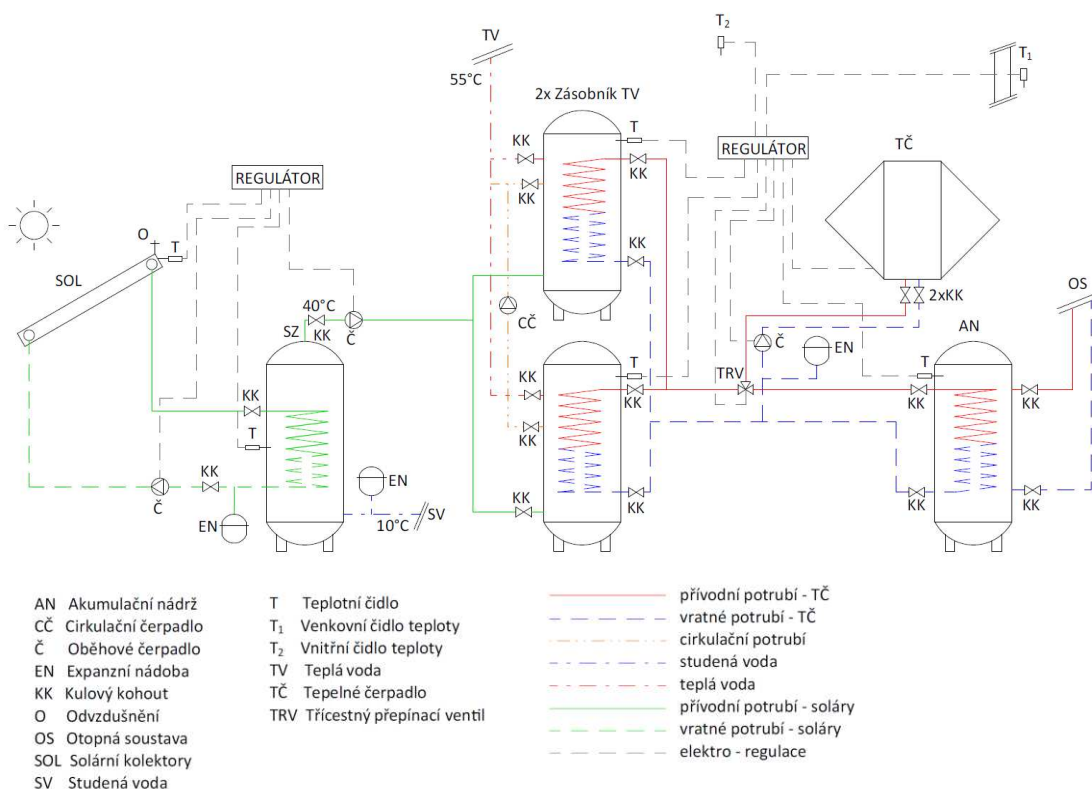
Ukazatel energetické náročnosti

Ukazatel energetické náročnosti je definován na základě vypočtené celkové roční spotřeby energie. Hodnota pro výchozí stav je 89,78 MWh/rok.

4.3.4.2 Specifikace Příležitosti 4

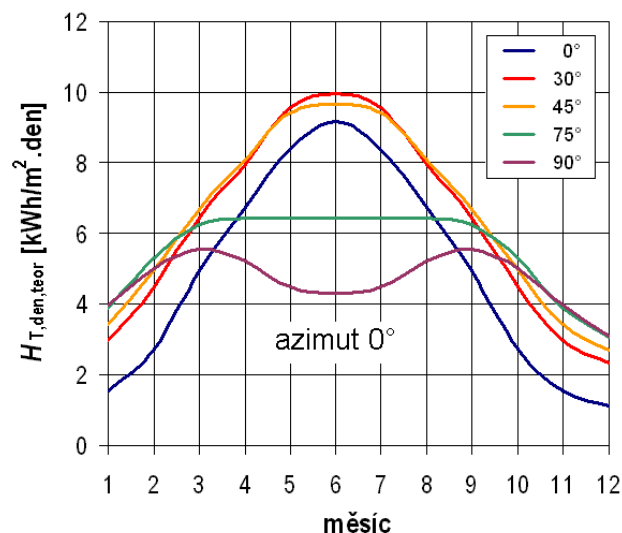
Popis navrhované příležitosti

Na ploché střeše objektu je navržen termický solární systém o celkovém počtu 22 solárních plochých kolektorů (např. Regulus KPG1H). Solární kolektory jsou určeny pro instalaci „naležato“ s celkovou hrubou plochou 1 kolektoru 2,52 m². Plocha apertury 1 kolektoru je 2,31 m². Celková zastavěná hrubá plocha kolektorů na střeše poté činí 55,44 m². Solární kolektory jsou navrženy nízkoteplotní s teplotou média 40 °C pro předehřev studené vody na přípravu TV. K systému bude dále připojen solární zásobník (např. Regulus RBC 2000) o objemu 2 006 l s jedním výměníkem pro připojení solárního okruhu, solární regulátor, solární čerpadlová jednotka, expanzní nádoba a další potřebné komponenty potřebné pro fungování systému. Ostatní komponenty na straně vytápění a přípravy teplé vody zůstávají neměnné.



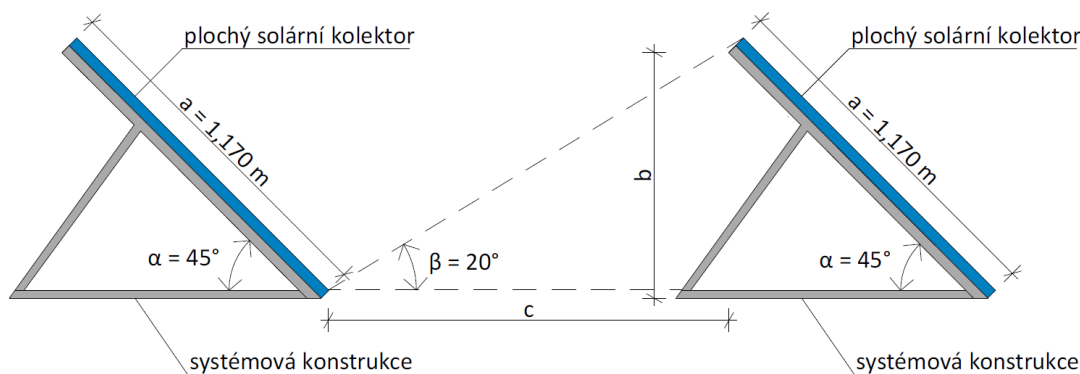
Obr. 31: Schématické zapojení solárních termických kolektorů do systému

Jelikož bude tepelná energie použita pro pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody, která je téměř konstantní v průběhu celého roku, budou kolektory umístěny na systémové konstrukci se sklonem 45° s orientací na jižní stranu. Sklon kolektorů byl zvolen na základě Obr. 32 níže, který znázorňuje produkci tepelné energie z kolektorů přes celý rok v závislosti na sklonu s jižní orientací.



Obr. 32: Produkce tepelné energie v závislosti na sklonu s orientací na jih [18]

Pro zamezení stínění jednotlivých solárních kolektorů byl dopočten minimální rozestup kolektorů mezi sebou na základě sklonu a šířky jednotlivého kolektoru. Postup výpočtu byl proveden obdobným způsobem jako ve vztahu (17), resp. (18) u Příležitosti 2. Výsledná vzdálenost rozestupu byla stanovena na 2,3 m. Minimální odstup od atiky zůstává stejný jako u Příležitosti 2, tj. v hodnotě 1,3 m.



Obr. 33: Schématické zakreslení rozestupu solárních kolektorů

Výška solárního kolektoru „b“ na základě šířky a sklonu kolektoru 45° je dána dle vztahu (17)

$$b = \sin(45^\circ) \cdot 1,170$$

$$b = 0,827 \text{ m}$$

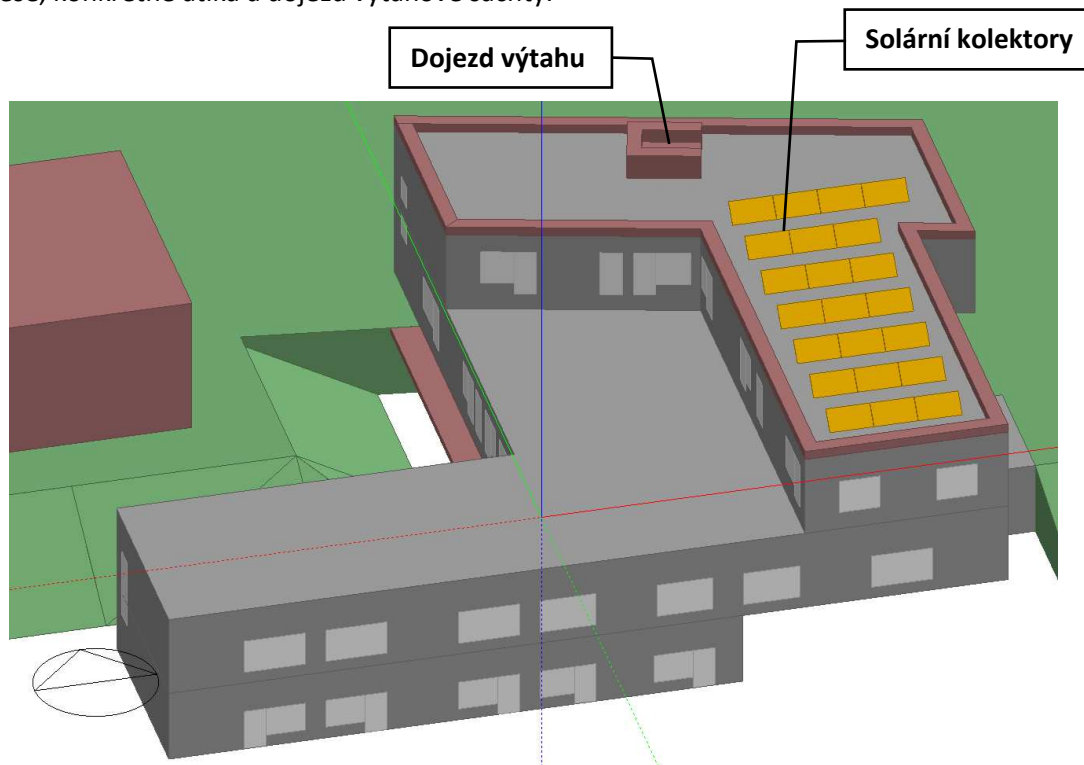
Minimální vzdálenost rozestupu kolektorů mezi sebou, označeno písmenem „c“, je pak dána výškou panelu a úhlem β pod kterým dopadají sluneční paprsky na kolektory podle vztahu (18)

$$c = \frac{0,827}{\text{tg}(20^\circ)}$$

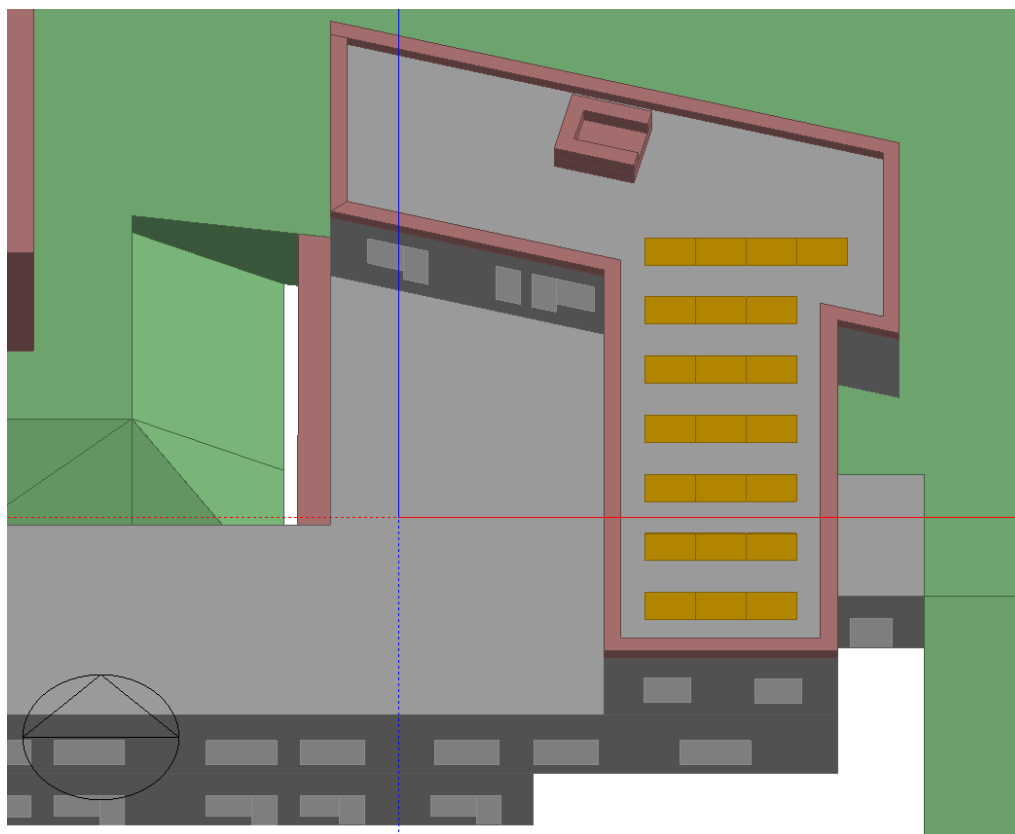
$$c = 2,272 \text{ m} \cong 2,3 \text{ m}$$



Na následujícím obrázku můžeme vidět možné rozložení solárních kolektorů na střeše objektu v softwaru DesignBuilder, ve kterém jsou znázorněny také ostatní prvky na střeše, konkrétně atika a dojezd výtahové šachty.



Obr. 34: Rozmístění solárních kolektorů na střeše v DesignBuilderu



Obr. 35: Pohled na střechu s rozmístěním solárních kolektorů v DesignBuilderu



Samotný výpočet byl proveden v hodinovém kroku výpočtu za pomoci softwaru Energie 2021, ve kterém byly zohledněny také ztráty rozvodů solární soustavy a solárního zásobníku TV. Měrná ztráta solárního zásobníku teplé vody $Q_{w,st}$ byla stanovena na základě objemu a teploty v zásobníku a teploty okolí podle evropské normy EN 15316-4-3 [32] dle vztahu

$$Q_{w,st} = \frac{(0,16 \cdot \sqrt{V_{sol}} \cdot (T_w - T_a) \cdot 24)}{V_{sol}} \quad (19)$$

kde: V_{sol} je objem solárního zásobníku [l]
 T_w je průměrná teplota teplé vody v zásobníku [°C]
 T_a je průměrná teplota v okolí zásobníku [°C]

$$Q_{w,st} = \frac{(0,16 \cdot \sqrt{2\,006} \cdot (40 - 15) \cdot 24)}{2\,006} = 2,14 \text{ Wh}/(l \cdot \text{den})$$

Měrná ztráta rozvodů byla stanovena interním výpočtem v softwaru Energie 2021 podle následujících předpokládaných parametrů rozvodů, tepelné izolace, prostředí a média na hodnotu 119,4 Wh/(m·den).

Tento pomocný výpočet umožňuje stanovit měrnou tepelnou ztrátu potrubí s izolací kruhového průřezu. Výpočet je založen na vztazích publikovaných Ing. Z. Reinberkem na www.tzb-info.cz.

Parametry trubky:

Průměr trubky: mm
 Průměr trubek se pohybuje v závislosti na typu a materiálu zhruba od 6 do 110 mm.

Tloušťka stěny trubky: mm
 Tloušťka stěny trubek se pohybuje v závislosti na typu a materiálu zhruba od 1 do 18 mm.

Součinitel tepelné vodivosti trubky: W/(m.K)
 Tepelná vodivost trubek se pohybuje od cca 0,22 W/(m.K) pro plast do 372 W/(m.K) pro měď.

Parametry tepelné izolace trubky:

Tloušťka izolace: mm
 Tloušťka tepelné izolace se obvykle pohybuje v rozmezí od 3 do 100 mm v závislosti na typu izolantu.

Součinitel tepelné vodivosti izolace: W/(m.K)
 Tepelná vodivost tepelné izolace se obvykle pohybuje v rozmezí 0,036 až 0,047 W/(m.K).

Parametry prostředí a média:

Průměrná teplota média v trubce: °C
 Průměrná teplota v prostředí kolem trubky: °C
 Součinitel přestupu tepla na vnější straně trubky: W/(m².K)

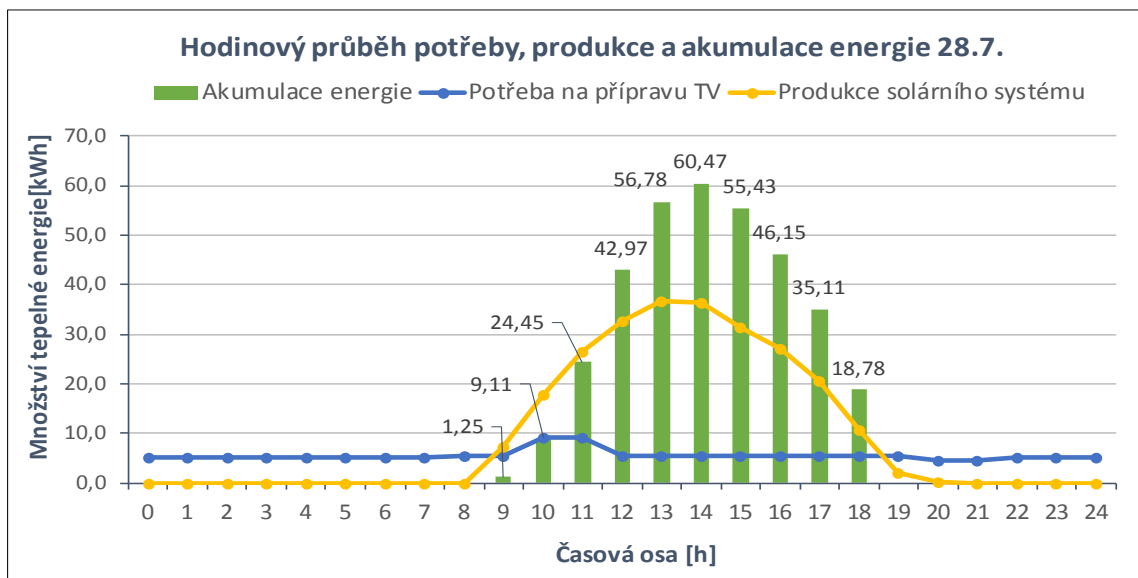
Výsledná měrná tepelná ztráta rozvodu: 119,4 Wh/(m.d) **Vypočítat měrnou ztrátu**

Obr. 36: Interní výpočet tepelné ztráty potrubí solárního rozvodu v programu Energie 2021



Celková délka rozvodů mezi solárními kolektory, solárním zásobníkem a zásobníkem TV byla odhadnuta na 120 m. Solární zásobník byl navržen o objemu 2 006 l na základě potřebného množství akumulace tepelné energie viz dále. V poslední řadě byl uvažován příkon oběhového čerpadla pro solární okruh s průměrným příkonem 120 W.

Celkové množství solárních kolektorů byl stanoven na základě měsíční potřeby na přípravu teplé vody v červenci, kdy se předpokládá nejvyšší produkce tepelné energie z kolektorů, tak aby nedocházelo k případným velkým přebytkům tepelné energie, které by nebylo možné využít a docházelo by tak k přehřívání, a tím i ke zkrácení doby životnosti a účinnosti solárních kolektorů. Následně byly analyzovány případné přebytky tepelné energie na základě hodinové potřeby tepla na přípravu teplé vody a produkce solárních kolektorů. Na grafu níže je vidět průběh potřeby tepla na přípravu TV a maximální produkce a akumulace tepelné energie v průběhu dne 28.7 (pro klimatická data z referenčního roku 2012), kde maximální množství tepelné energie, která je potřeba akumulovat, je 60,47 kWh.



Graf 29: Průběh potřeby, produkce a akumulace tepelné energie 28.7. (pro referenční rok 2012)

Na základě maximální hodnoty akumulace tepelné energie ΔE_{max} byl navrhnut minimální objem solárního zásobníku V_z , který je potřeba pro akumulaci přebytečné tepelné energie podle vztahu

$$V_z = \frac{\Delta E_{max}}{\rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)} \quad (20)$$

kde: ΔE_{max} je ve Wh

ρ je objemová hmotnost vody [kg/m³]

c je měrná tepelná kapacita vody [Wh/(kg·K)]

t_2 je teplota výstupní vody ze solárního zásobníku [°C]

t_1 je teplota vstupní vody do solárního zásobníku [°C]

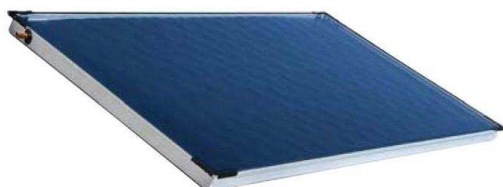


$$V_z = \frac{60,47 \cdot 1000}{1000 \cdot 1,163 \cdot (40 - 10)} = 1,733 \text{ m}^3 = 1\,733 \text{ l}$$

Minimální objem zásobníku pro akumulaci tepelné energie je 1 733 l. Na základě tohoto výpočtu je navržen solární zásobník (např. Regulus RBC 2000) o objemu 2 006 l.

Na následujícím *Obr. 37* je znázorněn typ použitého solárního kolektoru a jeho technické parametry použité pro výpočet produkce tepelné energie v hodinovém kroku výpočtu v softwaru Energie 2021.

Solární plochý kolektor: Regulus KPG1H [19]



- Plocha apertury solárního kolektoru: 2,31 m²
- Optická účinnost kolektoru: $\eta_0 = 0,812$
- Lineární součinitel tep. ztráty kolektoru: $a_1 = 4,054 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Kvadratický součinitel tep. ztráty kolektoru: $a_2 = 0,014 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)$

Obr. 37: Solární plochý kolektor Regulus KPPG1H [19]

Identifikace přínosů a dopadů realizace

Instalace termického solárního systému přímo ovlivní potřebu tepla na přípravu teplé vody. Počet solárních kolektorů, resp. objem solárního zásobníku je navržen tak, aby veškeré přebytky tepelné energie byly akumulovány do vody v solárním zásobníku. Z této úvahy se bude rozdííl ve snížení potřeby tepla na přípravu teplé vody rovnat celkové skutečné produkci tepelné energie ze solárních kolektorů.

Odhad finančních nákladů na realizaci

Celkové investiční náklady (viz Tab. 51) zahrnují především cenu za materiál jednotlivých komponentů, příslušenství pro solární termický systém a cenu za práci a dopravu. Investiční náklady vycházejí z cenových nabídek a rozpočtů z doby zpracování energetického auditu a byly odhadnuty na 982 607,00,- Kč bez DPH.



Tab. 51: Odhadované investiční náklady na realizaci Příležitosti 4

INVESTIČNÍ NÁKLADY NA REALIZACI PŘÍLEŽITOSTI		INSTALACE SOLÁRNÍHO TERMICKÉHO SYSTÉMU			
Energetické hospodářství		Novostavba domova pro seniory			
Číslo	Položka	MJ	Množství	Cena bez DPH	Kč celkem
		[-]	[ks]	[Kč / MJ]	[Kč]
1	Materiál				
1.1.	Solární plochý kolektor <i>/např. Regulus KPG1H</i>	ks	21	17 640,00	370 440,00
1.2.	Systémová hliníková konstrukce <i>/včetně příslušenství</i>	ks	21	1 150,00	24 150,00
1.3.	Solární čerpadlová jednotka <i>/např. Solar S1 UM3</i>	ks	1	9 980,00	9 980,00
1.4.	Expanzní nádoba <i>/Regulus SL100, objem 100 l</i>	ks	1	7 370,00	7 370,00
1.5.	Solární regulátor <i>/např. Regulus STDC E</i>	ks	1	4 200,00	4 200,00
1.6.	Zásobník TV <i>/Regulus RBC 2000, objem 2 006 l</i>	ks	1	195 600,00	195 600,00
1.7.	Solární kapalina	kpl	1	10 000,00	10 000,00
1.8.	Rozvody z kolektorů <i>/PVC potrubí - odhad délky 150 m</i>	m	150	300,00	45 000,00
1.7.	Ostatní příslušenství k systému <i>/filtry, uzávěry, ventily atd. (odhad 30 % z ceny komponentů)</i>	kpl	1	183 522,00	183 522,00
	Celkem za materiál				850 262,00 Kč
2	Práce				
2.1.	Montáž konstrukce solárních kolektorů <i>/včetně osazení a zapojení</i>	ks	21	1 200,00	25 200,00
2.2.	Topná zkouška	kpl	1	1 500,00	1 500,00
2.3.	Doprava technologie	kpl	1	10 000,00	10 000,00
2.4.	Montáž rozvodů od kolektorů	m	150	150,00	22 500,00
2.5.	Dokumentace skutečného provedení	kpl	1	5 000,00	5 000,00
2.6.	Autorský dozor projektanta	kpl	1	3 000,00	3 000,00
2.7.	Práce za montáž <i>/dopojení systému a komponentů (odhad 30% z ceny)</i>	kpl	1	65 145,00	65 145,00
	Celkem za práci				132 345,00 Kč
	Celkem investičních nákladů na realizaci příležitosti (cena bez DPH)				982 607,00 Kč
	Celkem investičních nákladů na realizaci příležitosti (cena s 21 % DPH)				1 188 954,47 Kč
Poznámka:					
Do investičních nákladů nebyly zahrnuty náklady za komponenty pro provoz systému vytápění a přípravy teplé vody (zásobník TV, akumulací nádrž, expanzní nádoby apod.). Použití těchto komponentů je uvažováno z výchozího, navrženého stavu.					

Stanovení rizik a nejistot

Mezi hlavní rizika příležitosti, které mohou ovlivnit produkci tepelné energie ze solárních kolektorů, patří zejména nevhodný výběr a neodborná instalace kolektorů a jejich vzájemné propojení potrubím mezi sebou a zásobníkem TV, nevhodný výběr solární čerpadlové jednotky či expanzní nádoby solárního okruhu. Dalším rizikem mohou být nedostatečné mezery mezi kolektory, nedostatečné ukotvení solárních kolektorů k systémové konstrukci, a tím související ukotvení systémové konstrukce ke střeše, popř. její přitížení.



Mezi další skupinou rizik, které mohou vzniknout v průběhu provozu, patří nedostatečná údržba solárního systému, především solárních kolektorů (nedostatečné čištění, odstraňování námrazy na povrchu kolektorů atd.). V poslední řadě mohou vzniknout závady způsobené při dopravě jednotlivých komponent a při manipulaci. Z těchto důvodů je nutné, aby instalaci solárního termického systému prováděla kvalifikovaná firma s patřičnými zkušenostmi.

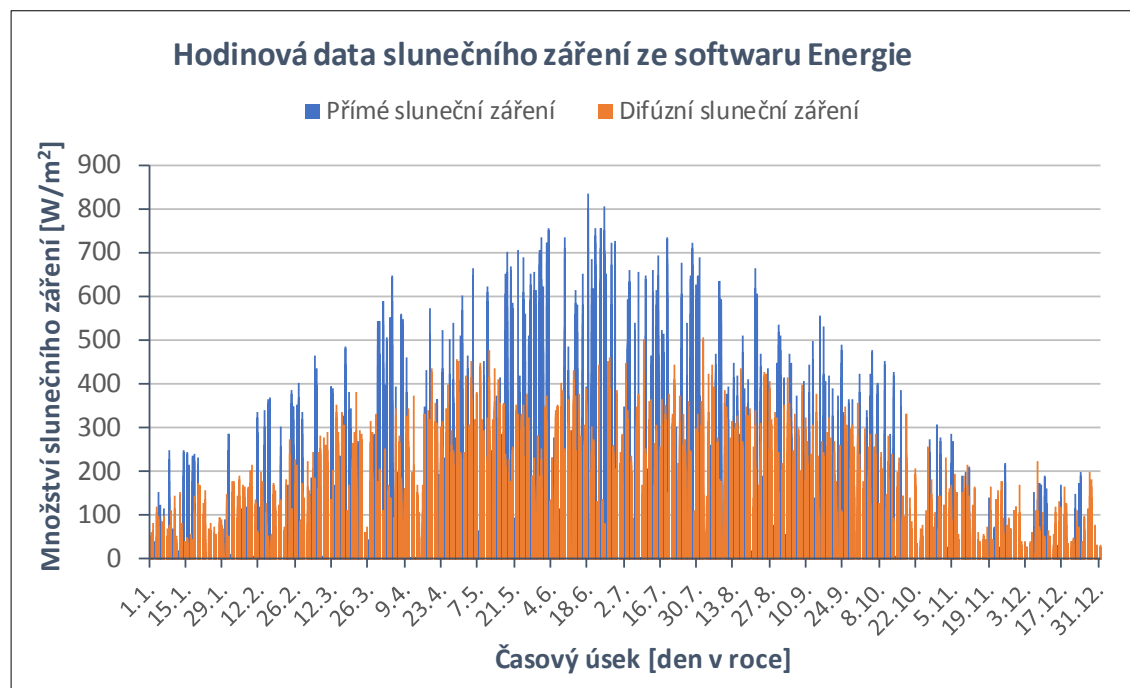
Před samotnou instalací solárních panelů na střechu objektu je také nutné posoudit statickou únosnost střešní konstrukce, z hlediska hmotnosti samotných kolektorů a systémové konstrukce, ale také pro možnost přetížení systémové konstrukce. V neposlední řadě je důležité posoudit stabilitu kolektorů vůči dynamickým vlivům větru. Proto je doporučeno před realizací této příležitosti k dané problematice přizvat oprávněnou osobu (statik).

Možnosti finanční podpory realizace

V Plánu energetického auditu není stanovena žádná finanční podpora, a proto tato příležitost finanční podporu nezahrnuje.

4.3.4.3 Hodnocení Příležitosti 4

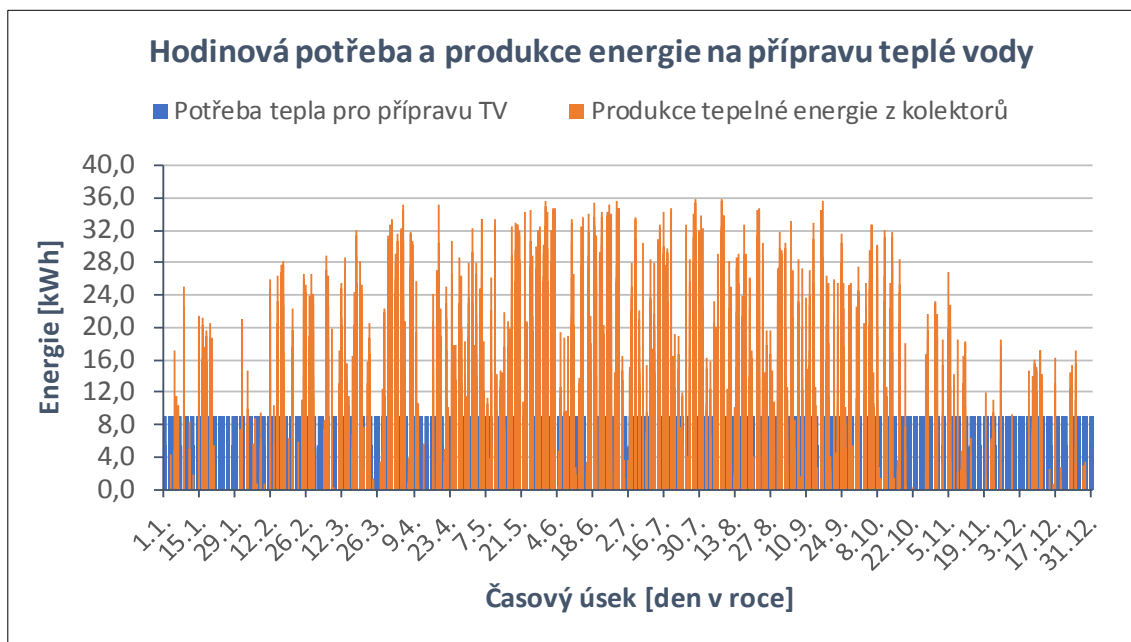
Cílem příležitosti ke snížení energetické náročnosti budovy byla instalace solárního termického systému pro snížení potřeby tepla na přípravu teplé vody. Celková produkce tepelné energie byla na základě navrženého počtu solárních kolektorů a technických parametrů vypočítána v softwaru Energie 2021 v hodinovém kroku výpočtu. Hodinová produkce tepelné energie je přímo závislá na klimatických podmínkách, konkrétně na množství dopadajícího slunečního záření na plochu kolektorů v dané hodině. Pro výpočet byla použita klimatická data pro referenční rok 2012 z nejbližší lokality – Praha_Nové město 2 z databáze ze softwaru Energie 2021.



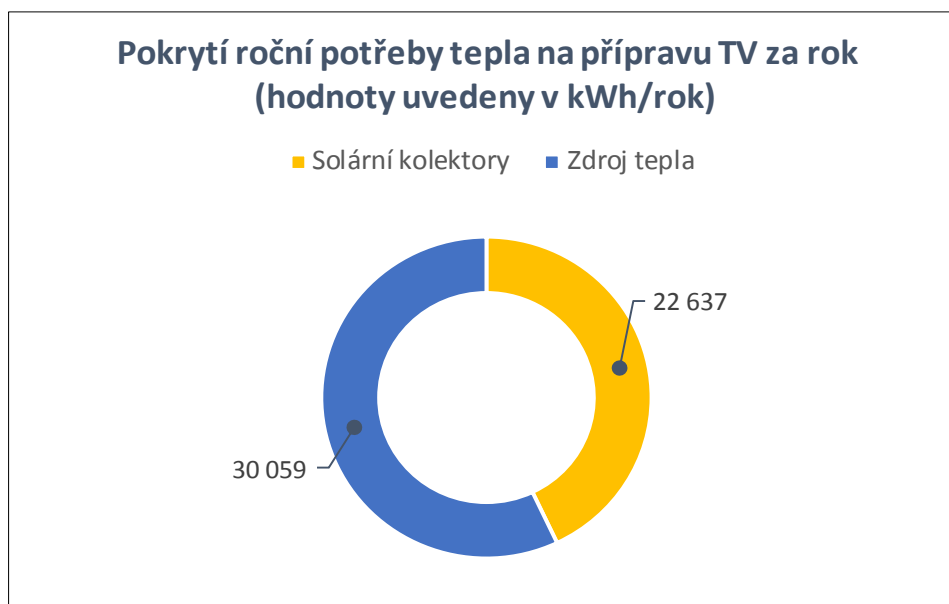
Graf 30: Hodinová data slunečního záření ze softwaru Energie 2021 – Praha_Nové město 2 (referenční rok 2012)



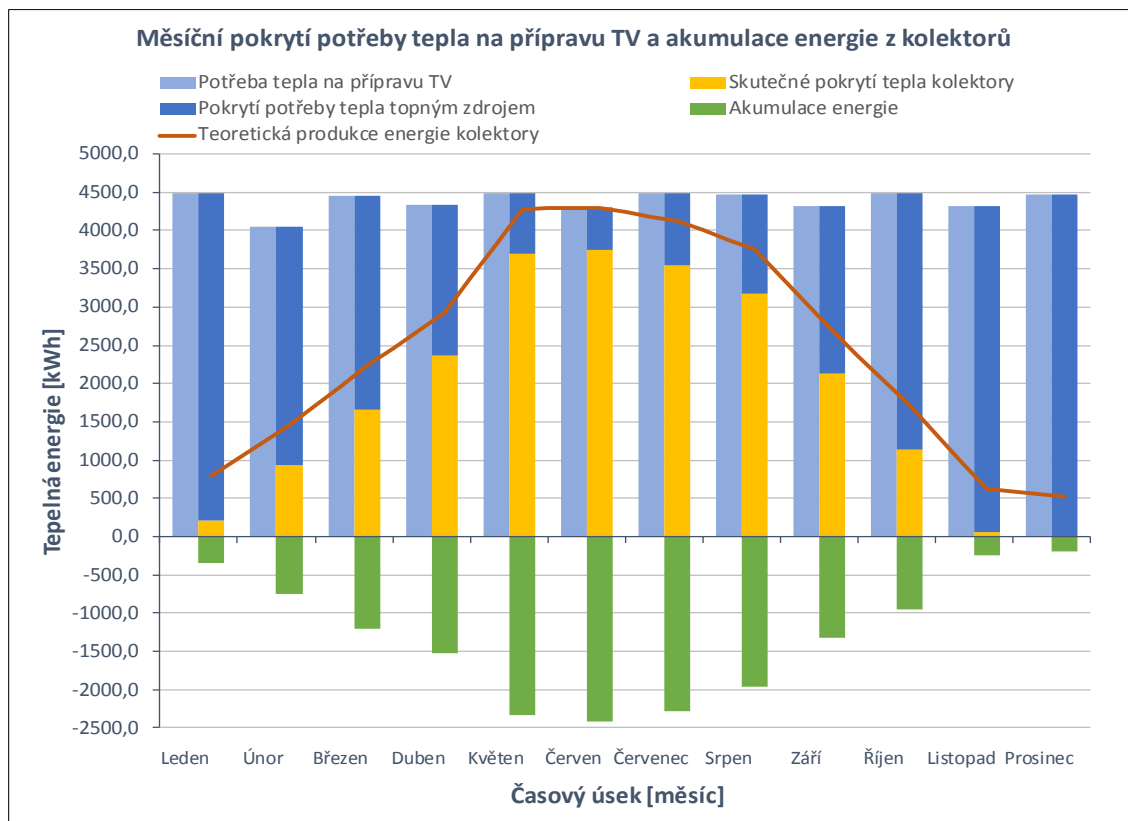
Na následujícím grafu (viz Graf 31) je znázorněn hodinový průběh produkce tepelné energie ze solárních kolektorů a zároveň hodinová potřeba tepla na přípravu teplé vody ze kterého lze konstatovat, že téměř přes celý rok převažuje produkce tepelné energie nad potřebou tepla na přípravu teplé vody. Z toho důvodu je navržen solární zásobník o objemu 2 006 l, do kterého budou ukládány přebytky energie ze solárních kolektorů, které budou následně využity pro přípravu teplé vody.



Graf 31: Hodinová potřeba a produkce energie na přípravu teplé vody



Graf 32: Pokrytí roční potřeby tepla na přípravu teplé vody za rok



Graf 33: Měsíční pokrytí potřeby tepla na přípravu TV a akumulace tepelné energie ze solárních kolektorů

Na grafu výše (viz Graf 33) je znázorněn měsíční průběh celkové potřeby tepla na přípravu teplé vody v jednotlivých měsících v roce. Dále je znázorněn teoretický průběh produkce tepelné energie ze solárních kolektorů, ve kterém se předpokládá, že teoretická produkce energie je snížena o tepelné ztráty vlivem délky rozvodů solární soustavy a solárního zásobníku. Výsledná, skutečná produkce tepelné energie ze solárních kolektorů, která slouží pro pokrytí potřeby tepla na přípravu TV, je poté dána množstvím slunečních zisků v jednotlivých měsících, kdy v měsících od května do července nastává nejvyšší produkce tepelné energie, a to v průměrné hodnotě 3 500 kWh/měsíc. Naopak v prosinci je produkce tepelné energie nižší, než celkové tepelné ztráty solárního systému a z tohoto důvodu je v tomto měsíci skutečná produkce tepelné energie nulová a potřeba tepla na přípravu TV je pokryta topným zdrojem (tepelné čerpadlo). Zároveň je znázorněn také měsíční průběh akumulace tepelné energie ze solárních kolektorů, která bude ve formě akumulace do solárního zásobníku (akumulace do vody).

Celková roční potřeba tepla na přípravu TV je 52 696 kWh/rok a celková reálná roční produkce tepelné energie činí 22 637 kWh/rok, tj. využitelnost 43 %. Detailní souhrn bilance potřeby tepla na přípravu teplé vody se solárními kolektory můžeme vidět v následující Tab. 52.

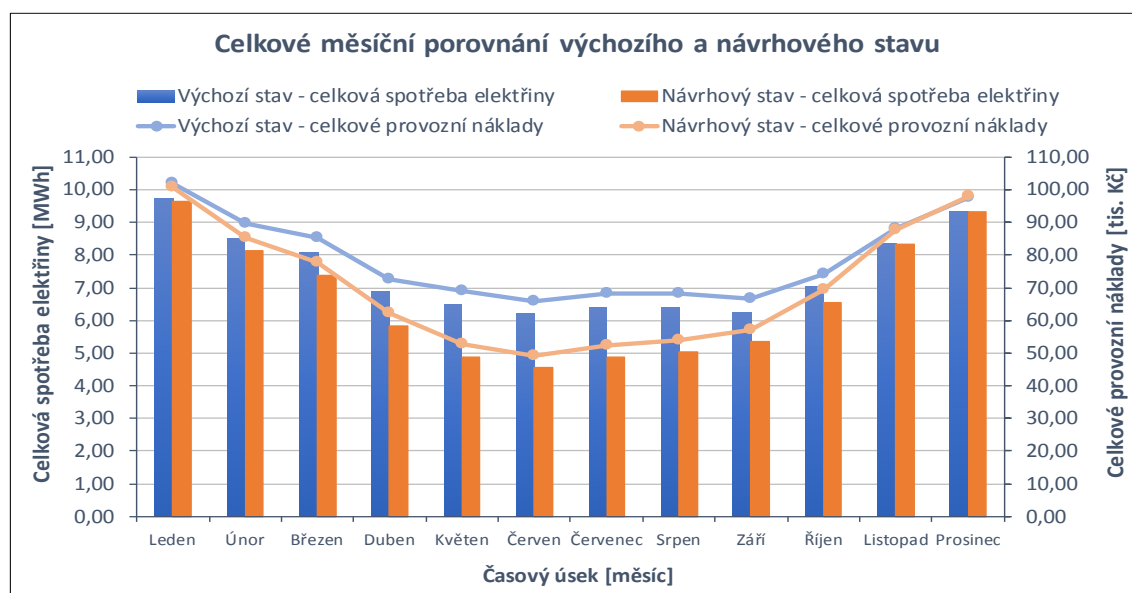


Tab. 52: Měsíční bilance tepelné energie a spotřeby se solárními kolektory

MĚSÍČNÍ BILANCE TEPELNÉ ENERGIE A SPOTŘEBY SE SOLÁRNÍMI KOLEKTORY						
Měsíc	Potřeba tepla na přípravu TV [kWh]	Teoretická produkce tepelné energie [kWh]	Tepelné ztráty [kWh]	Výsledná produkce tepelné energie [kWh]	Akumulace tepelné energie [kWh]	Vlastní spotřeba elektřiny pro systém [kWh]
Leden	4487,81	784,08	577,46	206,62	352,11	7,8
Únor	4042,08	1450,38	521,58	928,80	744,91	12,36
Březen	4458,30	2231,47	577,46	1654,01	1199,97	19,32
Duben	4339,23	2926,80	558,83	2367,97	1525,89	26,16
Květen	4487,81	4280,66	577,46	3703,20	2339,51	34,08
Červen	4309,73	4298,78	558,83	3739,95	2424,21	34,8
Červenec	4487,81	4124,94	577,46	3547,48	2275,88	34,92
Srpen	4473,06	3746,96	577,46	3169,50	1966,24	33,72
Září	4324,48	2686,12	558,83	2127,29	1316,42	25,32
Říjen	4487,81	1712,28	577,46	1134,82	945,46	15,72
Listopad	4324,48	616,13	558,83	57,30	239,88	8,04
Prosinec	4473,06	517,19	577,46	0,00	193,25	6,24
Celkem	52695,65	29375,79	6799,11	22636,95	15523,74	258,48
Využitelnost tepelné energie ze solárních kolektorů						42,96%

Ekonomické hodnocení Příležitosti 4

Pro navrhovanou příležitost dochází ke snížení potřeby tepla, a tím také ke snížení spotřeby elektřiny na přípravu teplé vody, vlivem instalace solárního termického systému na střechu objektu. Roční, resp. měsíční úspory energie můžeme vidět na následujícím grafu (viz Graf 27) a v Tab. 53 níže.



Graf 34: Celkové měsíční porovnání výchozího stavu a Příležitosti 4



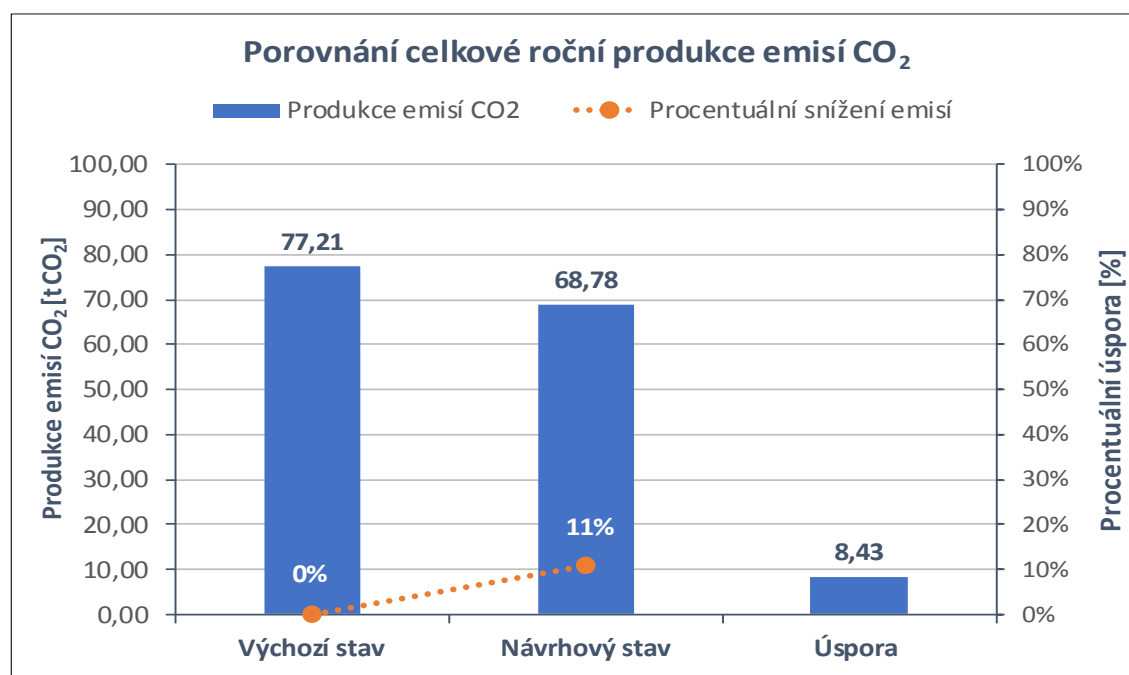
Tab. 53: Celková měsíční bilance výchozího stavu a Příležitosti 4

CELKOVÁ MĚSÍČNÍ BILANCE VÝCHOZÍHO A NÁVRHOVÉHO STAVU						
Měsíc	Výchozí stav		Návrhový stav		Úspora	
	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celkové provozní náklady [tis. Kč]	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celkové provozní náklady [tis. Kč]	Celkové elektřiny [MWh]	Celkových provozních nákladů [tis. Kč]
Leden	9,74	101,87	9,65	101,01	0,08	0,86
Únor	8,53	89,58	8,13	85,50	0,40	4,08
Březen	8,10	85,17	7,38	77,88	0,72	7,29
Duben	6,88	72,75	5,85	62,30	1,03	10,45
Květen	6,51	68,99	4,90	52,57	1,61	16,41
Červen	6,19	65,80	4,57	49,23	1,63	16,57
Červenec	6,42	68,13	4,88	52,43	1,54	15,70
Srpen	6,42	68,14	5,05	54,14	1,37	14,00
Září	6,27	66,53	5,35	57,16	0,92	9,37
Říjen	7,02	74,25	6,54	69,28	0,49	4,98
Listopad	8,37	87,93	8,35	87,75	0,02	0,18
Prosinec	9,34	97,79	9,34	97,86	-0,01	-0,06
Celkem	89,78	946,93	79,98	847,12	9,80	99,81
Roční úspora z celkové spotřeby energie					10,92%	

Ekologické hodnocení Příležitosti 4

Výpočet roční produkce emisí CO₂ je proveden podle vztahu (16) z podkapitoly 4.1.5. Následující graf reprezentuje porovnání celkové roční produkce CO₂ u dané příležitosti a procentuální snížení emisí CO₂ oproti výchozímu stavu.

$$\text{produkce CO}_2 = 77,74 \cdot 0,860 = 66,86 \text{ t CO}_2/\text{a}$$



Graf 35: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 4



Tab. 54: Celková roční produkce emisí CO₂ pro výchozí stav a Příležitost 4

CELKOVÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ CO₂ PRO VÝCHOZÍ A NÁVRHOVÝ STAV		
Roční produkce emisí CO ₂ pro výchozí stav	77,21	t CO ₂ /rok
Roční produkce emisí CO ₂ pro navrhovanou příležitost – návrhový stav	68,78	t CO ₂ /rok
Roční snížení produkce emisí CO ₂	8,43	t CO ₂ /rok
Roční úspora produkce emisí CO ₂	10,92	%

Vyhodnocení dílčí Příležitosti 4 dle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Z hlediska bilance navržené příležitosti ke snížení energetické náročnosti je splněna podmínka minimální úspory 10 % z celkové spotřeby energie energetického hospodářství, resp. 10 % v celkové produkci emisí CO₂ podle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Navržená příležitost ke snížení energetické náročnosti **VYHOVUJE**



4.3.5 Příležitost 5 – Instalace tepelného čerpadla země-voda (zemní vrty)

4.3.5.1 Specifikace stávajícího (výchozího) stavu

Hranice hodnocené příležitosti

Navrhovaná příležitost představuje výměnu navrženého zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé vody za tepelné čerpadlo země-voda, které by sloužilo pro vytápění a přípravu teplé vody. Tepelné čerpadlo země-voda by odebíralo teplo z vnějšího prostředí pomocí hlubinných vrtů, které by byly umístěny na pozemku investora. S instalací TČ země-voda, které má v obecně rovině vyšší účinnost, než TČ vzduch-voda, se očekává snížení spotřeby elektrické energie na vytápění a přípravu teplé vody v objektu.

Relevantní proměnné

Parametry ovlivňující energetickou náročnost příležitosti jsou následující:

- příležitost předpokládá souhlas budoucího provozovatele objektu k realizaci navržené příležitosti,
- příležitost předpokládá kladné souhlasné stanovisko všech dotčených orgánů k realizaci díla, především stavebního úřadu městské části Praha – Řeporyje k vydání stavebního povolení,
- spotřeba elektrické energie v objektu vychází z dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder a z výpočtů uvedených v energetickém auditu,
- jednotková cena elektrické energie vychází z aktuálních ceníků z doby zpracování energetického auditu,
- technické parametry, použité pro výpočet navrženého tepelného čerpadla země-voda, vycházejí z technického listu od výrobce,
- odhad investičních nákladů na realizaci příležitosti vychází z průměrných cen z doby zpracování EA,
- případné dotační podpory pro danou příležitost nebyly specifikovány.

Výchozí stav energetické náročnosti

Roční spotřeba elektrické energie je na základě výpočtu z kapitoly 4.1. a dynamické simulace definována hodnotou 89,78 MWh/rok. Měsíční průběh spotřeby znázorňuje *Tab. 36* a *Graf 8* z *Analýzy užití energie* v podkapitole 4.2.2. Roční spotřeba a úspora energie je následně porovnána v ekonomickém hodnocení navrhované příležitosti.

Ukazatel energetické náročnosti

Ukazatel energetické náročnosti je definován na základě vypočtené celkové roční spotřeby elektrické energie. Hodnota pro výchozí stav je 89,78 MWh/rok.



4.3.5.2 Specifikace Příležitosti 5

Popis navrhované příležitosti

Navrhovaná příležitost představuje instalaci nového zdroje tepla na vytápění a přípravu teplé vody – tepelné čerpadlo země-voda (např. Stiebel Eltron WPE-I 59 H 400 Premium) o tepelném výkonu $P_H = 35,6$ kW (pro B0/W35 dle EN 14511), použitelné pro vnitřní instalaci s hermeticky uzavřeným okruhem. K TČ by byl zapojen bivalentní zdroj tepla v podobě elektrických topných patron v zásobníku TV a v akumulární nádrži na topnou vodu. Na straně primárního okruhu by TČ odebíralo teplo z prostředí zeminy pomocí geotermálních hlubinných vrtů. Ostatní technologie v technické místnosti zůstávají neměnné, stejně tak výstupní teplota pro vytápění 45 °C, resp. pro přípravu teplé vody 55 °C.

Pro další dílčí výpočty je potřeba nejprve stanovit roční provozní topný faktor TČ $COP_{H,gen}$ pro systém vytápění, resp. $COP_{W,gen}$ pro systém přípravy teplé vody a účinnosti systémů. Jmenovitý topný faktor TČ COP_n je dle technického listu od výrobce 4,50 při B0/W35, stanovené podle EN 14511 [31]. Bivalentním zdrojem tepla budou integrované topné patrony v zásobníku TV a v akumulární nádrži.

Roční provozní topný faktor se stanoví obdobně podle vztahu (3) v podkapitole 4.1.1. Součinitel ročního provozu TČ země-voda pro vytápění $f_{H,COP}$ je daný dle ČSN 73 0331-1 [22], Tabulky A.12 následovně:

Tab. 55: Součinitel ročního provozu TČ země-voda pro vytápění dle [22], upraveno

Typ tepelného čerpadla	Země-voda (B0/W35)
Návrhová výstupní teplota otopné vody [°C]	45
$f_{H,COP}$ [-]	0,94

$$COP_{H,gen} = 0,94 \cdot 4,50 = 4,23$$

Sezónní účinnost výroby zdrojem tepla pro vytápění $\eta_{H,gen}$ pro elektrické topné patrony v zásobníku TV a v akumulární nádrži byly stanoveny podle [22], Tabulky A.9 následovně:

Tab. 56: Sezónní účinnost výroby tepla zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ pro topnou tyč dle [22], upraveno

Zdroj tepla	Elektrické topné těleso v zásobníku
$\eta_{H,gen}$ [-]	0,99

Účinnosti systému pro sdílení $\eta_{H,em}$ a distribuci tepla $\eta_{H,dis}$, které byly stanoveny v podkapitole 4.1.1, zůstávají neměnné. Tedy $\eta_{H,gen} = 0,95$, $\eta_{H,em} = 0,88$ a $\eta_{H,dis} = 0,92$. Celková účinnost systému vytápění je pak stanovena podle vztahu (4).

Tedy pro:

tepelné čerpadlo: $\eta_{VYT,TČ} = 4,23 \cdot 0,88 \cdot 0,92 = 3,425$

elektrokotel: $\eta_{VYT,EL} = 0,99 \cdot 0,88 \cdot 0,92 = 0,769$



Součinitel ročního provozu TČ pro přípravu teplé vody $f_{w,COP}$ je daný dle [22], Tabulky A.13 následovně:

Tab. 57: Součinitel ročního provozu TČ země-voda $f_{w,COP}$ pro přípravu TV dle [22], upraveno

Typ tepelného čerpadla	Země-voda (B0/W35)
Požadovaná teplota teplé vody [°C]	$f_{w,COP}$ [-]
50	0,66
60	0,45

Pozn.: v tabulce lze lineárně interpolovat

$$COP_{W,gen} = 0,555 \cdot 4,50 = 2,498$$

Celková účinnost systému přípravy teplé vody je dána pouze účinností výroby zdrojem tepla.

Tedy pro:

tepelné čerpadlo: $COP_{W,gen} = 4,50$

Elektrokotel: $\eta_{w,gen} = 0,99$

Podíl roční potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody pro tepelné čerpadlo země-voda se určil podle [22], Tabulky A.1 následovně:

Tab. 58: Podíl roční potřeby tepla na vytápění a přípravu TV pro TČ země-voda dle [22], upraveno

Zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody	Tepelné čerpadlo voda (země) / voda v bivalentním provozu
$f_{H,gen}$ [-]	0,96

Pro návrh potřebné délky zemních vrtů byla použita evropská norma ČSN EN 15450 [30] za pomoci podrobného výpočetního postupu. Pro návrh lze použít i zjednodušený postup, který vychází z měrného odběrového toku zeminy q_l [W/m] na základě daného podloží a topného výkonu a faktoru použitého tepelného čerpadla. Pro přesnější návrh je ovšem vhodnější použít podrobný postup, který vychází z celkové potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody a zohledňuje tak reálný provoz budovy, včetně skutečného množství odebrané energie ze zemního masivu. Daná norma uvádí mimo jiné také roční provozní dobu tepelného čerpadla pro režim vytápění, která by měla být okolo 1 800 h/rok, resp. pro režim vytápění a přípravu teplé vody 2 400 h/rok a zároveň také optimální množství odebraného tepla z 1 m zemního vrtu, které by se mělo pohybovat mezi hodnotami 100 a 150 kWh/(m·rok).

Z vypočtené celkové roční potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé vody dodané tepelným čerpadlem do budovy Q_{del} a ročního topného faktoru COP_{gen} navrženého tepelného čerpadla pro danou aplikaci, lze stanovit tepelnou energii Q_{ex} odebranou ze zemního masivu výparníkem za rok podle vztahu

$$Q_{ex} = Q_{del} \cdot \left(1 - \frac{1}{COP_{gen}}\right) \quad (21)$$

kde: Q_{ex} je v kWh/rok

Q_{del} je v kWh/rok



Z celkové potřeby tepla a jmenovitého tepelného výkonu tepelného čerpadla Φ_{TC} lze stanovit skutečnou roční provozní dobu chodu TČ τ_{TC} dle vztahu

$$\tau_{TC} = \frac{Q_{del}}{\Phi_{TC}} \quad (22)$$

kde: Φ_{TC} je v kW

Následně z energie odebrané výparníkem Q_{ex} a ze skutečné doby provozu tepelného čerpadla τ_{TC} se stanoví průměrný roční odběrový výkon dle vztahu

$$\Phi_{ex} = \frac{Q_{ex}}{\tau_{TC}} \quad (23)$$

kde: Φ_{ex} je v kW

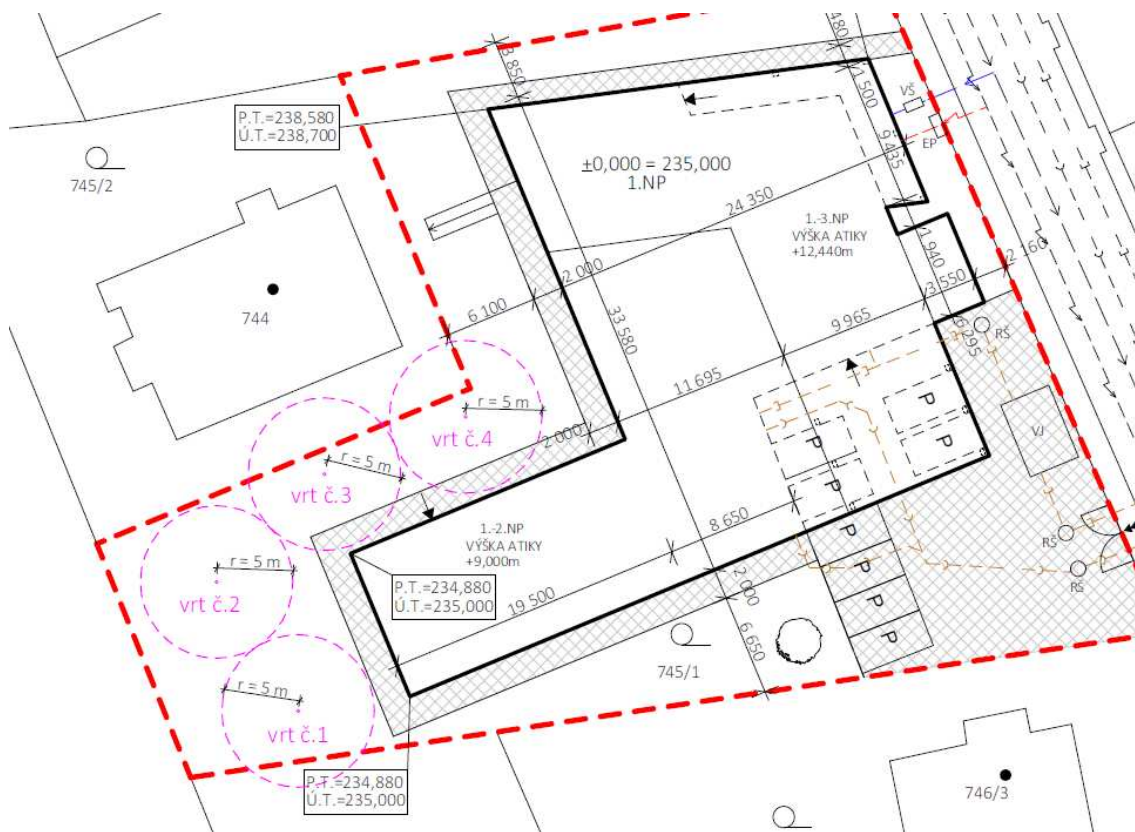
τ_{TC} je v hodinách za rok

V následující *Tab. 59* jsou souhrnně uvedeny jednotlivé parametry pro návrh zemních vrtů podle vztahu uvedených výše a zároveň byla navržena potřebná délka zemních vrtů pro splnění doporučeného množství odebraného tepla z 1 m vrtu

Tab. 59: Charakteristiky tepelného čerpadla země-voda pro návrh zemních vrtů

Specifikace	Značka	Jednotka	Hodnota	
			Vytápění	Příprava TV
Jmenovitý výkon TČ (pro B0/W35)	P_H	kW	35,6	
roční topný faktor TČ	COP_{gen}	-	4,23	2,498
Potřeba tepla	Q_{del}	kWh/rok	28206,8	50587,8
Energie odebraná z masivu	Q_{ex}	kWh/rok	21538,5	30336,5
Skutečná provozní doba chodu TČ	τ_{TC}	h/rok	792	1421
Průměrný roční odběrový výkon	Φ_{ex}	kW	27,18	21,35
Potřebná délka zemních vrtů	x	m	400	
Energie odebraná z 1 m vrtu	Q_{ex1m}	kWh/(m·rok)	129,7	

Z výše uvedené *Tab. 59* lze konstatovat, že dle navrženého typu tepelného čerpadla lze skutečnou provozní dobu chodu TČ očekávat okolo 2240 h a zároveň je splněna doporučená hodnota pro maximální dobu chodu TČ podle ČSN EN 15450 [30]. Celková délka zemních vrtů byla stanovena na 400 m a energie odebraná z 1 m vrtu je poté 131,3 kWh/m. Tato hodnota se také nachází v doporučeném rozmezí dle uvažované evropské normy. Průměrná hloubka geotermálního vrtu se na území České republiky pohybuje okolo 100 – 150 m. Na základě této skutečnosti byly navrženy 4 geotermální vrtů o hloubce 1 vrtu 100 m. Skutečná hloubka by byla stanovena na základě podrobného geologického průzkumu v dané lokalitě. Vrtů by byly umístěny na pozemku investora s minimálním 10 m rozstupem mezi sebou, aby bylo vyloučeno vzájemné ovlivňování odebíraného tepla. Možné umístění vrtů můžeme vidět na situačním (viz *Obr. 38*) níže.



Obr. 38: Umístění geotermálních vrtů na pozemku

Identifikace přínosů a dopadů realizace

S instalací tepelného čerpadla země-voda na vytápění a přípravu teplé vody, u kterého se předpokládá vyšší sezónní účinnost, bude přímo ovlivněna účinnost zdroje tepla a s tím také účinnost celého systému pro vytápění a přípravu TV. S vyšší účinností systému se předpokládá snížení spotřeby elektrické energie na vytápění a přípravu TV.

Odhad finančních nákladů na realizaci

Celkové investiční náklady (viz Tab. 60) zahrnují především cenu za materiál jednotlivých komponentů a příslušenství k tepelnému čerpadlu. Další důležitou položkou nákladů tvoří zemní práce pro hloubení zemních vrtů. Investiční náklady vycházejí z cenových nabídek a rozpočtů z doby zpracování energetického auditu a byly odhadnuty na 1 524,8,- Kč bez DPH.



Tab. 60: Odhadované investiční náklady na realizaci Příležitosti 5

INVESTIČNÍ NÁKLADY NA REALIZACI PŘÍLEŽITOSTI		INSTALACE TEPELNÉHO ČERPADLA ZEMĚ-VODA			
Energetické hospodářství		Novostavba domova pro seniory			
Číslo	Položka	MJ	Množství	Cena bez DPH	Kč celkem
		[-]	[ks]	[Kč / MJ]	[Kč]
1	Materiál				
1.1.	Tepelné čerpadlo země-voda <i>/Stiebel Eltron WPE-I 59 H 400 Premium</i>	ks	1	364 500,00	364 500,00
1.2.	Zemní vrty <i>/cca 400 m vrtů</i>	m	400	1 200,00	480 000,00
1.4.	Elektrická bivalence <i>/topná tyč do zásobníku TV a akumulární nádrže</i>	ks	2	10 000,00	20 000,00
1.5.	Rozdělovač/sběrač, regulace <i>/pro primární okruh tepelného čerpadla</i>	ks	1	20 000,00	20 000,00
1.6.	Armatury a pomocná zařízení <i>/oběhová čerpadla, filtry, klapky, uzávěry apod. (odhad 30 % z ceny komponentů)</i>	kpl	1	265 350,00	265 350,00
	Celkem za materiál				1 149 850,00 Kč
2	Práce				
2.2.	Projekt vrtných prací	kpl	1	20 000,00	20 000,00
2.3.	Doprava technologie	kpl	1	10 000,00	10 000,00
2.4.	Vrtné práce <i>/cca 400 m hlubinných vrtů (odhad 30 % z ceny vrtů)</i>	kpl	1	144 000,00	144 000,00
2.5.	Montáž strojovny, spuštění, zaregulování, zaškolení <i>/odhad 30 % z ceny komponentů</i>	kpl	1	200 955,00	200 955,00
	Celkem za práci				374 955,00 Kč
	Celkem investičních nákladů na realizaci příležitosti (cena bez DPH)				1 524 805,00 Kč
	Celkem investičních nákladů na realizaci příležitosti (cena s 21 % DPH)				1 845 014,05 Kč
Poznámka:					
Do investičních nákladů nebyly zahrnuty náklady za komponenty pro provoz systému vytápění a přípravy teplé vody (zásobník TV, akumulární nádrž, expanzní nádoby apod.). Použití těchto komponentů je uvažováno z výchozího, navrženého stavu.					

Stanovení rizik a nejistot realizace

Mezi hlavní rizika příležitostí, které mohou ovlivnit úsporu elektrické energie patří zejména nevhodný výběr výkonu tepelného čerpadla a délky zemních vrtů. Při poddimenzované velikosti TČ lze predikovat zvýšení provozních hodin chodu TČ (běžně 3 000 – 4 000 hodin za rok). Toto zvýšení znamená, že primární okruh TČ (zemní vrt) se dostane do energetické spirály, kdy není schopen dodat potřebnou energii a je stále více vychlazován. Se snižující se teplotou vrtu se snižuje také výkon TČ a při dlouhodobém režimu nebude schopno dodat požadovanou dodávku tepla a bude nutný častější chod bivalentního zdroje tepla.

Mezi další skupinou rizik patří rizika spojená s prováděním zemních prací a s propojením primárního a sekundárního okruhu TČ. Z těchto důvodů je nutné, aby instalaci primárního okruhu a celkové propojení TČ prováděla kvalifikovaná firma.

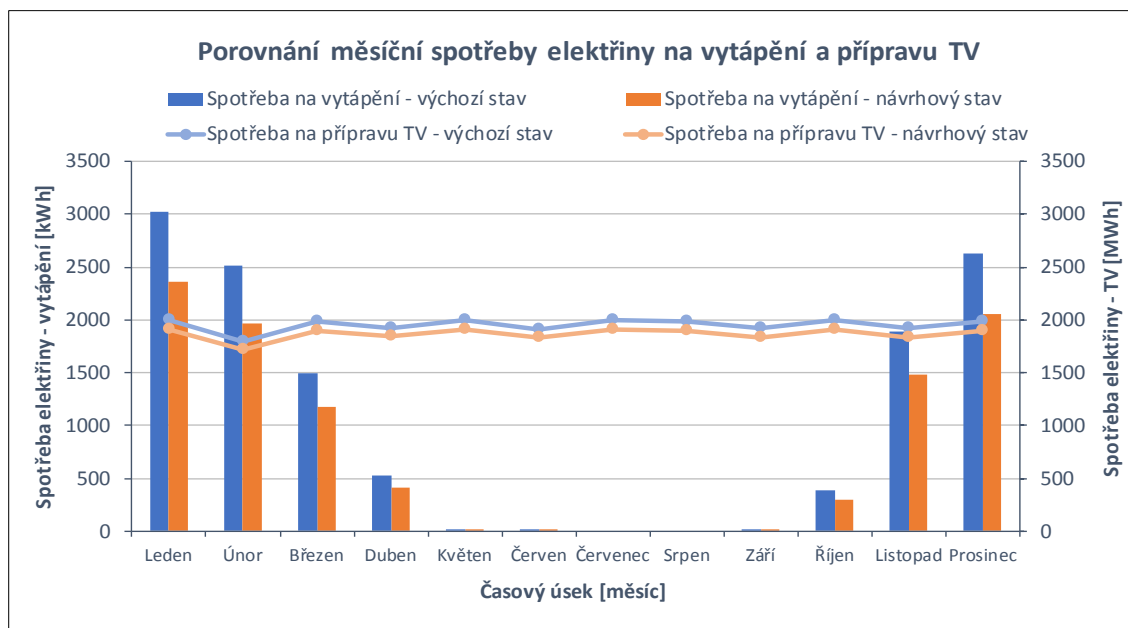
Možnosti finanční podpory realizace

V Plánu energetického auditu není stanovena žádná finanční podpora, a proto tato příležitost finanční podporu nezahrnuje.

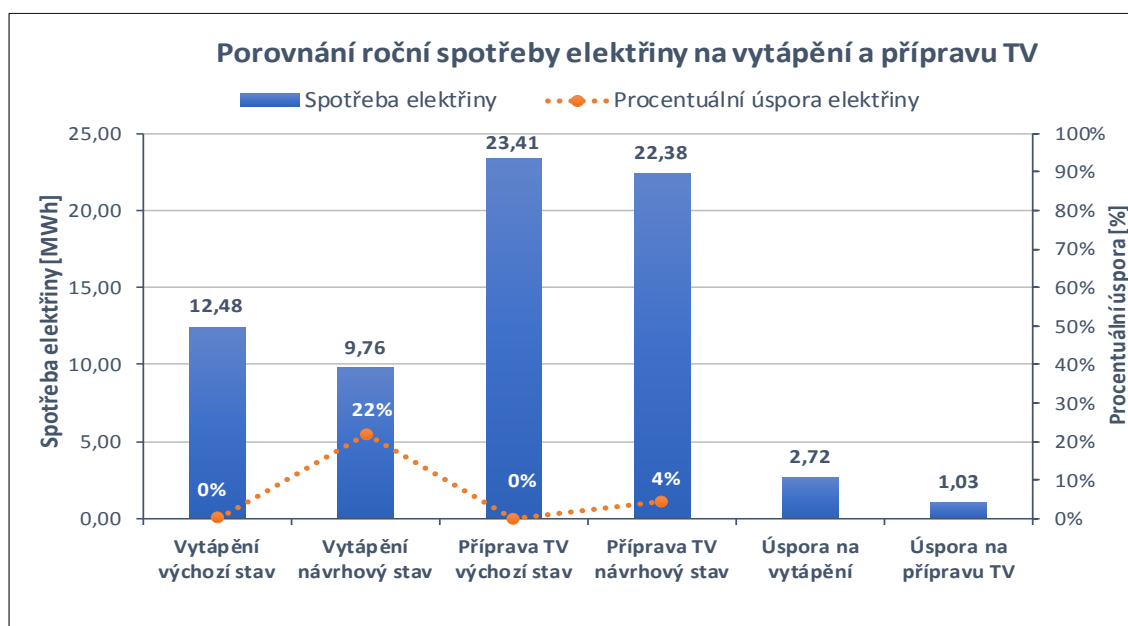


4.3.5.3 Hodnocení Příležitosti 5

Cílem příležitosti ke snížení energetické náročnosti bylo snížit spotřebu tepla na vytápění a přípravu teplé vody, vlivem instalace nového zdroje tepla – tepelného čerpadla země-voda se zemními vrty. Za předpokladu vyššího ročního provozního topného faktoru TČ, resp. vyšší celkové účinnosti systému, došlo ke snížení spotřeby elektrické energie na vytápění a přípravu TV o rozdíl, který můžeme vidět na následujícím grafu (viz Graf 36) a zároveň lze pozorovat procentuální úspora elektřiny na vytápění a přípravu TV oproti výchozímu stavu (viz Graf 37). Ostatní spotřeba elektřiny pro technické systému v budově zůstává, oproti výchozímu stavu, neměnná.



Graf 36: Porovnání měsíční spotřeby elektřiny pro vytápění a přípravu TV pro výchozí stav a Příležitost 5

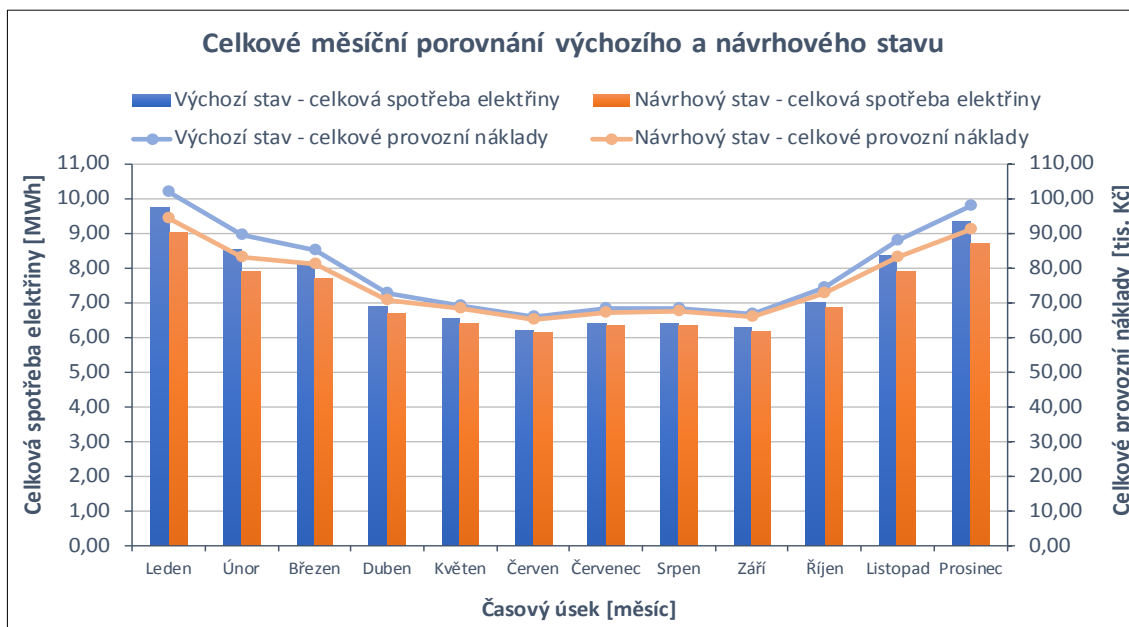


Graf 37: Porovnání a úspora roční spotřeby elektřiny na vytápění a přípravu TV pro výchozí stav a Příležitost 5



Ekonomické hodnocení Příležitosti 5

Pro navrhovanou příležitost dochází k úspoře elektrické energie na vytápění a přípravu teplé vody. Roční, resp. měsíční úspory energie můžeme vidět na následujícím grafu (viz Graf 38) a v Tab. 61 níže.



Graf 38: Celková měsíční porovnání výchozího stavu a Příležitosti 5

Tab. 61: Celková měsíční bilance pro výchozí stav a Příležitost 5

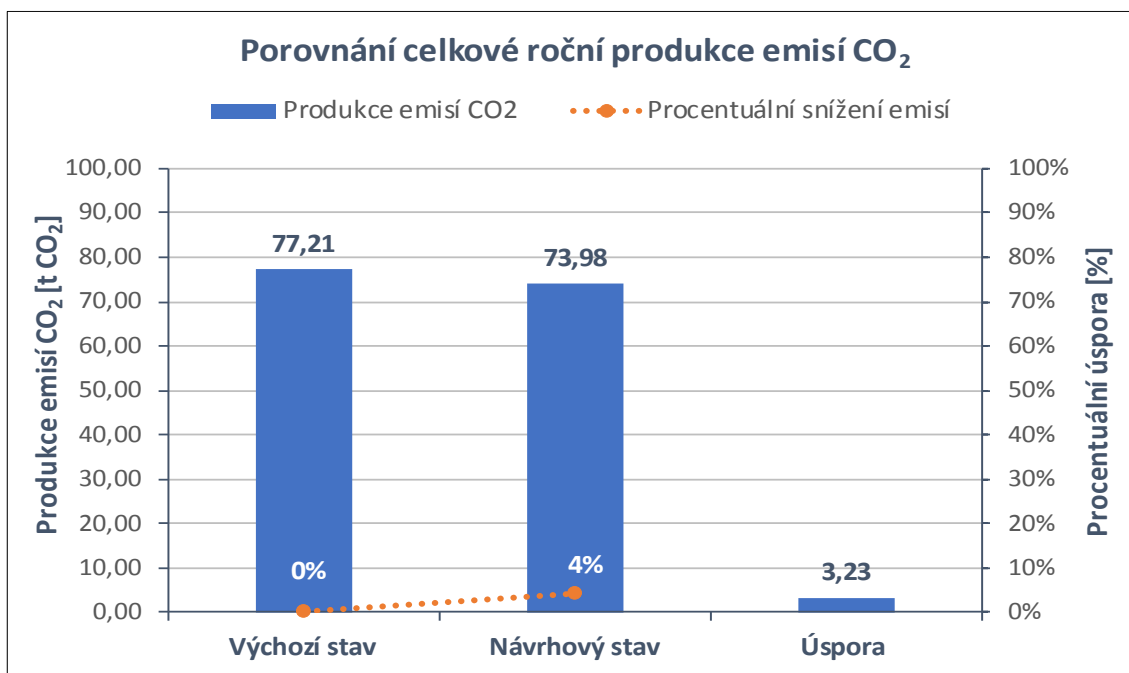
CELKOVÁ MĚSÍČNÍ BILANCE VÝCHOZÍHO A NÁVRHOVÉHO STAVU						
Měsíc	Výchozí stav		Návrhový stav		Úspora	
	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celkové provozní náklady [tis. Kč]	Celková spotřeba elektřiny [MWh]	Celkové provozní náklady [tis. Kč]	Celkové elektřiny [MWh]	Celkových provozních nákladů [tis. Kč]
Leden	9,74	101,87	8,99	94,26	0,75	7,61
Únor	8,53	89,58	7,90	83,20	0,63	6,37
Březen	8,10	85,17	7,68	80,96	0,41	4,21
Duben	6,88	72,75	6,68	70,73	0,20	2,03
Květen	6,51	68,99	6,42	68,05	0,09	0,94
Červen	6,19	65,80	6,11	64,93	0,08	0,86
Červenec	6,42	68,13	6,33	67,23	0,09	0,90
Srpen	6,42	68,14	6,34	67,25	0,09	0,89
Září	6,27	66,53	6,18	65,66	0,09	0,87
Říjen	7,02	74,25	6,85	72,50	0,17	1,75
Listopad	8,37	87,93	7,87	82,88	0,50	5,05
Prosinec	9,34	97,79	8,68	91,08	0,66	6,71
Celkem	89,78	946,93	86,03	908,73	3,75	38,20
Roční úspora z celkové spotřeby energie					4,18%	



Ekologické hodnocení Příležitosti 5

Výpočet roční produkce emisí CO₂ je proveden podle vztahu (16) z podkapitoly 4.1.5. Následující graf reprezentuje porovnání celkové roční produkce CO₂ u dané příležitosti a procentuální snížení emisí CO₂ oproti výchozímu stavu.

$$\text{produkce CO}_2 = 86,03 \cdot 0,860 = 73,98 \text{ t CO}_2/a$$



Graf 39: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 5

Tab. 62: Celková roční produkce emisí CO₂ pro 5. příležitost

CELKOVÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ CO ₂ PRO VÝCHOZÍ A NÁVRHOVÝ STAV		
Roční produkce emisí CO ₂ pro výchozí stav	77,21	t CO ₂ /rok
Roční produkce emisí CO ₂ pro navrhovanou příležitost – návrhový stav	73,98	t CO ₂ /rok
Roční snížení produkce emisí CO ₂	3,23	t CO ₂ /rok
Roční úspora produkce emisí CO ₂	4,18	%

Vyhodnocení dílčí Příležitosti 5 dle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Z hlediska bilance navržené příležitosti ke snížení energetické náročnosti není splněna podmínka minimální úspory 10 % z celkové spotřeby energie energetického hospodářství, resp. 10 % v celkové produkci emisí CO₂ podle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Navržená příležitost ke snížení energetické náročnosti **NEVYHOVUJE**

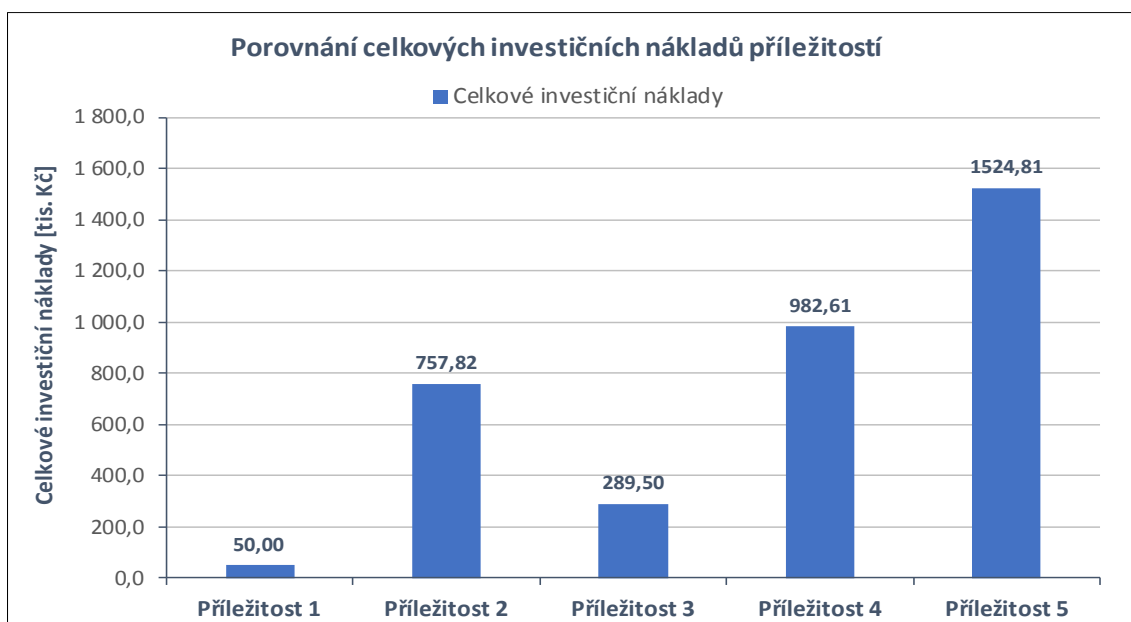


4.4 Souhrnné porovnání všech posouzených příležitostí

Na následujících grafech můžeme vidět porovnání všech posouzených příležitostí ke snížení energetické náročnosti budovy z hlediska celkových investičních nákladů (viz Graf 40), celkové roční spotřeby elektřiny (viz Tab. 63, resp. Graf 41), celkových ročních nákladů za elektřinu (viz Tab. 64, resp. Graf 42) a celkové produkce CO₂ (viz Graf 43), vzhledem k výchozímu (navrženému) stavu.

U všech grafů, vyjma grafu porovnání investičních nákladů, je znázorněno také procentuální úspora jednotlivých příležitostí ke snížení energetické náročnosti, vzhledem k výchozímu stavu. Zároveň je navíc u grafu roční spotřeby elektřiny a celkových ročních nákladů za elektřinu znázorněna srovnávací tabulka s barevnou škálou, která znázorňuje nejvyšší a nejnižší hodnotu v rámci jednotlivých příležitostí.

Porovnání investičních nákladů



Graf 40: Porovnání celkových investičních nákladů všech příležitostí



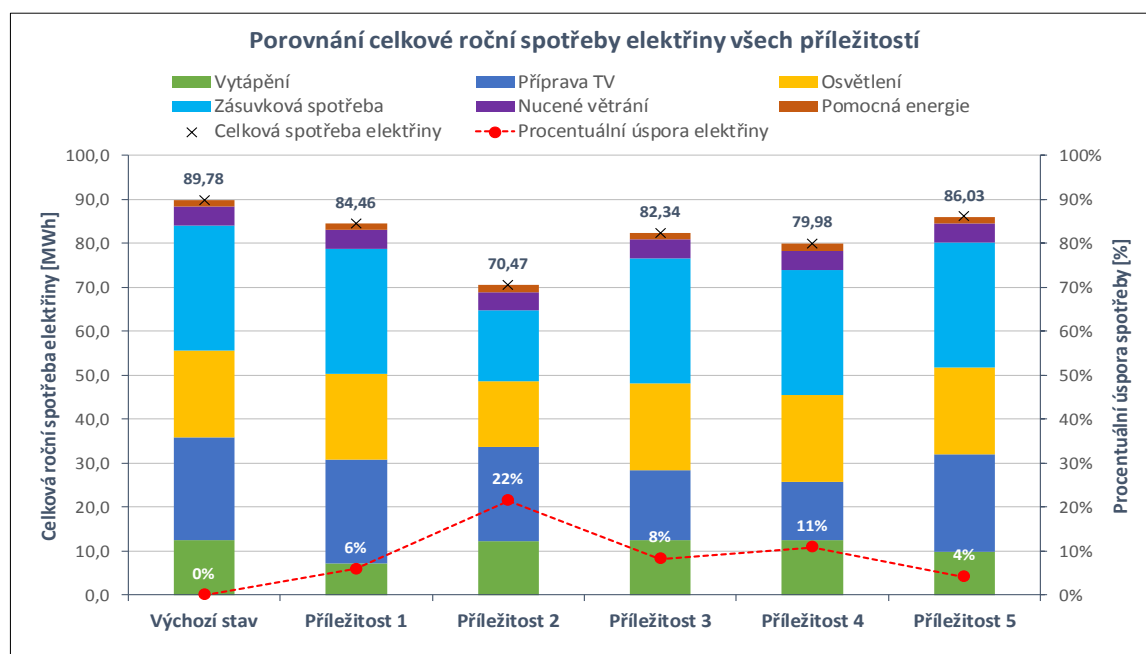
Porovnání spotřeby elektrické energie

Tab. 63: Souhrnné porovnání celkové roční spotřeby elektřiny všech příležitostí

Porovnání celkové roční spotřeby elektřiny [MWh/rok]						
Využití spotřeby elektřiny	Výchozí stav	Příležitost				
		Příležitost 1	Příležitost 2	Příležitost 3	Příležitost 4	Příležitost 5
Vytápění	12,48	7,32	12,32	12,48	12,48	9,76
Příprava TV	23,41	23,41	21,34	15,98	13,36	22,38
Osvětlení	19,65	19,65	14,92	19,65	19,65	19,65
Zásuvková spotřeba	28,48	28,48	16,25	28,48	28,48	28,48
Pomocná energie	1,41	1,26	1,47	1,41	1,67	1,41
Nucené větrání	4,34	4,34	4,19	4,34	4,34	4,34
Celková spotřeba elektřiny	89,78	84,46	70,47	82,34	79,98	86,03

NEJVYŠŠÍ SPOTŘEBA

NEJNIŽŠÍ SPOTŘEBA



Graf 41: Porovnání a úspora celkové roční spotřeby elektřiny všech příležitostí



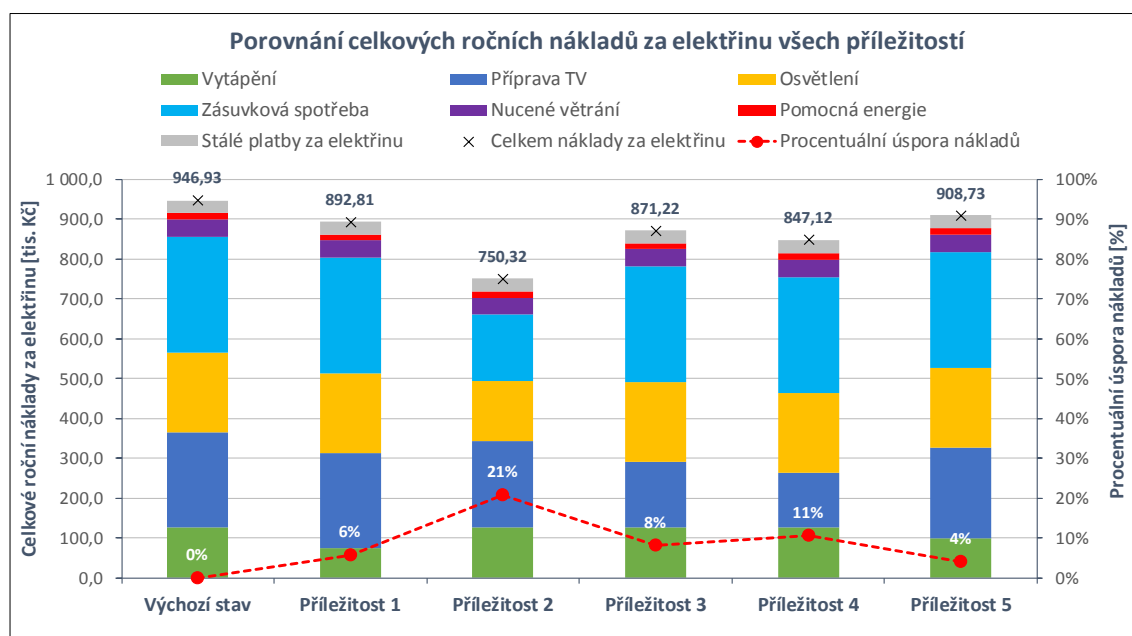
Porovnání nákladů za elektrickou energii

Tab. 64: Souhrnné porovnání celkových ročních nákladů za elektřinu všech příležitostí

Porovnání celkových ročních nákladů za elektřinu [tis. Kč/rok]						
Náklady za elektřinu na	Výchozí stav	Příležitost				
		Příležitost 1	Příležitost 2	Příležitost 3	Příležitost 4	Příležitost 5
Vytápění	127,11	74,54	125,45	127,11	127,11	99,44
Příprava TV	238,48	238,48	217,35	162,76	136,03	227,94
Osvětlení	200,18	200,18	151,91	200,18	200,18	200,18
Zásuvková spotřeba	290,07	290,07	165,47	290,07	290,07	290,07
Pomocná energie	14,38	12,83	14,96	14,38	17,02	14,38
Nucené větrání	44,16	44,16	42,63	44,16	44,16	44,16
Stálé platby	32,55	32,55	32,55	32,55	32,55	32,55
Celkem náklady za elektřinu	946,93	892,81	750,32	871,22	847,12	908,73

NEJVYŠŠÍ NÁKLADY

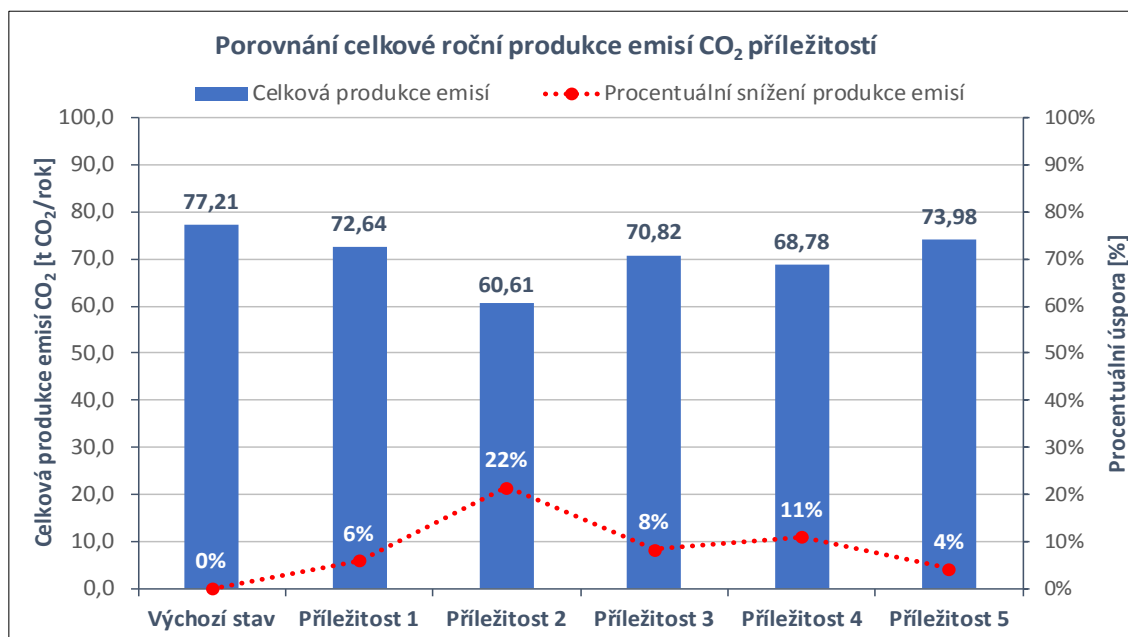
NEJNIŽŠÍ NÁKLADY



Graf 42: Porovnání a úspora celkových ročních nákladů na elektřinu všech příležitostí



Porovnání produkce emisí CO₂



Graf 43: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ všech posouzených příležitostí

Z grafů lze konstatovat, že ze všech porovnání posouzených příležitostí, vyjma investičních nákladů, se jeví jako nejvýhodnější Příležitost 2, tj. instalace FVE. Procentní snížení celkové spotřeby elektřiny a celkové produkce emisí CO₂ lze u Příležitosti 2 očekávat okolo 22 % oproti výchozímu stavu. Naopak nejhůře vychází Příležitost 5, tj. instalace tepelného čerpadla země-voda, kde procentuální snížení lze očekávat u všech porovnání okolo 4 %. Z hlediska investičních nákladů na dílčí příležitosti (Graf 40) je nejvíce investičně nákladná Příležitost 5. Naopak nejméně investičně nákladnou je Příležitost 1, tj. snížení požadované vnitřní teploty na vytápění.



4.5 Ekonomické vyhodnocení podle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Ekonomické vyhodnocení jednotlivých příležitostí ke snížení energetické náročnosti je vyhodnoceno podle závazné vyhlášky č. 140/2021 Sb., Přílohy 7 [21]. Ekonomické vyhodnocení jednotlivých příležitostí je posuzováno vzhledem k výchozímu (navrženému) stavu a provádí se podle níže uvedených kritérií. Hlavním rozhodovacím kritériem, pro výběr optimální příležitosti ke snížení energetické náročnosti, je kritérium čistá současná hodnota (NPV) a reálná doba návratnosti (T_d). Doplnujícím kritériem je kritérium vnitřní výnosové procento (IRR) a prostá doba návratnosti (T_s).

Za ekonomicky efektivní je považována ta příležitost ke snížení energetické náročnosti, která dosahuje za dobu hodnocení nejvyšší hodnoty NPV.

Ve výpočtu se zohledňují reinvestice do zařízení s kratší dobou životnosti, než je doba hodnocení. Její výše odpovídá obnovovací investici, která slouží k prodloužení technické a morální životnosti stavby či zařízení nebo jejich částí v době, kdy i za předpokladu řádné údržby vyžaduje zařízení, pro udržení plné funkčnosti, zásadní opravu či úplnou obnovu. [21]

Životnost posuzovaného stavebního záměru se stanoví na základě:

- údajů od výrobců technologie, nebo
- na základě údajů dle ČSN EN 15459-1 [33], nebo
- jednotně pro technologie s pravidelným servisem 15 let, pro technologie bez pravidelného servisu 10 let.

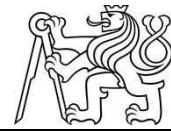
4.5.1 Výpočet jednotlivých kritérií ekonomického hodnocení

Jednotlivá kritéria, sloužící pro ekonomické vyhodnocení jednotlivých příležitostí ke snížení energetické náročnosti, se stanoví podle následujících vztahů, které jsou předepsané dle závazné vyhlášky [21].

Pro výpočet je potřeba nejprve stanovit peněžní toky „cash flow“ (CF_t) v daném roce, které představují rozdíl mezi příjmy a výdaji prostředků za určité období. CF_t se stanoví podle vztahu

$$CF_t = V - N_p - IN_{r,t} \quad (24)$$

kde:	CF_t	jsou peněžní toky (cash flow) po realizaci projektu v tis. Kč,
	V	jsou výnosy (příjmy, tržby, úspory), které plynou z realizace hodnoceného projektu v roce t v tis. Kč,
	N_p	jsou provozní výdaje bez odpisů (režie, materiál, palivo, energie, voda, opravy, údržba, servis, mzdy, ostatní) v roce t v tis. Kč,
	$IN_{r,t}$	je reinvestice a jednorázové obnovovací výdaje v roce t v tis. Kč, která odpovídá obnovovací investici do technologie či stavby v roce $T_z + 1$.



Hlavním kritériem je čistá současná hodnota za dobu hodnocení (NPV_{Th}). Tento ukazatel informuje, kolik finančních prostředků daná příležitost za dobu hodnocení přinese. Pokud hodnota NPV_{Th} na konci doby hodnocení vyjde záporná, znamená to, že daná příležitost ke snížení energetické náročnosti je „ztrátová“, tzn. nepřináší žádný zisk. NPV_{Th} se stanoví dle vztahu

$$NPV_{Th} = \sum_{t=1}^{T_h} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN + \sum_{x=1}^n N_{zux,Th} \quad (25)$$

- kde: NPV_{Th} je čistá současná hodnota příležitosti na konci doby hodnocení T_h v tis. Kč,
- T_h je doba hodnocení projektu,
- t je rok hodnocení projektu od počátku hodnocení,
- r je diskontní úroková míra uvedená bezrozměrně,
- IN jsou náklady na realizaci (investiční prostředky z vlastních zdrojů) hodnocené technologie či stavby v roce 0 v tis. Kč,
- $N_{zux,Th}$ je zůstatková hodnota jednotlivých částí technologie či stavby na konci doby hodnocení T_h v tis. Kč,
- n je n-tá technologie.

Druhým hlavním posuzovaným kritériem je reálná doba návratnosti (T_d), která hodnotí, za jak dlouho se investice vrátí s ohledem na úrokovou míru. Reálná doba návratnosti se na základě celkových investičních nákladů a předpokládané diskontní úrokové sazby vypočte dle podmínky

$$I_p = \sum_{t=1}^{T_d} CF_t \cdot (1+r)^{-t} \quad (26)$$

- kde: I_p jsou celkové plánované investice v tis. Kč,
- T_d je reálná doba návratnosti v letech.

Mezi ekonomické ukazatele patří také tzv. doplňkové kritéria, mezi které řadíme vnitřní výnosové procento a prostou dobu návratnosti. Vnitřní výnosové procento (IRR), je taková míra výnosnosti, při níž je čistá současná hodnota dané příležitosti rovna nule. IRR se vypočte z následující podmínky

$$0 = \sum_{t=1}^{T_h} CF_t \cdot (1+IRR)^{-t} - IN + \sum_{x=1}^n N_{zux,Th} \quad (27)$$

- kde: IRR je vnitřní výnosové procento v %



Prostná doba návratnosti (T_s) je taková doba, za kterou se investiční náklady do dané příležitosti vrátí, bez ohledu na vliv diskontní úrokové míry.

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad (28)$$

Posledním ukazatel ekonomického vyhodnocení je zůstatková hodnota zařízení na konci doby hodnocení příležitosti ($N_{zu, Th}$). V případě, kdy se shoduje doba životnosti technologie (T_z) s dobou hodnocení příležitosti (T_h) platí, že $N_{zu, Th} = 0$. V případě hodnocení příležitosti s rozdílnou dobou životnosti T_z od doby hodnocení příležitosti T_h se zůstatková hodnota technologie stanoví dle vzorce

$$N_{zu, Th} = \frac{IN_r \cdot (T_z - T_{zu})}{T_z} \cdot (1 + r)^{(-T_h)} \quad (29)$$

kde: IN_r je poslední započtená reinvestice $IN_{r,t}$ posuzovaného technologie v tis. Kč,
 T_z je doba životnosti hodnocené technologie nebo jejich částí,
 T_{zu} je doba od poslední započtené reinvestice IN_r posuzované technologie do konce doby hodnocení T_h .

4.5.2 Ekonomické vyhodnocení jednotlivých příležitostí

Předpokládané ekonomické parametry

Pro ekonomické vyhodnocení jednotlivých příležitostí byly stanoveny výchozí ekonomické parametry se Zadavatelem energetického auditu a jsou součástí Plánu energetického auditu. Podrobné ekonomické hodnocení jednotlivých příležitostí můžeme vidět v *Tab. 66*, resp. v *Tab. 67*.

Tab. 65: Výchozí ekonomické parametry

VÝCHOZÍ EKONOMICKÉ PARAMETRY	
Doba hodnocení projektu	30 let
Diskontní úroková míra	4 %
Očekávaný meziroční růst cen elektrické energie	4 %

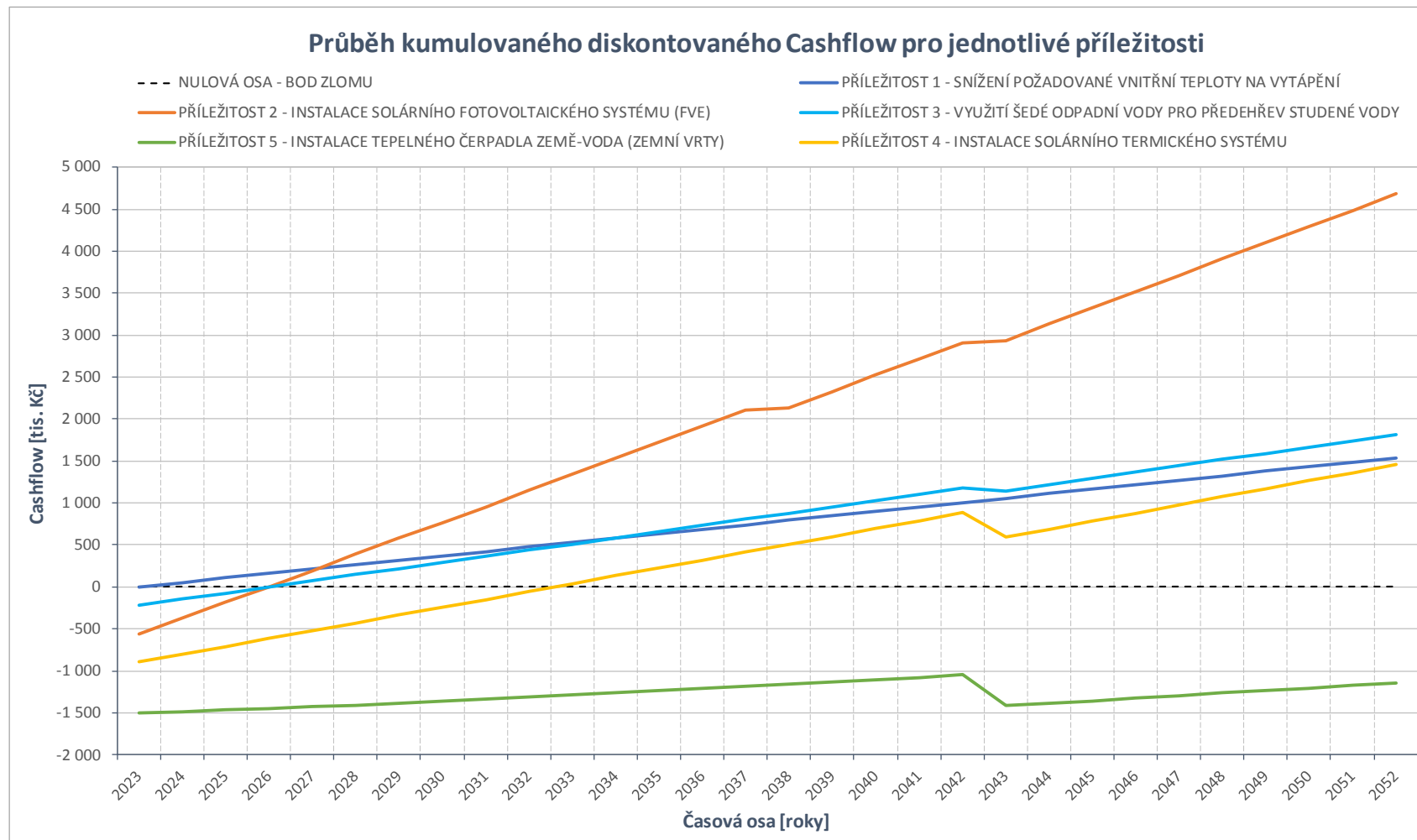


Tab. 66: Hodnocení ekonomických ukazatelů 1. – 3. příležitosti

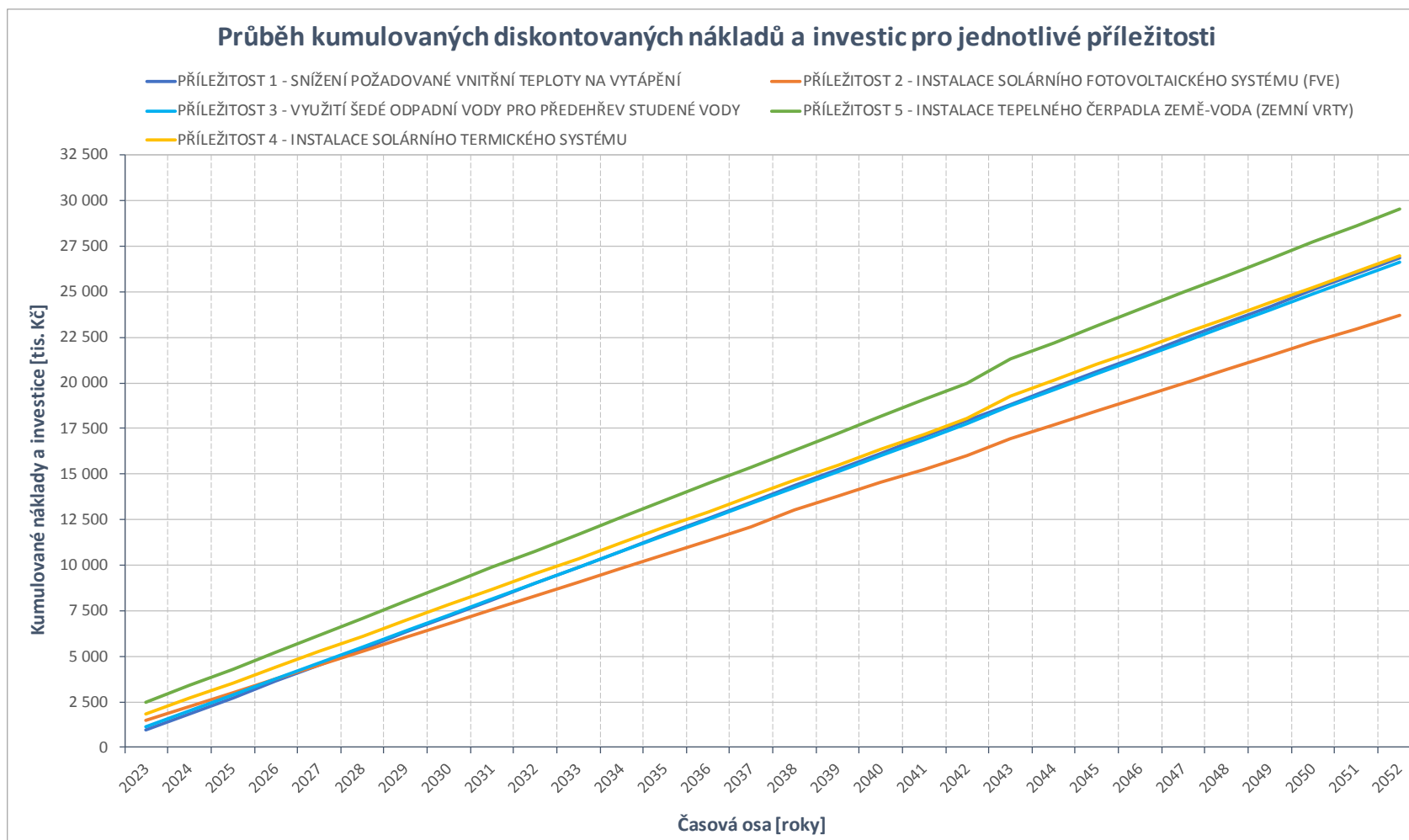
EKONOMICKÉ UKAZATELE	Index	Hodnota	HODNOCENÉ PŘÍLEŽITOSTI		
			Příležitost 1	Příležitost 2	Příležitost 3
			Snížení požadované vnitřní teploty pro vytápění	Instalace solárního fotovoltaického systému (FVE)	Využití odpadní šedé vody pro přehřev studené vody
Náklady na realizaci	IN	tis. Kč	50,00	757,82	289,50
Celkové reinvestice za dobu hodnocení	IN _{r,th}	tis. Kč	0,00	650,17	229,50
Celková zůstatková hodnota započtena v posledním roce hodnocení	N _{zu,th}	tis. Kč	10,95	89,11	52,05
Změna nákladů na energii	N _e	tis. Kč	54,13	196,62	75,72
Změna provozních nákladů	N _p	tis. Kč	2,00	5,37	3,50
- změna osobních nákladů na mzdy a pojistné	-	tis. Kč	0,00	0,00	0,00
- změna nákladů na servis, opravy a údržbu	-	tis. Kč	2,00	5,37	3,50
- změna nákladů na emise a odpady	-	tis. Kč	0,00	0,00	0,00
- změna ostatních provozních nákladů	-	tis. Kč	0,00	0,00	0,00
Přínosy projektu celkem:	P	tis. Kč	0,00	0,00	0,00
- změna tržeb (za teplo, elektřinu, využití odpady)	-	tis. Kč	0,00	0,00	0,00
- ostatní přínosy	-	tis. Kč	0,00	0,00	0,00
Doba hodnocení	T _h	roky	30,00	30,00	30,00
Diskont	r	%	4,00	4,00	4,00
Index růstu cen energie	-	%	0,00	0,00	0,00
Index růstu ostatních provozních nákladů	-	%	0,00	0,00	0,00
Čistá současná hodnota	NPV	tis. Kč	1 548,78	4 772,45	1 866,37
Vnitřní výnosové procento	IRR	%	-	38,8%	38,7%
Prostá doba návratnosti	T _s	roky	1	4	4

Tab. 67: Hodnocení ekonomických ukazatelů 4. a 5. příležitosti

EKONOMICKÉ UKAZATELE	Index	Hodnota	HODNOCENÉ PŘÍLEŽITOSTI	
			Příležitost 4	Příležitost 5
			Instalace solárního termického systému	Instalace tepelného čerpadla země-voda (zemní vrty)
Náklady na realizaci	IN	tis. Kč	982,61	1 524,81
Celkové reinvestice za dobu hodnocení	IN _{r,th}	tis. Kč	865,76	860,81
Celková zůstatková hodnota započtena v posledním roce hodnocení	N _{zu,th}	tis. Kč	164,87	150,35
Změna nákladů na energii	N _e	tis. Kč	99,81	38,20
Změna provozních nákladů	N _p	tis. Kč	20,49	8,60
- změna osobních nákladů na mzdy a pojistné	-	tis. Kč	0,00	0,00
- změna nákladů na servis, opravy a údržbu	-	tis. Kč	20,49	8,60
- změna nákladů na emise a odpady	-	tis. Kč	0,00	0,00
- změna ostatních provozních nákladů	-	tis. Kč	0,00	0,00
Přínosy projektu celkem:	P	tis. Kč	0,00	0,00
- změna tržeb (za teplo, elektřinu, využití odpad)	-	tis. Kč	0,00	0,00
- ostatní přínosy	-	tis. Kč	0,00	0,00
Doba hodnocení	T _h	roky	30,00	30,00
Diskont	r	%	4,00	4,00
Index růstu cen energie	-	%	0,00	0,00
Index růstu ostatních provozních nákladů	-	%	0,00	0,00
Čistá současná hodnota	NPV	tis. Kč	1 624,43	-989,68
Vnitřní výnosové procento	IRR	%	13,2%	-4,15%
Prostá doba návratnosti	T _s	roky	10	-



Graf 44: Průběh kumulovaného diskontovaného Cashflow pro jednotlivé příležitosti



Graf 45: Průběh kumulovaných diskontovaných nákladů a investic pro jednotlivé příležitosti



4.5.3 Multikriteriální hodnocení příležitostí ke snížení energetické náročnosti

Posuzované příležitosti ke snížení energetické náročnosti jsou dále klasifikovány metodou multikriteriálního hodnocení podle vyhlášky č. 140/2021 Sb., Přílohy 9 [21]. Hodnocení je provedeno na základě metody váženého součtu podle normalizovaných kritérií, která jsou buď minimalizační (min) nebo maximalizační (max) podle typu kritéria. Jednotlivá kritéria a jejich váha byla stanovena na základě domluvy mezi Zpracovatelem a Zadavatelem energetického auditu, tak aby výsledný součet vah všech kritérií byl 100.

Stanovení jednotlivých kritérií a jejich váhy

Tab. 68: Stanovení kritérií a jejich vah

Označení kritéria	Kritériální funkce	Jednotka	Váha od 1 - 100
K1	Náklady na realizaci	tis. Kč	25
K2	Výše produkce CO ₂	t/r	20
K3	Výše energetických úspor	MWh/r	20
K4	Objem vyrobené energie z obnovitelných zdrojů	MWh/r	20
K5	Podíl vyrobené energie z OZE na celkové roční spotřebě energie energetického hospodářství	%	15
Součet			100

Stanovení normalizačního kritéria

Pro maximalizační kritéria

$$f'_{ik} = \frac{f_{ik} - f_{kmin}}{f_{kmax} - f_{kmin}} \quad (30)$$

Pro minimalizační kritéria

$$f'_{ik} = \frac{f_{kmax} - f_{ik}}{f_{kmax} - f_{kmin}} \quad (31)$$

kde: f'_{ik} je hodnota normalizovaného kritéria k pro příležitost ke snížení energetické náročnosti v případě nastavených kritérií,

f_{ik} je hodnota kritéria,

f_{kman} je maximální hodnota kritéria k,

f_{kmin} je minimální hodnota kritéria k.



ENERGETICKÝ AUDIT DOMOVA PRO SENIORY
4.5 Ekonomické vyhodnocení podle vyhlášky č. 140/2021 Sb.

Formulace kritérií

Tab. 69: Formulace stanovených kritérií dle [21], Přílohy 9

Označení kritéria	Název kritéria	Měrná jednotka	Typ kritéria	Váha kritéria	Příležitost 1 Snížení požadované vnitřní teploty pro vytápění	Příležitost 2 Instalace FVE	Příležitost 3 Využití odpadní šedé vody	Příležitost 4 Instalace solárního termického systému	Příležitost 5 Instalace tepelného čerpadla země-voda (zemní vrty)
K1	Náklady na realizaci	tis. Kč	min	25	50,00	757,82	289,50	982,61	1 524,81
K2	Výše produkce CO ₂	t/r	min	20	77,21	60,61	70,82	68,78	73,98
K3	Výše energetických úspor	MWh/r	max	20	5,31	19,30	7,43	9,80	3,75
K4	Objem vyrobené energie z obnovitelných zdrojů ¹⁾	MWh/r	max	20	69,31	136,35	67,69	84,80	85,33
K5	Podíl vyrobené energie z OZE na celkové roční spotřebě energie energetického hospodářství	%	max	15	82,05%	193,48%	82,21%	106,02%	99,19%

Poznámka:
¹⁾ Do celkového objemu vyrobené energie (K4) je započítána také vyrobená energie z tepelného čerpadla.

Tab. 70: Vyhodnocení jednotlivých příležitostí na základě stanovených kritérií dle [21], Přílohy 9

Kritérium	K1		K2		K3		K4		K5		Celková užítinnost ³⁾	Pořadí příležitosti
	Náklady na realizaci		Výše produkce CO ₂		Výše energetických úspor		Objem vyrobené energie z obnovitelných zdrojů ¹⁾		Podíl vyrobené energie z OZE na celkové roční spotřebě energie energetického hospodářství			
	Hodnota ¹⁾	Užítinnost ²⁾	Hodnota	Užítinnost	Hodnota	Užítinnost	Hodnota	Užítinnost	Hodnota	Užítinnost		
	[tis. Kč]	[%]	[t/r]	[%]	[MWh/rok]	[%]	[MWh/rok]	[%]	[%]	[%]		
Příležitost 1	50,00	25,0%	77,21	0,0%	5,31	2,0%	69,31	0,5%	82,05%	0,0%	27,5%	4
Příležitost 2	757,82	13,0%	60,61	20,0%	19,30	20,0%	136,35	20,0%	193,48%	15,0%	88,0%	1
Příležitost 3	289,50	20,9%	70,82	7,7%	7,43	4,7%	67,69	0,0%	82,21%	0,0%	33,4%	3
Příležitost 4	982,61	9,2%	68,78	10,2%	9,80	7,8%	84,80	5,0%	106,02%	3,2%	35,3%	2
Příležitost 5	1 524,81	0,0%	73,98	3,9%	3,75	0,0%	85,33	5,1%	99,19%	2,3%	11,3%	5

Poznámka:
¹⁾ Skutečná hodnota příležitosti ke snížení energetické náročnosti podle daného kritéria.
²⁾ Počet bodů v porovnání s ostatními příležitostmi ke snížení energetické náročnosti na základě uvažovaných kritérií a k nim přiřazeným vahám pro daný typ.
³⁾ Celková užítinnost příležitosti ke snížení energetické náročnosti je dána součtem užítností pro jednotlivá kritéria.



5 Analýza vyhodnocení jednotlivých příležitostí:

V rámci ekonomického vyhodnocení byly podrobně analyzovány jednotlivé příležitosti ke snížení energetické náročnosti budovy, jejichž rozsah byl stanoven se Zadavatelem a odpovídá cíli energetického auditu. Vyhodnocení jednotlivých dílčích příležitostí, a tím související úspory bylo stanoveno vzhledem k výchozímu (navrženému) stavu. Na základě podrobné analýzy vyhodnocení, lze konstatovat následující srovnávací hodnocení.

Při srovnání odhadovaných investičních nákladů jednotlivých příležitostí lze konstatovat, že nejnákladnější příležitost se jeví Příležitost 5 (1 524,81 tis. Kč), která se zaměřuje na instalaci tepelného čerpadla země-voda se zemními vrty. U této Příležitosti jsou značné náklady jednak na samotné tepelné čerpadlo, ale především na primární okruh tepelného čerpadla (zemní vrty). Naopak nejméně nákladnou příležitostí z pohledu investice vychází Příležitost 1 (50 tis. Kč), u které investice zahrnují pouze zaregulování otopné soustavy, resp. otopných těles. 2. nejméně nákladná příležitost z hlediska investice je Příležitost 3 (289,5 tis. Kč), u které se jedná o instalaci rekuperačního výměníku. U příležitostí související s instalací solárního fotovoltaického, resp. termického systému (Příležitost 2, resp. Příležitost 4) se investiční náklady pohybují okolo 750 – 1 000 tis. Kč. Pro srovnání odhadovaných investičních nákladů na dílčí příležitosti lze použít tabulky u jednotlivých dílčích příležitostí v části *Odhad finančních nákladů na realizaci* v podkapitole *Specifikace Příležitosti a Graf 40*.

Nejnákladnější příležitost z hlediska ročních provozních nákladů, mezi které patří náklady na servis, opravy a údržby, je Příležitost 4 (20,49 tis. Kč/rok), u které náklady zahrnují opravy a údržbu na jednotlivé dílčí komponenty solárního termického systému. Nižší provozní náklady jsou poté u Příležitosti 5 (8,6 tis. Kč/rok), u Příležitosti 2 (5,37 tis. Kč/rok), u Příležitosti 3 (3,5 tis. Kč/rok) a nejméně nákladnou příležitostí z hlediska provozních nákladů je Příležitost 1 (2 tis. Kč/rok). Pro srovnání provozních nákladů lze použít *Tab. 66, resp. Tab. 67*. Pro srovnání celkových ročních nákladů na jednotlivé dílčí příležitosti lze alternativně využít *Graf 45*, který znázorňuje odhadované investiční a zároveň celkové provozní náklady na jednotlivé příležitosti

Z hlediska celkové úspory nákladů na elektrickou energii je nejvíce „přínosná“ Příležitost 2 (196,62 tis./rok), díky poměrně velké využitelnosti FVE. Následuje Příležitost 4 (99,81 tis. Kč/rok), poté Příležitost 3 (75,72 tis. Kč/rok), Příležitost 1 (54,13 tis. Kč/rok) a nejméně „přínosnou“ příležitostí je Příležitost 5 (38,20 tis. Kč/rok). Pro srovnání provozních nákladů lze použít *Tab. 66, resp. Tab. 67 a Graf 42*.

Z porovnání celkové roční produkce emisí CO₂ lze konstatovat, že u všech navržených příležitostí dochází ke snížení produkce CO₂ ve srovnání s výchozím (navrženým) stavem. Nejméně produkce emisí CO₂ vychází u Příležitosti 2 (60,61 t CO₂/rok) díky vlastní produkci elektrické energie z obnovitelného zdroje (FVE). Naopak nejvíce emisí CO₂ nastává u výchozího (navrženého) stavu (77,21 t CO₂/rok). Je nutné podotknout, že porovnání produkce emisí CO₂ je vztaženo k celkové spotřebě elektrické energie v budově na základě emisního faktoru. Pro srovnání celkové produkce emisí CO₂ lze využít *Graf 43*. Obdobné srovnání můžeme pozorovat u porovnání celkové spotřeby elektřiny, pro které lze využít *Graf 41*.



Při srovnání výsledné ekonomické bilance lze konstatovat, že z pohledu hlavních hodnocených parametrů (NPV, IRR, T_s , T_d) Příležitosti 1 - 4 dosahují kladné čisté současné hodnoty NPV_{th} na konci doby hodnocení řádově ve 100 tis. Kč, kde nejvyšší hodnotu NPV_{th} vykazuje Příležitost 2 (4 773 tis. Kč). Reálná doba návratnosti u Příležitosti 2, resp. u Příležitosti 3 lze očekávat okolo 4 let (tzn. $T_d < T_h$). U Příležitosti 1, vzhledem k nízkým investičním nákladům, lze očekávat reálnou dobu návratnosti již v 1 roce hodnocení. Naopak u Příležitosti 4 lze očekávat reálnou dobu návratnosti okolo 11 let. Příležitost 5 jako jediná vykazuje čistou současnou hodnotu na konci doby hodnocení zápornou hodnotu a reálná doba návratnosti je delší než doba hodnocení (tzn. $T_{d5} > T_h$). Dále můžeme u všech příležitostí, vyjma Příležitosti 2, pozorovat během celé doby hodnocení jednotlivé „zlomy“ v grafu, které znázorňují dílčí reinvestice do jednotlivých komponentů u daných příležitostí (viz *Graf 44*). Pro srovnání výše popsaných parametrů lze využít *Graf 44*, resp. *Tab. 66* a *Tab. 67*.

Z multikriteriálního vyhodnocení na základě *Tab. 70* výše lze konstatovat, že dle stanovených normalizačních kritérií se jako nejvýhodnější příležitost (s nejvyšší užitností) jeví Příležitost 2, tj. instalace solárního fotovoltaického systému, která vykazuje díky výrobě vlastní elektrické energie z obnovitelného zdroje (sluneční energie) nejvyšší hodnotu energetických úspor (kritérium K3), objemu vyrobené energie z OZE (kritérium K4), podílu vyrobené energie z OZE z celkové roční spotřeby energie (kritérium K5) a s tím související nejnižší hodnotu produkce CO_2 (kritérium K2). Naopak „nejhorší“ se jeví Příležitost 5 – Instalace tepelného čerpadla země-voda (zemní vrty) kvůli nejvyšším investičním nákladům na realizaci (kritérium K1) ze všech příležitostí a nejnižším energetickým úsporám. Dále je nutné dodat, že u všech příležitostí se do objemu vyrobené energie z OZE (kritérium K4) započítává energie vyrobená pomocí solárních systémů a energie z okolního prostředí (ze vzduchu, resp. ze země), které využívá tepelné čerpadlo.

Na základě výše uvedeného vyhodnocení a srovnání jednotlivých dílčích příležitostí ke snížení energetické náročnosti, zj. z hlediska investičních nákladů, provozních nákladů, ekonomického hodnocení, multikriteriální analýzy atd., byly navrženy celkem 3 příležitosti pro snížení energetické náročnosti budovy. Konkrétně Příležitost 1, Příležitost 2 a Příležitost 3. Příležitost 4 byla porovnána s Příležitostí 2 a byla vybrána ta příležitost, která se jeví jako „výhodnější“, jelikož se u obou jedná o instalaci solárního systému na stejné ploše střechy, tj. Příležitost 2. Příležitost 5 nebyla navržena z důvodu vysokých investičních nákladů, nízké úspore nákladů na elektřinu a ekonomické nenávratnosti.



6 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zpracování energetického auditu projektu novostavby domova pro seniory, který byl zpracován v roce 2021 v rámci bakalářské práce, podle současných platných norem a předpisů, zejména podle vyhlášky č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu. Struktura diplomové práce je dána podle výše uvedené vyhlášky, kde v první části je souhrnné vyhodnocení navržených příležitostí ke snížení energetické náročnosti, které z energetického auditu plynou. V druhé části ve Vymezení předmětu energetického auditu, je popsán výchozí (navržený) stav novostavby domova pro seniory, a to jak z hlediska stavebně-konstrukčního, tak i z hlediska technických systémů budovy. Součástí je také popis dynamického modelu v softwaru DesignBuilder, který se zaměřuje na popis rozdělení provozních zón a uvažovaného provozu budovy. Část kapitoly Podrobnosti zprávy o energetickém auditu je rozdělena na 2 části. V první části je provedena analýza užití spotřeby energie a výpočet celkové dodané energie do budovy s použitím dílčích výpočtů podle ČSN 73 0331-1 a dynamického modelu. V druhé části byly vyhodnoceny jednotlivé dílčí příležitosti ke snížení energetické náročnosti z hlediska ekonomického a ekologického hlediska vzhledem k výchozímu (navrženému) stavu. V rámci ekonomického hodnocení byla také použita multikriteriální analýza, z které na základě zvolených kritérií byly vyhodnoceny jednotlivé příležitosti podle vypočtené užítosti.

Součástí energetického auditu je také závazná příloha podle vyhlášky č. 140/2021 Sb. § 10, která obsahuje Plán energetického auditu, kterým jsou definovány potřeby a požadavky ze strany Zadavatele energetického auditu.

Z celkového vyhodnocení byly doporučeny 3 příležitosti ke snížení energetické náročnosti, které vykazují úsporu minimálně 10 % z celkové spotřeby energie, resp. 10 % z celkových emisí CO₂ se zohledněním synergických vlivů navržených příležitostí. Cíl energetického auditu byl splněn. Příležitosti zahrnují snížení požadované vnitřní teploty pro vytápění, instalaci solárního fotovoltaického systému na střechu objektu a využití odpadní šedé vody pro přehřev studené vody pomocí rekuperačního výměníku.

Při realizaci jednotlivých příležitostí je doporučeno instalovat také podružná měření elektrické energie pro dílčí procesy (osvětlení, nucené větrání, vytápění apod.) a v pravidelném rozestupu odečítat skutečnou spotřebu elektrické energie, a tím vyhodnocovat a porovnávat reálné úspory daných příležitostí.



7 Seznam zdrojů a literatury

Elektronické zdroje:

- [1] KUČERA Petr, *DOMOV PRO SENIORY*. Bakalářská práce. Fakulta konstrukcí pozemních staveb, fakulta stavební, ČVUT v Praze. 2021, [online]. [cit. 2022-09-25]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/96009>
- [2] URBAN Miroslav, KABELE Karel, *Nové požadavky na hodnocení energetické náročnosti budov od 1.dubna 2013*. 2013 [online]. [cit. 2022-09-25]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9745-nove-pozadavky-na-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-1-dubna-2013>
- [3] ATELIER DEK, *DesignBuilder – software pro komplexní dynamickou simulaci budov*. [online]. [cit. 2022-09-27]. Dostupné z: <https://designbuilder.cz/>
- [4] TZB-info, *Produkce tepla a vodní pára od lidí*. [online]. [cit. 2022-09-28]. Dostupné na: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/61-produkce-tepla-a-vodni-pary-od-lidi>
- [5] Alpha-innotec.cz. *Katalog tepelných čerpadel – Vzduch voda – alira LWA*. [online]. [cit. 2022-10-01]. Dostupné na: <https://www.alpha-innotec.cz/katalog-tepelnych-cerpadel/vzduch-voda/alira-lwa/#lw-251a-lux-2-0>
- [6] ČEZ ESCO. *Ceníky*. [online]. [cit. 2022-10-01]. Dostupné na: <https://www.cezesco.cz/cs/produkty/elektrina>
- [7] SKUPINA ČEZ. *Ceníky*. [online]. [cit. 2022-10-01]. Dostupné na: <https://www.cez.cz/cs/podpora/ceniky.html>
- [8] PECINA Ondřej. *Ukazatel energetické náročnosti (EnPI)*. 2016, [online]. [cit. 2022-10-02]. Dostupné na: <http://www.ondrejpecina.cz/ukazatel-energeticke-narocnosti-enpi/>
- [9] JÍCHA Miroslav. *Doporučení pro měrný příkon ventilátorů (SFP) a účinnost vzduchotechnických systémů – I*. 2014 [online]. [cit. 2022-10-08]. Dostupné na: <https://vetrani.tzb-info.cz/uspory-energie-vetrani-klimatizace/11079-doporuceni-pro-merny-prikon-ventilatoru-sfp-a-ucinnost-vzduchotechnicky-systemu-i>
- [10] Visual-paradigm Online. *Sankey Diagram*, [online]. [cit. 2022-09-20]. Dostupné na: <https://online.visual-paradigm.com/charts/templates/sankey-diagrams/>
- [11] AMERISOLAR. *Products – Half-cell Modules*. [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné na: <http://www.weamerisolar.com/english/product/pro11555/2431.html>
- [12] GOODWE. *Products - DT Series*. [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné na: <https://en.goodwe.com/products?tp=2>
- [13] PYLONTECH. *Products – US5000*. [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné na: https://en.pylontech.com.cn/pro_detail.aspx?id=134&cid=23
- [14] BECHNÍK Bronislav, *Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů*. 2014 [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickyh-panelu>
- [15] AKIRE.CZ. *Rekuperace tepla*. [online]. [cit. 2022-10-22]. Dostupné na: <https://www.akire.cz/rekuperace-tepla/>
- [16] STIEBEL ELTRON. *Tepelná čerpadla země-voda*. [online]. [cit. 2022-10-28]. Dostupné na: <https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne-zdrojeenergie/tepelna-čerpadla/tepelna-čerpadlazeme-voda/wpe-i-33-87-h-400-premium/wpe-i-59-h-400-premium.html>



- [17] REGULUS. *Zásobníky teplé vody*. [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné na: <https://www.regulus.cz/cz/zasobnik-r2bc-1500>
- [18] MATUŠKA Tomáš. *Solární tepelné soustavy*. 2012 [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné na: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/mp-1-6/mp-1-6-11/>
- [19] REGULUS. *Solární kolektory*. [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné na: <https://www.regulus.cz/cz/slunecni-kolektor-kpg1h-svt-7048>

Právní předpisy:

- [20] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií
- [21] Vyhláška č. 140/2021 Sb. o energetickém auditu
- [22] ČSN 73 0331-1 - Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet – Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data
- [23] ČSN 73 0540-2 - Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- [24] ČSN 73 0540-3 - Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- [25] ČSN 73 0540-4 – Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody
- [26] ČSN ISO 50002 – Energetické audity – Požadavky s návodem pro použití
- [27] ČSN ISO 50006 – Systémy managementu hospodaření s energií – Měření energetické náročnosti pomocí výchozího stavu spotřeby energie (EnB) a ukazatelů energetické náročnosti (EnPI) – Obecné zásady a návod
- [28] ČSN EN 15 316-1 – Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinnosti soustav – Část 1: Obecné požadavky a vyjádření energetické náročnosti, Modul M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4, 2018.
- [29] ČSN EN 12831-1 - Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápěný prostor, Modul M3-3
- [30] ČSN EN 15450 – Tepelné soustavy v budovách – Navrhování otopných soustav s tepelnými čerpadly
- [31] ČSN EN 14511-2 - Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin, tepelná čerpadla pro ohřívání a chlazení prostoru a procesní chladiče, s elektricky poháněnými kompresory - Část 2: Zkušební podmínky
- [32] ČSN EN 15316-4-3 – Energetická náročnost budov - Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav - Část 4-3: Výroba tepla, solární tepelné a fotovoltaické soustavy, Modul M3-8-3, M8-8-3, M11-8-3
- [33] ČSN EN 15459-1 - Energetická náročnost budov - Postup pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách - Část 1: Výpočtové postupy, Modul M1-14



8 Seznam tabulek

Tab. 1: Souhrn příležitostí pro snížení energetické náročnosti dle [21], Přílohy 1 - část A.....	14
Tab. 2: Souhrn příležitostí pro snížení energetické náročnosti dle [21], Přílohy 1 - část B.....	15
Tab. 3: Základní geometrické charakteristiky objektu [1].....	18
Tab. 4: Přehled TZB – vytápění.....	23
Tab. 5: Přehled TZB – příprava TV.....	23
Tab. 6: Přehled TZB – VZT.....	24
Tab. 7: Přehled provozních zón.....	26
Tab. 8: Předpokládané provozní užívání – pobytové jednotky.....	34
Tab. 9: Předpokládané provozní užívání – chodby.....	35
Tab. 10: Předpokládané provozní užívání – zázemí pro personál.....	36
Tab. 11: Předpokládané provozní užívání – společenské místnosti.....	37
Tab. 12: Předpokládané provozní užívání – jídelna.....	38
Tab. 13: Předpokládané provozní užívání – technická místnost.....	39
Tab. 14: Přehled stavebních konstrukcí v modelu – neprůsvitné konstrukce.....	40
Tab. 15: Přehled stavebních konstrukcí v modelu – vnitřní konstrukce.....	42
Tab. 16: Přehled stavebních konstrukcí v modelu – výplně otvorů.....	43
Tab. 17: Přehled vlastností použitých tepelně-izolačních materiálů.....	43
Tab. 18: Vyhodnocení stavebních konstrukcí na obálce budovy.....	44
Tab. 19: Součinitel ročního provozu TČ vzduch-voda pro vytápění dle [22], upraveno.....	47
Tab. 20: Sezónní účinnost výroby tepla zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ pro elektrokotle dle [22], upraveno.....	47
Tab. 21: Typické účinnosti sdílení tepla $\eta_{H,em}$ dle [22], upraveno.....	48
Tab. 22: Účinnost distribuce tepla na vytápění $\eta_{H,dis}$ pro tepl. soustavy vytápění dle [22], upraveno.....	48
Tab. 23: Součinitel ročního provozu TČ vzduch-voda $f_{W,COP}$ pro přípravu TV dle [22], upraveno.....	48
Tab. 24: Celoroční účinnost zpětného získávání tepla $\eta_{H,hr}$ dle [22], upraveno.....	49
Tab. 25: Podíl roční potřeby tepla na vytápění a přípravu TV pro TČ vzduch-voda [22], upraveno.....	50
Tab. 26: Měrné denní tepelné ztráty akumulčního zásobníku $Q_{H,gen,st,ls}$ dle [22], upraveno.....	50
Tab. 27: Měrná denní tepelná ztráta rozvodů TV $q_{W,dis,ls}$ – tl. izolace 40 mm dle [22], upraveno.....	52
Tab. 28: Denní tep. ztráta zásobníku pro nepřímo ohříváný zásobník TV $q_{W,st,ls,d}$ dle [22], upraveno.....	52
Tab. 29: Průměrný roční el. příkon oběh. čerpadel $P_{H,p}$ pro dvoutrubkovou OS dle [22], upraveno.....	54
Tab. 30: Průměrný roční elektrický příkon systému měření a regulace $P_{H,ctl,em}$ dle [22], upraveno.....	54
Tab. 31: Měrný příkon systému nuceného větrání $p_{SFP,ahu}$ dle [22], upraveno.....	56
Tab. 32: Váhový činitel pro typ pohonu ventilátorů $f_{c,vent}$ dle [9].....	56
Tab. 33: Souhrn dílčích dodaných energií do budovy dle energonositelů.....	57
Tab. 34: emisní faktor pro příslušný energonositel dle [21], upraveno.....	58
Tab. 35: Energetické vstupy energetického hospodářství dle [21], Přílohy 3.....	59
Tab. 36: Celková bilance výchozího stavu.....	63
Tab. 37: Analýza užití energie dle [21], Přílohy 4.....	65
Tab. 38: Ukazatel energetické náročnosti dle [21], Přílohy 5.....	67
Tab. 39: Vnitřní výpočtová teplota pro místnosti dle [29], upraveno.....	70
Tab. 40: Porovnání požadované teploty pro vytápění.....	70
Tab. 41: Odhadované investiční náklady na realizaci Příležitosti 1.....	71
Tab. 42: Celková měsíční bilance výchozího stavu a Příležitosti 1.....	75



<i>Tab. 43: Celková roční produkce emisí CO₂ pro výchozí stav a Příležitost 1.....</i>	<i>76</i>
<i>Tab. 44: Odhadované investiční náklady na realizaci Příležitosti 2.....</i>	<i>84</i>
<i>Tab. 45: Měsíční bilance elektrické energie s fotovoltaickou elektrárnou.....</i>	<i>89</i>
<i>Tab. 46: Celková měsíční bilance výchozího stavu a Příležitosti 2.....</i>	<i>90</i>
<i>Tab. 47: Celková roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 2.....</i>	<i>91</i>
<i>Tab. 48: Odhadované investiční náklady na realizaci Příležitosti 3.....</i>	<i>96</i>
<i>Tab. 49: Celková měsíční bilance výchozího stavu a Příležitosti 3.....</i>	<i>98</i>
<i>Tab. 50: Celková roční produkce emisí CO₂ pro výchozí stav a Příležitost 3.....</i>	<i>99</i>
<i>Tab. 51: Odhadované investiční náklady na realizaci Příležitosti 4.....</i>	<i>108</i>
<i>Tab. 52: Měsíční bilance tepelné energie a spotřeby se solárními kolektory.....</i>	<i>112</i>
<i>Tab. 53: Celková měsíční bilance výchozího stavu a Příležitosti 4.....</i>	<i>113</i>
<i>Tab. 54: Celková roční produkce emisí CO₂ pro výchozí stav a Příležitost 4.....</i>	<i>114</i>
<i>Tab. 55: Součinitel ročního provozu TČ země-voda pro vytápění dle [22], upraveno.....</i>	<i>116</i>
<i>Tab. 56: Sezónní účinnost výroby tepla zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ pro topnou tyč dle [22], upraveno.....</i>	<i>116</i>
<i>Tab. 57: Součinitel ročního provozu TČ země-voda $f_{W,COP}$ pro přípravu TV dle [22], upraveno.....</i>	<i>117</i>
<i>Tab. 58: Podíl roční potřeby tepla na vytápění a přípravu TV pro TČ země-voda dle [22], upraveno.....</i>	<i>117</i>
<i>Tab. 59: Charakteristiky tepelného čerpadla země-voda pro návrh zemních vrtů.....</i>	<i>118</i>
<i>Tab. 60: Odhadované investiční náklady na realizaci Příležitosti 5.....</i>	<i>120</i>
<i>Tab. 61: Celková měsíční bilance pro výchozí stav a Příležitost 5.....</i>	<i>122</i>
<i>Tab. 62: Celková roční produkce emisí CO₂ pro 5. příležitost.....</i>	<i>123</i>
<i>Tab. 63: Souhrnné porovnání celkové roční spotřeby elektřiny všech příležitostí.....</i>	<i>125</i>
<i>Tab. 64: Souhrnné porovnání celkových ročních nákladů za elektřinu všech příležitostí.....</i>	<i>126</i>
<i>Tab. 65: Výchozí ekonomické parametry.....</i>	<i>130</i>
<i>Tab. 66: Hodnocení ekonomických ukazatelů 1. – 3. příležitosti.....</i>	<i>131</i>
<i>Tab. 67: Hodnocení ekonomických ukazatelů 4. a 5. příležitosti.....</i>	<i>131</i>
<i>Tab. 68: Stanovení kritérií a jejich vah.....</i>	<i>134</i>
<i>Tab. 69: Formulace stanovených kritérií dle [21], Přílohy 9.....</i>	<i>135</i>
<i>Tab. 70: Vyhodnocení jednotlivých příležitostí na základě stanovených kritérií dle [21], Přílohy 9.....</i>	<i>135</i>



9 Seznam grafů

<i>Graf 1: Obsazenost osob – pobytové místnosti</i>	29
<i>Graf 2: Obsazenost osob – zázemí pro personál</i>	30
<i>Graf 3: Obsazenost osob – společenské místnosti</i>	31
<i>Graf 4: Obsazenost osob – jídelna</i>	32
<i>Graf 5: Obsazenost osob – technická místnost</i>	33
<i>Graf 6: Celková měsíční dodaná energie do budovy dle energonositelů</i>	57
<i>Graf 7: Rozdělení energetických vstupů energetického hospodářství</i>	60
<i>Graf 8: Celková měsíční bilance výchozího stavu</i>	63
<i>Graf 9: Spotřeba elektrické energie pro jednotlivé systémy TZB – výchozí stav</i>	64
<i>Graf 10: Rozdělení spotřeby elektřiny dle užití</i>	66
<i>Graf 11: Porovnání hodinové potřeby tepla na vytápění pro výchozí stav a Příležitost 1</i>	72
<i>Graf 12: Porovnání měsíční spotřeby elektrické energie na vytápění pro výchozí stav a Příležitost 1</i>	72
<i>Graf 13: Porovnání roční spotřeby a úspory elektřiny na vytápění pro výchozí stav a Příležitost 1</i> ...	73
<i>Graf 14: Porovnání průměrné vnitřní operativní teploty pro výchozí stav a Příležitost 1</i>	73
<i>Graf 15: Celkové měsíční porovnání výchozího stavu a Příležitosti 1</i>	74
<i>Graf 16: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 1</i>	75
<i>Graf 17: Hodinový průběh spotřeby, produkce a akumulace elektrické energie 15.5 (pro rok 2002)</i> 82	
<i>Graf 18: Hodinová data slunečního záření ze softwaru DesignBuilder – Praha/Ruzyně, rok 2002</i>	86
<i>Graf 19: Hodinová spotřeba a výroba elektrické energie</i>	86
<i>Graf 20: Pokrytí dodávky elektrické energie za rok</i>	87
<i>Graf 21: Přehled rozdělení vyrobené elektřiny z FVE v budově</i>	88
<i>Graf 22: Měsíční pokrytí spotřeby a akumulace elektrické energie v budově</i>	89
<i>Graf 23: Celkové měsíční porovnání výchozího stavu a Příležitosti 2</i>	90
<i>Graf 24: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 2</i>	91
<i>Graf 25: Porovnání měsíční spotřeby elektřiny na přípravu TV pro výchozí stav a Příležitost 3</i> ..	97
<i>Graf 26: Porovnání roční spotřeby a úspory elektřiny na přípravu TV pro výchozí stav a Příležitost 3</i>	97
<i>Graf 27: Celkové měsíční porovnání výchozího stavu a Příležitosti 3</i>	98
<i>Graf 28: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 3</i>	99
<i>Graf 29: Průběh potřeby, produkce a akumulace tepelné energie 28.7. (pro referenční rok 2012).</i> 106	
<i>Graf 30: Hodinová data slunečního záření ze softwaru Energie 2021 – Praha_Nové město 2 (referenční rok 2012)</i>	109
<i>Graf 31: Hodinová potřeba a produkce energie na přípravu teplé vody</i>	110
<i>Graf 32: Pokrytí roční potřeby tepla na přípravu teplé vody za rok</i>	110
<i>Graf 33: Měsíční pokrytí potřeby tepla na přípravu TV a akumulace tepelné energie ze solárních kolektorů</i>	111
<i>Graf 34: Celkové měsíční porovnání výchozího stavu a Příležitosti 4</i>	112
<i>Graf 35: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 4</i>	113
<i>Graf 36: Porovnání měsíční spotřeby elektřiny pro vytápění a přípravu TV pro výchozí stav a Příležitost 5</i>	121

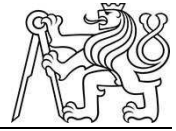


<i>Graf 37: Porovnání a úspora roční spotřeby elektřiny na vytápění a přípravu TV pro výchozí stav a Příležitost 5.....</i>	<i>121</i>
<i>Graf 38: Celková měsíční porovnání výchozího stavu a Příležitosti 5.....</i>	<i>122</i>
<i>Graf 39: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ výchozího stavu a Příležitosti 5.....</i>	<i>123</i>
<i>Graf 40: Porovnání celkových investičních nákladů všech příležitostí.....</i>	<i>124</i>
<i>Graf 41: Porovnání a úspora celkové roční spotřeby elektřiny všech příležitostí.....</i>	<i>125</i>
<i>Graf 42: Porovnání a úspora celkových ročních nákladů na elektřinu všech příležitostí.....</i>	<i>126</i>
<i>Graf 43: Porovnání a úspora celkové roční produkce emisí CO₂ všech posouzených příležitostí.....</i>	<i>127</i>
<i>Graf 44: Průběh kumulovaného diskontovaného Cashflow pro jednotlivé příležitosti</i>	<i>132</i>
<i>Graf 45: Průběh kumulovaných diskontovaných nákladů a investic pro jednotlivé příležitosti</i>	<i>133</i>



10 Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Situace stavby [1]</i>	17
<i>Obr. 2: Půdorys 1.NP [1]</i>	18
<i>Obr. 3: Půdorys 2.NP [1]</i>	19
<i>Obr. 4: Půdorys 3.NP [1]</i>	19
<i>Obr. 5: Řez B-B' [1]</i>	20
<i>Obr. 6: Severní pohled [1]</i>	20
<i>Obr. 7: Vizualizace objektu – jih [1]</i>	20
<i>Obr. 8: Vizualizace objektu – severozápad [1]</i>	21
<i>Obr. 9: Vizualizace objektu – severovýchod [1]</i>	21
<i>Obr. 10: Energetický model – DesignBuilder</i>	25
<i>Obr. 11: Vizualizace dynamického modelu (JV nároží) – DesignBuilder</i>	26
<i>Obr. 12: Vizualizace dynamického modelu (JZ nároží) – DesignBuilder</i>	26
<i>Obr. 13: Půdorys provozních zón 1.NP</i>	27
<i>Obr. 14: Půdorys provozních zón 2.NP</i>	27
<i>Obr. 15: Půdorys provozních zón 3.NP</i>	28
<i>Obr. 16: Obecná systémová hranice budovy [2]</i>	45
<i>Obr. 17: Sankeyův diagram rozdělení energie [10]</i>	59
<i>Obr. 18: Schéma zapojení fotovoltaického systému</i>	78
<i>Obr. 19: Produkce energie v závislosti na sklonu a orientaci FV panelu [14]</i>	79
<i>Obr. 20: Schématické zakreslení rozestupu FV panelů</i>	79
<i>Obr. 21: Schématické zakreslení rozestupu FV panelů od atiky</i>	80
<i>Obr. 22: Rozmístění fotovoltaických panelů na střeše v DesignBuilderu</i>	81
<i>Obr. 23: Pohled na střechu s rozmístěním FV panelů v DesignBuilderu</i>	81
<i>Obr. 24: Fotovoltaický panel Amerisolar AS-7M144-HC-MS550M [11]</i>	83
<i>Obr. 25: 3-fázový hybridní střídač GoodWe 25k-DT [12]</i>	83
<i>Obr. 26: Bateriový set Triple power T-BAT H 5.8 [13]</i>	83
<i>Obr. 27: Schéma toků elektrické energie z FVE a distribuční sítě v kWh</i>	87
<i>Obr. 28: Schéma rozložení teplot v rekuperačním výměníku [15], upraveno</i>	93
<i>Obr. 29: Umístění rekuperačního výměníku na pozemku</i>	94
<i>Obr. 30: Schéma zapojení rekuperačního výměníku v objektu</i>	95
<i>Obr. 31: Schématické zapojení solárních termických kolektorů do systému</i>	102
<i>Obr. 32: Produkce tepelné energie v závislosti na sklonu s orientací na jih [18]</i>	103
<i>Obr. 33: Schématické zakreslení rozestupu solárních kolektorů</i>	103
<i>Obr. 34: Rozmístění solárních kolektorů na střeše v DesignBuilderu</i>	104
<i>Obr. 35: Pohled na střechu s rozmístěním solárních kolektorů v DesignBuilderu</i>	104
<i>Obr. 36: Interní výpočet tepelné ztráty potrubí solárního rozvodu v programu Energie 2021</i> .	105
<i>Obr. 37: Solární plochý kolektor Regulus KPPG1H [19]</i>	107
<i>Obr. 38: Umístění geotermálních vrtů na pozemku</i>	119



Příloha 1

Plán energetického auditu

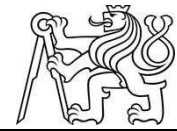


Obsah Plánu energetického auditu

1	Identifikační údaje	3
2	Typ Energetického auditu	4
3	Předmět Plánu energetického auditu.....	4
4	Potřeby Zadavatele a jeho očekávání.....	4
5	Požadavky na míru detailu.....	5
6	Stanovení kritérií pro hodnocení a klasifikaci příležitostí.....	5
7	Potřebné podklady pro zpracování EA	6
8	Formát zprávy o energetickém auditu	6
9	Požadavky na součinnost Zadavatele, časový termín.....	7

Seznam tabulek

<i>Tab. 1: Předmět energetického auditu</i>	<i>4</i>
<i>Tab. 2: Kritéria pro hodnocení a klasifikaci příležitostí.....</i>	<i>5</i>
<i>Tab. 3: Stanovení kritériálních funkcí a jejich váhy</i>	<i>6</i>



1 Identifikační údaje

Účel zpracování Plánu energetického auditu

Plán energetického auditu je zpracován na základě budoucího zpracování energetického auditu pro projekt novostavby domova pro seniory podle vyhlášky č. 140/2021 Sb., § 4, Přílohy 2.

Předmět Plánu energetického auditu

Typ objektu: novostavba domova pro seniory
Adresa: parc. č. xxx/x, katastrální území Řeporyje [745251]

Zadavatel energetického auditu

Zadavatel: vlastník objektu
Adresa: v rámci diplomové práce není uvedeno
e-mail: v rámci diplomové práce není uvedeno

Zpracovatel energetického auditu

Jméno a příjmení: v rámci diplomové práce není uvedeno
Adresa: v rámci diplomové práce není uvedeno
e-mail: v rámci diplomové práce není uvedeno



2 Typ Energetického auditu

Energetický audit bude vypracován v rozsahu a podrobnosti, které odpovídá Typu 1 podle normy ČSN ISO 50002 Energetické auditu – Požadavky s návodem pro použití, Tabulky A1.

3 Předmět Plánu energetického auditu

Plán energetického auditu je dokument, který specifikuje podrobnosti o zpracování EA mezi Zadavatelem a Zpracovatelem. Jedná se o zejména o podrobnosti v rámci stanovení hranice energetického hospodářství, rozsah navržených příležitostí ke snížení energetické náročnosti, včetně ekonomických parametrů k hodnocení navržených příležitostí.

Předmětem energetického auditu je ucelená část energetického hospodářství projektu novostavby domova pro seniory, zpracovaného v rámci bakalářské práce v roce 2021.

Tab. 1: Předmět energetického auditu

Předmět energetického auditu	
Název objektu:	projekt novostavby domova pro seniory
Adresa:	parc. č. xxx/x, katastrální území Řeponyje [745251]
Kontaktní osoba:	v rámci diplomové práce není uvedeno
e-mail:	v rámci diplomové práce není uvedeno

4 Potřeby Zadavatele a jeho očekávání

Základní potřebou Zadavatele je naplnění zákonné povinnosti dle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, jeho prováděcí vyhláškou č. 140/2020 Sb., o energetickém auditu a normy ČSN ISO 50002. Minimální cíl, který je dán v rámci energetického hospodářství, je dosáhnout úspory minimálně 10 % energie z celkové spotřeby energetického hospodářství nebo 10 % z celkových emisí CO₂ energetického hospodářství, se zohledněním případných synergetických vlivů dílčích příležitostí ke snížení energetické náročnosti. Analýzu spotřeby energie pro jednotlivé procesy v objektu bude Zpracovatel EA provádět na základě výpočtů z dynamické simulace ze softwaru DesignBuilder v hodinovém kroku výpočtu a dílčích výpočtů uvedených v energetickém auditu.

Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o projekt novostavby, tak veškeré vstupní podklady (geometrie objektu, tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí, technické zařízení budovy apod.) byly převzaty z vypracovaného projektu novostavby domova pro seniory, ve stupni dokumentace pro stavební povolení.

Zadavatel očekává, že dojde k:

- zhodnocení výchozího stavu energetického hospodářství,
- návrhu a vyhodnocení možných příležitostí ke snížení energetické náročnosti,
- prověření možnosti instalace solárního systému na střechu objektu,
- celkové úspoře energií a snížení emisí CO₂.



5 Požadavky na míru detailu

Míra detailu provedení energetického auditu vychází z typu energetických auditů podle Normy ČSN ISO 50002, Tabulky A.1.

Primární cíl EA bude zmapování projektovaného (výchozího) stavu a stanovení možných příležitostí, které povedou ke snížení energetické náročnosti. V případě zjištění možných úspor, pro které by byla vhodná podrobnější analýza, bude na tyto skutečnosti upozorněno (např. vhodné způsoby měření apod.)

Výstupy z EA budou podkladem pro povědomí o nákladech na energie pro výchozí stav objektu a na případné příležitosti ke snížení energetické náročnosti.

6 Stanovení kritérií pro hodnocení a klasifikaci příležitostí

Kritéria, pro hodnocení klasifikaci příležitostí ke snížení energetické náročnosti budovy, byla stanovena mezi Zadavatelem a Zpracovatelem EA v rámci úvodního zadání. Kritéria byla stanovena zejména z důvodu ekonomického vyhodnocení daných příležitostí ke snížení energetické náročnosti budovy.

Stanovení kritérií pro ekonomické hodnocení

Tab. 2: Kritéria pro hodnocení a klasifikaci příležitostí

Kritéria pro hodnocení a klasifikaci příležitostí	
Ekonomické hodnocení a jeho okrajové podmínky	Zadavatel nestanovil žádné specifické požadavky na ekonomické hodnocení.
Doba hodnocení příležitostí	Doba hodnocení: 30 let
Diskontní úroková míra	Diskont: 4 %
Očekávaná změna cen energií	Pro ekonomické hodnocení v rámci jednotlivých příležitostí bude uvažováno, dle dohody se Zadavatelem, meziroční růst cen energií v hodnotě 4 %.
Očekávaná změna cen provozních a investičních nákladů	Dle dohody se Zadavatelem se uvažuje, u ekonomického hodnocení dílčích příležitostí, s nulovým nárůstem cen u provozních a investičních nákladů.
Stanovení kritérií pro vícekritériální hodnocení	Podrobněji stanoveno v tabulce níže

Posuzované příležitosti ke snížení energetické náročnosti budovy budou dále vyhodnoceny podle vyhlášky č. 140/2021 Sb. pomocí multikritériálního hodnocení na základě metody váženého součtu podle stanovených kritérií a jejich vah (viz Tab. 3), která byla stanovena mezi Zadavatelem a Zpracovatelem EA.



Stanovení kritérií pro vícekritériální hodnocení

Tab. 3: Stanovení kritériálních funkcí a jejich váhy

Označení kritéria	Kritériální funkce	Jednotka	Váha od 1 - 100
K1	Náklady na realizaci	tis. Kč	25
K2	Výše produkce CO ₂	t/r	20
K3	Výše energetických úspor	MWh/r	20
K4	Objem vyrobené energie z obnovitelných zdrojů	MWh/r	20
K5	Podíl vyrobené energie z OZE na celkové roční spotřebě energie energetického hospodářství	%	15
Součet			100

7 Potřebné podklady pro zpracování EA

Vzhledem ke skutečnosti, že EA bude vypracován na projekt novostavby byly k dispozici pouze podklady z vypracované projektové dokumentace pro stavební povolení, mezi kterými jsou:

- údaje o budově (umístění, druh, charakteristika provozu, počet zaměstnanců, půdorysy jednotlivých podlaží, příčný a podélný řez, pohled, údaje o skladbách konstrukcí, technická zpráva, Průkaz energetické náročnosti budovy),
- údaje o zdrojích tepla (typ zdroje tepla, umístění, jmenovitý výkon, výrobce, parametry teplotnosné látky, způsob regulace, způsob provozu),
- údaje o systému zásobování elektřinou (rozvody elektrické energie, instalovaný příkon),
- údaje o systému zásobování teplem (schéma rozvodů tepelné energie, způsob vytápění místností, spád otopné soustavy),
- údaje o nuceném větrání (umístění a počet vzduchotechnických jednotek, množství vzduchu na přívodu a odvodu, způsob provozu, rekuperace tepla),
- údaje o osvětlovacích soustavách (druh světelných zdrojů a jejich počet, instalovaný příkon, požadovaná intenzita osvětlení, způsob ovládání),

8 Formát zprávy o energetickém auditu

Energetický audit bude typu 1 podle ČSN ISO 50002, tabulky A1. EA bude předán v tištěné formě v jednom výtisku a v jedné elektronické formě ve formátu pdf.



9 Požadavky na součinnost Zadavatele, časový termín

Mezi Zadavatelem a Zpracovatelem EA bude stanoven časový harmonogram práce, který bude obsahovat jednotlivé fáze EA, které jsou:

- a) potvrzení Plánu energetického auditu,
- b) konzultace nad projektovaným (výchozím) stavem objektu,
- c) konzultace nad uvažovanými příležitostmi ke snížení energetické náročnosti a jejich vyhodnocení,
- d) odevzdání energetického auditu.

Jednotlivé fáze mohou být v rámci zpracování EA doplněny, či pozměněny na základě domluvy mezi Zpracovatelem a Zadavatelem EA.

Energetický audit bude po dokončení předán a konzultován se Zadavatelem, který bude mít možnost se k němu vyjádřit, či doplnit.

Nejzazší termín odevzdání finálního EA Zadavateli, v elektronické formě, je 9.1.2023. Termín předání v tištěné formě bude následně domluven se Zadavatelem.

Datum zpracování Plánu energetického auditu:

V Praze, dne 1.10.2022

Jméno a podpis Zadavatele:

.....

Zadavatel

Jméno a podpis Zpracovatele:

.....

Zpracovatel