

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**NÁVRH OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ PRO BYTOVÝ
DŮM**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval:

Bc. Michaela Žďárská

Vedoucí práce:

doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D

2022/2023

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

V Praze dne

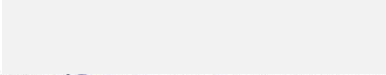

Podpis autorky práce

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Žďárská	Jméno: Michaela	Osobní číslo: 468524
Zadávací katedra: K125 Katedra technických zařízení budov		
Studijní program: Inteligentní budovy		
Studijní obor/specializace: Inteligentní budovy		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Návrh obnovitelných zdrojů pro bytový dům</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Renewable energy system design in a residential building</u>	
Pokyny pro vypracování: Analyzujte potřeby energie stávajícího bytového domu. Navrhněte variantní řešení snížení spotřeby energie s využitím obnovitelných zdrojů. Vybranou variantu zpracujte podrobněji. Zhodnoťte technickou a ekonomickou proveditelnost vybraného řešení.	
Seznam doporučené literatury: Thumann, Albert & Niehus, Terry & Younger, William. (2020). Handbook of Energy Audits. 10.1201/9781003151722. Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov Garlík, B.: Inteligentní budovy, BEN technická literatura, Praha 2012, ISBN 978-80-7300-440-8	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>22.2.2023</u>	Termín odevzdání DP v IS KOS: <u>22. 5. 2023</u>
	<i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>22.2.2023</u>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za cenné rady, vstřícný přístup a odborné vedení mého diplomového projektu.

Dále děkuji výboru SVJ Českolipská za poskytnutí podkladů a umožnění prohlídek objektu, který je předmětem práce.

V neposlední řadě děkuji své rodině a partnerovi za podporu při psaní práce.

ABSTRAKT

Tato práce navrhuje systémy obnovitelných zdrojů s cílem snížení energetické spotřeby konkrétního stávajícího objektu bytového domu. Součástí je předchozí analýza stávajícího stavu budovy pro lepší orientaci a návrh systémů OZE, které budou přímo odpovídat požadavkům budovy. Zároveň zpracovává obecné možnosti snížení spotřeby energie pro vhodnější využití OZE. Jednotlivé systémy obnovitelných zdrojů energie jsou voleny ve dvou oblastech, a to solární energie a energie okolního prostředí. Ze systémů jsou následně zpracovány varianty a ty jsou vyhodnoceny podle energetických úspor a ekonomické a ekologické proveditelnosti. K návrhům je dále připojena analýza a koncept použití vybraného řešení na širší územní celek pro distribuci a využití energetických přebytků z navrženého systému OZE.

KLÍČOVÁ SLOVA

Energetická náročnost budovy, bytový dům, obnovitelné zdroje energie, solární energie, energie prostředí, komunitní energetika, fotovoltaický panel, solární termický kolektor, tepelné čerpadlo

ABSTRACT

This thesis suggests renewable energy systems to reduce the energy consumption of a specific existing residential building. It includes a previous analysis of the existing building condition for better orientation and the design of RES systems that will directly match the building requirements. It also elaborates general options for reducing energy consumption for more appropriate use of RES. The individual renewable energy systems are selected in two areas, namely solar energy and ambient energy. From the systems, options are then developed and these are evaluated according to energy savings and economic and environmental feasibility. The proposals are further accompanied by an analysis and a concept for the application of the selected solution to the wider area for the distribution and use of the energy surplus from the proposed RES system.

KEY WORDS

Energy performance of buildings, apartment building, renewable energy sources, solar energy, environmental energy, community energy, photovoltaic panel, solar thermal collector, heat pump

Obsah

1	ÚVOD	15
1.1	Cíle práce	15
2	CHARAKTERISTIKA BYTOVÉHO DOMU	16
2.1	Popis lokality	16
2.1.1	Konstrukční a materiálové řešení sídliště	16
2.1.2	TZB řešení sídliště	18
2.2	Bytový dům Českolipská 381-391 – popis současného stavu	18
2.2.2	Dispoziční řešení a zónování objektu	19
2.2.3	Obálka budovy – průběžné rekonstrukce	20
2.2.4	Tepelně technické vlastnosti obálky budovy	21
2.2.5	Fotodokumentace současného stavu obálky budovy	22
2.2.6	TZB – průběžné rekonstrukce	23
2.2.7	TZB – popis současného stavu	23
2.3	Analýza spotřeb energie pro provoz budovy	26
2.3.1	Spotřeba EE	26
2.3.2	Spotřeba tepelné energie	29
2.3.3	Spotřeba ZP	31
2.3.4	Porovnání spotřeb typů energií	31
3	MOŽNOSTI SNÍŽENÍ SPOTŘEB ENERGIE	33
3.1	Zlepšení tepelně technických vlastností obálky budovy	33
3.1.1	Provedení zateplení	34
3.2	Návrh nuceného větrání se ZZT	34
3.2.1	Varianty provedení VZT	35
3.2.2	Výběr varianty VZT	35
3.3	Zlepšení parametrů OS a přípravy TV	36
3.3.1	Otopná soustava	36
3.3.2	Příprava TV	36
3.4	Porovnání samostatných návrhových opatření	38
3.5	Výchozí stav pro návrh OZE	42
4	NÁVRH OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE	44
4.1	Využití sluneční energie	45
4.1.1	Solární termické kolektory	46
4.1.2	Fotovoltaické panely	48
4.2	Využití energie prostředí	51

4.2.1	Princip přečerpávání tepla	51
4.2.2	Tepelné čerpadlo vzduch-voda	52
4.2.3	Využití energie tepelného čerpadla	53
4.3	Konkrétní návrh OZE v řešeném BD	53
4.3.1	Návrh solárních termických kolektorů	53
4.3.2	Návrh fotovoltaických panelů	57
4.3.3	Společný návrh solárních termických kolektorů a FV panelů	64
4.3.4	Návrh tepelného čerpadla	66
5	KOMBINACE VARIANT OZE A HODNOCENÍ.....	71
5.1	Enviromentální porovnání.....	71
5.1.1	Rozdělení dodané energie do budovy podle typu využití a typu energonositele	72
5.1.2	Porovnání celkové dodané energie a celkové primární neobnovitelné energie se stávajícím stavem	74
5.2	Ekonomické porovnání.....	76
5.2.1	Investiční náklady	76
5.2.2	Provozní náklady.....	76
5.2.3	Doba návratnosti	77
5.2.4	Přepočet investičních a provozních nákladů na domácnost.....	78
5.3	Multikriteriální hodnocení	78
5.4	Technická proveditelnost navržených opatření a systémů OZE	79
6	KONCEPT SDÍLENÍ ENERGIE Z OZE V ŠIRŠÍM ÚZEMÍ.....	81
6.1	Princip komunitní energetiky ve městech a obcích.....	81
6.2	Mapování sídliště	81
	82
6.2.1	Bilance ploch sídliště.....	83
6.3	Shrnutí analýzy komunitní energetiky sídliště.....	85
7	DISKUSE.....	86
8	ZÁVĚR.....	88
	SEZNAM OBRÁZKŮ	90
	SEZNAM TABULEK	91
	SEZNAM GRAFŮ.....	93
	POUŽITÁ LITERATURA / PODKLADY	94
	SEZNAM PŘÍLOH	96

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

TV	teplá voda
OS	otopná soustava
CZT	dálkové teplo, centralizované zásobování teplem
VZT	vzduchotechnika
OZE	obnovitelné zdroje energie
EE	elektrická energie
ZP	zemní plyn
TDD	typové diagramy dodávek
BD	bytový dům
VS	výměníková stanice
TČ	tepelné čerpadlo
FV	fotovoltaický systém

1 ÚVOD

V současné době je ve spojitosti s budovami spotřebovááno více než 40 % energie. Tuto energii v převážné míře tvoří energie z neobnovitelných zdrojů jako je zemní plyn, uhlí a jiné. Získávání energie v této formě je trvale neudržitelné a její využívání je podmíněno stálou dodávkou neobnovitelných zdrojů. Zároveň využívání těchto zdrojů znamená zátěž pro okolní prostředí v podobě produkce CO₂. Pouze 17% podíl připadá v ČR na využívání obnovitelných zdrojů energie a povětšinou se jedná o velké výroby jako slunečné, vodní nebo větrné elektrárny (1) (2).

Při takto velké míře spotřebované energie v budovách, dává smysl využívat plochy samotné budovy pro tvorbu vlastní energie, čímž by se snížila či zcela zmizela závislost na neobnovitelných zdrojích. Ruku v ruce jde směrem snižování závislostí na neobnovitelných zdrojích energie obecné snižování energetických potřeb budov. Současný trend výstavby a zároveň legislativní požadavky kladou na novou výstavbu značný důraz při využití co nejnižšího množství energie a zároveň podporují návrh OZE. K velmi zásadním úsporám energií by však mělo docházet i v případě stávajících objektů, jejichž spotřeba energie je oproti nové zástavbě v celkovém poměru násobně převyšující.

Ke snížení energetické spotřeby se dá dospět mnoha způsoby ať už zlepšením tepelně-technických vlastností obálky budovy či návrhem úsporných opatření technického zařízení budovy. Součástí těchto návrhů by mělo být také využití obnovitelných zdrojů energie, které jsou především úsporou primární neobnovitelné energie, a tedy i úsporou spotřeby fosilních paliv produkující CO₂, ale i významnou ekonomickou úsporou pro majitele objektů. Využití obnovitelných zdrojů energie je individuální pro různé budovy tříděných podle funkčních využití a ideálním stavem je, že budova, jež energii z obnovitelných zdrojů vytváří, ji zároveň spotřebuje pro vlastní využití. Součástí návrhu je tedy optimalizace ploch a prostor sloužící k tomuto využití.

1.1 Cíle práce

Cílem práce je návrh energetických úspor konkrétního bytového domu s využitím obnovitelných zdrojů energie a provedení energeticky úsporných opatření pro ideální návrh OZE. Objekt bytového domu se nachází v rámci jednoho z největších sídlišť v České republice (výstavba r. 1964). Objekt byl v letech 2000-2006 částečně rekonstruován, avšak proběhlá opatření již neplní řádně svou funkci. Navíc je bytový dům svým rozměrem a polohou vhodný pro umístění obnovitelných zdrojů energie. Je zde tedy potenciál pro úspory energetické i ekonomické.

Dílní cíle práce jsou:

- Analyzovat stávající stav bytového domu a jeho potřeby energie
- Návrh variantních řešení snížení spotřeby energie s využitím obnovitelných zdrojů
- Vyhodnotit varianty a vybranou variantu zpracovat podrobněji
- Zhodnotit technickou a ekonomickou proveditelnost vybraného řešení

2 CHARAKTERISTIKA BYTOVÉHO DOMU

Hlavní předmět této práce je bytový dům, který se nachází na adrese Českolipská 381-391, Praha 9 uprostřed jednoho z největších sídlišť v České republice – Prosek. Následující popis vychází především z místního šetření v území a podkladů poskytnutých SVJ Českolipská 381-391 se souhlasem výboru SVJ. Podklady zahrnují část stavební projektové dokumentace a údaje o spotřebách energií z minulých let.

2.1 Popis lokality

Sídliště Prosek se nachází na severním okraji Prahy v městské části Praha 9. Bylo vystavěno v letech 1964-1971. Celkem se zde nachází okolo 9500 bytů s návrhovou kapacitou 32 000 obyvatel (3). Jednotlivé bytové domy jsou typově stejné nebo velmi podobné. Nejčastějším zastoupením je zde bytový dům označený podle stavební soustavy T 08 B se sedmi až jedenácti nadzemními podlažími. V jednom takovém objektu kvádrovitého tvaru se nachází až 13 oddělených vchodů. Mezi jednotlivými domy jsou poměrně velké rozestupy, které se dají označit za otevřené vnitrobloky, do nichž jsou vestavěny menší bytové domy s půdorysným tvarem čtverce o čtyřech nadzemních podlažích. V rámci sídliště byla vystavěna také občanská vybavenost – školská zařízení, budovy státní správy, zdravotnická zařízení a budovy s komerčním využitím.

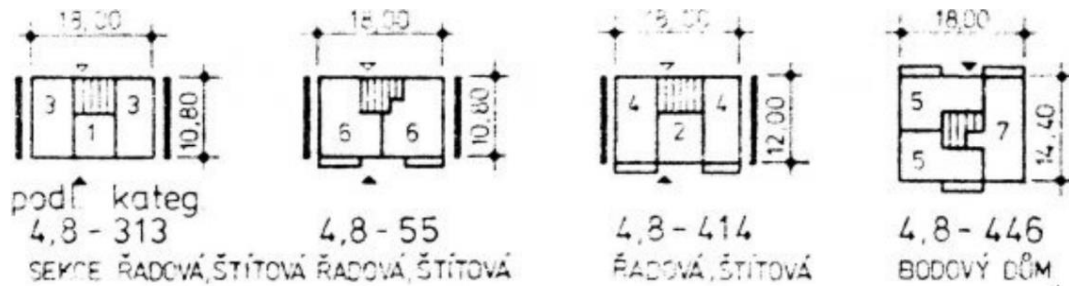


Obrázek 1 - Letecký pohled na sídliště Prosek. Zdroj: (3)

2.1.1 Konstruktivní a materiálové řešení sídliště

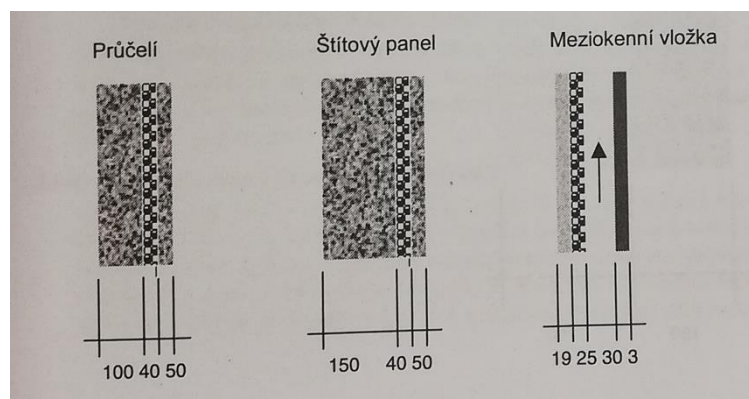
Všechny domy sídliště (z původní zástavby) mají stejné konstrukční řešení. Jedná se o železobetonovou, montovanou výstavbu z panelů stavební soustavy typu T 08 B, z nichž jsou stavěny typické sekce vchodů - obr. 2. Součástí některých bytů jsou předsazené

lodžie. Dále jsou objekty podsklepeny technickým podlažím a zastřešeny plochou střechou, ze které vystupují budníčky se strojovny výtahů.



Obrázek 2 - Typické sekce BD. Zdroj: (32)

Níže jsou uvedeny tepelně technické vlastnosti obvodových stěnových konstrukcí stavební soustavy T 08 B – sendvičové varianty. Jedná se o skladbu dvou železobetonových panelů s uprostřed umístěnou tepelnou izolací z pěnového polystyrenu – obr. 3. Hodnota součinitele tepelné vodivosti pěnového polystyrenu v době výstavby odpovídá průměrné hodnotě $\lambda = 0,045 \text{ W/m} \cdot \text{K}$. Nosnou část střešní konstrukce tvoří železobetonový panel v tloušťce 190 mm, se spádovou vrstvou škváry v tloušťce 50 mm, plynosilikátové tvarovky tloušťky 150 mm a cementový potěr zakrytý foliovou střešní krytinou. Podlaha nad technickým podlažím se skládá ze stropního panelu tloušťky 190 mm, tepelně izolační desky FIBREX 20 mm, betonové mazaniny 40 mm a nášlapné vrstvy. (4)



Obrázek 3 - Skladba stěnových konstrukcí v roce výstavby 1964. Zdroj: (4)

V současnosti je okolo 90 % bytových domů na sídlišti po rekonstrukci, zahrnující dodatečné zateplené obvodových stěn, zateplení střech a výměnu otvorových výplní. Tyto rekonstrukce probíhali postupně, proto některé od sebe dělí i 20 let. Míra rozsahu rekonstrukcí a jejich provedení se tak většinou liší oproti aktuálním standardům energetické náročnosti budov, někdy i výrazně. Avšak dále zpracovaný bytový dům se dá považovat za typický v oblasti těchto úprav a bude s ním takto počítáno i v rámci zamyšlení se nad otázkou komunitní energetiky. Dalším kritériem zvolení tohoto domu jako typického BD bylo kromě místního šetření sídliště i jeho největší míra zastoupení v dané lokalitě.

2.1.2 TZB řešení sídliště

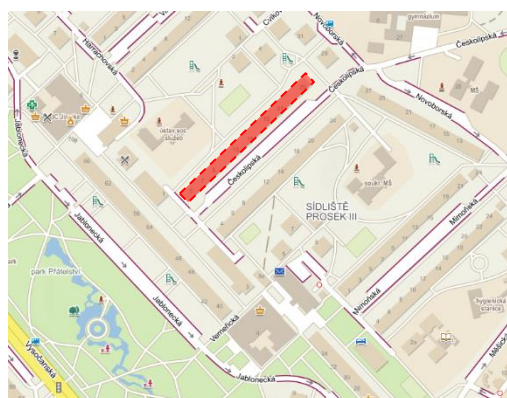
Zdrojem tepla pro vytápění a přípravu teplé vody je dálkové teplo CZT, konkrétně horkovod vedený z Teplárny Mělník I. Jedná se o systém KVET, tedy o kombinovanou výrobu elektrické a tepelné energie. Jako palivo je využíváno hnědé uhlí. Teplo je z teplárny dopraveno horkovodem k předávacím stanicím jednotlivých budov, odkud je pomocí výměňkových stanic na patě objektů předáváno do systému ústředního vytápění a teplé vody. Předávacích stanic může být v jednom objektu více, každá společná pro několik vchodů.

2.2 Bytový dům Českolipská 381-391 – popis současného stavu

Bytový dům Českolipská 381-391 se skládá z 11 vchodů s celkem 231 bytovými jednotkami v nichž bydlí dle podkladů SVJ celkem 594 osob. Objekt má výšku 7 nadzemních podlaží o konstrukční výšce jednoho nadzemního podlaží 2,8m. Je kompletně podsklepen technickým podlažím, kde jsou umístěny zdroje tepla a hlavní rozvody teplé a studené vody. Na ploché střeše objektu se pak nachází výlezy na střechu a strojovny výtahů, vždy ke každému vchodu jeden. Na střechu je dále veden vývod odvodního vzduchotechnického potrubí z koupelen a WC. Celková hrubá podlažní plocha činní 1386 m². Orientace podélných stěn objektu je na JV a JZ.



Obrázek 4 - Pohled na řešený BD. Zdroj: (26)



Obrázek 5 - Situace BD. Zdroj: (31)

2.2.1 Základní parametry budovy

Tabulka 1 - základní parametry objektu.

Objem budovy [m ³]	38 808
Ochlazovaná plocha obálky budovy [m ²]	13 222
Energeticky vztažná plocha [m ²]	13 860
Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} (W/m ² *K)	0,78
Objemový faktor A/V	0,34

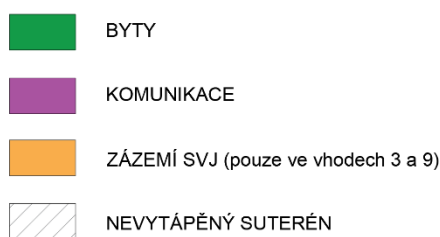
2.2.2 Dispoziční řešení a zónování objektu

Objekt je rozdělen do 11 totožných vchodů, kde se opakují jen 2 dispozice – vstupní 1.NP a typické podlaží 2-7.NP. Ve vstupním podlaží se nachází 2 byty a dále společné prostory jako kočárkárna, úklidová místnost a komunikace. V dalších podlažích se pak nachází vždy 3 byty, společná komunikace a komory k jednotlivým bytům. Prostory v 1.PP jsou ve většině vchodech prázdné pouze s rozvody teplé a studené vody a kanalizačním potrubím. Pouze ve vchodech 383 a 389 se dispozice liší. Jsou zde umístěny předávací stanice CZT a zázemí pro výbor SVJ. V zázemí se nachází místnost pro jednání, archiv a sklady.

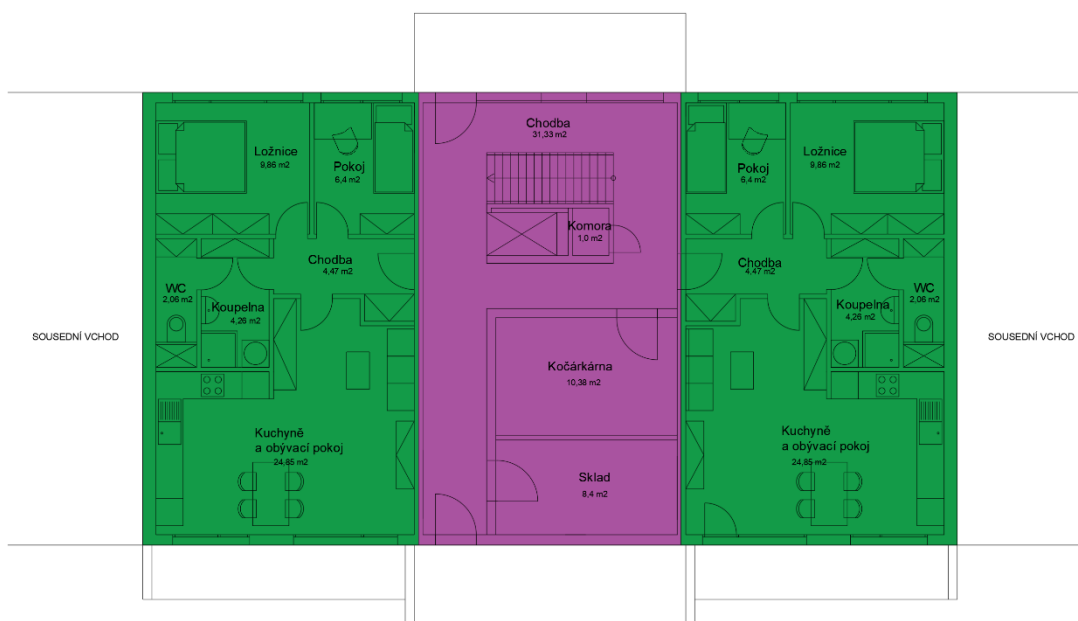
Zónování objektu je rozděleno podle vnitřních výpočtových teplot. Zóna 1 – Bytové jednotky, mají vnitřní výpočtovou teplotu $t_i = 20\text{ °C}$ a zóna 2 – Komunikace a společné prostory mají $t_i = 16\text{ °C}$.

Prostory technického podlaží v 1.PP jsou nevytápěné, stejně jako strojovny výtahů na střechách.

2.2.2.1 Grafické znázornění dispozic a zónování

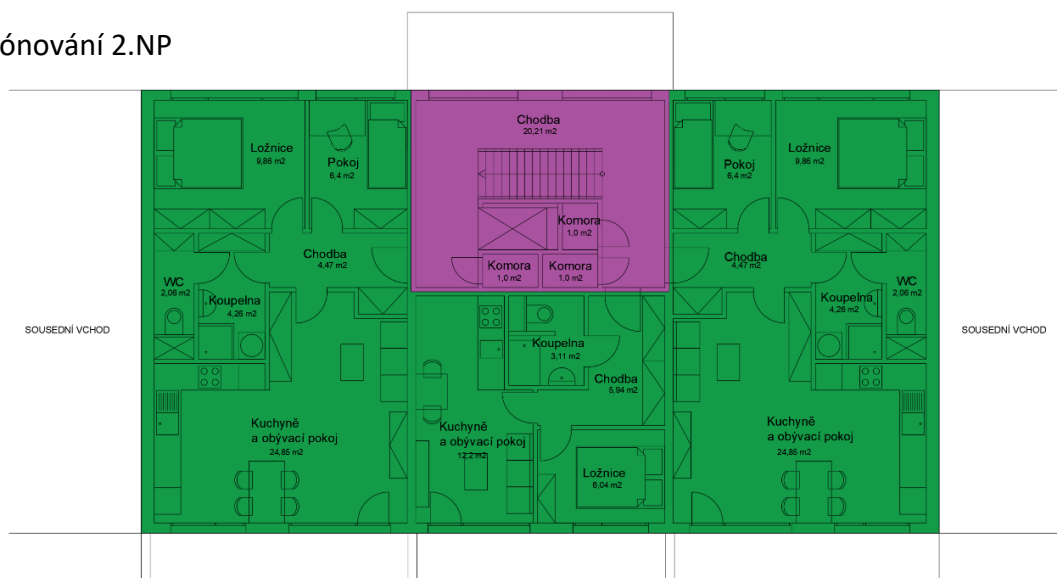


Zónování 1.NP



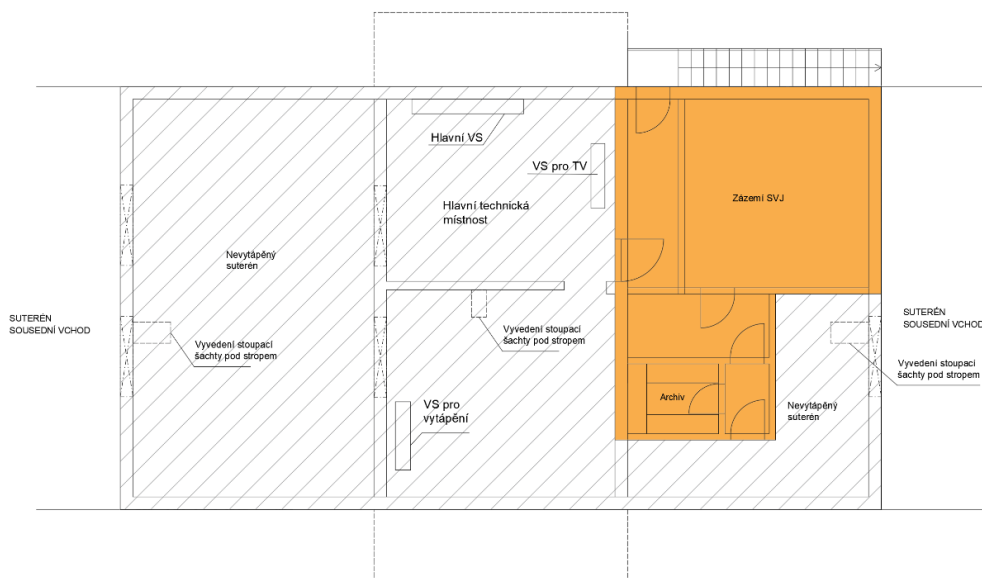
Obrázek 6 - Zónování typického 1.NP

Zónování 2.NP



Obrázek 7 - zónování typického podlaží 2-7.NP

Zónování 1.PP ve vchodech s výměňkovými stanicemi



Obrázek 8 - Zónování 1.PP s umístěním VS

2.2.3 Obálka budovy – průběžné rekonstrukce

V oblasti tepelně-technických vlastností obálky budovy prošel objekt rekonstrukcí již v roce 2000. Jednalo se o zateplení průčelní stěny a meziokení vložky, které byly zatepleny minerální vatou v tloušťce 70 mm, dále byla zateplena střecha, a to minerální vatou v tloušťce přibližně 150 mm. K zateplení štitových stěn došlo v roce 2015 minerální vatou v tloušťce 140 mm a po roce 2020 byla v místě soklových stěn doplněna ještě tepelná izolace soklové části. Poslední úpravou fasády bylo v roce 2022 instalování tepelně izolačních těsnících pásek na tepelné mosty a spáry ve fasádě, po celé výšce objektu.

Otvorové výplně byly průběžně měněny za plastová dvojskla s $U = 1,3$ [W/m²*K]. Jelikož je ale na každém majiteli bytové jednotky, zda okna vymění, je zde stále několik původních, dřevěných oken s $U = 1,3$ [W/m²*K] – v celkovém poměru to činí 14,7 %.

Z porovnání hodnot U [$W/m^2 \cdot K$], které mi byli poskytnuty v aktuálním průkazu energetické náročnosti budovy z roku 2019 vychází, že aktuální skladby konstrukcí nevyhovují doporučeným hodnotám $U_{N,20}$ [$W/m^2 \cdot K$] s výjimkou poslední zatepované sněhy – štítové. Některé z konstrukcí pak nevyhovují ani požadovaným hodnotám $U_{rec,20}$ [$W/m^2 \cdot K$].

Po vizuální prohlídce obvodový plášť nejeví větší známky poškození a dá se označit za funkční. Na několika místech se ovšem objevuje rozpínající se biodegradace. Bez odborné diagnostiky se však nedá určit, zda se jedná ve větší míře o řasy, mikroorganismy nebo plíseň, míra vlhkosti konstrukce a jakým způsobem dochází k degradaci tepelně technických vlastností. Dá se ovšem předpokládat, že v průběhu několika málo let přestane tepelně izolační materiál plnit svou funkci, jelikož životnost zateplení se pohybuje mezi 20-25 lety. Při prohlídce střechy a po rozhovoru s předsedou SVJ vyšlo najevo, že střešní krytina a hydroizolace neplní dostatečně svou funkci a v několika místech dochází k pronikání vlhkosti do nižších vrstev skladby. V budoucnu je tedy samotným SVJ plánována výměna střešního pláště a při té příležitosti se uvažuje i s výměnou tepelné izolace. Při plánovaných rekonstrukcích se tak dá uvažovat s novým zateplením a zlepšením hodnot U [$W/m^2 \cdot K$] na minimálně doporučené hodnoty.

2.2.4 Tepelně technické vlastnosti obálky budovy

Tabulka 2 - Hodnoty U [$W/m^2 \cdot K$] konstrukcí. Zdroj: (5)

Označení konstrukce	Popis	Stávající skladby konstrukcí	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
		$U_{stávající}$ [$W/m^2 \cdot K$]	$U_{rec,N}$ [$W/m^2 \cdot K$]	U_{rec20} [$W/m^2 \cdot K$]
OS1	Obvodová stěna 1 průčelí	0,350	0,300	0,250
OS2	Obvodová stěna 2 štítová	0,190	0,300	0,250
OS3	Obvodová stěna 3 meziokenní vložka	0,391	0,300	0,250
ST1	Střecha plochá	0,230	0,240	0,160
ST2	Strop ke strojovně	0,300	0,600	0,400
P1	Podlaha s nevytápěným suterénem	1,650	0,650	0,400
O1	Okna	1,300	1,500	1,200
O2	Okna dřevěná	2,400	1,500	1,200
D1	Vstup	1,500	1,700	1,200

2.2.5 Fotodokumentace současného stavu obálky budovy

Fotodokumentace z místního šetření	
<p>Pohled na fasádu. Po celé výšce fasády je v několika místech rozpínající se biodegradace.</p>	 Fotografie fasády žluté budovy. V několika místech je viditelná rozpínající se biodegradace, která se projevuje jako tmavší, roztrhané oblasti na povrchu omítky.
<p>Detail zateplení soklové části. Dodatečné zateplení soklu proběhlo pouze v místech štítových stěn.</p>	 Detailní pohled na soklovou část budovy. Vidíme tmavě hnědý sokel, který je zateplený. Pod soklem je viditelná vrstva štěrku a betonový okraj. Na stěně je namontována modrá potrubní trubice.
<p>Pohled na střechu. V budoucnu se plánuje výměna střešního pláště, především náhrada hydroizolace a s tím může být spojeno nové zateplení.</p>	 Pohled na střechu budovy. Střecha je tmavá a má několik větracích komínů. V pozadí je vidět městská krajina s dalšími budovami.

Obrázek 9 - Fotodokumentace z místního šetření-obálka budovy. Zdroj: (26)

<p>Okno – plastové dvojsklo. V pravé části fotografie je vidět těsnící páska instalovaná v roce 2022.</p>	
<p>Okno – původní dřevěné.</p>	

Obrázek 10 - Fotodokumentace z místního šetření-obálka budovy. Zdroj: (26)

2.2.6 TZB – průběžné rekonstrukce

Od výstavby v roce 1964 nedošlo k výraznějším změnám v oblasti technického zařízení budov. Centrální systém vytápění a přípravy teplé vody zůstal zachován. Pouze v roce 2006 došlo ke zdokonalení otopné soustavy v podobě osazení termostatických ventilů na otopná tělesa a stoupačkové regulátory na jednotlivých větvích přívodu i zpátečky. Na přívodním potrubí byl dále osazen uzavírací kohout s odběrem a na zpětném potrubí automatický regulátor tlakové diference. Rozvody otopné vody i koncové prvky – otopná tělesa, jsou původní.

V nedávné době došlo k výměně výměňkové stanice pro přípravu teplé vody. Výměňková stanice pro vytápění a předávací stanice na patě objektu zůstaly původní

2.2.7 TZB – popis současného stavu




2.2.7.1 Vytápění a příprava TV

Horká voda o teplotě 160–158 °C je přivedena do výměňkové stanice každého bytového domu. V rámci BD Českolipská 381-391 jsou umístěny 2 výměňkové stanice (jedna pro 5 vchodů, druh pro 6 vchodů). Teplá voda pro vytápění a užitkovou teplou vodu je připravována vždy zvlášť ve dvou výměňkových stanicích.




Otopná soustava je teplovodní dvoutrubková, zakončena původními litinovými tělesy s instalovanými ventily. V rámci OS jsou osazena čidla pro měření teploty teplé vody na vytápění na přívodním i zpětném potrubí a měření teploty na přívodu teplé vody.

Nastavení otopné křivky je na hodnoty původního teplotního spádu 92,5/67,5 °C.

2.2.7.2 Fotodokumentace současného stavu TZB

Fotodokumentace z místního šetření	
Předávací stanice na patě budovy v 1.PP.	
Výměňíková stanice pro ústřední vytápění v 1.PP.	
Výměňíková stanice pro přípravu TV v 1.PP.	

Obrázek 11 - Fotodokumentace současného stavu z místního šetření TZB. Zdroj: (26)

<p>Pohled do stoupací šachty. Provedení zateplení rozvodů TV</p>	
<p>Rozvody stoupacího potrubí OS v bytě. Dvoutrubková otopná soustava s napojením na OT.</p>	
<p>Otopné těleso s termostatickým ventilem.</p>	

Obrázek 12 - Fotodokumentace současného stavu z místního šetření TZB. Zdroj: (26)

2.2.7.3 VZT

Objekt je větrán přirozeně okny. Z WC a koupelen probíhá odvod vzduchu podtlakovým ventilátorem s ručním spouštěním, odvodní potrubí je vedeno stoupací šachtou a vyvedeno na střeše objektu. Dále každý vchod disponuje podtlakovým ventilátorem umístěným v rámci společné komunikace objektu.

2.3 Analýza spotřeb energie pro provoz budovy

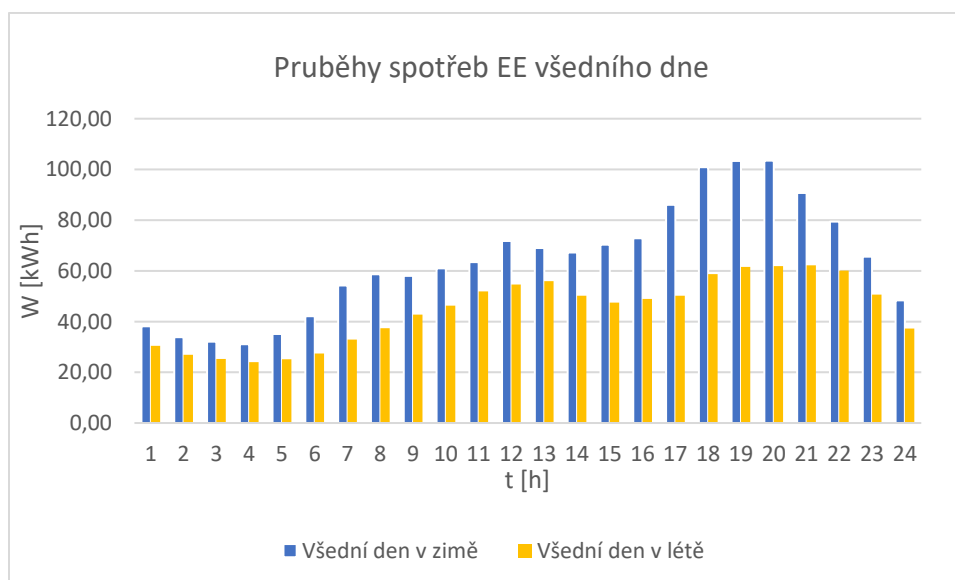
2.3.1 Spotřeba EE

V objektu dochází ke spotřebám elektrické energie na provoz běžných domácností. Jedná se o osvětlení a připojení domácích spotřebičů. Dále je elektrická energie využívána ve společných prostorách a komunikacích k provozu výtahu, osvětlení a provozu ventilátoru. Budova je zásobována elektrickou energií z vnější distribuční soustavy.

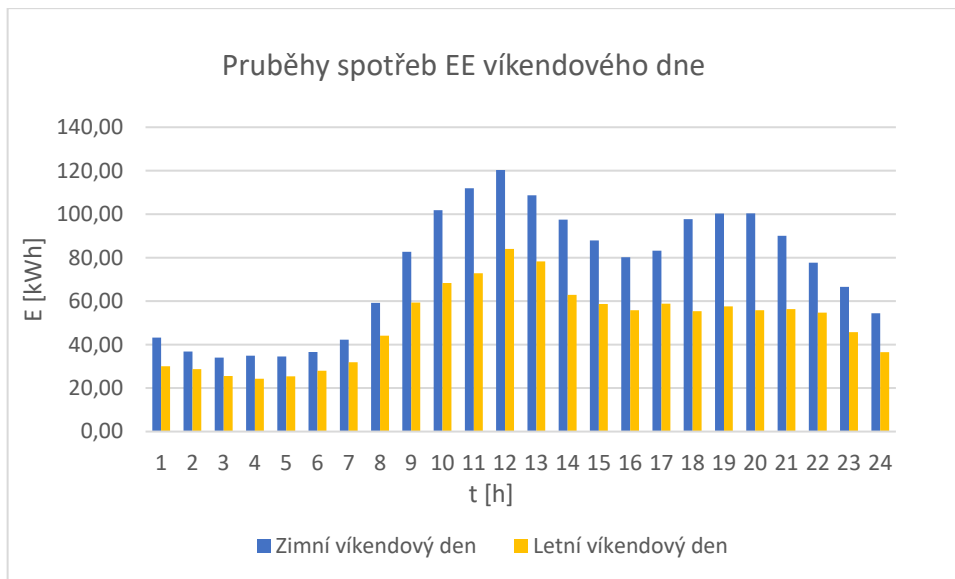
Reálné údaje o spotřebě EE mám k dispozici pouze pro společné prostory, které jsou uvedeny v Tabulka 3. Údaje o spotřebě bytových jednotek jsou převzaty z dat Českého statistického úřadu (6), kde je průměrná spotřeba EE pro jednu bytovou jednotku stanovena na 2 141 kWh/rok.

V grafech níže jsou uvedeny průběhy spotřeb EE typických dnů v hodinových intervalech. Pro přesnější popis jsou tyto dny rozděleny na pracovní den v týdnu a víkendový den a jelikož se spotřeba liší i v průběhu roku, je dělení rozšířeno i o letní a zimní údaje. Průběh spotřeb je přepočten pomocí dat z (7), konkrétně z normalizovaných průběhů TDD 4 pro rok 2022. Typové diagramy dodávek TDD 4 charakterizují odběr domácnosti bez tepelného využití.

Průběh grafů se mění v závislosti na obsazenosti bytů a potřebách obyvatel. K největší spotřebě ve všedních dnech dochází mezi 17 a 23 h. O víkendu se průběh spotřeby mění a k největší spotřebě dochází mezi 9-15 h.

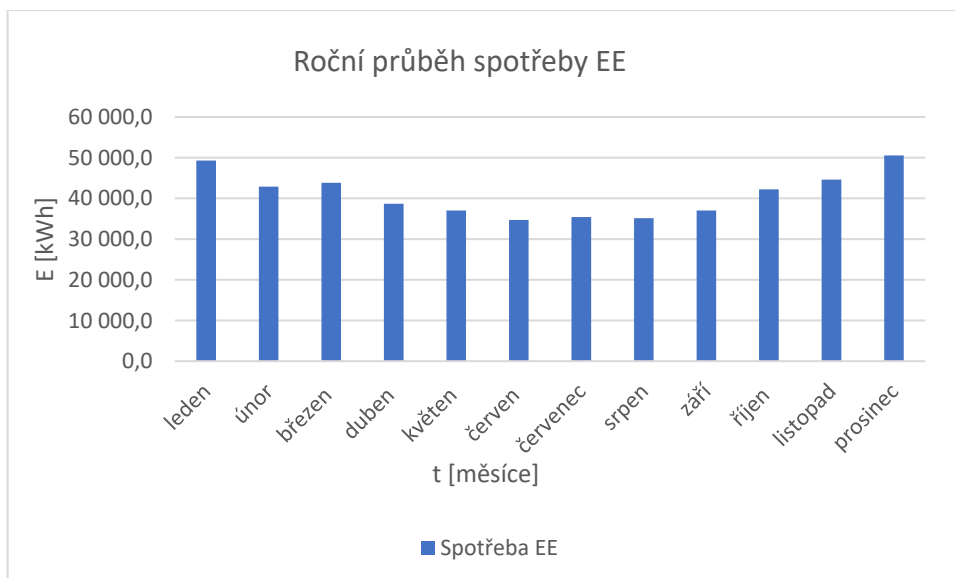


Graf 1 - Průběh spotřeb EE v bytových jednotkách během všedního dne.



Graf 2 - Průběh spotřeb EE v bytových jednotkách během víkendového dne..

V následujícím grafu je vidět průběh spotřeby EE v bytovém domě po měsíčních intervalech po celý rok. Pro získání údajů jsou opět využita data z normalizovaných diagramů TDD 4 (7). V grafu je patrný pokles spotřeby v letních měsících z důvodu delších a teplejších dnů, kdy obyvatelé tráví méně času uvnitř bytu a také se zde projeví letní dovolené.



Graf 3 - Průběh spotřeb EE v bytových jednotkách po měsíčních intervalech.

Tabulka 3 - Reálná roční spotřeba EE ve společných prostorách BD.

Vchod	Odběr místo		Spotřeba EE [kWh/ za rok pro vchod]
1	381/25	světlo	1 522
		výtah	
		ventilátor	
2	382/23	světlo	1 513
		výtah	
		ventilátor	
3	383/21	světlo	1 642
		výtah	
		ventilátor	
4	384/19	světlo	1 551
		výtah	
		ventilátor	
5	385/17	světlo	2 027
		výtah	
		ventilátor	
6	386/15	světlo	1 425
		výtah	
		ventilátor	
7	387/13	světlo	1 943
		výtah	
		ventilátor	
8	388/11	světlo	878
		výtah	
		ventilátor	
9	389/9	světlo	2 004
		výtah	
		ventilátor	
10	390/7	světlo	2 324
		výtah	
		ventilátor	
11	391/5	světlo	1 991
		výtah	
		ventilátor	
Celkem			18 820

Tabulka 4 - celková roční spotřeba EE v BD

Celková roční spotřeba EE	
Roční vypočtená spotřeba EE v bytových jednotkách [kWh]	491 409
Roční fakturovaná spotřeba EE ve společných prostorách [kWh]	18 820
Celkem pro bytový dům [kWh]	510 229

2.3.2 Spotřeba tepelné energie

Tepelná energie je v budově spotřebovávána na vytápění a přípravu TV. Způsob výroby a umístění zdroje tepla je popsán výše v kapitolách 2.1.2 a 2.2.7.1. V rámci podkladů k BD mi byli poskytnuty průběžné údaje o celoročních spotřebách tepelné energie z posledních let a z roku 2012 i údaje o spotřebách v měsíčních intervalech, které jsou rozepsány v Tabulka 6 a Tabulka 7. Tyto data jsou z období před zateplením štítových stěn, ale v porovnání hodnotami po výpočtu tepelných ztrát a potřeby energie na vytápění stanovených výpočtovým nástrojem NKN a denostupňovou metodou, se liší pouze o 1,08 % a zároveň o stejnou odchylku odpovídají nejaktuálnější spotřebě z roku 2021, pro který mám k dispozici pouze souhrnnou hodnotu za rok. Pro návrh OZE v dalších kapitolách považuji tento průběh spotřeb po připočtení odchylky relevantní.

2.3.2.1 Tepelná ztráta budovy

Tepelná ztráta byla stanovena výpočtovou metodou tepelných ztrát po místnostech podle normy ČSN EN 12831-1 s účinností od 10.2018. Tepelné ztráty byly vypočteny pro krajní a prostřední sekce bytového domu a zahrnují ztráty prostupem tepla obvodovou konstrukcí i ztráty větráním.

Tabulka 5 - Výsledné hodnoty tepelné ztráty budovy.

Sekce	počet sekcí v BD	Teplené ztráty stávající [kW]
Krajní	2	44,46
Prostřední	7	43,14
Celkem BD		390,90

2.3.2.2 Průběh reálných spotřeb tepla za rok 2012



Graf 4 - Reálný průběh spotřeby tepla v měsíčních intervalech.

V následujících tabulkách jsou uvedeny reálné spotřeby tepelné energie pro vytápění Tabulka 6, a přípravu TV Tabulka 7.

Tabulka 6 - Reálné měsíční spotřeby tepelné energie na vytápění za rok 2012.

Odběrné místo (adresy vchodů):	387/13, 388/11, 389/9, 390/7, 391/5	386/15, 385/17, 384/19, 383/21, 382/23, 381/25	381-391
období	Dodané teplo UT 2012 [kWh]	Dodané teplo UT 2012 [kWh]	Dodané teplo UT celkem 2012 [kW]
leden	66 456	78 800	145 256
únor	81 464	99 517	180 981
březen	38 911	42 422	81 333
duben	29 072	31 500	60 572
květen	4 453	5 081	9 533
červen	0	0	0
červenec	0	0	0
srpen	0	0	0
září	5 292	4 508	9 800
říjen	32 708	37 175	69 883
listopad	47 139	54 147	101 286
prosinec	72 350	88 442	160 792
Celkem			819 436

Tabulka 7 - Reálné měsíční spotřeby tepelné energie na přípravu TV za rok 2012.

Odběrné místo (adresy vchodů):	387/13, 388/11, 389/9, 390/7, 391/5	386/15, 385/17, 384/19, 383/21, 382/23, 381/25	381-391
období	Dodané teplo TV 2012 [kWh]	Dodané teplo TV 2012 [kWh]	Dodané teplo TV celkem 2012 [kWh]
leden	23 694	33 361	57 056
únor	24 700	33 922	58 622
březen	24 014	33 764	57 778
duben	22 142	29 139	51 281
květen	22 233	27 311	49 544
červen	20 567	25 064	45 631
červenec	14 667	17 836	32 503
srpen	18 344	22 100	40 444
září	20 442	24 239	44 681
říjen	21 847	27 258	49 106
listopad	22 383	28 397	50 781
prosinec	26 236	31 797	58 033
Celkem			595 458

2.3.3 Spotřeba ZP

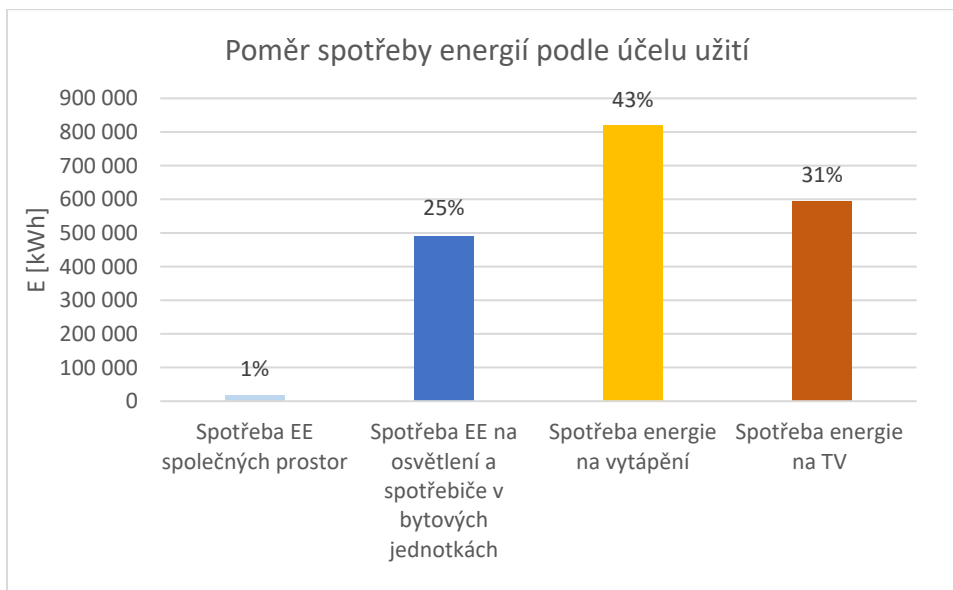
K objektu je přivedena přípojka zemního plynu. K odběru ZP dochází ale pouze v plynových sporácích, proto nebude spotřeba ZP zahrnuta v celkovém porovnání.

2.3.4 Porovnání spotřeb typů energií

V následujícím porovnání (Tabulka 8, Graf 5) je vidět rozdíl ve využívání energií podle účelu. Žádná z položek významně nepřevyšuje ostatní. Nejvyšší spotřebou je tepelná energie na vytápění, následuje příprava TV a elektřina v bytech a společných prostorách.

Tabulka 8 - Porovnání ročních spotřeb energie podle typu užití.

Porovnání spotřeb energií podle užití	Roční spotřeba energie [kWh/rok]
Spotřeba EE společných prostor	18 820
Spotřeba EE na osvětlení a spotřebiče v bytových jednotkách	491 409
Spotřeba energie na vytápění	819 436
Spotřeba energie na TV	595 458

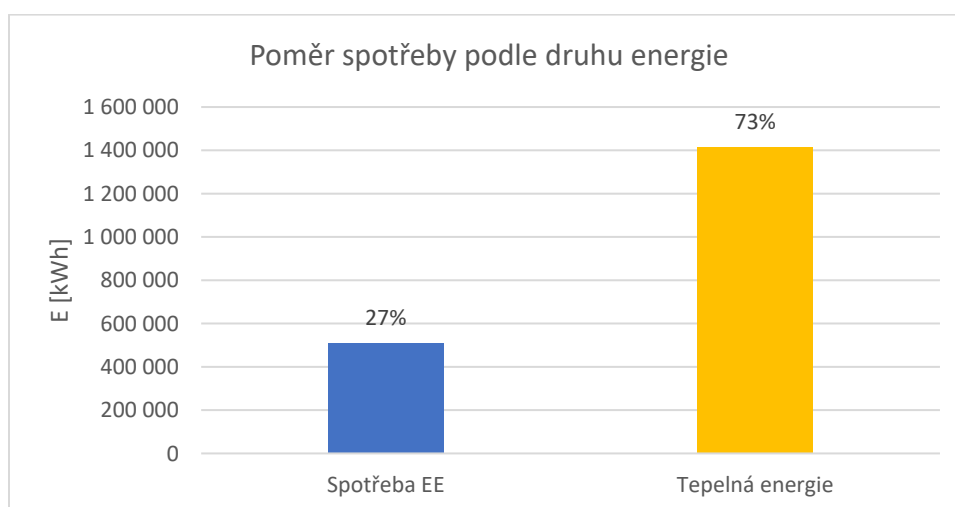


Graf 5 - Porovnání ročních spotřeb energie BD podle účelu využití.

Posledním porovnáním je rozdělení spotřeb podle typu energie. V tomto už výrazně převyšuje tepelná energie oproti elektrické. Z celé této analýzy spotřeb se bude nadále vycházet v dalších kapitole návrhových opatření a možností využití OZE.

Tabulka 9 - porovnání spotřeb podle druhu energie.

Porovnání spotřeb podle druhu energie	Roční spotřeba energie [kWh/rok]
EE	510 229
Tepelná energie	1 414 894
Celková spotřeba	1 925 123



Graf 6 - Poměr spotřeby BD podle druhu použité energie.

3 MOŽNOSTI SNÍŽENÍ SPOTŘEB ENERGIE

V této kapitole budou rozebrány jednotlivé možnosti úspor energií pro provoz budovy, které jsou nedílnou součástí pro návrh OZE. Úsporná opatření této kategorie by se měla provádět vždy před návrhem OZE a pro návrh jsem použila výpočtový nástroj NKN III (8).

3.1 Zlepšení tepelně technických vlastností obálky budovy

Zateplení obálky budovy je jedním z hlavních způsobů snížení potřeby tepla na vytápění. Z výše uvedeného rozboru současného stavu objektu v kapitolách 2.2.3 a 2.2.4 vyplývá, že je zde potenciál pro energetické úspory a vzhledem ke stáří dříve provedených opatření bude nové zateplení v brzké době aktuálním tématem. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla zahrnout tyto úspory do případných možností pro snížení spotřeb energie. Součástí rozboru je i posouzení stavu otvorových výplní, které aktuálně plní svou funkci, avšak potenciál pro úsporu je i zde. Pro porovnání přidávám i možnost výměny otvorových výplní, která se momentálně nejeví příliš ekonomická.

Všechny upravované konstrukce jsou navrženy tak, aby vyhovovaly doporučeným hodnotám U_{rec20} [$W/m^2 \cdot K$].

Tabulka 10 - Návrhové hodnoty U [$W/m^2 \cdot K$]

Porovnání návrhových hodnot s doporučenými hodnotami U [$W/m^2 \cdot K$]				
Označení konstrukce	Popis	Návrhové skladby konstrukcí	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní domy
		$U_{návrh}$ [$W/m^2 \cdot K$]	U_{rec20} [$W/m^2 \cdot K$]	$U_{pas,20}$ [$W/m^2 \cdot K$]
OS1	Obvodová stěna 1 průčelí	0,187	0,250	0,180-0,120
OS2	Obvodová stěna 2 štítová	0,190	0,250	0,180-0,120
OS3	Obvodová stěna 3 meziokenní vložka	0,198	0,250	0,180-0,120
ST1	Střecha plochá	0,117	0,160	0,150-0,110
ST2	Strop ke strojvnám	0,300	0,400	0,300-0,200
P1	Podlaha s nevytápěným suterénem	0,265	0,400	0,300-0,200
O1	Okna	0,800	1,200	0,800-0,600
D1	Vstup	0,900	1,200	0,900

Tabulka 11 - Návrhová hodnota U_{em} [$W/m^2 \cdot K$], porovnání s návrhovou a referenční hodnotou.

Porovnání U_{em} [$W/m^2 \cdot K$]	
Stávající hodnota $U_{em, stávající}$ [$W/m^2 \cdot K$]	0,78
Návrhová hodnota $U_{em, návrh}$ [$W/m^2 \cdot K$]	0,49
Referenční hodnota $U_{em, ref}$ [$W/m^2 \cdot K$]	0,66

3.1.1 Provedení zateplení

Zateplení se týká všech konstrukcí, kromě štítové stěny, která byla zateplena nedávno a splňuje veškeré požadavky. V případě všech dalších konstrukcí dojde k sejmutí aktuální vrstvy zateplení a položení nové vrstvy až na konstrukci podlahy s nevytápěným suterénem, která není momentálně zateplena vůbec. V tomto případě by k zateplení došlo na strop ze strany suterénu.

Materiál a tloušťky zateplení

- OS1 Minerální vata tl. 160 mm, $\lambda_d = 0,036 W/m \cdot K$
- OS2 stávající skladba konstrukce
- OS3 Minerální vata tl. 160 mm, $\lambda_d = 0,036 W/m \cdot K$
- ST1 Tepelná izolace EPS 150S tl. 260 mm, $\lambda_d = 0,035 W/m \cdot K$
- ST2 stávající skladba konstrukce
- P1 Minerální vata tl. 120 mm, $\lambda_d = 0,036 W/m \cdot K$

Ve výpočtu návrhových U [$W/m^2 \cdot K$] byly použity přírážky na vlhkost a nasákavost, která zhoršuje izolační vlastnosti zateplovacích materiálů. V případě minerální vaty se jedná o 7% přírážku k λ_d [$W/m \cdot K$] a v případě EPS o 3% přírážku.

3.2 Návrh nuceného větrání se ZZT

Systém nuceného větrání v bytech má za úkol především hygienickou výměnu vzduchu a zajistit tak kvalitní vnitřní prostředí. Kvalita vnitřního prostředí budov se odvíjí od několika parametrů, jimiž jsou vlhkost vzduchu, kvalita vzduchu a množství CO_2 v něm obsažené. Tyto parametry výrazně ovlivňují nejen komfort osob, ale mají vliv i na jejich zdraví. Při současných snahách o energetické úspory a vysokých požadavcích tepelně technické vlastnosti obálky budovy se snižují tepelné ztráty především prostupem, tedy obvodovými konstrukcemi a tepelné ztráty větráním tak mají mnohem významnější podíl v celkových tepelných ztrátách objektu. Z toho důvodu se navrhují systémy nuceného větrání se zpětným získáváním tepla, které předejde čerstvý přívodní vzduch pomocí teplejšího odvodního odpadního vzduchu přes tepelný výměník zabudovaný ve VZT jednotce tak, aniž by došlo ke znehodnocení čerstvého přívodního vzduchu odpadním vzduchem. Tímto způsobem může být zamezeno vzniku tepelných ztrát větráním až o 93 %, při současném zajištění kvality vnitřního mikroklimatu (9).

Aktuální výměna vzduchu probíhá přirozeně, tedy manuálním otevíráním oken a infiltrací, která je v dnešních požadavcích na výstavbu nežádoucí a je snaha ji eliminovat. Instalace nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu je v současné době pro novostavby téměř samozřejmostí. Při rekonstrukcích tomu tak zatím nebývá, většinou z důvodů náročnosti provedení způsobeným zásahem přímo v prostorách bytů. Je tedy na zvážení, zda výhody provedení tohoto systému nepřevyšují negativa v podobě stavebních úprav a v rámci toho i nepřítomnost obyvatel.

3.2.1 Varianty provedení VZT

V rámci řešeného BD jsou dvě možnosti návrhu, centrální a lokální řešení.

3.2.1.1 Centrální řešení

První je umístění centrálních vzduchotechnických jednotek v suterénu budovy, pro každý vchod jednu a instalace přívodního a odvodního potrubí do instalační šachty, ze které by probíhalo napojení v bytových jednotkách. Instalační šachty jsou provedeny s protipožárním opatřením – uzavřením okolo procházejících potrubí v každém podlaží a také zde není dostatek prostoru pro vytvoření nového VZT potrubí. Pro rozvody VZT by se po předělání dalo využít odvodní potrubí odpadního vzduchu z koupelen a z kuchyňských digestoří. Přívod čerstvého vzduchu by byl proveden na fasádách objektu v 1.NP, nebo z 1.PP vytvořením anglického dvorku. Odpadní vzduch by byl po předání tepla ve VZT jednotce odveden na opačnou stranu fasády objektu.

Celkový objem větracího vzduchu je pro potřeby dalšího výpočtu stanoven jako 25 m³/h větracího vzduchu na osobu. Celkový objem větracího vzduchu je 14 850 m³/h, rozděleno do 11 VZT jednotek, pro každý vchod jedna. Navrhují použít střední větrací s deskovým protiproudým výměníkem s účinností ZZT minimálně 80 % (10).

3.2.1.2 Lokální řešení

Druhou možností je umístění lokálních VZT jednotek v každém bytě s provedením přívodu a odvodu větracího vzduchu v rámci bytových jednotek na fasádě. Vzhledem k počtu bytů a ceně za VZT jednotku není tato varianta příliš ekonomická v případě vstupní investice, ani při provozu, neboť náklady na provoz všech těchto menších jednotek by byly vyšší než v případě centrálních systémů. Umístění VZT jednotek by pak bylo vždy na majiteli bytu, nepodmíněno společným rozhodnutím všech obyvatel.

3.2.2 Výběr varianty VZT

V obou případech by muselo dojít k menším úpravám bytového prostoru pro umístění ať už VZT jednotek, nebo přívodního a odvodního potrubí, což by mělo za následek snížení světlé výšky prostoru umístěním podhledu. Světlá výška je momentálně na hranici požadovaných hodnot, a to 2,5m. Ke snížení by tak mohlo dojít pouze v prostoru chodby, koupelny a WC. Pobytové místnosti by tak byly provětrávány například přívodem nade dveřmi.

Z obou variant budu v rámci vyhodnocení opatření pro snížení spotřeb energie hodnotit pouze centrální řešení nuceného větrání se ZZT, které se v tomto případě BD jeví jako smysluplnější.

3.3 Zlepšení parametrů OS a přípravy TV

Tato opatření patří převážně mezi nízkonákladová opatření, ale poměr ceny a výkonu zde může být daleko znatelnější než u výše zmíněných finančně náročnějších opatření. Stávající stav otopné soustavy a zařízení přípravy teplé vody je popsán v kapitole 2.2.6 a 2.2.7.

3.3.1 Otopná soustava

Rozvody a otopná tělesa jsou původní, provedena z litiny. Podle místního šetření nevykazují známky poškození nebo nefunkčnosti a rekonstrukce této části OS není v tuto chvíli na místě. Naopak bylo zjištěno, že dochází k přetápění místností. K tomu může docházet z důvodu stárí regulace na patách stoupaček, nebo špatně fungujících také již starších termoregulačních hlavíc na otopných tělesech. Pro skutečné zjištění příčiny by musela být provedena kontrola.

Dodávku tepla zajišťuje předávací stanice CZT na patě objektu. Ta je také původní, ale na rozdíl od zbytku OS je ve velmi špatném stavu. V tomto případě je však majetkem teplařenské společnosti a ze strany SVJ nemůže dojít k její renovaci.

Z hlavní výměňkové stanice putuje teplo do výměňkové stanice pro vytápění, která je taktéž původní, nicméně v lepším stavu s částečnou izolací, její účinnost je stanovena na 95 %. Po renovaci výměňkové stanice je možné účinnost zvýšit až na 99 %.

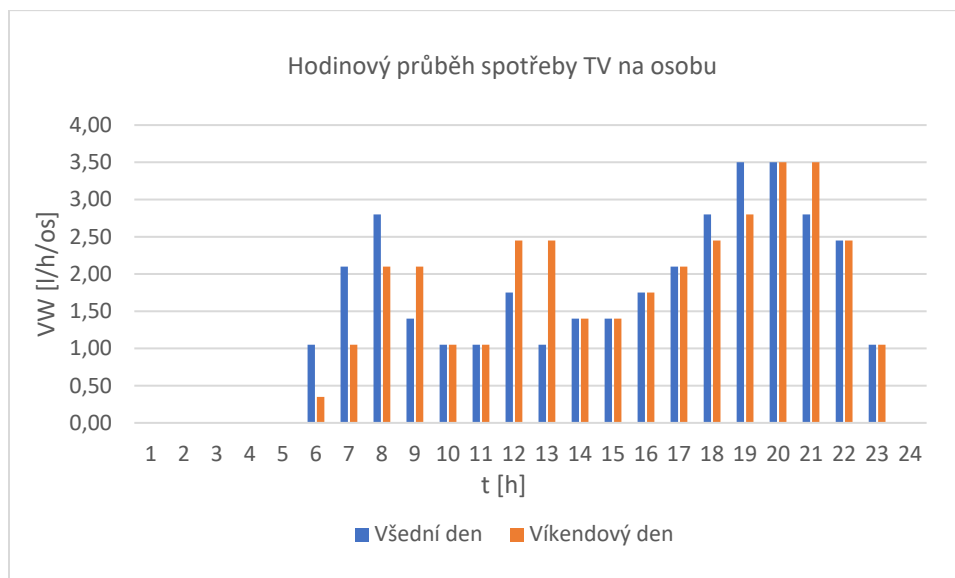
3.3.2 Příprava TV

Rozvody TV jsou zatepleny, ne však kompletně. Jsou zde holá místa v místě spojů a jejich okolí. Tepelná izolace potrubí má momentálně tloušťku 13 mm, tu je možné zvětšit na 20 mm. Rozdíly v takové změně jsou z původních ztrát potrubí 154,8 Wh/(m*den) pro 13 mm zateplení, na 142,4 Wh/(m*den) pro 20 mm zateplení. Tyto hodnoty platí pro ztráty se stálou cirkulací. Výměňkové stanice pro přípravu TV jsou nové a jejich účinnost je 99 % (10).

Hlavní možnost úspory je zde řízení cirkulace TV podle času. Po dohodě s majiteli bytových jednotek se dá cirkulace vypínat i na několik hodin, a to v noci. Časový úsek pro vypnutí může být stanoven podle typických odběrů TV, já zde použiji data z typických profilů užívání dostupné ze zdroje (2). V Tabulka 12 jsou uvedeny odběry teplé vody v hodinových intervalech v l/osobu v bytovém domě. Z těchto dat vyplývá, že od 23:00 do 5:00 nedochází ke spotřebě TV ve všedních ani víkendových dnech. Tento čas je v reálu samozřejmě velmi individuální a proměnlivý, ovšem dá se po souhlasu všech vlastníků jednotek stanovit jako pevný. V takovém případě by tedy byla cirkulace TV vypnuta na dobu 6 h, což v případě potřeby TV v tomto časovém úseku znamenalo delší čekání při spuštění TV a zbytečné vytékání studené vody. Jednalo by se však o minimum případů.

Tabulka 12 - Hodnoty hodinové spotřeby TV během typických dnů v BD na jednu osobu. Zdroj: (2).

hodina	Hodinová spotřeba teplé vody všední den	Hodinová spotřeba teplé vody víkend
	V_W , všední den	V_W , víkend
	l/h/os	l/h/os
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
4	0,00	0,00
5	0,00	0,00
6	1,05	0,35
7	2,10	1,05
8	2,80	2,10
9	1,40	2,10
10	1,05	1,05
11	1,05	1,05
12	1,75	2,45
13	1,05	2,45
14	1,40	1,40
15	1,40	1,40
16	1,75	1,75
17	2,10	2,10
18	2,80	2,45
19	3,50	2,80
20	3,50	3,50
21	2,80	3,50
22	2,45	2,45
23	1,05	1,05
24	0,00	0,00



Graf 7 - Hodinový průběh spotřeby TV v BD.

3.4 Porovnání samostatných návrhových opatření

V této podkapitole rozeberu možné úspory celkové spotřeby energie v BD, které by vznikly provedením konkrétních opatření.

Tabulka 13 - Popis navržených opatření pro snížení celkové spotřeby energie.

č.	Označení	Popis opatření
1.	ZAT	Zateplení všech konstrukcí dle podkapitoly 3.1.
2.	OV	Výměna otvorových výplní za izolační trojskla s hodnotou U dle podkapitoly 3.1.
3.	VZT	Centrální systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla s účinností 85 %.
4.	CIR	Časové řízení cirkulace, vypínání mezi 23:00 - 5:00 a zlepšení parametrů zateplení rozvodů TV.
5.	VYT	Renovace výměňkové stanice pro vytápění, zlepšení účinnosti na 99 %.

V následujících tabulkách jsou uvedeny úspory po provedení jednotlivých opatření, či jejich kombinací. Úspory jsou sledovány na ukazateli celkové dodané energie, která zahrnuje tepelnou energii na vytápění a přípravu TV a veškerou EE spotřebovanou na osvětlení, spotřebu v bytech a pomocné energie na provoz VZT a čerpadla pro rozvody vytápění a TV. Vyhodnocení všech opatření bylo provedeno ve výpočtovém nástroji NKN III (8) s doplněním potřebných hodnot podle normy ČSN 73 0331 (10)

Tabulka 14 - Rozbor energetických vstupů opatření a porovnání podle celkové dodané energie.

Rozbor energetických vstupů opatření						
Energie pro:	Potřeba dílčí dodané energie [kWh/rok]					
	-	1.	2.	3.	4.	5.
	Stávající stav	ZAT	OV	VZT	CIR	VYT
Vytápění	819 436	449 605	715 775	603 771	819 436	785 034
Příprava TV	595 458	595 458	595 458	595 458	582 976	595 458
VZT	0	0	0	30 660	0	0
Společné prostory	18 820	18 820	18 820	18 820	18 820	18 820
Spotřeba EE v bytech	491 409	491 409	491 409	491 409	491 409	491 409
Porovnání opatření						
Celková dodaná energie [kWh/rok]	1 925 123	1 555 292	1 821 462	1 740 118	1 912 641	1 890 721
Uspořená energie [kWh/rok]	-	369 831	103 661	185 005	12 482	34 402
Uspořená energie [%]	-	19,2	5,4	9,6	0,6	1,8

Tabulka 15 - Rozbor energetických vstupů kombinací opatření a jejich porovnání podle celkové dodané energie.

Rozbor energetických vstupů kombinací opatření						
Energie pro:	Potřeba dílčí dodané energie [kWh/rok]					
	-	A	B	C	D	E
	Stávající stav	ZAT, OV (1,2)	ZAT, OV, VZT (1,2,3)	ZAT, OV, VZT, CIR (1,2,3,4)	ZAT, OV, VZT, CIR, VYT (1,2,3,4,5)	ZAT, VZT, VYT (1,3,5)
Vytápění	819 436	335 285	153 019	153 019	146 881	252 941
Příprava TV	595 458	595 458	595 458	582 976	582 976	595 458
VZT	0	0	30 660	30 660	30 660	30 660
Společné prostory	18 820	18 820	18 820	18 820	18 820	18 820
Spotřeba EE v bytech	491 409	491 409	491 409	491 409	491 409	491 409
Porovnání kombinací opatření						
Celková dodaná energie [kWh/rok]	1 925 123	1 440 972	1 289 366	1 276 884	1 270 746	1 389 288
Uspořená energie [kWh/rok]	-	484 151	635 757	648 239	654 377	535 835
Uspořená energie [%]	-	25,1	33,0	33,7	34,0	27,8

V samostatných opatřeních vychází nejlépe opatření 1. tedy zateplení. Následuje 3. instalace nuceného větrání se zpětným získáváním tepla a poté 2. výměna otvorových výplní. Všechna tato opatření patří mezi ekonomicky nákladnější. Opatření nízkonákladového charakteru 4. úprava cirkulace TV a 5. zlepšení účinnosti výměňkové stanice pro VYT dosahují nejnižších úspor.

V kombinaci se jako nejefektivnější, co se úspory spotřeb týká, jeví provedení všech zmiňovaných opatření, nicméně z důvodů popsaných níže se rozhodují pouze pro některá opatření.

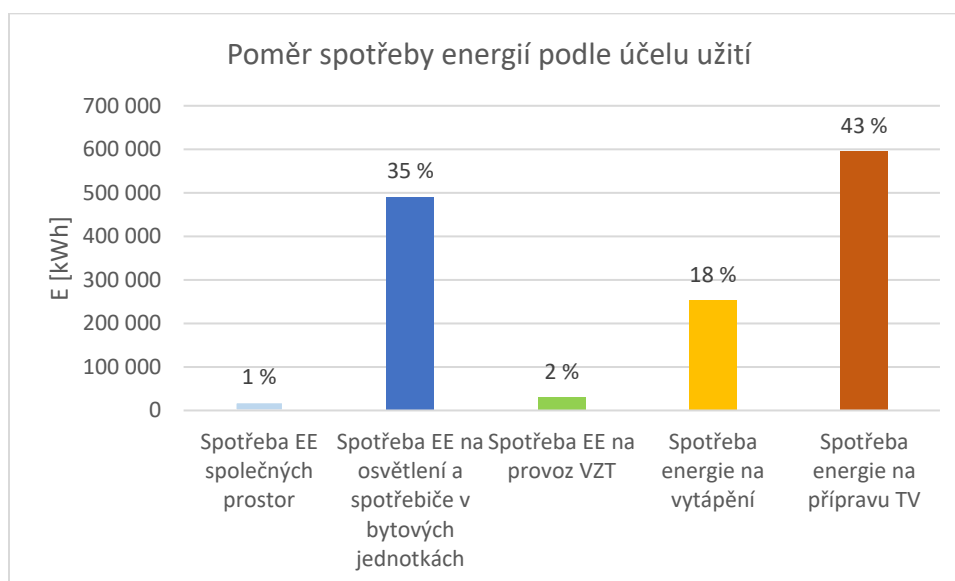
č.	Označení	provedení	Odůvodnění rozhodnutí
1.	ZAT	ANO	Nutnost nového zateplení v brzké době z důvodu stáří zateplení aktuálního stavu a výrazné zmenšení tepelných ztrát objektu po rekonstrukci.
2.	OV	NE	Výměna otvorových výplní proběhla poměrně nedávno, tudíž jsou funkční a jejich výměna by neměla na zlepšení tepelných ztrát objektu zásadní vliv.
3.	VZT	ANO	Instalace systému nuceného větrání s rekuperací dává smysl nejen pro výrazné snížení potřeby energie na vytápění ale i pro zajištění vhodných hygienických podmínek vnitřního mikroklimatu.
4.	CIR	NE	Samotné časové omezení cirkulace TV je beznákladové opatření a provedení lepší tepelné izolace nemá na tuto úsporu velký vliv. Přesto se však celková úspora tohoto opatření jeví jako téměř zanedbatelná oproti snížení komfortu obyvatel, který by tímto opatřením nastal.
5.	VYT	ANO	Renovace výměňkové stanice dosahuje jistých úspor, které v celkovém součtu sice netvoří významný podíl, ale z důvodu stáří VS pro vytápění doporučuji provedení tohoto opatření.

3.5 Výchozí stav pro návrh OZE

Výchozím stavem pro návrh obnovitelných zdrojů energie je provedení následujících opatření. Zateplení objektu, instalace systému nuceného větrání s ZZT a renovace výměňkové stanice pro vytápění. Tento stav je podrobněji rozebrán v následujících tabulkách a grafech.

Tabulka 16 - Porovnání spotřeb energií po provedení zvolených opatření.

Porovnání spotřeb energií podle užití	Roční spotřeba energie [kWh/rok]
Spotřeba EE společných prostor	18 820
Spotřeba EE na osvětlení a spotřebiče v bytových jednotkách	491 409
Spotřeba EE na provoz VZT	30 660
Spotřeba energie na vytápění	252 941
Spotřeba energie na přípravu TV	595 458

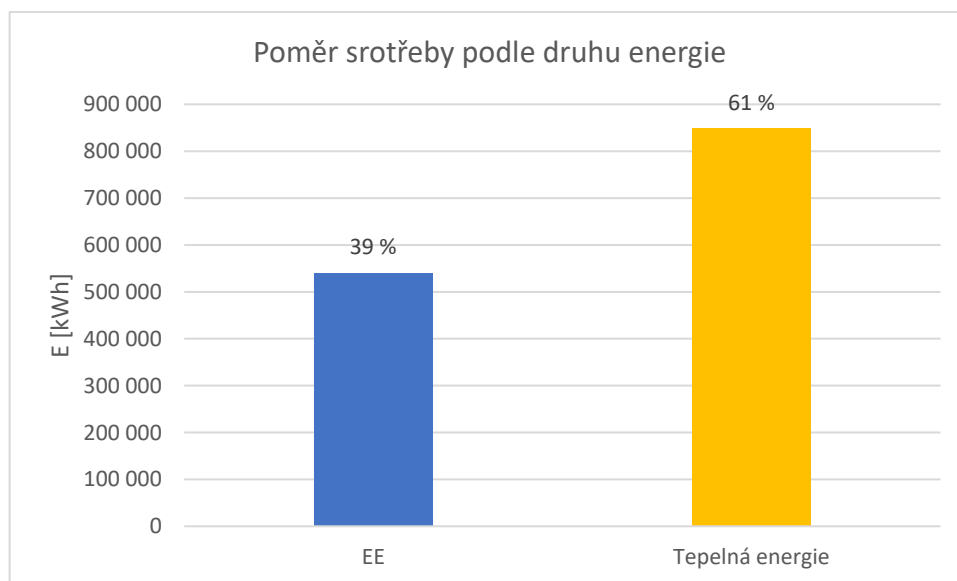


Graf 8 - Poměr spotřeby energií po provedení zvolených opatření.

Po provedení zvolených opatření se poměry spotřeby energií výrazně promění. Nejvýraznější je změna poměru ve využití tepelné energie, kde původní poměr byl v kontextu celkové spotřeby 43 % na vytápění a 31 % na přípravu TV. Přeskupení nového poměru 18 % na vytápění a 43 % na přípravu TV může být z hlediska návrhu OZE výhodnější, jelikož například OZE využívající solární energii potřebují odběr energie po celý rok, čímž příprava TV je a vytápění nikoliv. Dále je zde vidět nová spotřeba energie pro provoz VZT, která je opět celoroční záležitostí.

Tabulka 17 - Porovnání spotřeb podle druhu energie po provedení zvolených opatření.

Porovnání spotřeby podle druhu energie	Roční spotřeba energie [kWh/rok]
EE	540 889
Tepelná energie	848 399
Celková spotřeba	1 389 288



Graf 9 - Poměr potřeby podle druhu energie po provedení zvolených opatření.

V celkovém porovnání spotřeby energie podle účelu užití došlo k vyrovnání stavu poměrů o 12 %. Tedy z původních 27 % spotřeby EE a 73 % spotřeby tepelné energie na nových 39 % spotřeby EE a 61 % spotřeby tepelné energie.

4 NÁVRH OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

Energetika budov založená především na využívání neobnovitelných fosilních paliv je trvale neudržitelná z hlediska vyčerpání přírodních neobnovitelných zdrojů. Cílem k trvale udržitelné výstavbě je tak kromě snižování energetických potřeb i cílevědomé využívání obnovitelných zdrojů energie, které jsou ze své podstaty nevyčerpatelným zdrojem energie (11). Kromě vyčerpatelnosti neobnovitelných zdrojů je také dalším velkým tématem znečištění z jejich spalování a produkce CO₂ a dalších skleníkových plynů, přispívajících ke globálnímu oteplování a jejich náhrada za OZE je v tuto chvíli více než žádoucí o čemž svědčí nejen přísnější legislativa při návrhu novostaveb a provádění rekonstrukcí, ale i spousty dotačních programů na využívání energie z OZE.

V tabulce níže je uveden vývoj podílů obnovitelných zdrojů energie na hrubé konečné spotřebě mezi roky 2010–2021. Nejaktuálnější data jsou z roku 2021, publikována v lednu roku 2023 a jedná se o podíl využití OZE 17,7 %. Česká republika je na základě směrnice 2018/2001/ES povinna plnit například závazný cíl podílu OZE na hrubé konečné spotřebě EU pro rok 2030, který je 32,0 % (12).

Tabulka 18 - Vývoj podílu hrubé konečné spotřeby obnovitelně energie. Zdroj: (12).

Vývoj podílů hrubé konečné spotřeby obnovitelné energie podle metodiky EUROSTAT – SHARES (%)

	Na spotřebě elektřiny – RES-E	Na spotřebě v dopravě – RES-T	Na vytápění a chlazení – RES-H&C	Celkem na konečné spotřebě energie SHARES – RES
2010	7,52%	5,22%	14,10%	10,51%
2011	10,61%	1,29%*	15,39%	10,95%
2012	11,67%	6,25%	16,25%	12,81%
2013	12,78%	6,44%	17,71%	13,93%
2014	13,89%	7,00%	19,53%	15,07%
2015	14,07%	6,54%	19,79%	15,07%
2016	13,61%	6,50%	19,88%	14,93%
2017	13,65%	6,62%	19,73%	14,80%
2018	13,71%	6,56%	20,64%	15,14%
2019	14,05%	7,84%	22,63%	16,24%
2020	14,81%	9,38%	23,53%	17,30%
2021	14,54%	7,49%	24,19%	17,67%

*odlišné započítání kritéria udržitelnosti

Ve stávajícím stavu budovy nejsou použity žádné OZE. A tato kapitola bude sloužit jako analýza možnosti jejich využití v rámci této konkrétní budovy.

Jednotlivé podkapitoly se budou týkat návrhu OZE s využitím dostupných zdrojů v místě budovy, jedná se o:

- sluneční energie
- energie okolního prostředí

4.1 Využití sluneční energie

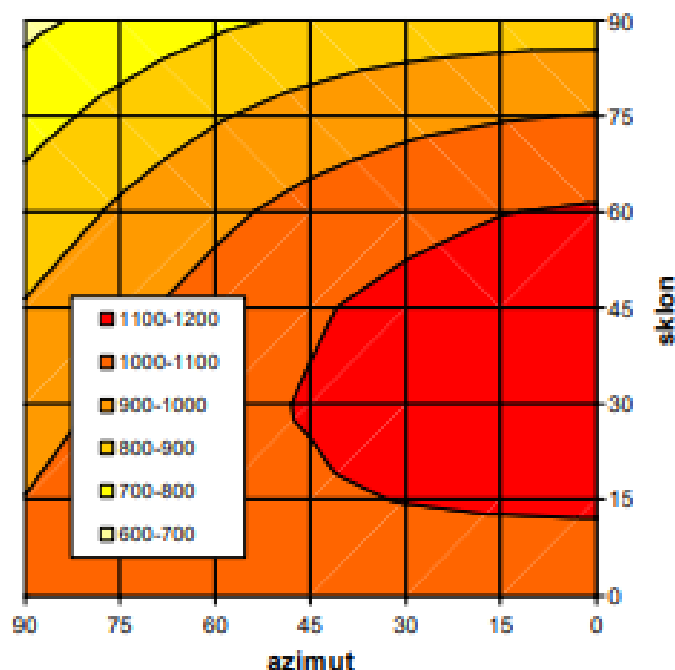
Sluneční energie dopadající na povrch Země je nejbohatším zdrojem obnovitelné energie, který můžeme využívat a z velké míry již využíváme, bez jakýchkoliv zařízení na přeměnu energie, v podobě solárních zisků budov hlavní měrou skrze průsvitné konstrukce.

Dávky této energie jsou ale poměrně nepravidelné a jsou ovlivněny několika faktory. Celková dávka denního ozáření se mění v průběhu roku. V zimním období jsou hodnoty výrazně nižší než v letním období. Maxima denní dávky ozáření jsou uvedena v následující tabulce.

Tabulka 19 - Maximální dávky dopadlé sluneční energie v ročních obdobích. Zdroj: (13).

max. dávka ozáření v létě	8 kWh/(m ² .den)
max. dávka ozáření v zimě	3 kWh/(m ² .den)
max. dávka ozáření v přechodovém období	5 kWh/(m ² .den)

Dále závisí na orientaci plochy na světovou stranu a její sklon. Celková roční dopadlá sluneční energie na optimálně orientovanou plochu se pohybuje v rozmezí od 1 000 do 1 200 kWh/(m²*rok). Všechny tyto hodnoty se týkají České republiky, což je dalším faktorem množství dopadlé energie, kdy například v oblasti rovníku by hodnoty byly znatelně vyšší (13).



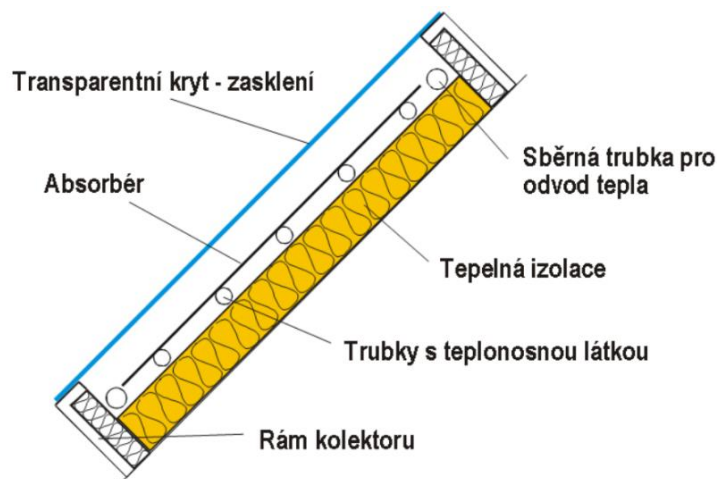
Obrázek 13 - Vliv sklonu a orientace plochy na denní dávku slunečního záření. Zdroj: (13).

Sluneční energie se jako OZE v budovách dá využít dvěma způsoby. Prvním způsobem je výroba tepelné energie v solárních termických kolektorech a druhým způsobem je výroba elektrické energie z fotovoltaických panelů.

4.1.1 Solární termické kolektory

4.1.1.1 Popis funkce solárního termického kolektoru

V solárních termických kolektorech dochází k fototermální přeměně. Jedná se o přeměnu energie slunečního záření na tepelnou energii, což je jedním z nejjednodušších způsobů, jak toto záření využít. K fototermální přeměně dochází při absorpci slunečního záření na povrchu tuhých látek a kapalin, kdy se energie fotonů mění na teplo. K této přeměně účelně dochází v solárním termickém kolektoru na jeho absorpční ploše – absorběru. Získané teplo je z absorběru odvedeno pomocí teplotnosné látky, nejčastěji se jedná o kapalinu, vodu či nemrznoucí směs, proudícími v trubkovém registru. Odtud je odváděno dál skrze navržený solární okruh nejčastěji do výměníku tepla, kde je teplo z teplotnosné látky předáno a tím teplotnosná látka ochlazená a následně se vrací zpět do kolektoru. Při předávání tepla teplotnosné látce, zvyšováním její teploty, dochází k optickým a tepelným ztrátám. Pro snížení těchto ztrát jsou v kolektoru umístěny dvě vrstvy. První je zasklení na přední straně kolektoru, které musí propouštět sluneční záření a zároveň omezit tepelné ztráty sáláním. Také tvoří vzduchovou vrstvu s funkcí tepelného odporu mezi absorběrem a okolním prostředím. Na spodní straně kolektoru a na jeho bocích je umístěna tepelně izolační vrstva (13).



Obrázek 14 - Základní součásti solárního termického kolektoru (plochého kolektoru). Zdroj: (13).

Poměr mezi množstvím dopadající sluneční energie na plochu kolektoru a množstvím využitelné tepelné energie vyjadřuje energetickou účinnost kolektoru a je závislý především na kvalitě a druhu použitého materiálu pro kolektor. Při návrhu kolektorů jsou podstatnými parametry výkonová charakteristika, která vyjadřuje pracovní podmínky kolektorů, energetická účinnost, cena a životnost při provozu celého solárního systému (11).

4.1.1.2 Druhy solárních termických kolektorů

Druhy kolektorů se rozlišují podle typu teplotnosné látky, typu zasklení, tvaru absorběru, maximální teploty teplotnosné látky a podle tlaku výplně uvnitř kolektoru. V budovách jsou nejčastěji využívány kapalinové kolektory s teplotnosnou látkou jako je voda či

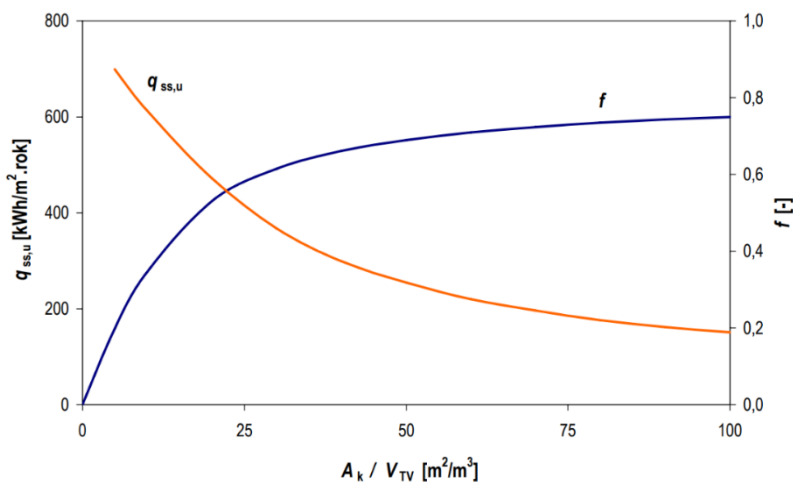
nemrznoucí směs a zároveň takové, které jsou využitelné po celý rok. Těmi jsou plochý kolektor se selektivním zasklením a trubkový vakuový kolektor jednostěnný nebo dvojtěnný. V Tabulka 20 jsou porovnány hodnoty účinností a ztrát těchto typů kolektorů. Oba typy kolektorů se od sebe výrazněji neliší. Nižší účinnost v případě trubkových kolektorů by mohla vyrovnat jejich menší tepelná ztráta.

Tabulka 20 - Účinnosti a ztráty nejběžnějších typů solárních kolektorů. Zdroj: (13).

Typ kolektoru	η_p	a_1	a_2
	-	W/m ² K	W/(m ² K ²)
Plochý selektivní	0,78	4,2	0,015
Trubkový vakuový jednostěnný	0,75	1,5	0,008
Trubkový vakuový dvojtěnný (Sydney)	0,65	1,5	0,005

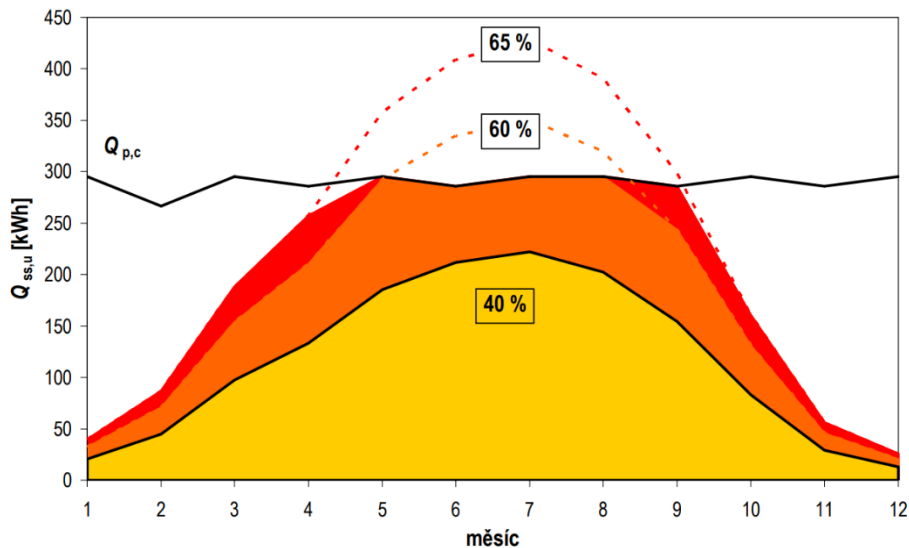
4.1.1.3 Solární pokrytí

Po výběru konkrétních typů kolektorů je pro návrh celé solární termické soustavy důležitým faktorem solární pokrytí neboli solární podíl f [-]. Jedná se o poměr mezi celkovými využitými zisky solární soustavy $Q_{ss,u}$ [kWh] a celkovou potřebou tepla (vytápění, příprava TV nebo obě tyto potřeby, včetně ztrát) $Q_{p,c}$ [kWh]. Při porovnání míry využití solárního podílu s využitím ročních měrných zisků $q_{ss,u}$ [kWh/m²], které vyjadřují závislost mezi souhrnnou plochou kolektorů A_k [m²] a denní potřebou teplé vody V [m³] v grafu níže, je vidět že solární podíl roste s instalovanou plochou kolektorů z počátku velmi strmě a od určité hodnoty jen pozvolna. S rostoucím solárním podílem zároveň klesají měrné zisky z kolektorů. Důvodem je zvýšení průměrné provozní teploty v solární soustavě při nárůstu pokrytí, poklesem účinnosti kolektoru a nižší využitelnosti solárních zisků v letním období (13).



Graf 10 - Souvislost mezi instalovanou plochou solárních kolektorů, solárním podílem a měrnými využitými zisky solární soustavy pro přípravu teplé vody (orientační příklad). Zdroj: (13).

Na obrázek 15 je zobrazen teoretický průběh využitelnosti tepelných zisků ze solárního systému v průběhu roku. Přesto že jsou zisky v zimním období výrazně menší, nedojde k jejich výraznému zvýšení při návrhu větší plochy solárních kolektorů, naopak zde vznikne problém přehřívání a nedostatečného odběru v letních měsících, neboť skutečné využití zisků solární soustavy je omezeno křivkou celkové potřeby tepla $Q_{p,c}$ [kWh]. Z těchto důvodů je tedy výhodnější navrhovat solární soustavu ne na maximální pokrytí, spíše pod hodnotu 60 % v závislosti na konkrétním návrhu.



Obrázek 15 - Teoretický průběh využitelných tepelných zisků a skutečně využitých zisků solární soustavy při různém solárním pokrytí (orientační příklad). Zdroj: (13).

4.1.1.4 Využití energie ze solárních termických kolektorů

Energie získaná ze solárních termických soustav se dá využít pouze jednostranně, neboť se jedná přímo o tepelnou energii. Získané teplo je možné využít pro teplou vodu na vytápění nebo pro teplou užitkovou vodu, ale vzhledem k solárním ziskům v průběhu roku a jejich maximu v letním období je smysluplnější uvažovat návrh soustavy pro budovy pro celoroční provoz, tedy i pro celoroční odbyt. Tímto odbytem je právě příprava teplé užitkové vody, i přesto že v letních měsících její odběr lehce klesá. Pro ohřátí vody je zapotřebí návrhu výměníku tepla pro přenos tepla z teplonosné látky. Tento výměník je možný zároveň navrhnout jako akumulární nádobu pro krátkodobou akumulaci tepelné energie, v řádech hodin. V tomto případě by se jednalo spíše o předehřívání TV než o ohřívání na požadovanou teplotu. Následné dohřátí na požadovanou teplotu by bylo provedeno stávajícím zdrojem tepla nebo jiným k tomu navrženým.

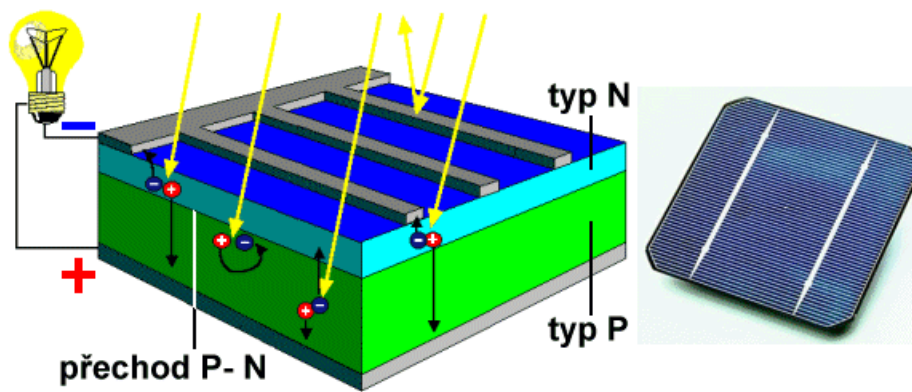
4.1.2 Fotovoltaické panely

Skrze FV panely dochází k výrobě elektrické energie pro široké využití. FV panely nemusí být nutně soustředěny na jedno místo v podobě solární elektrárny, ale jsou hojně využívány i v menším množství pro potřebu energie na budovách. Jejich umístění na budovách je široké, od instalace na plochou střechu, šikmou střechu nebo integraci přímo do střešního pláště šikmých střech všechny se sklonem panelů do 45 % stupňů, až po instalaci na svislé fasády budov nebo například na svislé konstrukce zábradlí balkonů.

Jednotlivé FV panely jsou složeny z fotovoltaických článků. V 99 % jsou panely vyráběny z krystalického křemíku.

4.1.2.1 Popis funkce fotovoltaického článku

Fotovoltaické články produkují energii ve formě elektrické energie, k čemuž dochází díky fotovoltaickému jevu. Článek tvoří velkoplošná polovodičová dioda sestávající se z tenké křemíkové destičky s vodivostí typu P, na které se při její výrobě vytvoří tenká vrstva polovodiče typu N a tyto vrstvy jsou od sebe odděleny částí, která je nazývána P-N přechodem. Při dopadu slunečního záření na panel dojde k předání energie elektronům v oblasti N. Nahromaděním těchto volných elektronů vznikne v oblasti P-N přechodu elektrické napětí a vytvořením elektrického obvodu připojením spotřebiče, začne obvodem protékat elektrický proud (14).



Obrázek 16 - Skladba FV článku a proces fotovoltaického jevu. Zdroj: (14).

Teoretická využitelnost z dopadlého slunečního záření s tedy i účinnost křemíkových FV článků je 30 %. Po započtení veškerých ztrát se však dojde k výsledné účinnosti pouze okolo 13 %.

4.1.2.2 Jmenovitý výkon panelu a skutečný výkon

Jmenovitý výkon FV panelu je výkon při standardních testovacích podmínkách. Jedná se o špičkový výkon P_{pk} s jednotkou označenou jako wattpeak [Wp]. Skutečný výkon FV panelu, který je možný odebrat závisí na úhlu dopadu paprsků na panel a úrovni slunečního záření.

4.1.2.3 Využití energie FV panelu

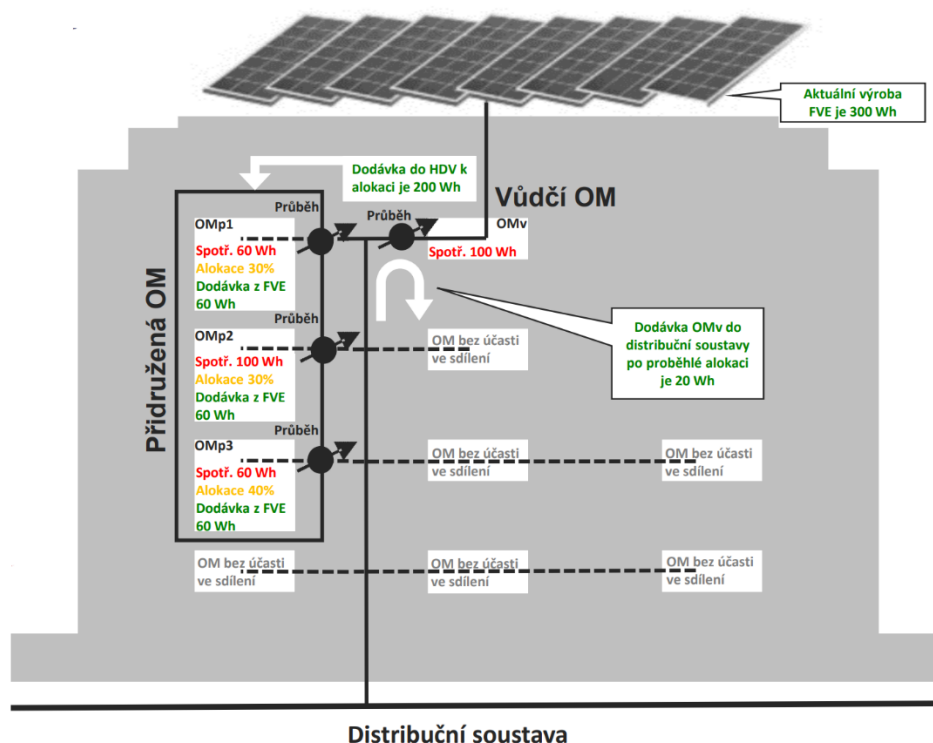
Vyrobená energie pomocí FV panelu je energií elektrickou. Její využití v budovách není na rozdíl od tepelné energie jednostranné. Lze ji využít pro spotřebu společných prostor bytového domu, nebo jako zdroj technických zařízení pro výrobu tepla a přípravu teplé vody.

4.1.2.4 Využití energie FV systému v rámci komunitní energetiky

Využití EE pro spotřebu v bytových jednotkách je v současnosti těžko proveditelné, a zvláště pak v budově takového rozsahu. V současnosti probíhá schvalování novely energetického zákona, který umožňuje vznik energetických společenství a společenství pro obnovitelné energie, který má zajistit právě možnost sdílení EE v rámci BD ze společné fotovoltaické soustavy umístěné na objektech pro bydlení.

Energetickým společenstvím a společenstvím pro obnovitelné energie jsou myšleny právnické osoby, kontrolovány jejich členy nebo podílníky, kterými jsou v případě BD fyzické osoby – majitelé bytových jednotek. Tato společenství mají být založena na dobrovolné a otevřené účasti s hlavním účelem poskytování enviromentálních, hospodářských nebo sociálních přínosů svým členům, která elektřinu či energii z obnovitelných zdrojů vyrábí, spotřebovává, sdílí nebo prodává, ale jejím hlavním účelem není vytvářet zisk. (15).

Otázky v technické a ekonomické oblasti využití komunitní energetiky je v současnosti řešeno několika projekty. Jedním z nich je TITSMZP 2 „Komplexní nastavení podmínek pro vznik a provozování energetických komunit v podmínkách ČR včetně pilotních projektů“ jejímž zadavatelem je Ministerstvo životního prostředí. Tento projekt byl zahájen v lednu roku 2022 a jeho cílem je poskytnutí metodických podkladů umožňující vznik těchto komunit, včetně jejich systému jejich podpory (16). Na základě výstupu z tohoto projektu „Sdílení elektrické energie v bytových domech“, postupují dále při návrhu fotovoltaické soustavy a její možné zisky navrhuji využít i pro spotřebu v bytových jednotkách, což činí zásadní spotřebu EE v celém bytovém domě.



Obrázek 17 – Model LEX OZE II., sdílení energie v energetickém společenství. Zdroj: (16)..

4.2 Využití energie prostředí

Zařízení, kterými se využívá energie okolního prostředí k získání tepelné energie se obecně nazývají tepelná čerpadla. Principem využití této energie je přečerpávání tepla z jedné látky o dané teplotní hladině do druhé látky o jiné teplotní hladině. Z hlediska dostupnosti zdrojů se dají rozdělit na dvě základní skupiny (11):

- 1) Obnovitelné zdroje energie prostředí, jimiž jsou:
 - venkovní vzduch
 - sluneční záření
 - půda
 - povrchové a spodní vody

- 2) Druhotné zdroje energie, které mohou mít svůj původ v neobnovitelných palivech. Takovými zdroji mohou být:
 - teplo z technologických procesů
 - teplo z odpadních vody nebo vzduchu

V mém konkrétním případě bytového domu budu navrhovat pouze tepelná čerpadla, která využívají pouze energii okolního vzduchu. Žádné další možnosti nejsou v této lokalitě dostupné či proveditelné.

4.2.1 Princip přečerpávání tepla

Vnější atmosférický vzduch představuje neomezený zdroj pro tepelné čerpadlo. K přečerpávání tepla dochází následujícím způsobem: odebrané teplo venkovnímu vzduchu – nízkopotenciální energie se předá vnitřnímu vzduchu. Tento děj však nemůže probíhat samovolně. Dochází k němu za dodávky vnější pohonné energie o vyšší kvalitě – vysokopotenciální energie. Vysokopotenciální energií se rozumí energie elektrická, mechanická nebo tepelná, která má vyšší teplotu, než teplota, na kterou je nízkopotenciální tepelná energie přečerpávána. Při tomto přečerpávání dochází k degradaci pohonné vysokopotenciální energie, která přejde spolu s přečerpávaným teplem z nízkopotenciální energie do vnitřního prostředí. Tímto dějem dochází k předání většímu množství tepelné energie, než bylo odebráno z venkovního prostředí a zároveň spotřebováno menší množství pohonné vysokopotenciální energie, než bylo dodáno vnitřnímu prostředí (13).

Takto zdroj tepla může fungovat téměř za všech okolností, ale ne vždy se stejným výkonem. Při nízkých teplotních podmínkách se snižuje výkon tepelného čerpadla a je potřeba dodávat více pohonné energie. Efektivita tepelného čerpadla se hodnotí podle topného faktoru označovaného jako COP neboli Coefficient of Performance, který se spočte následujícím podílem:

$$\text{COP} = \frac{Q}{E} [-]$$

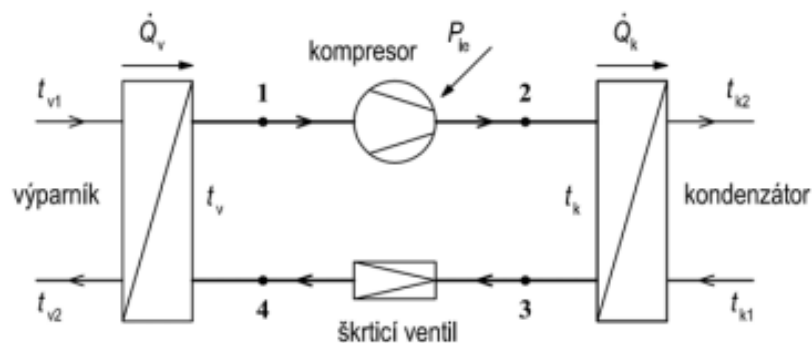
Q celkové teplo dodané do vnitřního prostředí [W]
 E pohonná energie [W]

Od určitých hodnot venkovní teploty se tak pro svůj nízký teplotní faktor nevyplatí tepelné čerpadlo využívat. Z tohoto důvodu nebývá TČ jediným instalovaným zdrojem tepla – monovalentním zdrojem, ale funguje bivalentně.

4.2.2 Tepelné čerpadlo vzduch-voda

TČ jako zařízení na přečerpávání tepla pracuje na principu tepelného oběhu, ve kterém prochází pracovní látka postupnými změnami skupenství až dojde k navrácení do výchozího stavu a celý proces se opakuje. Pro vytápění a přípravu TV v budovách se nejčastěji využívají TČ s parním oběhem a dodanou elektrickou energií jako vysokopotenciální.

Na Obrázek 18 je znázorněno schéma parního oběhu TČ. Dochází zde ke 4 změnám stavu pracovní látky v oběhu. Nejprve je pracovní látka – chladivo, odpařena ve výparníku za nízkého vypařovacího tlaku a tím odebírá teplo ochlazované látky. Vzniklé páry chladiva jsou odsávány kompresorem a stlačeny na vyšší tlak, který je potřebný ke kondenzaci. Kompresor je poháněn elektřinou, což je onen vstup vysokopotenciální pohonné energie. Stlačené páry chladiva se přesouvají dále do kondenzátoru, kde dojde k jejich ochlazení a zkapalnění, stále při vysokém tlaku a za kondenzační teploty. Z kondenzátoru je přečerpáno teplo odváděno teplotonosnou látkou, kam je třeba. Posledním dějem je průchod kapalného chladiva o vysokém tlaku škrticím ventilem, který tlak sníží a celý proces se se vstupem chladiva do výparníku opět opakuje.



Obrázek 18 - Zjednodušené schéma tepelného čerpadla. Zdroj: (13).

4.2.2.1 Bod bivalence

Jak je uvedeno v kapitole 4.2.1, výkon TČ závisí na teplotě nízkopotenciálního zdroje, tedy na teplotě venkovního vzduchu. Při snížení venkovní teploty pod určitý stupeň je efektivnost TČ natolik nízká, že se vyplatí přepnout nebo připnout bivalentní zdroj tepla. Tepelná ztráta budov se navrhuje na výpočtové venkovní teploty. Podle lokality to může být $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tato maxima však nastanou méně než při 1 % dní v otopném období. TČ se proto nenavrhují na 100% tepelné ztráty budovy, ale obvykle na 50-75 % v závislosti na hodnotě venkovní teploty t_b – teplota bivalence. Tato teplota se obvykle navrhuje okolo $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je ale potřeba zvážit u každé konkrétní budovy. Při překročení této teploty již TČ nemá potřebný výkon pro výrobu tepla a spíná se bivalentní zdroj. I přes to, že se může zdát, že je pokrytí tepelných ztrát nízké, ve skutečnosti při 70% pokrytí tepelných ztrát je pokryto zhruba 97 % potřeby tepla na vytápění (13).

4.2.2.2 Sezónní topný faktor

Účinnost TČ je určována podle topného faktoru COP, který je dán podílem dodaného tepla a spotřebované elektrické energie a slouží k posouzení kvality TČ. Tato účinnost vždy platí pouze pro jeden pracovní bod a liší se v závislosti na teplotě venkovního vzduchu. Pro posouzení spotřeby elektřiny pro provoz TČ v průběhu roku je využíván sezónní topný faktor SCOP, který uvádí průměrný topný faktor za celou otopnou sezónu (17).

4.2.3 Využití energie tepelného čerpadla

Energie vyrobená tepelným čerpadlem je energií tepelnou. Dá se využít stejně jako v případě solárních termických kolektorů pro vytápění nebo ohřev TV. Ve většině případů dochází k tomuto ohřevu v připojeném zásobníku a v některých případech, jako například u vysokoteplotních čerpadel navržených pouze pro ohřev TV, probíhá tento ohřev průtokově.

4.3 Konkrétní návrh OZE v řešeném BD

4.3.1 Návrh solárních termických kolektorů

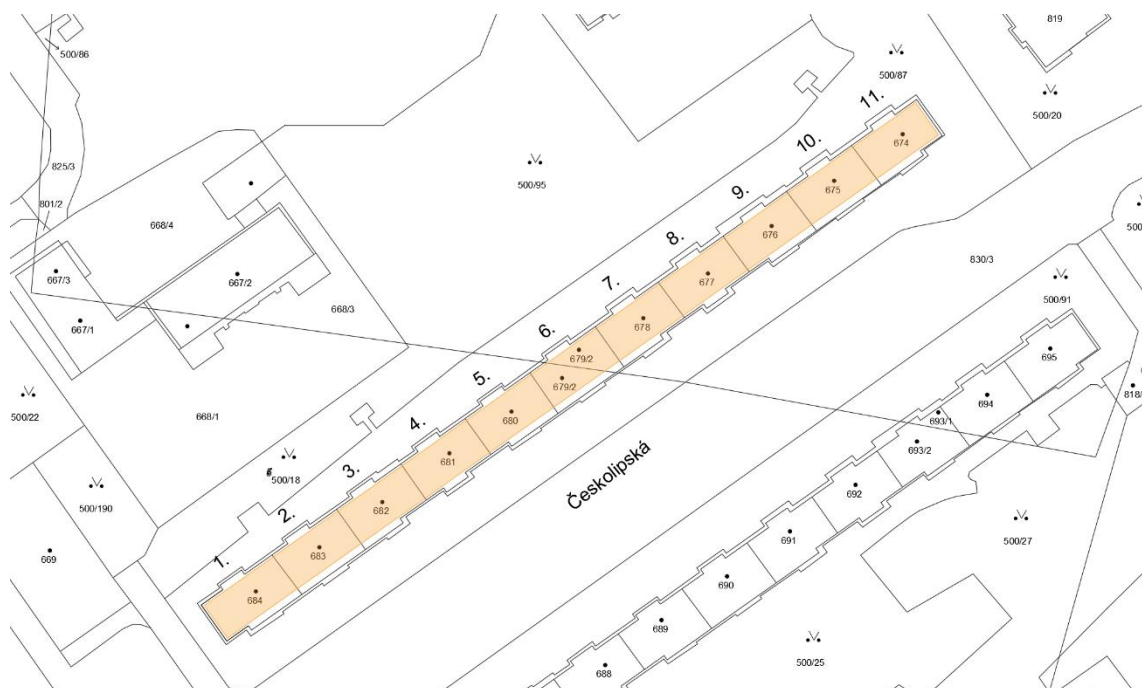
Pro návrh solárních termických kolektorů použijí zjednodušenou měsíční metodu pro bilancování solárních soustav, konkrétně výpočtový nástroj vycházející z technické normalizační normy TNI 73 0302, který je dostupný ze zdroje (18).

Solární termické kolektory budou v tomto návrhu využity pro přípravu teplé vody. Solární soustava pro vytápění nebo kombinovaná soustava pro přípravu TV a vytápění není v tomto případě výhodná z hlediska zisku energie. Díky opatřením provedením v kapitole 3. se sice snížila potřeba tepla na vytápění, ale v době, kdy má solární soustava vyšší tepelné zisky. Doba vytápění se posouvá z původní délky září až května na říjen až duben, tedy mimo ideální dobu odběru tepelné energie ze solární soustavy.

Pro návrh jsou využity konkrétní hodnoty spotřeby tepelné energie na přípravu TV v měsíčních intervalech z kapitoly 2.3.2.2., které odpovídají hodnotě měrné spotřeby teplé vody na jednotu 40 l/osobu a den při odhadovaném množství 700 osob. Pro návrh solární soustavy je třeba upravit průběh ohřívání TV, který se momentálně děje pouze ve výměňkové stanici CZT. V tomto návrhu pro ohřev vody bude počítáno s návrhem centrálních zásobníků TV s hlavním topným zdrojem – solární soustavou a dohřevem pomocí stávající výměňkové stanice CZT. V solárním zásobníku TV bude docházet k ohřívání studené vody z teploty 10 °C na teplotu 55 °C.

Solární soustava pro bytový dům s plochou kolektorů nad 20 m² je označována jako velkoplošná. Pro tento systém je vhodný provoz s nízkým průtokem teplotnosné 10-15 l/(h*m²) kolektorové plochy. Využití nižšího průtoku má řadu výhod jako jsou menší tlakové ztráty tím pádem i menší potřebné výkony pro provoz oběhových čerpadel, menší průměry potrubí a tím i menší tepelné ztráty. Současně je vhodné ve při velkoplošných solárních soustavách zásobník tepla s řízeným teplotním vrstvením (13).

Jako prostor pro umístění kolektorů bude využita plocha střechy. Celková využitelná plocha střechy je 1 650 m². První varianta bude s využitím maximálního množství kolektorů nejprve v plochém provedení, poté v trubicovém provedení.



Obrázek 19 – Zjednodušené schéma umístění solárního termického systému

Tabulka 21 - Parametry zvolených solárních termických kolektorů.

Parametry zvolených solárních termických kolektorů	Označení parametru	Plochý	Trubicový
Výška	h [m]	2,03	1,645
Šířka	b [m]	1,23	1,115
Hmotnost	m [kg]	50	32
Plocha apertury	A [m ²]	2,31	1,6
Optická účinnost	η_{0a} [-]	0,79	0,65
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru	a_{1a} [W/m ² *K]	3,48	1,5
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektorů	a_{2a} [W/m ² *K ²]	0,0056	0,005
Sklon kolektoru	β [°]	45	45
Azimut kolektoru	γ [°]	35	35
Počet kolektorů	[ks]	341	396
Celková plocha apertury	$A_{\text{celková}}$ [m ²]	787,71	651,4

4.3.1.1 Vyhodnocení návrhu solárních termických kolektorů podle jejich typu

Na Obrázek 20 je uveden příklad výpočtu solárních termických kolektorů ve výpočtovém nástroji Zjednodušená měsíční bilance solární tepelné soustavy.

Zjednodušená měsíční bilance solární tepelné soustavy verze 2015/03

Akce: Solární termická soustava pro BD	Vypracoval: Bc. Michaela Žďárská	
Adresa: Českolipská 381-391	Datum: neděle 9. duben 2023	
Kontakt:		

Příprava teplé vody	Vytápění	Bazén																																																																														
Měsíční údaje jsou známé	Měsíční údaje jsou známé	Vypočítat ze zadaných údajů																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Měsíc</th> <th>$Q_{p,TV}$ [kWh/měs]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Led</td><td>57056</td></tr> <tr><td>Úno</td><td>58622</td></tr> <tr><td>Bře</td><td>57778</td></tr> <tr><td>Dub</td><td>51281</td></tr> <tr><td>Kvě</td><td>49544</td></tr> <tr><td>Čer</td><td>45631</td></tr> <tr><td>Čvc</td><td>32503</td></tr> <tr><td>Srp</td><td>40444</td></tr> <tr><td>Zář</td><td>44681</td></tr> <tr><td>Říj</td><td>49106</td></tr> <tr><td>Lis</td><td>50781</td></tr> <tr><td>Pro</td><td>58033</td></tr> </tbody> </table>	Měsíc	$Q_{p,TV}$ [kWh/měs]	Led	57056	Úno	58622	Bře	57778	Dub	51281	Kvě	49544	Čer	45631	Čvc	32503	Srp	40444	Zář	44681	Říj	49106	Lis	50781	Pro	58033	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Měsíc</th> <th>$Q_{p,VYT}$ [kWh/měs]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Led</td><td></td></tr> <tr><td>Úno</td><td></td></tr> <tr><td>Bře</td><td></td></tr> <tr><td>Dub</td><td></td></tr> <tr><td>Kvě</td><td></td></tr> <tr><td>Čer</td><td></td></tr> <tr><td>Čvc</td><td></td></tr> <tr><td>Srp</td><td></td></tr> <tr><td>Zář</td><td></td></tr> <tr><td>Říj</td><td></td></tr> <tr><td>Lis</td><td></td></tr> <tr><td>Pro</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Měsíc	$Q_{p,VYT}$ [kWh/měs]	Led		Úno		Bře		Dub		Kvě		Čer		Čvc		Srp		Zář		Říj		Lis		Pro		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Měsíc</th> <th>$Q_{p,BAZ}$ [kWh/měs]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Led</td><td></td></tr> <tr><td>Úno</td><td></td></tr> <tr><td>Bře</td><td></td></tr> <tr><td>Dub</td><td></td></tr> <tr><td>Kvě</td><td></td></tr> <tr><td>Čer</td><td></td></tr> <tr><td>Čvc</td><td></td></tr> <tr><td>Srp</td><td></td></tr> <tr><td>Zář</td><td></td></tr> <tr><td>Říj</td><td></td></tr> <tr><td>Lis</td><td></td></tr> <tr><td>Pro</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Měsíc	$Q_{p,BAZ}$ [kWh/měs]	Led		Úno		Bře		Dub		Kvě		Čer		Čvc		Srp		Zář		Říj		Lis		Pro	
Měsíc	$Q_{p,TV}$ [kWh/měs]																																																																															
Led	57056																																																																															
Úno	58622																																																																															
Bře	57778																																																																															
Dub	51281																																																																															
Kvě	49544																																																																															
Čer	45631																																																																															
Čvc	32503																																																																															
Srp	40444																																																																															
Zář	44681																																																																															
Říj	49106																																																																															
Lis	50781																																																																															
Pro	58033																																																																															
Měsíc	$Q_{p,VYT}$ [kWh/měs]																																																																															
Led																																																																																
Úno																																																																																
Bře																																																																																
Dub																																																																																
Kvě																																																																																
Čer																																																																																
Čvc																																																																																
Srp																																																																																
Zář																																																																																
Říj																																																																																
Lis																																																																																
Pro																																																																																
Měsíc	$Q_{p,BAZ}$ [kWh/měs]																																																																															
Led																																																																																
Úno																																																																																
Bře																																																																																
Dub																																																																																
Kvě																																																																																
Čer																																																																																
Čvc																																																																																
Srp																																																																																
Zář																																																																																
Říj																																																																																
Lis																																																																																
Pro																																																																																
Počet osob: 700 os Potřeba teplé vody: 40 l/os.d Teplota SV: 10 °C Teplota TV: 55 °C Letní snížení potřeby: 0 % Přirážka na ztráty: 30 % Centrální zásobníkový ohřev s ří	Tepelná ztráta: 10 kW Návrhová vnitřní teplota: 20 °C Návrhová venk. teplota: -12 °C Teplota přívodní vody: 35 °C Přirážka na ztráty: 5 % Korekční součinitel: 0,75 Běžný standard	Vnitřní zakryvaný Plocha bazénu: 12,5 m ² Provozní doba: 12 h/den Teplota vody (den): 28 °C Teplota vzduchu (den): 28 °C Teplota vody (noc): 24 °C Teplota vzduchu (noc): 20 °C Počet návštěvníků: 120 os/m																																																																														

Specifikace solárního kolektoru a solární soustavy

Druh: plochý	Typ:
Optická účinnost η_0 : 0,79	Příprava teplé vody:
Koeficient ztráty a_1 : 3,48 W/m ² K	Střední denní teplota v solárních kolektorech: 47 °C
Koeficient ztráty a_2 : 0,0056 W/m ² K ²	Srážka z tepelných zisků vlivem tepelných ztrát: 20 %
Vztažná plocha kolektoru: 2,50 m ²	Plocha apertury kolektoru: 2,31 m ²
Počet kolektorů: 341 ks	Sklon kolektorů: 45°
Plocha kolektorového pole: 851,1 m ²	Azimut kolektorů: 30°

Výsledky výpočtu	PŘEPOČET HODNOT A KONTROLA	Souhrnné výsledky																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Měsíc</th> <th>t_{es} °C</th> <th>G_m W/m²</th> <th>H_T kWh/m²</th> <th>η_k</th> <th>Q_p MWh</th> <th>$Q_{k,u}$ MWh</th> <th>Q_{ssu} MWh</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Led</td><td>1,8</td><td>380</td><td>33</td><td>0,35</td><td>57,06</td><td>6,98</td><td>6,98</td></tr> <tr><td>Úno</td><td>2,7</td><td>449</td><td>53</td><td>0,42</td><td>58,62</td><td>13,81</td><td>13,81</td></tr> <tr><td>Bře</td><td>6,3</td><td>501</td><td>89</td><td>0,49</td><td>57,78</td><td>26,86</td><td>26,86</td></tr> <tr><td>Dub</td><td>10,7</td><td>502</td><td>125</td><td>0,52</td><td>51,28</td><td>40,15</td><td>40,15</td></tr> <tr><td>Kvě</td><td>16,0</td><td>502</td><td>146</td><td>0,57</td><td>49,54</td><td>50,62</td><td>49,54</td></tr> <tr><td>Čer</td><td>18,6</td><td>500</td><td>138</td><td>0,58</td><td>45,63</td><td>49,34</td><td>45,63</td></tr> <tr><td>Čvc</td><td>20,5</td><td>495</td><td>137</td><td>0,60</td><td>32,50</td><td>50,17</td><td>32,50</td></tr> <tr><td>Srp</td><td>21,1</td><td>494</td><td>144</td><td>0,60</td><td>40,44</td><td>53,25</td><td>40,44</td></tr> <tr><td>Zář</td><td>17,1</td><td>487</td><td>99</td><td>0,57</td><td>44,68</td><td>34,62</td><td>34,62</td></tr> <tr><td>Říj</td><td>11,7</td><td>452</td><td>80</td><td>0,50</td><td>49,11</td><td>24,64</td><td>24,64</td></tr> <tr><td>Lis</td><td>6,4</td><td>390</td><td>43</td><td>0,41</td><td>50,78</td><td>10,59</td><td>10,59</td></tr> <tr><td>Pro</td><td>3,6</td><td>351</td><td>27</td><td>0,33</td><td>58,03</td><td>5,45</td><td>5,45</td></tr> <tr><td>Celkem</td><td></td><td></td><td>1113</td><td></td><td>595,46</td><td>396,97</td><td>331,22</td></tr> </tbody> </table>	Měsíc	t_{es} °C	G_m W/m ²	H_T kWh/m ²	η_k	Q_p MWh	$Q_{k,u}$ MWh	Q_{ssu} MWh	Led	1,8	380	33	0,35	57,06	6,98	6,98	Úno	2,7	449	53	0,42	58,62	13,81	13,81	Bře	6,3	501	89	0,49	57,78	26,86	26,86	Dub	10,7	502	125	0,52	51,28	40,15	40,15	Kvě	16,0	502	146	0,57	49,54	50,62	49,54	Čer	18,6	500	138	0,58	45,63	49,34	45,63	Čvc	20,5	495	137	0,60	32,50	50,17	32,50	Srp	21,1	494	144	0,60	40,44	53,25	40,44	Zář	17,1	487	99	0,57	44,68	34,62	34,62	Říj	11,7	452	80	0,50	49,11	24,64	24,64	Lis	6,4	390	43	0,41	50,78	10,59	10,59	Pro	3,6	351	27	0,33	58,03	5,45	5,45	Celkem			1113		595,46	396,97	331,22	Energetický zisk soustavy: 331,22 MWh/rok Měrný solární zisk: 420 kWh/m ² ·rok Solární pokrytí: 55,6%	
Měsíc	t_{es} °C	G_m W/m ²	H_T kWh/m ²	η_k	Q_p MWh	$Q_{k,u}$ MWh	Q_{ssu} MWh																																																																																																											
Led	1,8	380	33	0,35	57,06	6,98	6,98																																																																																																											
Úno	2,7	449	53	0,42	58,62	13,81	13,81																																																																																																											
Bře	6,3	501	89	0,49	57,78	26,86	26,86																																																																																																											
Dub	10,7	502	125	0,52	51,28	40,15	40,15																																																																																																											
Kvě	16,0	502	146	0,57	49,54	50,62	49,54																																																																																																											
Čer	18,6	500	138	0,58	45,63	49,34	45,63																																																																																																											
Čvc	20,5	495	137	0,60	32,50	50,17	32,50																																																																																																											
Srp	21,1	494	144	0,60	40,44	53,25	40,44																																																																																																											
Zář	17,1	487	99	0,57	44,68	34,62	34,62																																																																																																											
Říj	11,7	452	80	0,50	49,11	24,64	24,64																																																																																																											
Lis	6,4	390	43	0,41	50,78	10,59	10,59																																																																																																											
Pro	3,6	351	27	0,33	58,03	5,45	5,45																																																																																																											
Celkem			1113		595,46	396,97	331,22																																																																																																											

Výpočetní nástroj v souladu s TNI 73 0302:2014 Autoři: T. Matuška, B. Šourek, 2015

Obrázek 20 - Příklad výpočtu bilance solárních kolektorů ve výpočtovém nástroji ze zdroje (18).

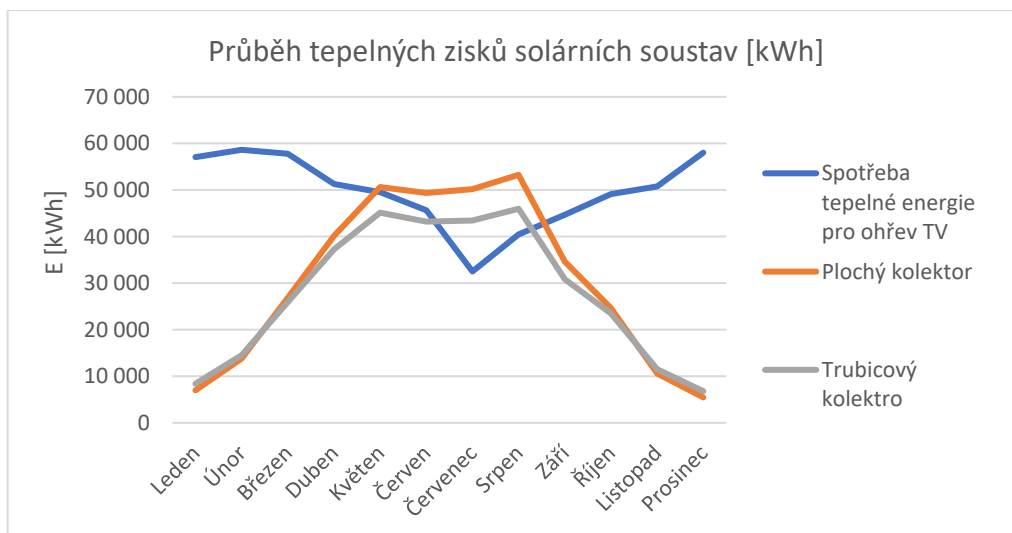
Pro vyhodnocení efektivnějšího typu navržených kolektorů použijí parametr využitelných tepelných zisků. V rozsahu maximálního možného využití střechy bude získáno následující množství tepelné energie uvedené v tabulce č. 22.

Tabulka 22 - Využitelné tepelné zisky solárních termických soustav po měsících.

Využitelné tepelné zisky solárních termických soustav [kWh]			
Období	Spotřeba tepelné energie pro ohřev TV [kWh]	Plochý kolektor	Trubicový kolektor
Leden	57 056	6 980	8 390
Únor	58 622	13 810	14 550
Březen	57 778	26 860	25 900
Duben	51 281	40 150	37 260
Květen	49 544	49 540	45 120
Červen	45 631	45 630	43 210
Červenec	32 503	32 500	32 500
Srpen	40 444	40 440	40 440
Září	44 681	34 620	30 830
Říjen	49 106	24 640	23 470
Listopad	50 781	10 590	11 530
Prosinec	58 033	5 450	6 800
Celkem	595 460	331 210	320 000

Rozložení zisku tepelné energie v průběhu roku je znázorněno v Graf 11. Odběr teplé vody, znázorněný v grafu modrou čarou, neprobíhá po celý rok rovnoměrně. Je zde patrný pokles spotřeby teplé vody v letních měsících. Spotřeba je modelována z reálné spotřeby objektu a v tomto poklesu se projevuje chování obyvatel, tedy nižší teplota spotřebované vody v letních měsících a menší přítomnost obyvatel z důvodu letních dovolených. Maximální výroba tepelné energie se tak paradoxně potkává s nejnižší spotřebou v roce. V zimních měsících, kdy je spotřeba teplé vody na maximu, jsou tepelné zisky jen velmi nepatrné. Zimní měsíce jsou zároveň jediné, kdy zisky z trubicových kolektorů převyšují zisky z plochých kolektorů, ovšem jen minimálně.

Při překročení hranice spotřeby vznikají přebytky tepelné energie. Na rozdíl od elektrické energie jsou však tyto přebytky hůře využitelné pro distribuci například okolním budovám, které by přebytky mohly využít, kvůli přílišným tepelným ztrátám v potenciálních rozvodech.



Graf 11 - Roční průběh celkových zisků solárních soustav.

V Tabulka 23 uvádím výsledné hodnoty navržených soustav podle zvolených typů solárních termických kolektorů. Solární podíl je v obou případech vyhovující, jelikož se nachází okolo 60 %, což bývá hranice návrhu solárních soustav. Přestože jsou celkové roční zisky plochých kolektorů vyšší, měrné využitelné roční zisky jsou vyšší u trubicových kolektorů. Celoplošné pokrytí střechy oběma typy kolektorů je velmi podobné z hlediska energetických zisků, proto budou rozhodujícím faktorem investiční náklady, které jsou v případě trubicových kolektorů zhruba dvojnásobné.

Tabulka 23 - Výsledné hodnoty návrhu solárních termických soustav.

Parametr návrhu	Označení parametru	Plochý kolektor	Trubicový kolektor
Roční zisky solární soustavy	$Q_{k,u}$ [kWh/rok]	366 480	336 490
Měrný využitelný zisk solární soustavy	$q_{ss,u}$ [kWh/m ² *rok]	420	505
Roční využitelné zisky solární soustavy	$Q_{ss,u}$ [kWh/rok]	331 210	320 000
Solární podíl	f [-]	55,6	53,7

4.3.2 Návrh fotovoltaických panelů

Pro návrh FV panelů použiji online výpočetní software PVGIS dostupný ze zdroje (19), který provádí výpočty zisků navržených fotovoltaických systémů v hodinových intervalech. Výsledná data jsou dostupná ve formátu xls, ve kterých je následně zpracovávám a porovnávám s analýzou výchozího stavu objektu.

Umístit FS lze na objektu hned několika způsoby. Prvním je využití ploché střechy, druhým jsou konstrukce zábradlí lodžii a třetím jsou samotné fasády objektu. Ve variantách budu uvažovat pouze s prvním a druhým řešením a jejich kombinací. Třetí

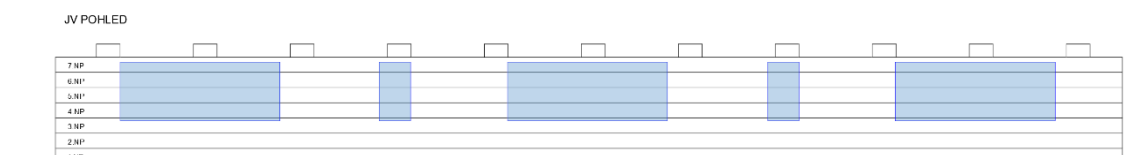
způsob aplikace FV systému zde uvažovat nebudu z důvodu invazivnější technické proveditelnosti. Integrace panelů do fasády vyžaduje zcela novou kotvicí konstrukci, která prostupuje tepelnou izolací a zasahuje do nosné panelové konstrukce. Minimalizace těchto tepelných mostů by představovala větší finanční investici než v případě kotvení na stávající konstrukci lodžiového zábradlí, kde ale bude také nutné posouzení únosnosti zábradlí při instalaci panelů. Fasádní FV systém zatím ponechávám jako možnou alternativu pro rozšíření FV plochy.

Nejprve posoudím celou plochu střechy pro pokrytí a konstrukce zábradlí na JV straně ve 4-7.NP. V nižších podlažích by docházelo ke stínění okolní zelení. V celkové využitelné ploše střechy je možné umístit celkem 396 FV panelů. Na konstrukce zábradlí to bude 204 panelů menší velikosti. Z důvodů ideální okamžité spotřeby vyrobené elektrické energie zde zahrnu také možnost různého natočení střešních panelů. Jihovýchodní směr s odklonem od jihu 35° a severozápadní směr s odklonem od jihu 55°.

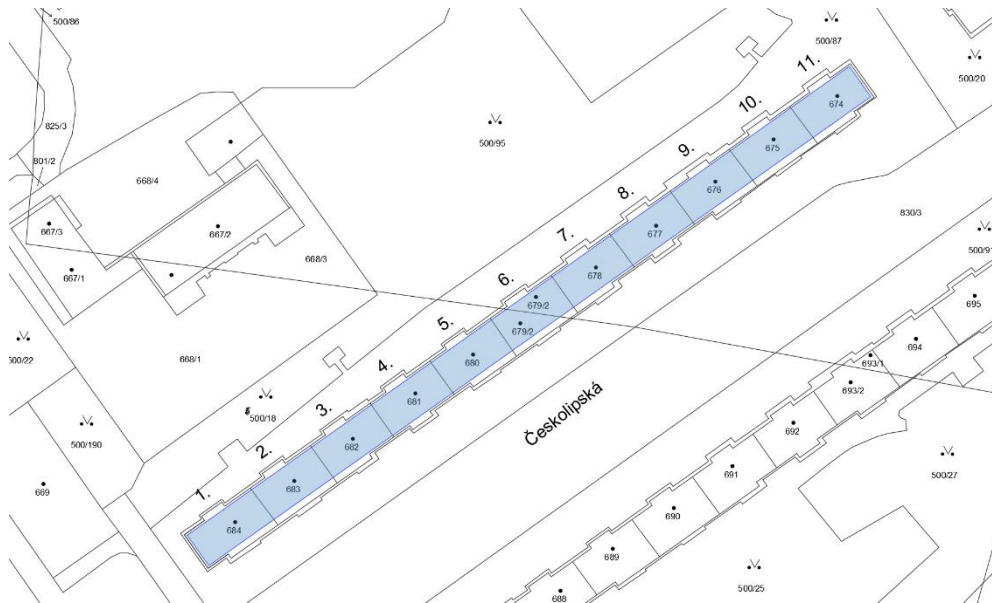
Tabulka 24 - Parametry zvolených fotovoltaických panelů.

Parametry zvolených monokrystalických FV panelů	Označení parametru	Střešní systém FV	Lodžiový systém FV
Výška	h [m]	2,090	1,658
Šířka	b [m]	1,038	0,996
Hmotnost	m [kg]	32	24
Součinitel špičkového výkonu	K_{pk} [W/m ²]	0,12	0,12
Celková činná plocha	A_{fv} [m ²]	859	337
Špičkový výkon pro celou činnou plochu	P_{pk} [kWp]	103,09	40,43
Sklon panelu	β [°]	30	90
Azimut panelu	γ [°]	35 / 55	35

Schémata umístění FV systémů na objektu:

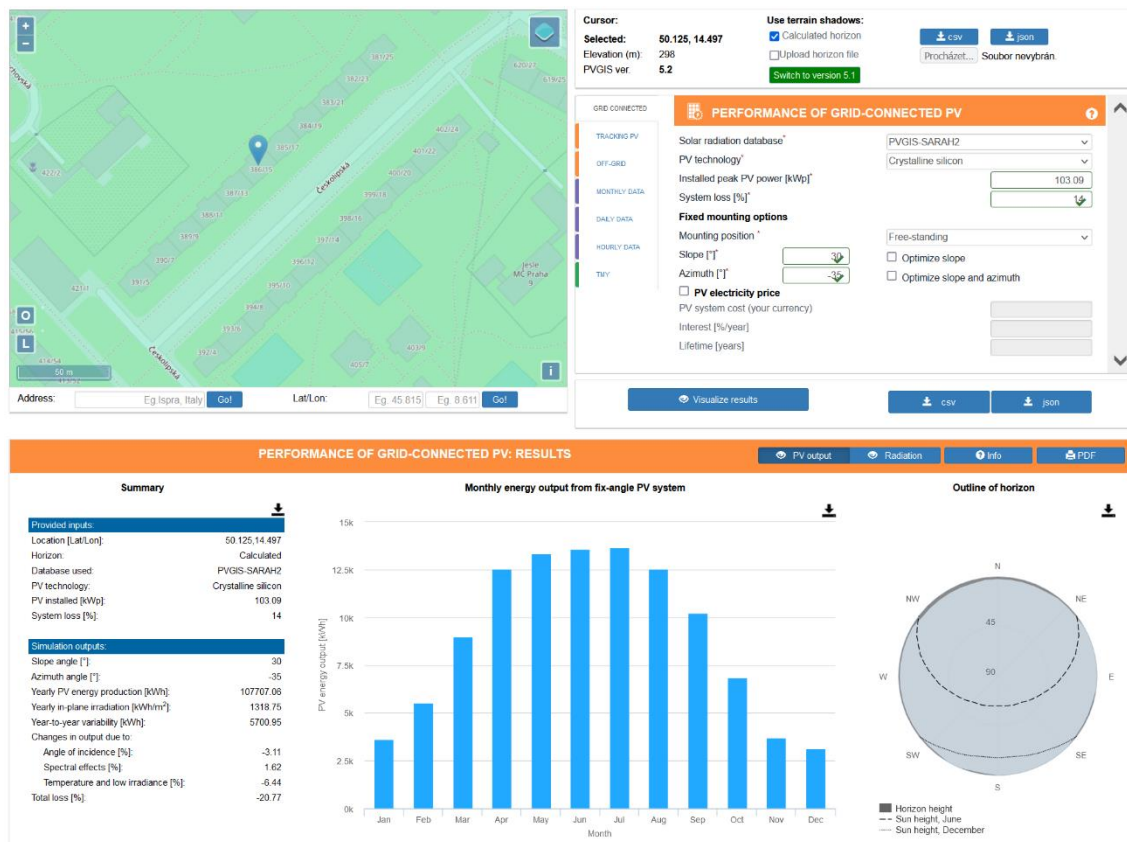


Obrázek 21 - Zjednodušené schéma umístění FV systému na lodžích, JV strana objektu.



Obrázek 22 - Zjednodušené schéma umístění FV systému na střeše objektu.

Na Obrázek 18 je uveden příklad výpočtu v online výpočtovém softwaru PVGIS. Aktuální získaná data jsou za rok 2020. Výchozí stav v kapitole 2.3.1, uvádí data pro rok 2022. Celková data se při orientační měsíční spotřebě neliší, neodpovídají si však kalendářní dny pro porovnání víkendů a všedních dnů. Výchozí stav pro porovnání je tedy v tomto případě upraven na hodnoty z roku 2020.



Obrázek 23 - Příklad výpočtu v online výpočtovém softwaru PVGIS. Zdroj: (19).

4.3.2.1 Variantní řešení FV systémů a jejich energetické hodnocení

Navržené varianty budou posuzovány podle celkové využitelné výroby energie, stanovené z vypočtených hodinových průběhů v PVGIS. Dále posoudím denní odběr EE se výrobu v hodinových intervalech v typických, které jsem stanovila v analýze spotřeb energií stávajícího stavu. Jedná se o typický všední den zimní a letní a typický víkendový den zimní a letní.

V Tabulka 26 jsou uvedeny využitelné zisky elektrické energie po měsících z navržených systémů fotovoltaiky. Zisky jsou úměrné velikosti jednotlivých systémů. Porovnání pokrytí střechy FV panely při natočení na jihovýchodní a severovýchodní stranu dopadlo lépe pro jihovýchodní orientaci, přestože větší odběr EE probíhá v odpoledních hodinách, kdy mohou být solární zisky větší ze severozápadní strany. Solární zisky svislého lodžiového systému jsou oproti střešním systémům zhruba třetinové což je způsobeno výrazně menší plochou pokrytí.

Tabulka 25 - Varianty umístění FV systémů.

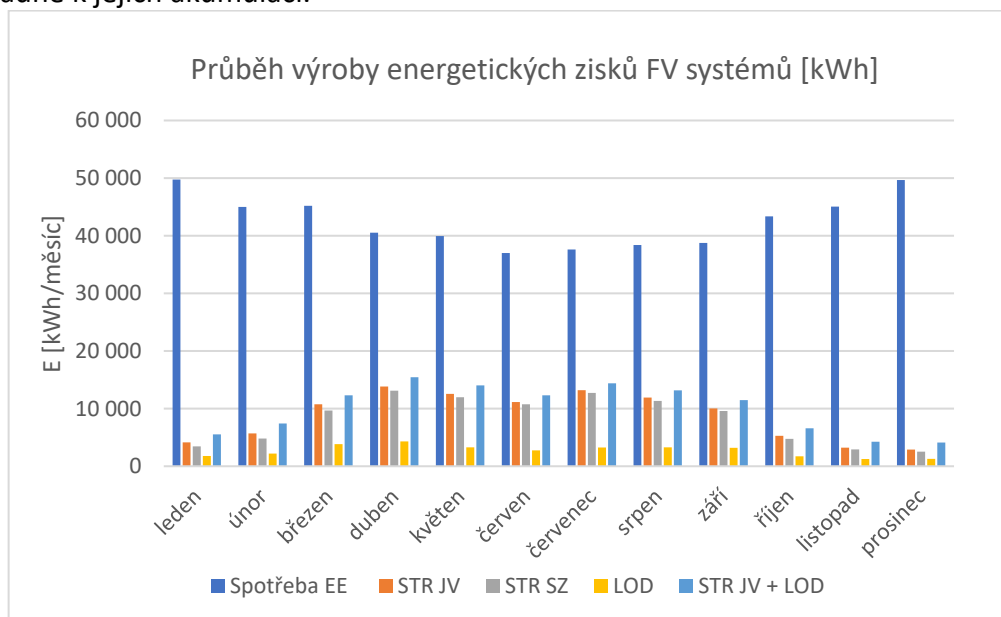
č.	Označení	Popis varianty umístění FV systémů
1.	STR JV	Střešní FV systém s jihovýchodní orientací.
2.	STR SZ	Střešní FV systém se severozápadní orientací.
3.	LOD	Svislý FV systém instalovaný na konstrukci lodžiového zábradlí.
4.	STR JV + LOD	Kombinace střešního FV systému s jihovýchodní orientací a svislého FS systému instalovaného na konstrukci lodžiového zábradlí.

Tabulka 26 - Vypočtené využitelné zisky jednotlivých FV systémů.

Využitelná energie EE [kWh]					
Období	Spotřeba EE	Střecha JV	Střecha SZ	Balkony JV	Střecha JV + Balkóny JV
leden	49 756	4 129	3 461	1 781	5 543
únor	44 989	5 703	4 819	2 189	7 429
březen	45 189	10 742	9 680	3 830	12 309
duben	40 538	13 824	13 107	4 307	15 437
květen	39 951	12 562	11 963	3 290	14 028
červen	37 002	11 130	10 748	2 746	12 302

červenec	37 622	13 203	12 719	3 265	14 397
srpen	38 382	11 925	11 344	3 280	13 167
září	38 748	10 024	9 587	3 207	11 469
říjen	43 355	5 273	4 758	1 738	6 579
listopad	45 067	3 223	2 910	1 257	4 253
prosinec	49 681	2 889	2 528	1 274	4 127
Celkem	510 281	104 628	97 623	32 162	121 038

Průběhy výroby EE jsou dále zaznamenány v Graf 12. I zde je vidět pokles reálné spotřeby EE v letních měsících, který je způsoben částečně stejnými důvody jako pokles spotřeby teplé vody, nižší přítomností osob v bytových jednotkách. V tomto průběhu po měsíčních intervalech je také patrný pokles využitelné energie v letních měsících, kdy mají být zisky nejvyšší. Je to způsobeno tím, že se jedná pouze o využitelné zisky, které byli vypočteny v hodinových intervalech, a přestože je měsíční spotřeba výrazně vyšší, při rozložení po hodinách tomu vždy tak není a dochází k přebytkům. Tyto přebytky jsou znázorněny dále v grafech č. 13-16. Přebytky EE nejsou nutně nežádoucí, naopak může dojít k jejich distribuci snadněji než v případě přebytků tepelné energie u solárních, případně k jejich akumulaci.



Graf 12 - Roční průběh energetických zisků FV systémů.

Nejvýhodnějším systémem se z hlediska energetických zisků jeví varianta 4. - umístění FV panelů na střechu v jihovýchodním směru a zároveň umístění na lodžie. Poměr pokrytí tohoto systému je 24% celkové roční spotřeby, je počítán pouze z využitelných zisků. Zároveň má tento systém nejvyšší roční přebytky. Velikost přebytků je ekvivalentem roční spotřeby 11 bytových jednotek. K těmto přebytkům dochází ve větší míře v letních měsících.

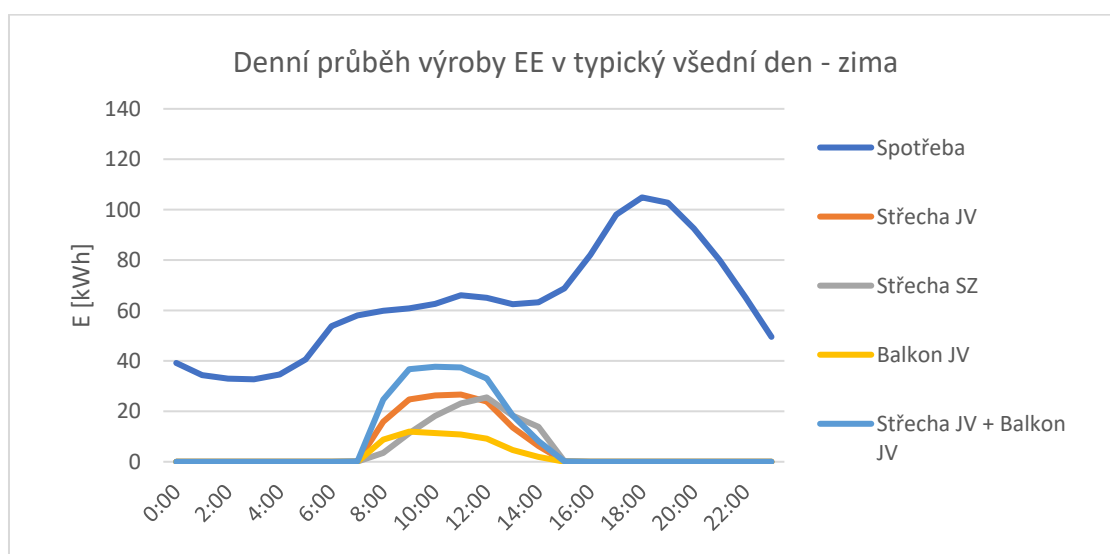
Tabulka 27 - výsledné hodnoty návrhu FV systémů.

Označení varianty	Celková výroba EE [kWh/rok]	Celkové využitelná EE [kWh/rok]	Poměr pokrytí celkových ročních spotřeb EE [%]	Celkové roční přebytky EE z FV systémů [kWh/rok]
STR JV	112 881	104 628	21	8 253
STR SZ	103 507	97 623	19	5 884
LOD	32 162	32 162	6	0
STR JV + LOD	145 043	121 038	24	24 006

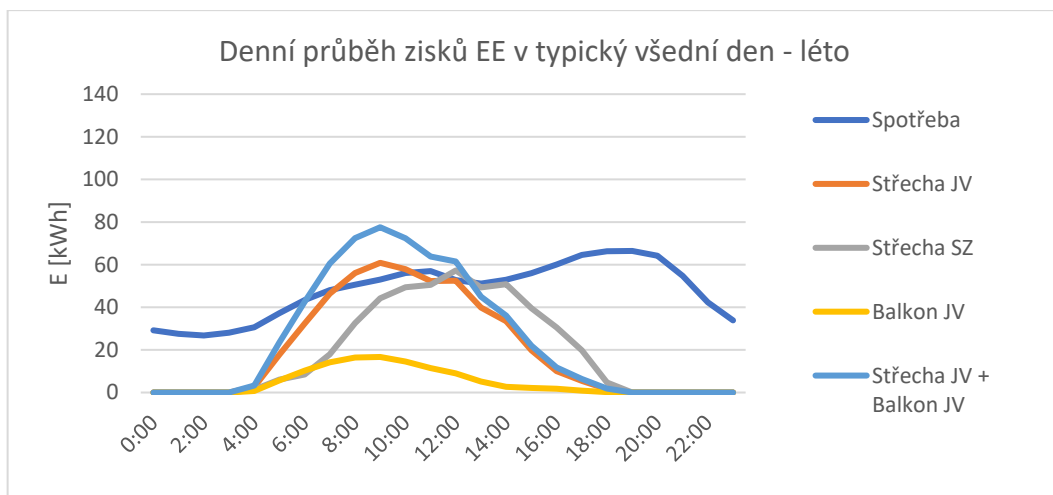
4.3.2.2 Porovnání denních průběhů zisků

V následujících grafech jsou porovnány denní průběhy celkových zisků EE z jednotlivých variant fotovoltaických systémů, oproti denní spotřebě EE v domácnostech uvedené v analýze stávajícího stavu v kapitole 2.3.1. Grafy jsou rozděleny na denní průběhy ve všední a víkendový den a dále jsou rozděleny na dny v zimním a letním období. Zimní stav reprezentuje průměrný lednový všední a víkendový den. Letní stav reprezentuje průměrný červencový všední a víkendový den.

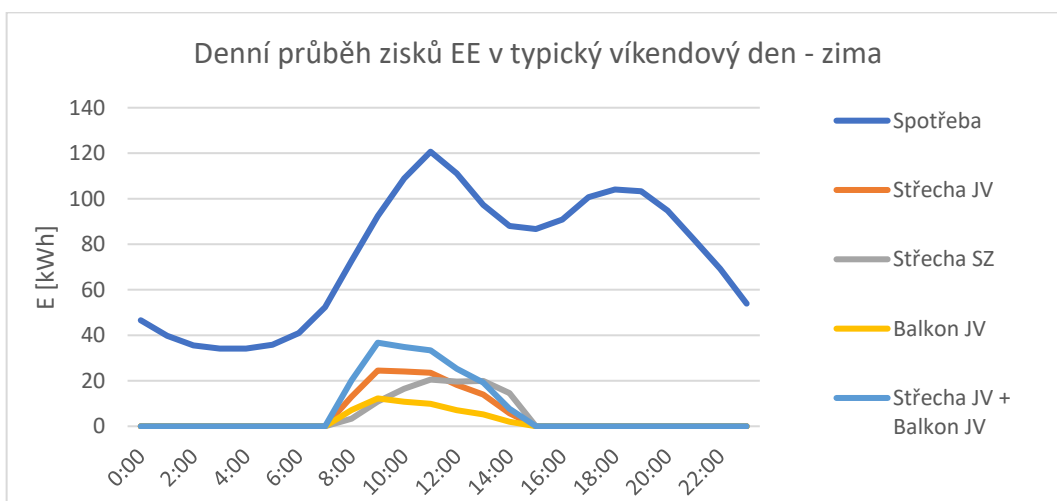
Z grafů je patrné, že v zimním období výroba EE nedosahuje hodnot stanovené spotřeby. Největší zisky budou mezi 8-16 h, naopak k největší spotřebě dochází mezi 16-22 h pro všední den, pro víkendový pak mezi 10-22 h. Letní stav ukazuje lepší poměry mezi ziskem a spotřebou, zároveň dochází ke zplošťování spotřební křivky na téměř vyrovnaný odběr mezi 8-22 h. Výroba EE bude v letních měsících probíhat mezi 4-18 h. Z navržených systémů dochází ve 3 variantách k přebytkům vyrobené energie, proti celkové výrobě se jedná o 6-7 %.



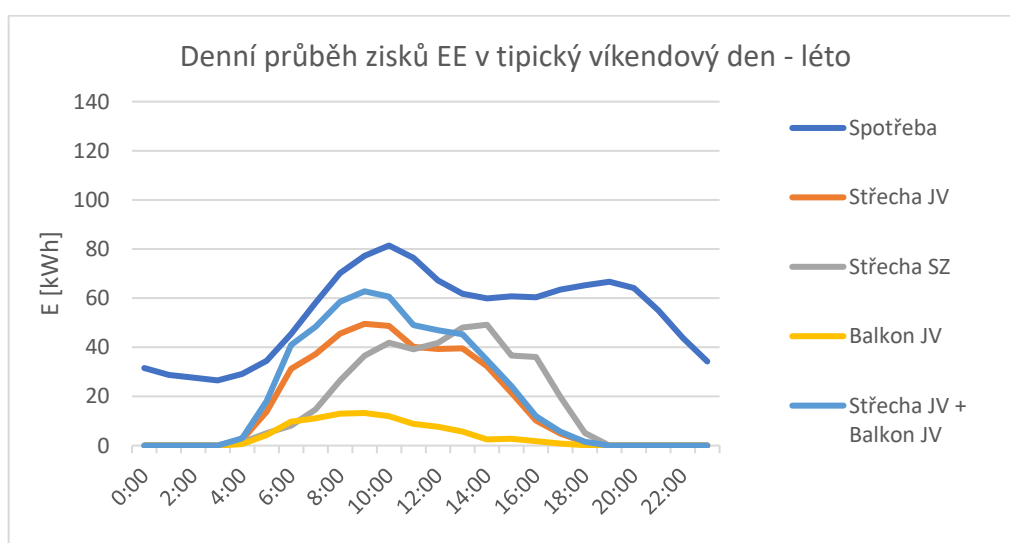
Graf 13 - Energetické zisky FV systémů ve všední den zimní.



Graf 14 - Energetické zisky FV systémů ve všední den letní.



Graf 15 - Energetické zisky FV systémů ve víkendový den zimní.



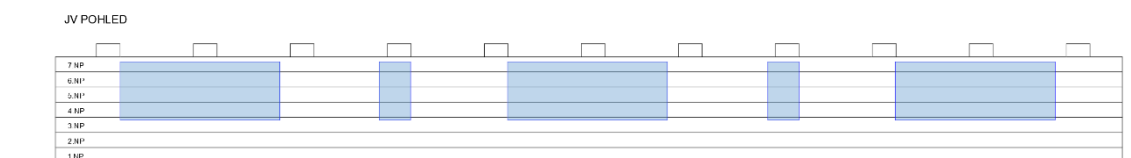
Graf 16 - Energetické zisky FV systémů ve víkendový den letní.

4.3.3 Společný návrh solárních termických kolektorů a FV panelů

Ve společném návrhu obou solárních systémů jde o jejich souběžnou optimalizaci, pro jakou plochu využití, kterého systému, je návrh optimální.

Parametrem pro optimalizaci plochy kolektorů bude celková tlaková ztráta potrubí solárního termického systému. Při délce budovy 198 m a rozložení technických systémů zdroje tepla ve dvou vchodech, bude nejdelším úsekem ve venkovním prostoru vzdálenost 64 m. Celková délka venkovního úseku potrubí je při celoplošném pokrytí střechy 527 m. Uvnitř budovy budou rozvody k zásobníku tepla dlouhé 22,4m. Snížením délky potrubí dojde ke snížení tlakových ztrát a tím i potřeby energie pro provoz oběhového čerpadla. Tepelná ztráta potrubí bude při potřebném návrhu tepelné izolace v celkovém poměru spotřeby zanedbatelná.

Následující variantou návrhu OZE bude takový poměr solárních termických kolektorů a FV panelů na střeše, při kterém dojde k snížení vyrovnaní délky větví potrubí odběru tepla ze solárních kolektorů, při stále zachovaném optimálním solárním podíl v mezích 60-40 %. Tento návrh zároveň zvýší měrný solární zisk $q_{ss,u}$, tím dojde ke zvýšení potenciálu využití plochy v přepočtu na 1 m². Snížením hrubé kolektorové plochy se dále sníží střední denní teplota v solárních kolektorech a tím se nejen sníží ztráty, ale upraví se i jejich procentuální poměr se solárními zisky. Zbylá plocha střechy bude využita pro umístění FV panelů v JV směru. Panely budou současně umístěny i na zábradlí lodžii.



Obrázek 24 - Zjednodušené schéma FV systému na lodžiih pro společnou variantu.



Obrázek 25 - Zjednodušené schéma umístění FV a solárního termického systému na střeše objektu pro společnou variantu.

Tabulka 28 - Parametry návrhu OZE současně pro solární termický systém a FV systém.

Parametry zvolených monokrystalických FV panelů	Označení parametru	Ploché solární termické kolektory	Střešní systém FV	Lodžiový systém FV
Výška	h [m]	2,03	2,090	1,658
Šířka	b [m]	1,23	1,038	0,996
Hmotnost	m [kg]	50	32	24
Počet	[ks]	180	144	204
Součinitel špičkového výkonu	K_{pk} [W/m ²]	-	0,12	0,12
Celková činná plocha	A_{fv} [m ²]	449	312	337
Špičkový výkon pro celou činnou plochu	P_{pk} [kWp]	-	37,48	40,43
Plocha apertury	A [m ²]	2,31	-	-
Optická účinnost	η_{0a} [-]	0,79	-	-
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru	a_{1a} [W/m ² *K]	3,48	-	-
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektorů	a_{2a} [W/m ² *K ²]	0,0056	-	-
Sklon kolektoru / panelu	β [°]	30	30	90
Azimut kolektoru / panelu	γ [°]	35	35	35

Při tomto návrhu obou systémů s parametry uvedenými výše, vychází jako optimální počet plochých solárních kolektorů 180 ks umístěných celkem v 6 vchodech bytového domu – 3 vchody k jedné výměňkové stanici. Plocha pro umístění FV panelů zahrne celkem 144 ks a konstrukce lodžiového zábradlí 204 ks, stejně jako při návrhu v předchozí podkapitole.

Stav umístění systémů ve společné variantě je rozkreslen na obrázcích č. 24 a 25.

4.3.3.1 Hodnocení společného návrhu solárního termického systému a FV systému

Společný návrh solárních systémů je vyhodnocen v tabulce č. 30. Jsou zde hodnoceny úspory tepelné a elektrické energie oproti výchozímu stavu. Stejně jako v předchozích variantách i zde jsou porovnávány pouze využitelní zisky ze solárních soustav.

Tabulka 29 - Souhrn využitelných energetických zisků solárních soustav po měsících.

Využitelná vyrobená energie solárních soustav [kWh]		
Období	Plochý kolektor	FV střešní systém + lodžiový
Leden	4 440	3 262
Únor	8 830	4 303
Březen	17 820	8 047
Duben	27 830	9 952
Květen	36 090	8 307
Červen	35 600	7 194
Červenec	32 500	8 460
Srpen	36 730	7 938
Září	23 350	7 137
Říjen	15 800	3 674
Listopad	6 490	2 429
Prosinec	3 340	2 324
Celkem	248 820	73 027

Z hodnocení vyplývá, že společné provedení soustav zajistí stále významné úspory v přípravě TV, pouze o 12% nižší a zároveň zajistí pokrytí 14% spotřeby elektrické energie.

Tabulka 30 - Energetické úspory společného řešení obou typů solárních soustav.

Typ energetické úspory	Společné řešení SOL a FV
úspora tepelné energie [kWh]	248 820
úspora elektrické energie [kWh]	73 027
poměr úspory tepelné energie na přípravu TV [%]	41,79
poměr úspory EE [%]	14,31
Poměr úspory celkové dodané energie do budovy energie [%]	23,17

4.3.4 Návrh tepelného čerpadla

Energii vyrobenou pomocí TČ lze v bytovém domě využít pro vytápění a ohřev teplé vody. V tomto případě není možné navrhnout jiný typ TČ, pro absenci okolního

pozemku, zároveň není vhodné umístit exteriérovou jednotku TČ vzduch-okna k fasádě objektu pro její hlučnost. Pro umístění TČ je možné využít suterén objektu. V tomto případě by byla zvolena tepelná čerpadla pouze s interiérovým umístěním, ty se však vyrábí v nižších výkonnostních řadách a muselo by jich zde být umístěno velké množství, což by nebylo ekonomicky výhodné. Druhou možností je umístění tepelného čerpadla na střechu budovy, v podobě pouze exteriérové jednotky a stoupacím potrubím odvádět teplou vodu do 1.PP k zásobníkům TV. Technicky je suterén, respektive celý objekt, rozdělen na 6 a 5 vchodů. Stejným způsobem budu navrhovat i TČ, tedy pro využití oběma částmi BD ve stejném poměru. K dimenzování TČ budou sloužit hodnoty tepelné ztráty objektu po provedených opatřeních a potřebný výkon zdroje tepla pro přípravu TV. Pro přípravu TV, budou navíc navrženy zásobníky TV, pro výpočet potřebného výkonu bude třeba stanovit průběh ohřevu těchto zásobníků.

4.3.4.1 Výpočet potřeby tepla na přípravu TV tepelným čerpadlem

Denní tepla pro ohřev TV

$$Q_{tv,d} = (1 + z) * \frac{V_p * \rho * c * n * (t_2 - t_1)}{3600} [Wh] \quad (20)$$

$Q_{tv,d}$ denní potřeba tepla	[Wh]
t_1 teplota vstupní vody	10 [°C]
t_2 teplota výstupní vody	55 [°C]
V_p denní potřeba TV	0,06 [m ³ /osobu a den]
n počet osob	594 [-]
ρ měrná hustota vody	1000 [kg/m ³]
c měrná tepelná kapacita	4 186 [J/kg*K]
z koeficient tepelných ztrát	0,1 [-]

$$Q_{tv,d} = 1\,367\,566 \text{ Wh}$$

$$\underline{Q_{tv,d} = 1\,367,5 \text{ kWh}}$$

Velikost zásobníku TV

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho * c * (t_{21} - t)} * 3600 * 1000 [m^3] \quad (20)$$

ΔQ_{max} – největší možný rozdíl tepla mezi Q1 a Q2 [kWh]

V_z - objem zásobníku [m³]

Velikost zásobníku TV se odvíjí od návrhu odběrové křivky teplé vody podle ČSN EN 15 316-3, kde je stanovena doba odběru a poměr odběru během dne. Po sestavení této křivky je navrhována křivka ohřevu zdrojem tepla a následně odečtena hodnota ΔQ_{max} [kWh], což je maximální rozdíl mezi křivkou odběru a křivkou ohřevu. Zásobník teplé vody je možné ohřívat po celý den, nebo jej nahřívat denně po dobu několika hodin. Způsob ohřívání vytvoří odlišné křivky ohřevu a tím i odlišná ΔQ_{max} . Pro porovnání uvádím v Tabulka 31 dvě křivky ohřevu, pro 10 h a pro celodenní ohřev vody.

Příkon ohřivače

Pro stanovení výkonu tepelného čerpadla, potřebného pro ohřev TV, je třeba stanovit dobu ohřevu, která vychází z výpočtu, výše uvedeného, velikosti zásobníku TV. Čím větší bude zásobník tepla, respektive čím kratší bude doba ohřevu TV, tím bude třeba vyššího výkonu zdroje.

$$P = \frac{1}{\eta} * \frac{Q_{tv,d}}{\tau} [W] \quad (21)$$

- τ – doba ohřevu [h]
 $Q_{tv,d}$ – dodaná energie [kWh]
 η – účinnost ohřevu

4.3.4.2 Porovnání velikosti zásobníků TV

Tabulka 31 - Návrh velikosti zásobníku TV a potřebného výkonu pro její ohřev.

Návrh velikosti zásobníku TV a potřebného příkonu pro její ohřev			
Pro 5 vchodů:			
Veličina	Jednotky	10 h ohřev	Celodenní ohřev
$Q_{tv,d}$	kWh	622	622
T – doba ohřevu	h	10	24
Q_{max}	kWh	265	223
V_z – objem zásobníku	l	5 055	4 260
P – výkon potřebný pro přípravu TV	kW	62	26
Pro 6 vchodů:			
$Q_{tv,d}$	kWh	746	746
T – doba ohřevu	h	10	24
Q_{max}	kWh	318	251
V_z – objem zásobníku	l	6 076	4 797
P – výkon potřebný pro přípravu TV	kW	75	31

Z porovnání hodnot pro obou časových návrhů vychází lépe celodenní ohřev vody, a to díky potřebě menšího výkonu TČ a potřebě menšího objemu zásobníku TV. V případě využití TČ jako zdroje tepla je navíc možnost delšího ohřevu výhodnější. Tuto variantu dále zpracovávám.

4.3.4.3 Dimenzování TČ

Části a celkový výkon potřebný pro jednotlivé technické zařízení a úseky je uveden v Tabulka 32. Jelikož se nejedná o bytový dům menší až střední velikosti, nejčastěji používaná běžná tepelná čerpadla typu vzduch-voda zde nevystačí, ani při kaskádním zapojení. Bude nutné navrhnout TČ z vyšších výkonových řad využívaných většími objekty, jako jsou administrativní budovy či školská zařízení. Při návrhu budu vycházet z konkrétních hodnot TČ uvedených na webových stránkách výrobce GT Energy, které jsou volně dostupné ze zdroje (22).

Tabulka 32 - Výsledné hodnoty výkonu pro dimenzování TČ.

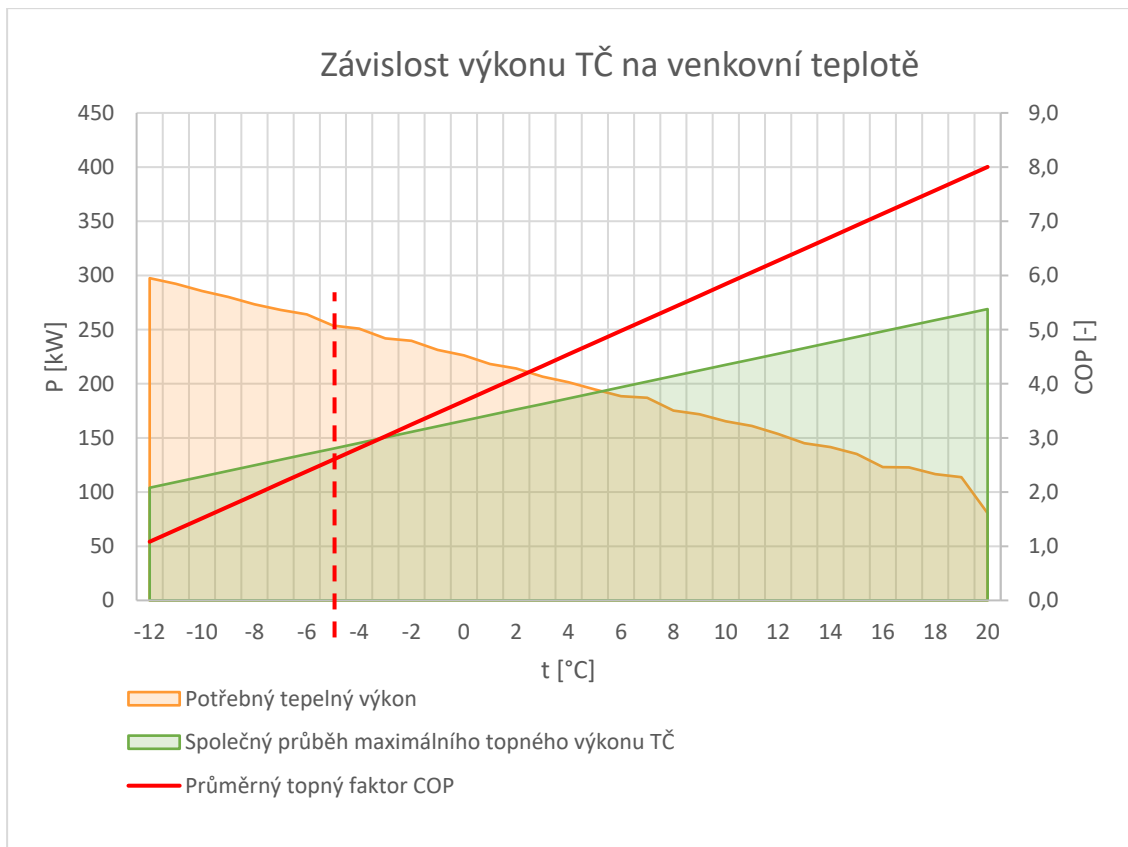
Výsledné hodnoty výkonu pro dimenzování TČ			
Úsek BD	Tepelné ztráty [kW]	Výkon pro přípravu TV [kW]	Celkový potřebný výkon pro návrh TČ [kW]
5 vchodů	109,2	26,0	135,2
6 vchodů	131,0	31,0	162,0
celý BD	240,2	57,0	297,2

Pro potřeby BD navrhuji tepelné čerpadlo vzduch-voda v provedení exteriérového monobloku, ve výkonnostních řadách 43 a 55 kW, zapojené do kaskády. Pro výpočet jsou dále použity hodnoty výkonu pro odběrovou teplotu 55 °C, což odpovídá otopné soustavě v BD, vytápění otopnými tělesy při provedení návrhových opatření. Jak je popsáno v kapitole 4.2.2, TČ je vhodné dimenzovat zhruba na 70 % potřebného výkonu. Ideálním rozmezím bude 60-80 %. V případě úseku 5 vchodů to bude 83,52-111,36 kW a v případě úseku se 6 vchody se bude jednat o rozmezí 100,2-133,6 kW. Výsledné hodnoty návrhu jsou sepsány v Tabulka 33.

Tabulka 33 - Dimenzování tepelných čerpadel podle úseků.

Návrh tepelných čerpadel podle úseků				
Úsek BD	Počet TČ 43 kW [ks]	Počet TČ 53 kW [ks]	Celkový navržený výkon [kW]	Poměr pokrytí potřebného výkonu [%]
5 vchodů	2	0	86	63,6
6 vchodů	0	2	110	67,9
celý BD	2	2	205	65,9

Celkový sezónní topný faktor pro obě výkonnostní řady je SCOP = 3,45.



Graf 17 - Průběh výkonu TČ v závislosti na venkovní teplotě

Bivalentní zdroj bude spuštěn po překročení hodnoty bivalentní teploty -5 °C . Tato hodnota pro orientaci odpovídá hodnotě topného faktoru COP = 2,5. Tepelná čerpadla vyšších výkonnostních řad nemívají integrován bivalentní zdroj tepla jako tomu je u menších TČ. K navrženým tepelným čerpadlům bude potřeba navrhnout bivalentní zdroj tepla například v podobě doplňkového elektrokotle.

5 KOMBINACE VARIANT OZE A HODNOCENÍ

Z konkrétních návrhů obnovitelných zdrojů energie v kapitole 4, budou v této kapitole sestaveny varianty a následně zhodnoceny podle vybraných enviromentálních a ekonomických kritérií. Některé z předešlých návrhů nebyly příliš efektivní již v porovnání z hlediska zisku energie, byly to například různá natočení fotovoltaických panelů, nebo použití různých typů solárních termických kolektorů, a z těchto důvodů se jimi v celkovém vyhodnocení zabývat již nebudu. K hodnocení vybírám následující varianty, uvedené v Tabulka 34. Všechny kombinace zahrnují splnění návrhových opatření z kapitoly 3, což je znovu zateplení a instalace vzduchotechniky. Poslední opatření, renovace výměňkové stanice CZT pro vytápění, je zahrnuto pouze v kombinacích A a B, neboť kombinace C počítá s úplným nahrazením zdroje tepla CZT.

Tabulka 34 - Kombinace variant obnovitelných zdrojů energie.

Označení kombinace	Popis kombinace variant
A.	Fotovoltaický systém umístěný na celé ploše střechy a lodžích se zachováním zdroje tepla CZT.
B.	Kombinace solárních systémů fotovoltaických panelů a solárních termických kolektorů s částečným zachováním CZT.
C.	Nahrazení CZT tepelnými čerpadly se současným využitím fotovoltaického střešního a lodžiového systému.

5.1 Enviromentální porovnání

Hodnocení v enviromentálním ohledu dělím na dvě kategorie. První je celková spotřebovaná energie budovou a druhou je primární neobnovitelná energie. Oba parametry dále pro porovnání dělím podle typu využití na energii na vytápění, přípravu TV, provoz vzduchotechnických systémů, spotřebu elektřiny ve společných prostorách a zahrnuji sem také spotřebu elektřiny v bytových jednotkách, která se běžně v energetické náročnosti budovy neuvádí. Důvodem zahrnutí je již výše zmiňovaná možnost vytvoření energetického společenství v rámci BD. Dalším dělením je spotřeba energie podle druhu energonositele. V tomto případě jde o rozdělení na tepelnou energii z CZT, tepelnou energii získanou z OZE, elektřinu a energii okolního prostředí. Toto rozdělení hraje roli především v získání přehledu o spotřebě primární neobnovitelné energie, kdy je každému typu energonositele přidělen vlastní faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů energie. Pomocí tohoto faktoru je přepočtena konečná spotřeba v objektu na spotřebu energie v primárních surovinách. Faktory primární energie z neobnovitelných zdrojů energie jsou stanoveny vyhláškou 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov.

5.1.1 Rozdělení dodané energie do budovy podle typu využití a typu energonositele

Kromě výše zmíněného rozdělení energií dodaných do budovy je zde také kolonka s úsporou energií z OZE, která reprezentuje souhrn využitelných zisků energie, podle druhu použitého OZE. Pro fotovoltaické panely je to elektrická energie, pro solární termické kolektory tepelná energie a pro tepelná čerpadla energie prostředí. Úspora se ve výpočtu projeví odečtením těchto zisků.

Tabulka 35 - Porovnání dodané energie do budovy podle typu využití - Stávající stav a Výchozí stav po navržení opatření pro snížení energetické náročnosti budovy.

Porovnání dodané energie do budovy a získané energie z OZE							
Ergonositel	Vytápění [kWh/rok]	Příprava TV [kWh/rok]	VZT [kWh/rok]	Spotřeba EE ve společných prostorách [kWh/rok]	Spotřeba EE v bytových jednotkách [kWh/rok]	Úspora Energie z OZE [kWh/rok]	Celkem dodaná energie [kWh/rok]
Stávající stav							
Tepelná energie (CZT)	817 311	593 552	-	-	-	-	1 410 863
Elektřina	2 125	1 906	-	18 820	491 409	-	514 260
Energie okolního prostředí	-	-	-	-	-	-	0
Celkem	819 436	595 458	0	18 820	491 409	0	1 925 123
Výchozí stav po provedení návrhových opatření pro snížení energetické náročnosti budovy							
Tepelná energie (CZT)	250 816	593 552	-	-	-	-	844 368
Elektřina	2 125	1 906	30 660	18 820	491 409	-	544 920
Energie okolního prostředí	-	-	-	-	-	-	0
Celkem	252 941	595 458	30 660	18 820	491 409	0	1 389 288

Tabulka 36 - Porovnání dodané energie do budovy podle typu využití - kombinace A, B, C.

Energonositel	Vytápění [kWh/rok]	Příprava TV [kWh/rok]	VZT [kWh/rok]	Spotřeba EE ve společných prostorách [kWh/rok]	Spotřeba EE v bytových jednotkách [kWh/rok]	Úspora využitelné energie z OZE [kWh/rok]	Celkem dodaná energie [kWh/rok]
Kombinace A							
Tepelná energie (CZT)	250 816	593 552	-	-	-	-	844 368
Elektřina	2 125	1 906	30 660	18 820	491 409	-121 038	423 882
Energie okolního prostředí	-	-	-	-	-	-	0
Celkem	252 941	595 458	30 660	18 820	491 409	-121 038	1 268 250
Kombinace B							
Tepelná energie (CZT)	250 816	593 552	-	-	-	-248 820	595 548
Elektřina	2 125	1 906	30 660	18 820	491 409	-73 027	471 893
Energie okolního prostředí	-	-	-	-	-	-	0
Celkem	252 941	595 458	30 660	18 820	491 409	-321 847	1 067 441
Kombinace C							
Tepelná energie (CZT)	-	-	-	-	-	-	0
Elektřina	75 441	178 516	30 660	18 820	491 409	-121 038	673 808
Energie okolního prostředí	177 500	430 788	-	-	-	-608 288	0
Celkem	252 941	609 304	30 660	18 820	491 409	-729 326	673 808

5.1.2 Porovnání celkové dodané energie a celkové primární neobnovitelné energie se stávajícím stavem

K jednotlivým kombinacím OZE, stávajícímu a výchozímu stavu jsou přiřazeny souhrnné hodnoty energie podle energonositelů. K energonositelům jsou, podle vyhlášky 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov, přiřazeny faktory primární energie. Nejvyšším faktorem zde využitím je elektřina s hodnotou 2,6, což znamená spotřebu primární suroviny 2,6x vyšší, než je energie z ní vyrobená a dodaná do budovy. Tento rozdíl reprezentuje ztráty například při nedokonalé přeměně uhlí v tepelných elektrárnách na elektrickou energii, ztráty v rozvodech ke koncovým uživatelům, a jiné. Naproti tomu elektřina získaná z fotovoltaických panelů, využitelná v místě výroby znamená nulovou spotřebu primárních surovin a pokud dojde k distribuci přebytků dodávkou elektřiny mimo budovu, je to hodnoceno záporným faktorem primární energie.

Tabulka 37 - Celková spotřeba podle energonositelů s přiřazeným faktorem primární energie z neobnovitelných zdrojů energie.

Varianta	Tepelná energie z CTZ [kWh/rok]	Elektřina [kWh/rok]	Energie okolního prostředí [kWh/rok]	Přebytky energie z FV panelů, dodávka mimo budovu [kWh]
	Faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů energie			
	1,3	2,6	0	-2,6
Sávající stav	1 410 863	514 260	0	0
Výchozí stav	844 368	544 920	0	0
Kombinace A	844 368	423 882	0	24 008
Kombinace B	595 548	471 893	0	175
Kombinace C	0	673 808	608 288	0

V Tabulka 38 je zobrazeno výsledné porovnání celkové dodané energie a celkové primární neobnovitelné energie se stávajícím stavem, a to jak velikost, tak poměr dosažených energetických úspor. Přebytky energie z FV panelů určené k dodávce mimo budovu se projeví pouze v porovnání primární neobnovitelné energie. V celkové roční dodané energii se počítá jen s využitelnými zisky. Z tohoto porovnání je možné říci, že nejvýhodnější kombinací ze samostatně řešeného environmentálního hlediska je využití obnovitelných zdrojů v kombinaci C s provedením navržených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy. I přes zvýšení spotřeby elektřiny vlivem instalace tepelných čerpadel je kombinace C nejvýhodnější i z hlediska spotřeby primární neobnovitelné energie.

Tabulka 38 - Porovnání celkové roční dodané energie a primární neobnovitelné energie stávajícího stavu s výchozím stavem a kombinacemi návrhů OZE.

Porovnání kombinací návrhu OZE se stávajícím stavem				
Varianta	Celková roční dodaná energie [kWh/rok]	Primární energie z neobnovitelných zdrojů [kWh/rok]	Poměr úspory celkové dodané energie oproti stávajícímu stavu [%]	Poměr úspory primární neobnovitelné energie oproti stávajícímu stavu [%]
Sávající stav	1 925 123	3 171 198	0	0
Výchozí stav	1 389 288	2 514 470	28	21
Kombinace A	1 268 250	2 137 351	34	33
Kombinace B	1 067 441	2 000 679	45	37
Kombinace C	673 808	1 751 901	65	45

Více směrodatnějším porovnáním OZE je porovnání kombinací oproti výchozímu stavu po provedení návrhových opatření, s jejich realizací počítají všechny navržené kombinace. Toto porovnání je shrnuto v Tabulka 39. I v tomto případě se jako nejvýhodnější kombinace jeví kombinace C. V poměru úspory celkové dodané energie jsou rozdíly mnohem markantnější než v poměru primární neobnovitelné energie, což je způsobeno faktem, že v kombinaci A a B dochází pouze ke snížení spotřeby elektřiny výrobou vlastní z FV soustavy, ale v kombinaci C se kromě výroby zvyšuje i spotřeba elektřiny z důvodu provozu tepelných čerpadel.

Tabulka 39 - Porovnání celkové roční dodané energie a primární neobnovitelné energie výchozího stavu s kombinacemi návrhů OZE.

Porovnání kombinací návrhu OZE s výchozím stavem				
Varianta	Celková roční dodaná energie [kWh/rok]	Primární energie z neobnovitelných zdrojů [kWh/rok]	Poměr úspory celkové dodané energie oproti výchozímu stavu [%]	Poměr úspory primární neobnovitelné energie oproti výchozímu stavu [%]
Sávající stav	1 925 123	3 171 198	-	-
Výchozí stav	1 389 288	2 514 470	0	0
Kombinace A	1 268 250	2 137 351	9	15
Kombinace B	1 067 441	2 000 679	23	20
Kombinace C	673 808	1 751 901	51	30

5.2 Ekonomické porovnání

5.2.1 Investiční náklady

Součástí investičních nákladů jsou v případě výchozího stavu následující položky: zateplení objektu ve stanoveném rozsahu, provedení vzduchotechnického systému včetně všech jeho prvků, renovace výměňkové stanice pro vytápění a náklady na provedení veškerých montáží a stavebních prací. V případě kombinací jsou zahrnuty investiční položky instalace kompletních systémů, včetně všech potřebných doplňkových armatur a příslušenství. Investice zahrnuje i montáž a stavební práce. Jednotlivé hodnoty jsou stanoveny z aktuálních cen technických systémů a investičních rozpočtů projektů podobného rozsahu.

Tabulka 40 - Investiční náklady.

Položka počáteční investice	Výchozí stav	Kombinace A	Kombinace B	Kombinace C
Zateplení objektu	15 239 588	15 239 588	15 239 588	15 239 588
Systém VZT	5 667 607	5 667 607	5 667 607	5 667 607
Renovace VS	300 000	300 000	300 000	-
FV systém	-	8 374 100	6 900 600	8 374 100
Solární termický systém	-	-	6 336 200	-
Systém TČ	-	-	-	2 698 000

5.2.2 Provozní náklady

Pro stanovení ročních provozních nákladů jsou souhrnné hodnoty energonositelů pro dané kombinace vynásobeny cenou za 1kWh pro příslušný energonositel. Ceny byly stanoveny následujícím způsobem. Cena dálkového tepla CZT je převzata ze zdroje (23), jako běžná cena tepelné energie pro rok 2023. Ceny elektrické energie jsou stanoveny průměrem cen jednotlivých spotřeb dostupné v databázi zdroje (24), aktualizované ke dni 4.5.2023. Roční provozní náklady jsou stanoveny přepočtem z projektů podobných rozměrů.

Dálkové teplo CZT:	3,57 [Kč/kWh]
Elektrická energie:	8,47 [Kč/kWh]
EE pro tepelné čerpadlo:	6,52 [Kč/kWh]

Tabulka 41 - Provozní náklady kombinací systémů OZE.

Varianta	Provozní náklady					
	Roční náklady na dodané energie [Kč/rok]			Roční náklady na servis a údržbu TZB a OZE [Kč/rok]	Celkem provozní náklady [Kč/rok]	Úspora provozních nákladů [%]
	CZT	EE (D02d)	EE (D56d)			
	3,57	8,47	6,52			
Sávající	5 036 781	4 355 782	0	5 000	9 397 563	0
Výchozí	3 014 394	4 615 472	0	10 000	7 639 866	19
A	1 097 678	3 590 281	0	30 000	4 717 959	50
B	2 126 106	3 996 934	0	40 000	6 163 040	34
C	0	4 581 330	1 655 800	40 000	6 277 130	33

5.2.3 Doba návratnosti

Výpočet doby návratnosti bude stanoven dvěma způsoby, jako prostá doba návratnosti a diskontovaná doba návratnosti, která je založena na diskontovaném peněžním toku (25).

Tabulka 42 - Souhrn nákladů a určení doby návratnosti prosté a reálné.

Varianta	Počáteční investice bez započtení výchozího stavu [Kč]	Celková počáteční investice IN [Kč]	Provozní náklady [Kč/rok]	Roční úspora nákladů CF [Kč/rok]	Prostá doba návratnosti Ts	Diskontovaná doba návratnosti Tds
Sávající	0	0	9 397 563	0	-	-
Výchozí	0	21 207 195	7 639 866	1 757 697	12	15
A	8 374 100	29 581 295	4 717 959	4 679 604	6	7
B	13 236 800	34 443 995	6 163 040	3 234 523	11	13
C	11 072 100	31 979 295	6 277 130	3 120 433	10	12

5.2.4 Přepočít investičních a provozních nákladů na domácnost

Tabulka 43 - Přepočít nákladů na jednu bytovou jednotku.

Přepočít provozních nákladů na domácnost			
Varianta	Roční provozní náklady domácnosti [Kč/rok]	Měsíční provozní náklady domácnosti [Kč/měsíc]	Přepočít počátečních investičních nákladů na domácnost [Kč]
Sávající stav	40 682	3 390	0
Výchozí stav	33 073	2 756	91 806
Kombinace A	20 424	1 702	128 058
Kombinace B	26 680	2 223	149 108
Kombinace C	27 174	2 264	138 439

5.3 Multikriteriální hodnocení

Multikriteriální hodnocení je provedeno na základě váženého součtu podle normalizovaných kritérií. Formulace kritérií je uvedena v následující tabulce. Kritériím jsou přiřazeny váhy podle důležitosti, které jsou určeny s ohledem na potřeby investora.

Tabulka 44 - Zvolení kritérií pro hodnocení.

Ozn.	Popis kritéria	Měrná jednotka	Typ kritéria	Váha kritéria
K1	Celková dodaná energie do budovy za rok	kWh/rok	minimalizační	20
K2	Primární energie z neobnovitelných zdrojů za rok	kWh/rok	minimalizační	20
K3	Roční provozní náklady	Kč/rok	minimalizační	30
K4	Diskontovaná doba návratnosti	roky	minimalizační	30

Tabulka 45 - Multikriteriální hodnocení.

Kritérium		Kombinace A	Kombinace B	Kombinace C
Kritérium 1	Hodnota	1 268 250	1 067 441	673 808
	Užitnost	0	0	20
Kritérium 2	Hodnota	2 137 351	2 000 679	1 751 901
	Užitnost	0	0	20
Kritérium 3	Hodnota	4 717 959	6 163 040	6 277 130
	Užitnost	30	0	0
Kritérium 4	Hodnota	7	13	12
	Užitnost	30	0	0
Celkem		60	0	40
Výsledné pořadí kombinace OZE		1.	3.	2.

Po vyhodnocení výsledků zvoleného multikriteriálního hodnocení je jako nejvýhodnější kombinace pro realizaci vyhodnocena kombinace A, tedy provedení návrhových opatření pro snížení spotřeby energie a navržení systému OZE v podobě fotovoltaického střešního a lodžiového systému. Kombinace A zcela dominuje ekonomickým kritériím hodnocení, která jsou pro z hlediska investora záměrně nadhodnocena oproti enviromentálním kritériím. Pokud by bylo řazení kritérií opačné a enviromentální kritéria by byla upřednostněna, bude nejvýhodnější variantou kombinace C, zmíněná návrhová opatření, nahrazení zdroje tepla za tepelná čerpadla a instalace fotovoltaických systémů v rozsahu střechy a lodžii.

5.4 Technická proveditelnost navržených opatření a systémů OZE

Navržená opatření jsou technicky proveditelná při dodržení požadavků norem, vyhlášek a zákonů, týkající se jednotlivých částí navržených opatření a systémů OZE.

V rozsahu navržených systémů se budou stavební práce na provedení týkat především úpravy stoupacích šachet, nikoliv z hlediska velikosti, ale provedení nebo úpravu prostupů potrubí šachtou, která momentálně zahrnuje protipožární ukončení v jednotlivých patrech. Zároveň budou vytvořeny nové prostupy v jedné z komor ve společných prostorách, která se opakuje v každém podlaží. V případě navrženého systému jsou navíc nutné úpravy v rámci bytových jednotek, týkajících se umístění rozvodného potrubí a podhledu.

Umístění systémů OZE podléhá předchozímu statickému výpočtu na únosnost všech dotřených konstrukcí a provedení případných doporučených úprav.

Problematické by mohlo být provedení umístění doplňkových prvků – teplovodních zásobníků při ohřevu TV solárními kolektory nebo tepelným čerpadlem, kde by byly nutné další stavební práce. Velikost zásobníků je pro zařazení do aktuálního stavu rozděleného na přípravu TV pouze ve 2 vchodech pro všech 11 vchodů, příliš velká a muselo by zde být umístěno více menších zásobníků. V úvahu by v tomto případě přicházela i úprava otopné soustavy, kde by zdroj tepla a rozvody v 1.PP byli omezeni jen na jeden vchod.

Příklad možného způsobu technického provedení systémů v jednotlivých kombinacích a opatřeních je uveden v příloze 1 – projektové dokumentaci, která obsahuje technickou zprávu projektu a výkresovou dokumentaci vybraných částí projektu.

6 KONCEPT SDÍLENÍ ENERGIE Z OZE V ŠIRŠÍM ÚZEMÍ

Podle multikriteriálního hodnocení, byla jako nejvýhodnější kombinace hodnocena kombinace A složená čistě z fotovoltaického systému. Tento systém bude možný využít za předpokladu založení energetického společenství v rámci bytového domu. Podle provedené hodinové analýzy má instalace fotovoltaiky v tomto rozměru roční přebytky vyrobené energie ve výši 24 080 kWh.

Nový návrh energetického zákona se kromě legislativy ohledně energetického společenství v bytovém domě věnuje také energetickému společenství vytvořeném pro větší územní celek jako jsou obce, menší města nebo městské části. Poslední kapitola této práce se věnuje rozboru možnosti využití metodiky komunitní energetiky v území sídliště Prosek, kterého je součástí řešený bytový dům.

6.1 Princip komunitní energetiky ve městech a obcích

Principem vytvoření energetických společenství je snížení energetických nákladů veřejných objektů a umožnění vstupu dalším obyvatelům a ostatním subjektům ve vymezené lokalitě společenství. Aktivním zapojením do energetické komunity je možné získat konkurenční výhody a vytvořit stabilní prostředí pro místní komunitu. Komunitní energetika se nemusí nutně týkat pouze OZE ve formě fotovoltaiky. Stejného principu může být využito s jakýmkoliv zařízením OZE jako jsou větrné turbíny, nebo biomasa a bioplynové stanice s kogeneračními jednotkami. Obytné budovy a jiné provozy s vlastním systémem OZE a přebytky se tak můžou zapojit a poskytovat energii v rámci komunity, zatím myšleno hlavně veřejným budovám v lokalitě.

Základem vytvoření energetického společenství je zmapování vytyčeného území a zjištění možných odběrných míst s jejich spotřebou a výrobních ploch s jejich přebytky. Energetická bilance mezi výrobou a spotřebou bude vyrovnána za celé energetické společenství a přebytky elektrické energie budou do distribuční sítě podle pravidel energetického trhu. Chybějící dodávka elektrické energie pak bude řešena standartně. Vyhodnocování kontinuálního procesu bude probíhat za měřicí periodu 15 minut. (16).

6.2 Mapování sídliště

Jako hranici území navrženého společenství považují hranici sídliště. Pro upřesnění, řešené sídliště pod názvem Prosek zahrnuje katastrální území Střížkov a Prosek, společenství bude vztaženo k oběma katastrálními územím. Jelikož bylo celé navrženo a zbudováno v jednom časovém období, mapování odběrných a výrobních míst je zde podstatně zjednodušeno. Celá tato analýza bude pouze orientačního charakteru možného využití energetického společenství v oblasti, nikoliv přesným mapováním se směrodatnými hodnotami. Pro účely analýzy výroby a spotřeby využijí příkladu řešeného bytového domu v této práci a implementují získané výsledky na typově podobné obytné budovy v rámci sídliště pomocí plošných výměr.



Obrázek 26 - Rozčlenění ploch sídliště.

6.2.1 Bilance ploch sídliště

Bytové domy s potenciálem pro využití OZE v podobě FV systémů jsou označeny na schématu a rozděleny na 3 typy podle velikosti. Informace o objektech jsou shrnuty v následující tabulce. Zároveň jsou zde vypočteny orientační roční přebytky z těchto BD, které budou k dispozici odběrným místům. Každému typu bytového domu je přiřazena hodnota ročních přebytků EE. Tato hodnota vychází z typového bytového domu 1, který je předmětem této práce. Ostatní bytové domy jsou mu velmi podobné a mají pouze rozdílný počet podlaží, šířku a hustší umístění lodžii. Z tohoto důvodu jsou pro další 2 typové bytové domy stanoveny odchylky pro možné větší využití FV systémů. Celková hodnota ročních přebytků všech zahrnutých BD, která může být distribuována odběrným místům v rámci energetického společenství je 1 085 887 kWh/rok.

Tabulka 46 - Bilance ploch sídliště, výrobní místa.

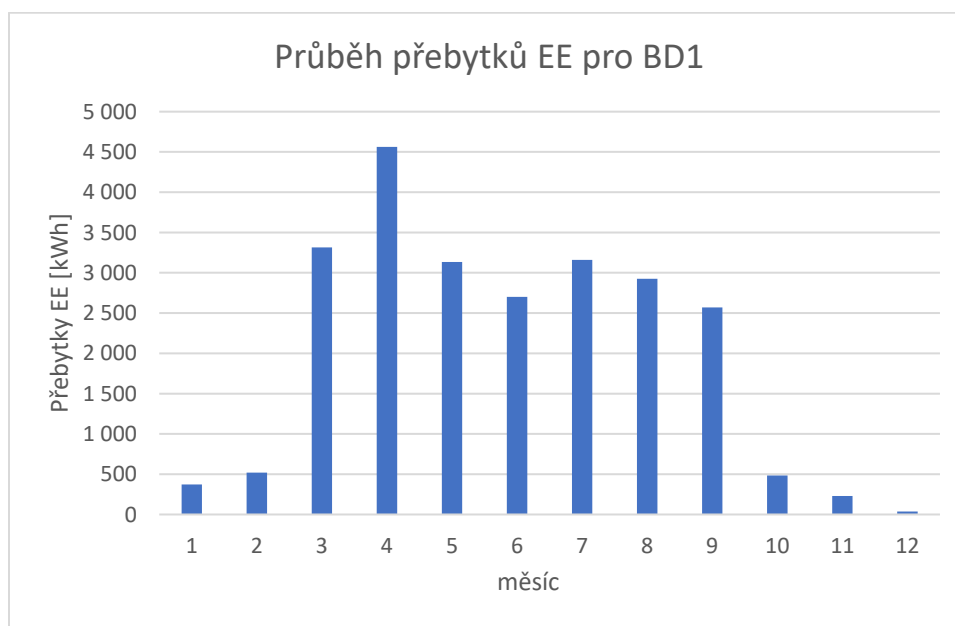
Bilance ploch - VÝROBNÍ			
Označení	BD 1	BD 2	BD 3
Poč. BD	15	9	10
Počet podlaží	7	11	8
Počet vchodů	11	14	9
Poč. bytů na patro a vchod	3	3	3
Počet bytů v BD	231	264	378
Délka BD [m]	198	252	160
Šířka BD [m]	10	14	13
plocha střechy [m ²]	1 980	3 465	2 040
celková podlahová plocha [m ²]	13 860	38 115	16 320
Roční přebytky EE kWh/m ² plochy střechy	12,2	14,8	12,8
Roční přebytky EE všech BD [kWh/rok]	361 200	462 697	261 990
Roční přebytky celkem [kWh/rok]	1 085 887		

Dále jsou stanoveny odběrná místa, omezená zatím pouze na budovy veřejného sektoru v lokalitě, jako jsou školská zařízení, budovy státní správy a zdravotnická zařízení. Těmto budovám, označeným jako odběrové, jsou přiřazeny orientační spotřeby EE v kWh/m² podlahové plochy za rok. Tyto hodnoty jsou sestaveny z průměrných hodnot roční spotřeby EE v budovách se stejným provozem. Hodnoty jsou pouze orientační, skutečné spotřeby EE se mohou lišit. Výsledná roční spotřeba všech vyznačených budov v lokalitě je 2 593 303 kWh/rok.

Tabulka 47 - Bilance ploch sídliště, odběrná místa.

Bilance ploch - ODBĚROVÉ					
označení	Plocha jednoho podlaží všech budov [m ²]	počet podlaží	celková podlahová plocha [m ²]	Orientační spotřeba EE [kWh/m ² za rok]	Orientační celková spotřeba EE
ZŠ, SŠ	32 825	2	65 650,00	20,00	1 313 000
MŠ	10 670	1	10 670,00	19,30	205 931
Státní správa	2 692	3	8 076,00	13,90	112 256
Zdravotnická zařízení	7 759	4	31 036,00	31,00	962 116
Celkem	-	-	115 432,00	-	2 593 303

Z celkové bilance výrobních a odběrných míst vyplývá, že při možnosti distribuce přebytků veřejným budovám, by mohla být pokryta roční spotřeba EE ve výši až 41 %. Skutečné využití přebytků by opět záviselo na současnosti výroby a spotřeby a zároveň na průběhu výroby během roku. Velkou výhodou budov veřejného sektoru je provoz od ranních do odpoledních hodin, což je i čas slunečního svitu, tedy výrovy EE. Dále tu ale budou výkyvy během roku. Například o průběhu spotřeby ve školských budovách je možné říci, že v letních měsících, v době nejvýznamnější výroby, bude spotřeba téměř nulová. V zimních měsících pak výroba rozhodně nenaplní požadavky spotřeby. Ostatní budovy jsou ale v provozu celoročně.



Graf 18 - Průběh přebytků EE na příkladu typového BD 1.

6.3 Shrnutí analýzy komunitní energetiky sídliště

Analýza sdílení energie v širším území ukazuje nezanedbatelný potenciál pro snížení spotřeby elektrické energie v odběrných budovách až o 41 %.

Z hlediska výhod v zatím navržené metodice by mohlo být využití komunitní energetiky v území zajímavé pro stranu odběru i výroby. Pro členy energetických společenství by to znamenalo například úspory z regulovaných poplatků. Výše úspory je závislá na způsobu připojení zdrojů a blízkosti jednotlivých odběrných míst. Nejvyšší úspory pak dosahují odběry, do kterých je přímo připojena lokální výroba (16).

Komunitní energetika by v této lokalitě výraznou měrou přispěla ke snížení energetické závislosti a tím zvýšení energetické bezpečnosti. Decentralizovaná výroba energie z obnovitelných zdrojů zároveň přispívá ke snížení spotřeby neobnovitelných zdrojů, fosilních paliv a tím i ke snížení emisí CO₂. Analýza se zabývá pouze částí budov, které jsem stanovila jako nejvýhodnější v tomto směru pro instalaci OZE. Budov v lokalitě je však mnohem více a energetický potenciál lokality by mohl být po podrobném přezkoumání vyšší.

7 DISKUSE

Z navržených opatření pro snížení energetické náročnosti, ať už stanovenými výchozími opatřeními jako je zateplení a instalace vzduchotechnického systému, nebo instalací obnovitelných zdrojů energie v bytovém domě, je patrný velký potenciál pro možné energetické i ekonomické úspory. I přes závěrečná hodnocení opatření není možné naprosto objektivně určit výhodnější variantu, jelikož vždy bude záviset na váze zvolených kritérií. V tomto ohledu bude mít konečné slovo investor projektu. Ani jedno z opatření naopak výrazně nezaostává, a to ani co se technického provedení týká.

Celá koncepce navržených opatření ovšem v praxi zaznamená jedenu výraznou potíž a tou je schválení provedení opatření všemi majiteli bytových jednotek v rámci společenství vlastníků jednotek. Opatření totiž nejsou možná provést pouze v části bytů, jelikož například projekt vzduchotechniky se dotkne všech bytů. Zároveň se jedná o nemalou investici, která by zatížila rozpočet společného fondu, nejspíše i úvěrem. Argumentem pro provedení je ona nemalá úspora, která například v kombinaci umístění kompletní fotovoltaiky znamená roční úsporu na bytovou jednotku až 50 % a vrácení investičních nákladů již po 7 letech provozu. S dnešními nejistými podmínkami v energetickém průmyslu je navíc výhoda větší energetické nezávislosti lákavější než kdy dříve.

Určitou diskusi může vyvolat i odpojení od dálkového zdroje tepla CZT, které je možné využívat bez dalších potřebných prvků nebo větší údržby. Zároveň je dálkové teplo v porovnání s ostatními zdroji zatím ještě relativně levné. Odůvodněním odpojení může být zaprvé budoucí předpokládaný nárůst ceny tohoto zdroje tepla (stejně jako všech ostatních zdrojů) a zadruhé vyšší energetická úspora v podobě tepelných čerpadel, zvláště, pokud je k ní přidána právě energie z fotovoltaického systému, ze které je možné tepelné čerpadlo ze značné části provozovat. V neposlední řadě je instalace nízkoteplotního zdroje tepla logickým krokem při provedení opatření snížení energetických potřeb budovy jako je zateplení a instalace vzduchotechnického systému se zpětným získáváním tepla. Stávající dálkové teplo z horkovodu má neoddiskutovatelnou výhodu v potřebě vysokých teplot na vytápění, která ovšem se snížením této teploty mizí.

Relativně nový pohled do oblasti decentralizace energetiky s použitím obnovitelných zdrojů energie vnáší možnosti nově navrhované legislativy v podobě komunitní energetiky, který je například v dalších státech evropské unie několikrát realizován. Ať už by se opatření v rámci této oblasti týkala založení energetického společenství v rámci bytového domu, nebo širšího území mělo by to své energetické i ekonomické přínosy. Příkladem je využití zde navrženého fotovoltaického systému, který by po zavedení energetického společenství mohli využívat i obyvatelé bytů pro vlastní spotřebu. Bez zavedení společenství by byla tato energie využitelná pouze pro spotřebu na provoz budovy, což jak ukazují reálná data spotřeby, tvoří jen minimální část ze skutečného potenciálu výroby energie při využití celého objektu. Díky této možnosti, která by mohla být v dohledné době realizovatelná je možné do celkové analýzy spotřeby energie zahrnout právě spotřebu v bytových jednotkách, která, jak je vidět v celkové bilanci, není zanedbatelná. V běžné energetické náročnosti budovy se s ní však nepočítá. Touto

situací se práce od běžných analýz a projektů na snížení energetické spotřeby objektu liší a dá se říci, že zahrnutí této spotřeby zhoršuje obecně chápaný stávající stav a ruku v ruce s tím jsou i energetické úspory, které by poměrově bez zahrnutí spotřeby v domácnostech mohly být vyšší. Nezahrnutí této spotřeby v projektech má své opodstatnění, kdy by musela být známá reálná spotřeba všech bytových jednotek, což ve spoustě případů není jednoduché zjistit. Zároveň zde musí připomenout fakt že ani já nevycházím ze skutečných naměřených spotřeb, nýbrž z aktuálních statistických dat, která se i v rámci řešeného objektu budou byt od bytu měnit v závislosti na obsazenosti a potřebách obyvatel.

Nakonec bych zde zmínila možnost a zároveň doporučení na čerpání dotací při provedení úsporných opatření a instalaci obnovitelných zdrojů energie. Jedním z možností je využití programu Ministerstva životního prostředí administrovaný státním fondem životního prostředí ČR pod názvem „Nová zelená úsporám“. Dotace v této formě je možné čerpat například na zateplení objektu či případnou výměnu oken. Dotace tohoto typu jsou podmíněny splněním a prokázáním požadavků na hodnoty určitých kritérií. V případě zateplení je nutné splnit požadavky na doporučený součinitel prostupu tepla měněných konstrukcí nebo průměrný součinitel prostupu tepla v závislosti na žádané výši dotace. Další dotace pro bytové domy je možné získat při instalaci fotovoltaického systému, solárního termického systému nebo při využívání odpadního tepla. Navíc se žádosti na dotace na více provedených opatření mezi sebou nevyklučují.

8 ZÁVĚR

Práce naplňuje své cíle v podobě návrhu možností obnovitelných zdrojů energie a tím snížení energetických spotřeb bytového domu. Jednotlivá řešení jsou navržena po předchozí analýze stávajícího stavu a zjištění možností a potenciálu budovy pro různé typy úspor. Navržená variantní řešení jsou porovnána mezi sebou stanovenými energetickými ukazateli a následně hodnocena z hlediska ekonomické a technické proveditelnosti. Jelikož není zcela objektivně možné určit nejvýhodnější variantní řešení, protože o jejím vyhodnocení budou vždy rozhodovat uměle zvolené parametry, podrobnější zpracování v projektové dokumentaci se týká všech navržených variantních řešení, které jsou v práci označovány jako kombinace obnovitelných zdrojů.

Již v analýze stávajícího stavu přidávám mezi hodnoty energetické spotřeby budovy i hodnotu spotřebované elektrické energie v bytových jednotkách, což je pro analýzy tohoto typu nezvyklé. Tato spotřeba byla stanovena ze statistických dat a je s ní uvažováno z důvodu možného lepšího využití potenciálu dále navržených OZE.

Za nedílnou součást návrhu obnovitelných zdrojů je považována předchozí úprava stávajícího stavu budovy ve formě návrhu možného snížení energetických spotřeb. To provádím i já v kapitole možnosti snížení spotřeb energie, které jsou navrženy nezávisle na provedení obnovitelných zdrojů energie. Navržení těchto spotřeb nazývám jako výchozí stav a snížení energie pomocí systémů OZE je navrženo právě na tyto hodnoty. Opatření pro snížení spotřeby energie stejně jako pozdější návrh OZE podléhá variantnímu řešení výběru vhodné varianty. Tyto varianty byly porovnány pouze na základě energetického hodnocení a ani zde nejsem ve výběru příliš objektivní, neboť pokud by výběr varianty podléhal pouze maximální možné energetické úspoře, nemělo by to při určitých opatřeních logický smysl. Například je zřejmé, že návrh výměny oken způsobí nemalou energetickou úsporu, ale při stávajícím dobrém stavu oken a relativně nedávné výměně není rozumné je v současnosti měnit. Zvolení nuceného systému větrání s rekuperací je naopak zvoleno zaprvé z důvodu zřejmých úspor a zadruhé, i přes zřejmý nekomfort obyvatel při instalaci, se dá říci, že se jedná o standartní věc v nové výstavbě a stávající budovy by tím mohly lépe docílit současných požadavků na vnitřní prostředí.

Po zvolení varianty výchozího řešení byly navrženy nejprve samostatné systémy OZE v jejich různých provedeních, které se eliminovali mezi sebou a následně došlo k sestavení kombinací OZE, které se jeví jako výhodnější v rámci samotných druhů zdrojů. Variantní řešení se týká 2 zvolených oblastí systémů OZE, stanovených pro jejich vhodnost užití v konkrétním případě bytového domu. Těmito oblastmi jsou využití sluneční energie pro získání tepelné energie pomocí fototermických solárních kolektorů a získání elektrické energie využitím fotovoltaických panelů. Druhou zvolenou oblastí je energie okolního prostředí využitá návrhem tepelných čerpadel. Po provedení návrhu byly kombinace porovnány při stanovení 2 energetických a 2 ekonomických parametrů a vyhodnoceny v multikriteriálním hodnocení. Z navrženého hodnocení jde určit vítěznou variantu, kterou je kombinace A – navržení fotovoltaického systému v uvedeném rozsahu, avšak jak již bylo řečeno, varianta vítězí z důvodu nastavených kritérií, které ale berou větší ohled na investora budoucího projektu.

Navržená opatření jsou zhodnocena jako technicky proveditelná a v částečné míře vyprojektovaná v příloze práce. Na závěr práce uvádím ještě analýzu využití přebytků

energie, které vzniknou realizací vybrané kombinace A. Analýza se týká využití komunitní energetiky, které bylo využito již při návrhu kombinace A, pouze ve větším měřítku. Přebytky by dle této analýzy mohli být využity ve stanovené lokalitě označované jako energetické společenství podle nového návrhu energetického zákona. Tento rozbor uvádí zajímavé výsledky využití přebytků při aplikaci zvolené kombinace návrhu OZE na zmapovaném větším územním celku sídliště, pro který je typická stejná nebo podobná zástavba a zároveň se v lokalitě nachází množství odběrných míst pro přebytky.

Výsledkem této práce je zjištěný významný potenciál pro energetické úspory řešeného objektu a zároveň potenciál na snížení ekologických dopadů spotřeby energie v bytovém době. Vzniklé návrhy mohou být použity jako podklady pro projektování konkrétního řešení s již uceleným přehledem o stávajícím stavu a možnostech využití obnovitelných zdrojů s informací o jejich dopadech. Práce zároveň ukazuje a zkoumá více forem užití OZE, než která se běžně v praxi objevují.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Letecký pohled na sídliště Prosek. Zdroj: (3)	16
Obrázek 2 - Typické sekce BD. Zdroj: (33).....	17
Obrázek 3 - Skladba stěnových konstrukcí v roce výstavby 1964. Zdroj: (4).....	17
Obrázek 4 - Pohled na řešení BD. Zdroj: (27)	18
Obrázek 5 - Situace BD. Zdroj: (32).....	18
Obrázek 6 - Zónování typického 1.NP.....	19
Obrázek 7 - zónování typického podlaží 2-7.NP.....	20
Obrázek 8 - Zónování 1.PP s umístěním VS.....	20
Obrázek 9 - Fotodokumentace z místního šetření-obálka budovy. Zdroj: (27)	22
Obrázek 10 - Fotodokumentace z místního šetření-obálka budovy. Zdroj: (27)	23
Obrázek 11 - Fotodokumentace současného stavu z místního šetření TZB. Zdroj: (27)	24
Obrázek 12 - Fotodokumentace současného stavu z místního šetření TZB. Zdroj: (27)	25
Obrázek 13 - Vliv sklonu a orientace plochy na denní dávku slunečního záření. Zdroj: (13).	45
Obrázek 14 - Základní součásti solárního termického kolektoru (plochý kolektor). Zdroj: (13).	46
Obrázek 15 - Teoretický průběh využitelných tepelných zisků a skutečně využitých zisků solární soustavy při různém solárním pokrytí (orientační příklad). Zdroj: (13).	48
Obrázek 16 - Skladba FV článku a proces fotovoltaického jevu. Zdroj: (14).....	49
Obrázek 17 – Model LEX OZE II., sdílení energie v energetickém společenství. Zdroj: (16).....	50
Obrázek 18 - Zjednodušené schéma tepelného čerpadla. Zdroj: (13).	52
Obrázek 19 – Zjednodušené schéma umístění solárního termického systému	54
Obrázek 20 - Příklad výpočtu bilance solárních kolektorů ve výpočtovém nástroji ze zdroje (18).	55
Obrázek 21 - Zjednodušené schéma umístění FV systému na lodžích, JV strana objektu.	58
Obrázek 22 - Zjednodušené schéma umístění FV systému na střeše objektu.	59
Obrázek 23 - Příklad výpočtu v online výpočtovém softwaru PVGIS. Zdroj: (19).....	59
Obrázek 24 - Zjednodušené schéma FV systému na lodžích pro společnou variantu. .	64
Obrázek 25 - Zjednodušené schéma umístění FV a solárního termického systému na střeše objektu pro společnou variantu.	64
Obrázek 26 - Rozčlenění ploch sídliště.	82

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - základní parametry objektu.	18
Tabulka 2 - Hodnoty U [W/m ² *K] konstrukcí. Zdroj: (5)	21
Tabulka 3 - Reálná roční spotřeba EE ve společných prostorách BD.	28
Tabulka 4 - celková roční spotřeba EE v BD	29
Tabulka 5 - Výsledné hodnoty tepelné ztráty budovy.	29
Tabulka 6 - Reálné měsíční spotřeby tepelné energie na vytápění za rok 2012.	30
Tabulka 7 - Reálné měsíční spotřeby tepelné energie na přípravu TV za rok 2012.	31
Tabulka 8 - Porovnání ročních spotřeb energie podle typu užití.	31
Tabulka 9 - porovnání spotřeb podle druhu energie.	32
Tabulka 10 - Návrhové hodnoty U [W/m ² *K]	33
Tabulka 11 - Návrhová hodnota Uem [W/m ² *K], porovnání s návrhovou a referenční hodnotou.	34
Tabulka 12 - Hodnoty hodinové spotřeby TV během typických dnů v BD na jednu osobu. Zdroj: (2).	37
Tabulka 13 - Popis navržených opatření pro snížení celkové spotřeby energie.....	38
Tabulka 14 - Rozbor energetických vstupů opatření a porovnání podle celkové dodané energie.	39
Tabulka 15 - Rozbor energetických vstupů kombinací opatření a jejich porovnání podle celkové dodané energie.	40
Tabulka 16 - Porovnání spotřeb energií po provedení zvolených opatření.	42
Tabulka 17 - Porovnání spotřeb podle druhu energie po provedení zvolených opatření.	43
Tabulka 18 - Vývoj podílu hrubé konečné spotřeby obnovitelně energie. Zdroj: (12). ...	44
Tabulka 19 - Maximální dávky dopadlé sluneční energie v ročních obdobích. Zdroj: (13).	45
Tabulka 20 - Účinnosti a ztráty nejběžnějších typů solárních kolektorů. Zdroj: (13).	47
Tabulka 21 - Parametry zvolených solárních termických kolektorů.	54
Tabulka 22 - Využitelné tepelné zisky solárních termických soustav po měsících.	56
Tabulka 23 - Výsledné hodnoty návrhu solárních termických soustav.	57
Tabulka 24 - Parametry zvolených fotovoltaických panelů.	58
Tabulka 25 - Varianty umístění FV systémů.....	60
Tabulka 26 - Vypočtené využitelné zisky jednotlivých FV systémů.....	60
Tabulka 27 - výsledné hodnoty návrhu FV systémů.	62
Tabulka 28 - Parametry návrhu OZE současně pro solární termický systém a FV systém.	65
Tabulka 29 - Souhrn využitelných energetických zisků solárních soustav po měsících.	66
Tabulka 30 - Energetické úspory společného řešení obou typů solárních soustav.	66
Tabulka 31 - Návrh velikosti zásobníku TV a potřebného výkonu pro její ohřev.	68
Tabulka 32 - Výsledné hodnoty výkonu pro dimenzování TČ.	69
Tabulka 33 - Dimenzování tepelných čerpadel podle úseků.....	69
Tabulka 34 - Kombinace variant obnovitelných zdrojů energie.....	71
Tabulka 35 - Porovnání dodané energie do budovy podle typu využití - Stávající stav a Výchozí stav po návržení opatření pro snížení energetické náročnosti budovy.	72
Tabulka 36 - Porovnání dodané energie do budovy podle typu využití - kombinace A, B, C.	73

Tabulka 37 - Celková spotřeba podle energonositelů s přiřazeným faktorem primární energie z neobnovitelných zdrojů energie.....	74
Tabulka 38 - Porovnání celkové roční dodané energie a primární neobnovitelní energie stávajícího stavu s výchozím stavem a kombinacemi návrhů OZE.....	75
Tabulka 39 - Porovnání celkové roční dodané energie a primární neobnovitelní energie výchozího stavu s kombinacemi návrhů OZE.....	75
Tabulka 40 - Investiční náklady.....	76
Tabulka 41 - Provozní náklady kombinací systémů OZE.	77
Tabulka 42 - Souhrn nákladů a určení doby návratnosti prosté a reálné.....	77
Tabulka 43 - Přepočet nákladů na jednu bytovou jednotku.	78
Tabulka 44 - Zvolení kritérií pro hodnocení.	78
Tabulka 45 - Multikriteriální hodnocení.	79
Tabulka 46 - Bilance ploch sídliště, výrobní místa.	83
Tabulka 47 - Bilance ploch sídliště, odběrná místa.	84

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Průběh spotřeb EE v bytových jednotkách během všedního dne.	26
Graf 2 - Průběh spotřeb EE v bytových jednotkách během víkendového dne.....	27
Graf 3 - Průběh spotřeb EE v bytových jednotkách po měsíčních intervalech.....	27
Graf 4 - Reálný průběh spotřeby tepla v měsíčních intervalech.	30
Graf 5 - Porovnání ročních spotřeb energie BD po dle účelu využití.	32
Graf 6 - Poměr spotřeby BD podle druhu použité energie.	32
Graf 7 - Hodinový průběh spotřeby TV v BD.....	38
Graf 8 - Poměr spotřeby energií po provedení zvolených opatření.....	42
Graf 9 - Poměr potřeby podle druhu energie po provedení zvolených opatření.....	43
Graf 10 - Souvislost mezi instalovanou plochou solárních kolektorů, solárním podílem a měrnými využitými zisky solární soustavy pro přípravu teplé vody (orientační příklad). Zdroj: (13).....	47
Graf 11 - Roční průběh celkových zisků solárních soustav.	57
Graf 12 - Roční průběh energetických zisků FV systémů.	61
Graf 13 - Energetické zisky FV systémů ve všední den zimní.	62
Graf 14 - Energetické zisky FV systémů ve všední den letní.	63
Graf 15 - Energetické zisky FV systémů ve víkendový den zimní.	63
Graf 16 - Energetické zisky FV systémů ve víkendový den letní.....	63
Graf 17 - Průběh výkonu TČ v závislosti na venkovní teplotě	70
Graf 18 - Průběh přebytků EE na příkladu typového BD 1.....	84

POUŽITÁ LITERATURA / PODKLADY

1. Tywoniak, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha : Grada, 2012. IBSN 978-80-247-3832-1.
2. Ministerstvo průmyslu a obchodu. *www.mpo.cz*. [Online] 2022. [Citace: 23. 3 2023.] <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/prohlaseni-k-vyuzivani-hodinovych-klimatickych-dat-pri-vypoctu-energeticke-narocnosti-budov--270834/>.
3. Architecture week. *www.architectureweek.cz*. [Online] [Citace: 23. 3 2023.] <https://www.architectureweek.cz/sidliste-prosek-2/>.
4. Petr Kučera, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. *KUČERA, Petr a Ministerstvo průmyslu a obchodu. Sekce stavebnictví. Komplexní regenerace panelových domů stavební soustavy T 08B: z hlediska tepelné techniky, stavební akustiky, požární bezpečnosti a technického zařízení budov*. Praha : pro Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR vydalo Informační centrum ČKAIT, 2000. IBSN 80-86364-29-1.
5. Českolipská, 381-391 SVJ. *Podklady stávajícího stavu BD*.
6. Český statistický úřad. *www.czso.cz*. [Online] 2017. [Citace: 28. 3 2023.] <https://www.czso.cz/csu/czso/prumerne-rocni-spotreby-a-penezni-vydani>.
7. OTE. *www.ote-cr.cz*. [Online] 2022. [Citace: 28. 3 2023.] <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektřiny/normalizovane-tdd?date=2022-12-01>.
8. © katedra technických zařízení budov, Fakulta stavební, ČVUT v Praze 2021. NKN Fsv ČVUT. *www.nkn.fsv.cvut.cz*. [Online] 2021. [Citace: 29. 3 2023.] <http://nkn.fsv.cvut.cz/>.
9. Multi-VAC, spol. s.r.o. *www.tzb-info.cz*. *TZB - info*. [Online] 18. 9 2020. [Citace: 5. 4 2023.] <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/21155-vetrani-rodinnych-a-bytovych-domu-proc-se-jim-zabyvat>.
10. ČSN 73 0331 - Energetická náročnost budov - typické hodnoty pro výpočet. 2020.
11. Petráš, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava : Jaga, 2008. IBSN 978-80-8076-069-4.
12. Ministerstvo průmyslu a obchodu. *www.mpo.cz*. [Online] 6. 1 2023. [Citace: 6. 4 2023.] https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/podil-obnovitelnych-zdroju-energie-na-hrube-konecne-spotrebe-energie-2010_2021--271879/.
13. Matuška, Tomáš. *Alternativní zdroje energie. Učební texty pro studijní program Inteligentní budovy*. Praha : ČVUT v Praze, 2010.
14. ČEZ - vzdělávací program Svět energie. *www.cez.cz*. [Online] 2006. [Citace: 9. 4 2023.] <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f8.htm#model>.
15. Energetika info. *www.energetikainfo.cz*. [Online] [Citace: 18. 5 2023.] <https://www.energetikainfo.cz/33/navrh-novely-energetickeho-zakona-umoznujici-vznik-energetickych-spolecenstvi-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqWeX-UDwEJOGYLNszcDawY/>.

16. Ministerstvo životního prostředí, komunitní energetika. *www.mzp.cz*. [Online] [Citace: 18. 5 2023.] https://www.mzp.cz/cz/komunitni_energetika.
17. Stiebel eltron. *www.stiebel-eltron.cz*. [Online] 2023. [Citace: 9. 4 2023.] <https://www.stiebel-eltron.cz/cs/sluzby/slovník.html>.
18. T. Matuška, B. Šourek. Bilance SS. *www.users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/*. [Online] 2015. [Citace: 4. 9 2023.] http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/?page_id=158.
19. online software PVGIS. *European Commission*. [Online] https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/.
20. © KAB katedra TZB Fsv ČVUT. K 125 - Katedra TZB Fsv ČVUT. *www.tzb.fsv.cvut.cz*. [Online] 2021. [Citace: 28. 3 2023.] <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady>.
21. Vytápění TZB info. *www.vytapeni.tzb-info.cz*. [Online] [Citace: 15. 5 2023.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/97-vypocet-doby-ohrevu-teple-vody>.
22. GT Energy. *www.gt-energy.cz*. [Online] <https://www.gt-energy.cz/cz/tepelna-cerpadla>.
23. Kupní síla. *www.kupnisila.cz*. [Online] 25. 11 2022. [Citace: 4. 5 2023.] <https://www.kupnisila.cz/cena-kwh-elektřiny-plynu-tepla/#ceny>.
24. Kalkulátor TZB-info. *www.kalkulator.tzb-info.cz*. [Online] [Citace: 4. 5 2023.] <https://kalkulator.tzb-info.cz/>.
25. Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic. *www.stavba.tzb-info.cz*. [Online] [Citace: 18. 5 2023.] <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic>.
26. práce, autor. *Místní šetření*.
27. Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov.
28. Vyhláška č. 193/2007 Sb. o stanovení energetické náročnosti budov.
29. Zjednodušená bilance solárního kolektoru - online výpočet. - : dostupný z: <https://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>.
30. [online] Atlas, Česka. *atlas.ceska.cz*. - : Dostupné z: <http://www.atlasceska.cz/pamatky/sidliste-prosek-14747>, 2007-2008 [cit. 2023-3-23].
31. *www.mapy.cz*. [Online]

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Projektová dokumentace