

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2020

**PAVEL
SLUKA**

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Sluka** Jméno: **Pavel** Osobní číslo: **409546**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojn**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav energetiky**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Energetika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Využití fotovoltaiky pro TV v systému CZT

Název diplomové práce anglicky:

Heating water system from PV for the district heating.

Pokyny pro vypracování:

Provedte výpočet roční spotřeby TV pro 3 vybrané objekty města Stochov napojené na CZT. Navrhněte osazrní FV na vhodně využitelné střechy těchto objektů a navrhněte systém využití získané elektrické energie pro zásobování TV těchto objektů. Uvažte využití potenciálních přebytků el. energie dle měsíčních výpočtových produkcí el. energie. Navržené alternativy ekonomicky ohodnoťte a odůvodněte systém, který doporučíte.

Seznam doporučené literatury:

: Fotovoltaické panely, Libra J., ČZU, 2008
Ing. Viacheslav Shemelin, Energetické systémy budov, UCEEB, ČVUT, Buštěhrad, Ing. Bořivoj Šourek, Ph.D., Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, ČVUT v Praze

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. František Hrdlička, CSc., ústav energetiky FS

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **25.04.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **06.08.2020**

Platnost zadání diplomové práce: **31.12.2021**

prof. Ing. František Hrdlička, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu zdrojů.

V Praze dne:

Podpis studenta:

Anotační list

Jméno autora:	Pavel Sluka
Název DP:	Využití fotovoltaiky pro TV v systému CZT
Anglický název:	Heating water systém from PV for the district heating
Akademický rok:	2020
Ústav:	Ústav energetiky
Vedoucí DP:	prof. Ing. František Hrdlička, CSc.
Konzultant:	Ing. Rostislav Kvarda
Bibliografické údaje:	Počet stran: 68 Počet obrázků: 69 Počet tabulek: 14 Počet příloh: 2
Klíčová slova:	Fotovoltaický systém, ohřev vody, akumulace energie, obnovitelný zdroj energie, ekonomické zhodnocení.
Keywords:	Photovoltaic systém, water heating, energy storage, renewable energy source, economic development.
Anotace:	Diplomová práce pojednává o využití FVS, za účelem snížení nákladů, pro ohřev pitné vody. Obsahuje bilanci využití získaného tepla z FVS a CZT, na ohřev vody, pro potřebu obyvatel bytového domu. Dále se zabývá ekonomickým zhodnocením možné úspory.
Abstract:	The diploma thesis deals with the use of a photovoltaic system to reduce costs for water heating. It contains a balance of the use of heat obtained from the photovoltaic system and a central heat source, for water heating, for the inhabitants of the building. It also deals with the economic evaluation of the project.

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování panu prof. Ing. F. Hrdličkovi, CSc. za jeho cenné rady a trpělivost při vedení mé diplomové práce. Rovněž bych chtěl poděkovat panu Ing. R. Kvardovi za vstřícnost a pomoc při získání potřebných informací a podkladů.

Obsah

Seznam zkratk	3
Úvod	4
1 Rešerše	5
1.1 Fotovoltaické panely	5
1.1.1 Historie FVP	5
1.1.2 Princip funkce FVČ	6
1.1.3 Typy FVP	7
1.1.4 Umístování FVP	12
1.2 Střídače pro FVS	15
1.2.1 Druhy střídačů	15
1.2.2 Parametry střídačů	17
1.3 Zásobníkové ohřivače	19
1.3.1 Podle způsobu předávání tepla	20
1.3.2 Podle způsobu ukládání teplé vody	21
1.4 Možnosti skladování energie z FVP	22
1.4.1 Přesměrování do VES	22
1.4.2 Elektrické akumulátorové baterie	22
1.4.3 Tepelné kapalinové zásobníky	26
1.5 Příprava TV	27
1.5.1 Podmínky TV	27
1.5.2 Možnosti ohřevu vody	27
2 Početní část	30
2.1 Zadaní praktické části	30
2.2 Popis objektů	30
2.2.1 Bytový dům „1“	31
2.2.2 Bytový dům „2“	32

2.2.3	Bytový dům „3“	33
2.3	Návrh systémů pro ohřev pitné vody	34
2.3.1	Varianta A.....	34
2.3.2	Varianta B.....	36
2.3.3	Varianta C.....	37
2.4	Výpočty	39
2.4.1	Množství akumulované TPV	39
2.5	Bilance FVS	47
2.6	Ekonomické zhodnocení investice	53
2.6.1	Investice	53
2.6.2	Úspora	55
2.6.3	Cash-flow.....	56
2.6.4	Prostá doba návratnosti.....	57
2.6.5	Diskontovaná doba návratnosti.....	57
2.6.6	Čistá současná hodnota	58
2.6.7	Vnitřní výnosové procento	59
	Závěr	60
	Seznam zdrojů.....	62
	Seznam obrázků.....	65
	Seznam tabulek.....	67
	Seznam příloh.....	68

Seznam zkratk

AC	střídavý proud
CF	cash-flow (tok peněz)
CZT	centrální zásobování teplem
ČSH	čistá současná hodnota
DC	stejnoseměrný proud
EAB	elektrická akumulátorová baterie
FVČ	fotovoltaický článek
FVP	fotovoltaický panel
FVS	fotovoltaický systém
OZE	obnovitelné zdroje energie
TPV	teplá pitná voda
TV	teplá voda
VES	veřejná elektrická síť
VVP	vnitřní výnosové procento

Úvod

Zdroj teplé vody, kterým disponují obytné domy, je v dnešní době samozřejmostí. V bytových domech se dříve ohřev vody řešil pro každou bytovou jednotku samostatně. Následně se začal zavádět ohřev vody celých bytových domů nebo více bytových objektů v podobě sídlišť. Nejčastější způsob ohřevu vody, pro sídliště, je dnes pomocí CZT.

V této diplomové práci řeším úsporu energie, při ohřevu pitné vody, pomocí FVS. Řešené bytové domy jsou napojené na CZT a uvažuje se o připojení dalšího zdroje energie, za účelem snížení nákladů na výrobu tepla.

V první části je popsán princip výroby energie ze slunečního záření a stručné rozdělení FVP. Dále jsou zde uvedené možnosti skladování energie s popisem, k tomu potřebných, komponentů. V teoretické části je popsána funkčnost a rozdělení ohřivačů a zásobníků teplé pitné vody.

V další části jsou popsány vybrané bytové domy s rozdílnou orientací natočení střechy a s rozdílnými požadavky na množství teplé pitné vody. Pro každý bytový dům jsem navrhl tři typy variant využití FVS, které následně porovnávám.

Důležitým kritériem je energetická bilance FVS, která je, jak během dne, tak v průběhu roku proměnlivá. Na základě získaných statistických dat, z denní bilance energie z FVS a z výpočtu množství požadované TV, jsem navrhl velikosti zásobníkových ohřivačů TV. Rozdílné návrhy jsou z hlediska ponechání již instalovaných aparátů s využitím ohřevu střídavým, stejnosměrným proudem nebo přidáním zásobníkových ohřivačů, pro maximální využití FVS.

V poslední části diplomové práce řeším ekonomické zhodnocení navrhovaného systému v případě realizace. Zde je hlavním ukazatelem, rentability projektu, doba návratnosti vložené investice.

1 Rešerše

1.1 Fotovoltaické panely

1.1.1 Historie FVP

Fotovoltaický jev byl objeven již roku 1839 Francouzem Antoine César Becquerelem. Na práci svého otce pak navázali synové Alexandre Edmond a Henri, přičemž Henri Becquerel objevil roku 1896 při zkoumání fluorescence solí uranu jev radioaktivity. Za otcem a syny Becquerelovými stojí mnohem více objevů fyzikálních jevů a zákonů z oblasti elektrochemie, diamagnetismu a paramagnetismu. Henri Becquerel získal za objev radioaktivity v roce 1903 Nobelovu cenu za fyziku.[1]

První funkční solární článek sestrojil v roce 1884 americký vynálezce Charles Fritts, tedy celých 45 let po Becquerelově objevu fotovoltaického jevu. Frittsův článek byl vyroben ze seleniového polovodiče, který byl potažen velmi tenkou vrstvou zlata a měl účinnost přibližně 1 %. Tyto seleniové články neměly vzhledem k nízké účinnosti a vysoké ceně žádnou šanci na uplatnění při výrobě elektřiny. Začaly se využívat jako světelný senzor pro určování času expozice snímku ve fotoaparátech. Frittsův vynález se takto používal až do roku 1960.[1]

Vynálezcem solárního článku takového, jak ho známe dnes je Russell Ohl (1898-1987). Tento americký inženýr pracoval ve 30. letech 20. století na výzkumu materiálů pro telekomunikační firmu AT&T Bell Labs. V roce 1939 objevil tzv. "P-N přechod", což je oblast na rozhraní polovodiče typu P a polovodiče typu N. P-N přechodů se využívá v polovodičových součástkách jako jsou diody nebo tranzistory. Právě při vývoji materiálů pro výrobu tranzistoru vznikl jako vedlejší produkt solární článek, v té době nazvaný jako "světlocitlivé zařízení" s konverzní účinností okolo 5 %. Vynález si Russell Ohl nechal patentovat v roce 1946. Na Ohlových objevech jsou založeny například dnešní LED diody a dále také významně přispěl k vývoji tranzistorů.[1]

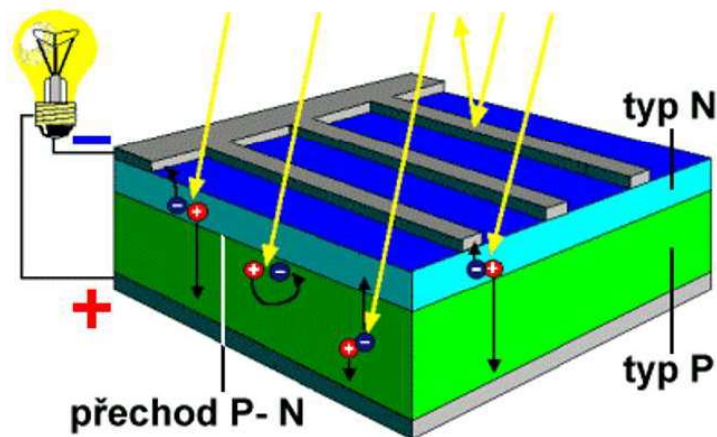
Křemíkové solární články byly v 50. letech 20. století vylepšeny v Bell Laboratories, kde se náhodou přišlo na skutečnost, že křemíkový polovodič s některými příměsemi výrazně reaguje na světlo. Prvním využitím solárních modulů pro účely dobývání vesmíru bylo na družici Vanguard 1, která byla vypuštěná v březnu 1958. Pro výrobu elektřiny v pozemských podmínkách začaly být solární články používány přibližně od druhé poloviny 80. let 20. století. Problémem této tzv. první generace solárních křemíkových

článků je nízká účinnost (teoreticky max. 31 %) a vysoké výrobní náklady. Proto se dnešní úsilí vědců soustředilo na další (2. a 3.) generace článků, které by měly do budoucna oba tyto problémy vyřešit.[1]

1.1.2 Princip funkce FVČ

FV elektrárny využívají k přeměně slunečního záření na elektřinu **fotovoltaický jev**. Fotovoltaický panel se skládá z jednotlivých **fotovoltaických článků**, jejichž základem je polovodičová dioda. Ta obsahuje dvě vrstvy příměsových polovodičů – polovodiče typu P – anoda a polovodiče typu N – katoda.[2]

Vrstva typu N obsahuje přebytek elektronů, ve vrstvě P je jich naopak nedostatek, resp. vrstva obsahuje přebytek kladně nabitých „děr.“ Rozhraní těchto polovodičů se nazývá P-N přechod, který ideálně propouští proud pouze jedním směrem. Díky potenciálové bariéře zabraňuje volnému přechodu elektronů v závěrném směru, tedy z vrstvy N s jejich přebytkem do vrstvy P s nedostatkem elektronů. Není tedy možné, aby došlo ke spojení elektronů s dírami neboli k jejich rekombinaci. Umožňuje ovšem přechod elektronů v opačném – propustném směru (obrázek 1).[2]



Obrázek 1: Princip funkce FVČ [2]

Dopadem fotonů slunečního záření na fotočlánek vzniká vnitřní fotoelektrický jev, při němž jsou z krystalové mřížky obou vrstev uvolňovány elektrony, které se díky výše zmíněné vlastnosti hromadí ve vrstvě N a mezi oběma vrstvami vzniká elektrické napětí o hodnotě 0,5-0,6 V. Navýšení na požadované napětí se získá sériovým zapojením jednotlivých článků, paralelním zapojením lze dosáhnout vyššího proudu. V praxi se pro dosažení požadovaných hodnot využívá sério-paralelního zapojení.[2]

Aby mohl být elektron z krystalové mřížky uvolněn, musí mít dopadající foton minimální energii potřebnou pro překonání zakázaného pásu, u křemíku je tato hranice 1,12 eV. Energie fotonů závisí na vlnové délce záření, energii 1,12 eV odpovídá infračervenému záření. Záření o kratší vlnové délce mají dostatek energie, dopadající fotony způsobí vznik elektronu a „díry,“ zbylá energie se přemění na nežádoucí teplo. Naopak fotony záření s větší vlnovou délkou křemíkem prochází a nejsou v něm absorbovány. Teoreticky lze využít energie maximálně 50% dopadajícího světelného záření, prakticky se dosahuje hodnot polovičních. [2]

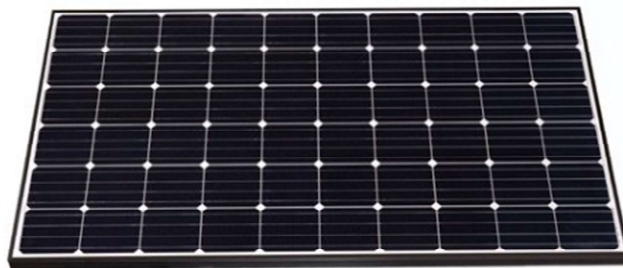
1.1.3 Typy FVP

Vývoj FVP jde velice kupředu, a to z hlediska snížení ceny, tak z hlediska zvýšení účinností. Myslí se i na využití materiálů pro následnou ekologickou likvidaci. Rozdělení FVP je možné podle různých charakteristických znaků. Níže je uvedeno rozdělení dle aktuálního vývoje daných typů.

1.1.3.1 Solární panely 1. generace

Monokrystalické FVP (Mono-Si)

Typická charakteristika panelů je tmavý odstín do hněda až černá (obrázek 2). Při výrobě Monokrystalického panelu se používají vysoce čisté krystaly křemíku, které jsou řezané na tenké plátky. Tento způsob výroby je nejdražší z řady první generace, ale má vyšší účinnost než polykrystalické panely. Účinnost těchto FVP za ideálního osvětlení ve správném úhlu se pohybuje kolem 20 %. Výhodou oproti polykrystalickým panelům je menší náchylnost na vyšší teploty. Náročná výroba je příčinou vyšší ceny. Panely mají sice nejvyšší účinnost z řady 1. generace, ale jsou vhodná pouze na místa s velmi dobrou orientací vůči slunci. Nevýhodou je také pomalý rozběh výkonu. [5],[6]



Obrázek 2 Monokrystalický FVP [4]

Polykrystalické FVP (Poly-Si)

Charakteristikou barvou panelů je modrá (obrázek 3). Při výrobě se používá surový křemík, který se taví, a z vytvořených bloků se řezou tenké plátky, v kterých je propojených více křemíkových krystalů. Tento způsob výroby je rychlejší a méně náročnější než u monokrystalických panelů. Díky propojení více křemíkových krystalů a složitější struktuře panel lépe zachycuje světlo z ostrých úhlů. Výsledkem této vlastnosti je delší doba získávání energie během dne, i když na úkor nižší účinnosti než u monokrystalického panelu. Účinnost polykrystalických panelů se pohybuje kolem 15 % a mají kratší životnost než Monokrystalické panely, protože jsou více náchylné na vyšší teploty. Tyto FVP jsou momentálně nejrozšířenější a nejprodávanější v našich podnebních podmínkách. Důvod jejich oblíbenosti je jejich nižší cena a stabilnější výkon během dne.[5],[6]

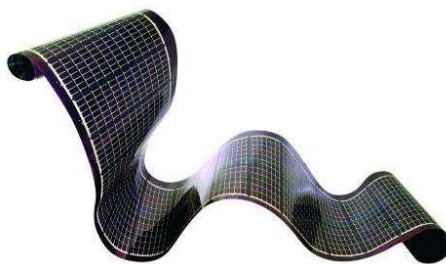


Obrázek 3 Polykrystalický FVP [4]

1.1.3.2 Solární panely 2. generace

Tenkvrstvé solární panely (TFSC)

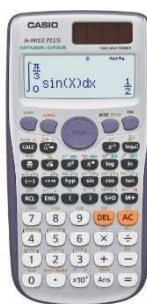
Tyto solární panely se vyrábí umístěním jednoho nebo více tenkých filmů na sebe. Materiálem je křemík, kadmium nebo měď. Výroba je nejsnazší, a tomu odpovídá i cena, která je nízká. Výhodou těchto panelů je jejich flexibilita (obrázek 4) a malá náchylnost na vysoké teploty. Nevýhodou je však jejich účinnost a oproti typům první generace je potřeba velké plochy pro dosažení stejného výkonu. Dále mají kratší záruku z důvodu jejich životnosti, která je mnohem kratší než u FVP první generace. [6]



Obrázek 4 Tenkvrství FVP [8]

Amorfní křemíkový solární panely (A-Si)

S tímto typem solárních článků se můžeme setkat u napájení malých zařízení, jako je například kalkulačka (obrázek 5). Výroba je velice nízkonákladová, a proto zaujímá i svoje místo na trhu. Velkou výhodou je možnost nanášení vrstev napařováním na sklo, plast, folii nebo kov. Další kladnou schopností je vysoká citlivost při nízké intenzitě svitu a také nedochází k přehřívání jako u krystalického křemíku. Nevýhodou je nízká účinnost, která se pohybuje kolem 7 %.[6]



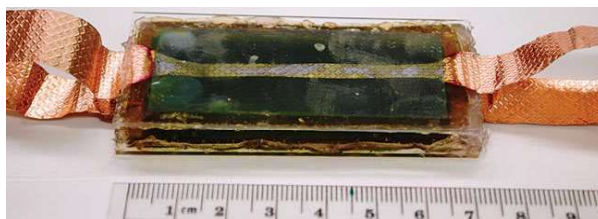
Obrázek 5 Amorfni-křemíkový FVP napájející kalkulačku.

1.1.3.3 Solární panely 3. generace

FVP a solární články zahrnují převážně technologie tenkých vrstev. Většina typů FVP 3. generace jsou ve fázi vývoje a stále se zdokonalují. Výroba elektřiny je na bázi organických materiálů nebo anorganických látek.

Bihybridní solární článek

Tyto články (obrázek 6) jsou stále ve vývoji. Jejich charakteristikou je výroba energie za využití fotosyntézy. Jedná se o přeměnu chemické energie na energii elektrickou, kdy účinnost je výrazně vyšší než u FV článků první generace.



Obrázek 6 Bihybridní FVP [10]

Organické panely

Základním stavebním materiálem článků jsou organické polymery a barviva, které se dají syntetizovat s velkou škálou materiálů (obrázek 7). Tím se může docílit potřebných vlastností, jako je nízká hmotnost, ohebnost, průhlednost. Jsou ale i levnější a lépe

dostupné materiály. Nevýhodou je jejich životnost, protože při kontaktu se vzduchem velice rychle oxidují. Tato technologie je stále ve vývoji. Tento panel je umístěn mezi dvěma deskami v okně. Takové okno propustí kolem 40% světla a na první pohled vypadá jako antireflexní okno, které se běžně používá ve výškových budovách. Účinnost těchto panelů je sice jen kolem 7 %, ale při použití ve velkém množství v prosklených kancelářských budovách má smysl. Účinnost je možné ještě zlepšit kombinací s ultra tenkým filmem uhlíku nebo grafitu.[7]



Obrázek 7 Organický FVP [11]

Perovskit

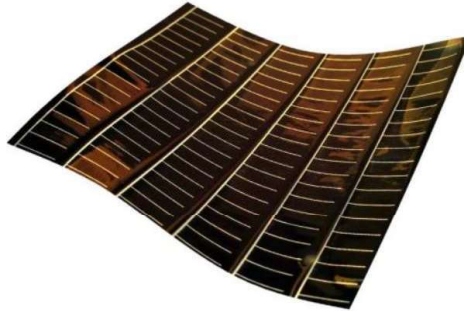
Technologie postupující tímto směrem se zaměřuje na co největší výkonnost a životnost panelů. Hlavním stavebním materiálem těchto článků je CaTiO_3 oxid titaničito-vápenatý. Molekuly tohoto materiálu jsou velice kompatibilní. Jeden z modifikovaných krystalů perovskitu obsahující olovo, může tvořit tenké panely s účinností až 23 % (obrázek 8). Nevýhodou je však škodlivé olovo. Cílem je nahradit ho příznivějším prvkem jako je třeba Cín. Tato technologie je stále ve vývoji, jelikož životnost těchto panelů se pohybuje kolem jednoho roku z důvodu oxidace.[7]



Obrázek 8 Perovskitický panel [12]

Solární článek kadmia Telluride (CdTe)

Při výrobě se používá kadmium tellurid, který umožňuje výrobu FVP s velmi nízkými náklady (obrázek 9), Tím se sníží doba návratnosti na pouhý rok. Tyto články také šetří přírodu z hlediska spotřeby vody, která je velice malá. Velkou nevýhodou je jeho vysoká toxicita při požití nebo vdechnutí.[13]



Obrázek 9 Solární článek kadmia Telluride [13]

Kombinované panely

Kombinací různých technologií je možné dosáhnout vysoké účinnosti. Nevýhodou, těchto panelů je kombinace různých technologií v podobě nanášení vrstev, kde vzniká například odlišné napětí. Způsob zamezující tento problém je ve vývoji. Velký potenciál mají nové typy nanomateriálů.[7]

Koncentrovaná PV buňka

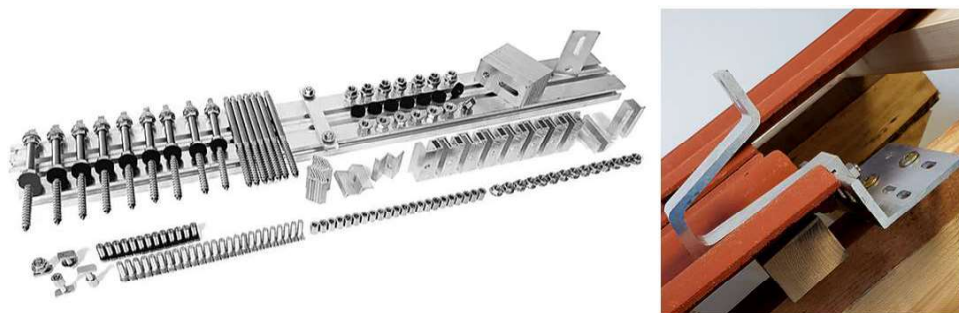
U vývoje tohoto typu FV článků se zatím dostalo nevyšší účinnosti, která činí 41 %. Jedná se o důmyslné propojení a slučování slunečných paprsků pomocí zakřivených zrcadel a čoček, které jsou externě chlazeny (obrázek 10). Dále jsou vybaveny solárními sledovači uvnitř solárního panelu. Nevýhoda je velká složitost systému.[6]



Obrázek 10 Koncentrovaná FV buňka [6]

1.1.4 Umístování FVP

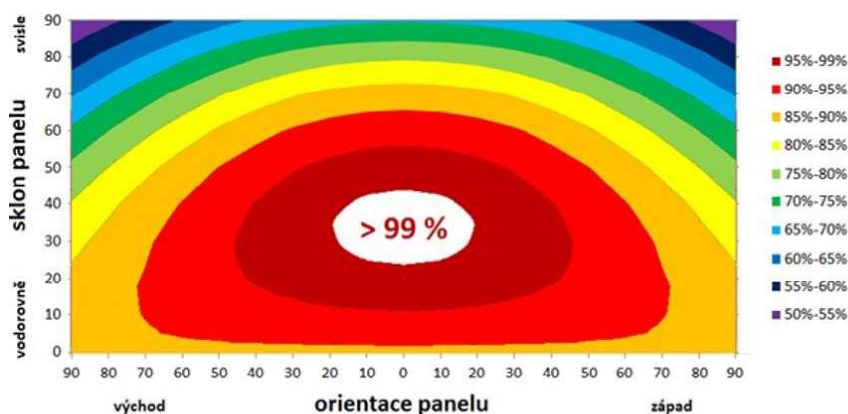
V dnešní době lze FVP umístit na každý rodinný, bytový nebo panelový dům. Jelikož je tento způsob získávání energie velice žádaný, vychází vstříc i spousta výrobců, kteří nabízejí příslušenství a konstrukce pro upevnění FVP (obrázek 11). Proto je možné umístit panely jak na jakoukoliv střešní krytinu a typ střechy, tak i na balkóny a fasády bez nutnosti dílů vyráběných na zakázku.



Obrázek 11 Příslušenství k upevnění FVP [4]

Panely je vhodné orientovat co nejvíce k jihu, kdy optimální orientace FVP je v rozmezí jihovýchod až jihozápad. Pokud tato možnost není, lze umístit panely i na východní nebo západní stranu. V tom případě musíme počítat se ztrátou celodenního výnosu kolem 20 %. Umístění panelů na severní stranu v našich podmínkách není vhodné. Při tomto umístění se doba návratnosti ani nepřiblíží k době životnosti a je tedy velice prodělečná.

Sklon panelů je vhodné zvolit v rozmezí 20°-50°. Ideální nastavení sklonu je 35°. Jelikož rozdílné úhly sklonu v udaném rozmezí nevykazují takové rozdílné ztráty na celoročním získaném výkonu (obrázek 12), je vhodnější zvolit jednodušší konstrukci uchycení FVP a zvolit sklon panelů dle sklonu střechy. Tyto montáže jsou výrazně levnější než při použití nastavitelných konstrukcí a lze tak snížit dobu návratnosti.

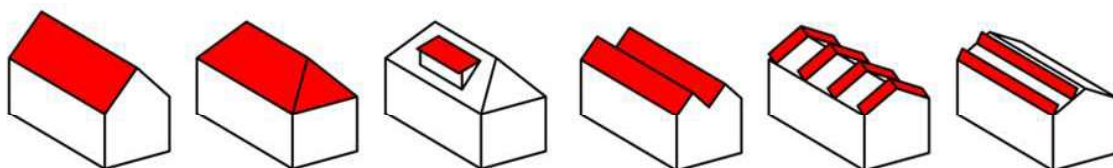


Obrázek 12 Výnos energie v závislosti sklonu a orientaci panelu. [3]

Sedlové střechy

Nejčastěji se provádí montáže FVP je na sedlové střechy rodinných domů (obrázek 13). Pro umístění panelů se volí část střechy směřující k jihu, jiho-západu nebo jiho-východu. Instalaci lze provést i na západní nebo východní straně střechy, ale musíme počítat se ztrátou na energetickém výnosu. Tato ztráta se dá snížit přizvednutím FVP, pomocí speciální konstrukce, k jihu. Takové řešení je dražší a není příliš estetické.[17]

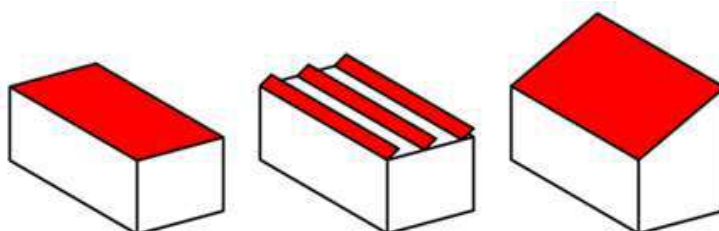
Nejvíce využívaná konstrukce na sedlových střechách se sklonem nad 15° je rovnoběžná s krytinou. Zamezíme tím vyšším nákladům.[17]



Obrázek 13 Umístění FVP na sedlové střeše. [17]

Ploché střechy

Plochou střechou disponují především administrativní nebo panelové domy. Na ploché střeše mohou být panely umístěny vodorovně. Nevýhodou je však ztráta samočistící schopnosti, a proto je nutné zajistit jejich pravidelnou údržbu. Další možnost je také instalace speciální konstrukce s požadovaným sklonem (obrázek 14).[17]

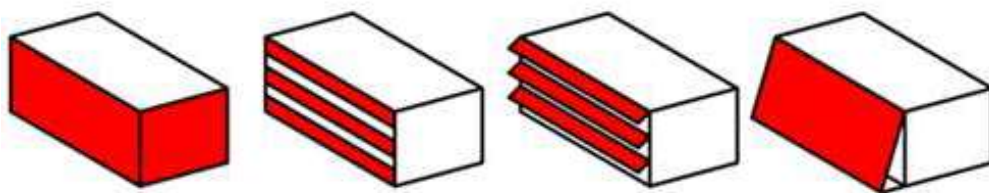


Obrázek 14 Umístění FVP na ploché střeše [17]

Fasády a balkóny

Pokud je plocha střechy malá, může se provést instalace FVP na fasády a balkóny (obrázek 15). Na tyto místa se instalují panely na konstrukce, které zaručí přiměřený sklon. Je však nutné počítat s váhou FVP, které musí být vhodně ukotvené.[17]

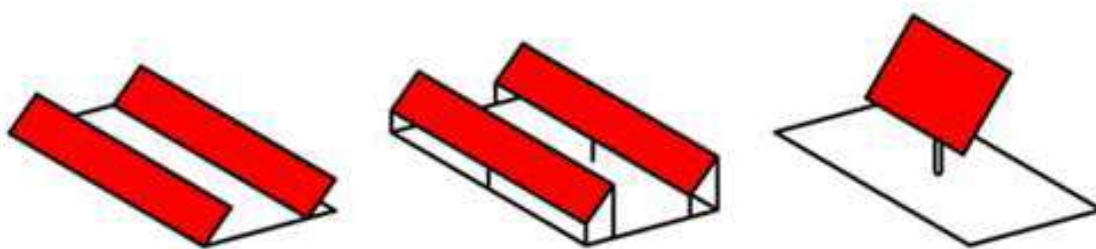
Při volbě tohoto typu instalace je nutno počítat se sníženým výkonem FVS. Je zde velká pravděpodobnost zastínění.



Obrázek 15 Umístění FVP na fasádách a balkonech. [17]

FVP na pozemcích

Na zpevněných plochách mohou být panely umístěny těsně nad terénem (obrázek 16). Na zatravněných plochách je vhodnější umístit panely na montážní konstrukce. Zamezí se zastínění a sníží ztráty na výkonu. Je potřeba provádět pravidelnou údržbu vegetace v okolí FVP. FVP je možné umístit na tzv. tracker. Tracker je konstrukce, která se pohybuje a udržuje FVP v ideální pozici. Trackery mohou být jednoosé nebo dvouosé. Použitím trackeru zvýšíme počáteční investici a je nutná nákladnější údržba. Výhodou je však větší využití slunečního svitu během dne.[17]



Obrázek 16 Umístění FVP na pozemcích. [17]

1.2 Střídače pro FVS

Střídač, někdy nazývaný měnič nebo invertor, slouží k přeměně stejnosměrného napětí vyráběného FVP na střídavé napětí elektrorozvodné sítě. Některé střídače poskytují i celou řadu dalších doplňkových funkcí jako je sledování aktuálních provozních údajů, jejich historii, nebo je předvídat na základě předpovědi počasí. Dají se také propojit s online sítí a sledovat tyto údaje i pomocí chytrých telefonních zařízení v reálném čase. Při výběru střídače není hlavním parametrem jen účinnost, ale také služby, které mohou velice ovlivnit dobu návratnosti. Proto je třeba sledovat i dobu záruky nebo další služby jako kvalitní servis a online podpora.[14]

1.2.1 Druhy střídačů

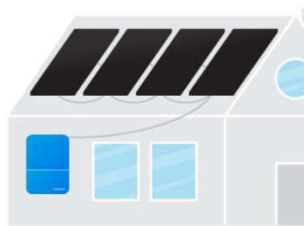
Strunový střídač (centralizovaný, řetězový)

Tyto střídače jsou nejrozšířenější a zaujímají největší podíl na trhu. Vyrábí se varianty jak pro umístění do vnitřních prostor, tak i do venkovního prostředí (obrázek 17). Vždy je důležité, aby ke střídači byl snadný přístup jak osob, tak vzduchu, aby nedošlo k jeho přehřívání. Výhodou je jejich relativně nízká cena a velká možnost výběru. Nedoporučují se pro použití na místech, kde dochází v průběhu dne ke zastínění některých FVP.



Obrázek 17 Strunový střídač [4]

Při propojování FVP se střídačem je třeba sledovat rozvržení orientace střechy a také její možné zastínění v průběhu dne. FVP jsou uspořádány do skupin pomocí sériového a paralelního propojení (obrázek 18). Základní střídače tohoto typu mívají možnost připojit 1 až 4 takové skupiny. Důležité je, aby v dané skupině byly všechny FVP stejně osvětlené a nedocházelo ke zbytečným ztrátám výkonu celé skupiny kvůli jednomu zastíněnému panelu.

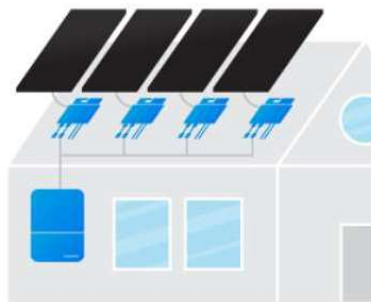


Obrázek 18 Strunový střídač se sériovým zapojením FVP [19]

K potlačení možných velkých ztrát, při částečném zastínění, se používají optimalizátory výkonu (obrázek 19), které se umístí ke každému FVP (obrázek 20), nebo k menší skupině FVP. Na trhu jsou i FVP, které tyto optimalizátory mají vestavěné. Optimalizátory upravují stejnosměrný proud přicházející ze zastíněného nebo opotřebeného FVP a zamezují tak snížení výkonu celé skupiny FVP připojené do strunového střídače.[19]



Obrázek 19 Výkonový optimalizér [19]



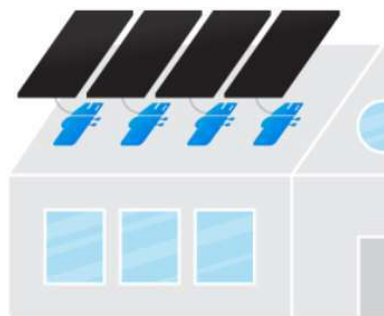
Obrázek 20 Zapojení optimalizérů ve FVS [19]

Mikro střídače

Tento typ střídačů je drahý, ale se zvyšující se poptávkou, se jejich cena stále snižuje. Charakteristickým znakem je široká možnost sledování aktuálního výkonu každého FVP. Další výhodou je vzájemná nezávislost vůči výkonu ostatních FVP v systému a funkcí jako je odpojení od systému v případě poruchy, nebo požáru. Tyto střídače jsou vhodné do míst, kde se vyskytuje proměnlivé zastínění FVP v průběhu dne. Mikro střídače jsou umístěny na každém FVP (obrázek 21,22). Na trhu se můžeme setkat s FVP, které tyto střídače už mají zabudované, a jejich cena je vysoká.[19]



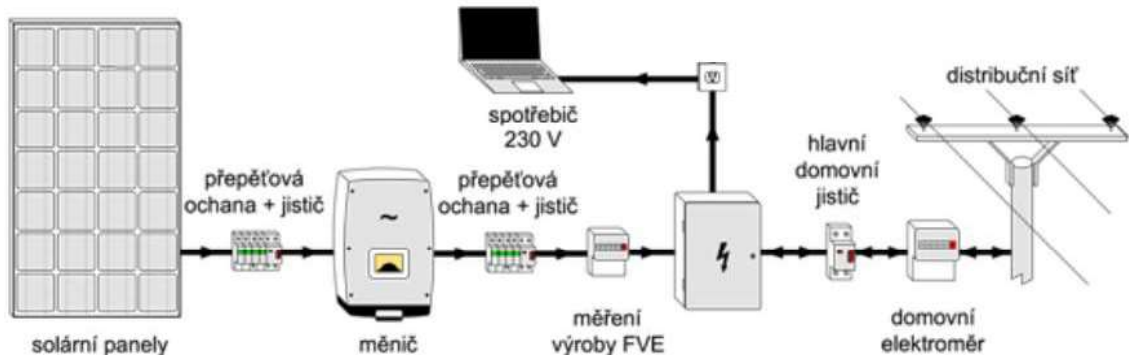
Obrázek 21 Mikro střídač [19]



Obrázek 22 Zapojení mikro střídače ve FVS [19]

Hybridní střídače

Při použití tohoto typu střídačů platí stejná pravidla zapojení FVP jako u síťových střídačů (obrázek 23). Jejich výhodou je funkce, která přebytečnou energii generovanou FVP převádí do akumulátorů pro použití v době, kdy FVP generují nižší výkon, než je potřebný.

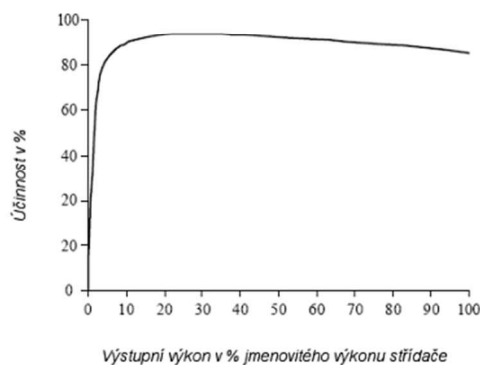


Obrázek 23 Zapojení hybridního střídače [17]

1.2.2 Parametry střídačů

Účinnost

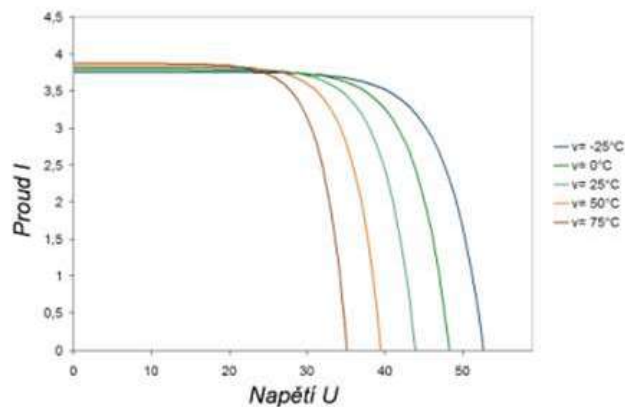
Na obrázku 24 je znázorněna účinnost v závislosti na výstupním výkonu střídače. Výrobci střídačů udávají obvykle maximální a evropskou účinnost. Maximální účinnost je určována v ideálních podmínkách jako jsou zajištění jmenovitého vstupního DC napětí a střední hodnotě AC výkonu na výstupu. Pro naše klimatické podmínky je vhodnější sledovat evropskou účinnost, která udává reálnější hodnoty. Evropská účinnost je získaná z průměrů účinností při 5, 10, 20, 30, 50 a 100 % nominálního výkonu střídače, avšak za stejného optimálního napětí na DC straně, které se v průběhu roku mění. Proto je důležité sledovat i jiné parametry než výrobcem udávané účinnosti.[14]



Obrázek 24 Účinnost střídače v závislosti na výstupním výkonu střídače [14]

Rozsah MPP trackeru

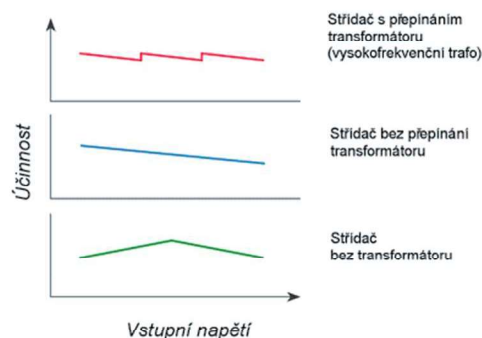
MPP (maximum power point) udává, jak rychle je schopen střídač reagovat na změnu klimatických podmínek a na teplotu samotných panelů (obrázek 25). Tuto funkci obstarává MPP tracker, který sleduje bod pro maximální výkon a změnou vstupního odporu zajišťuje optimální chod střídače. U kvalitních střídačů tato charakteristická hodnota neklesá pod 99 %. Další hodnotou je rozsah napětí, které je schopen MPP tracker bez významných ztrát optimálně zpracovat a tím zvýšit celkovou účinnost systému. Základní střídače menších výkonů mají ve většině případech jeden nebo dva tyto trackery. U střídačů s větším výkonem se setkáme s větším počtem trackerů, které jsou vhodné pro zapojení většího množství skupin FVP. [14]



Obrázek 25 Závislost napětí a proudu na teplotě FVP [14]

Regulace

Nejvyšší účinnost mají střídače beztransformátorové. Nevýhodou je absence galvanického oddělení stejnosměrného proudu od strany se střídavým proudem. V některých zemích nejsou střídače bez galvanického oddělení povoleny. Transformátorové střídače zajišťují větší bezpečnost na úkor nižší účinnosti. [14]



Obrázek 26 Účinnost střídačů v závislosti na vstupním napětí [14]

1.3 Zásobníkové ohřivače

Zásobníkové ohřivače užitkové vody (obrázek 27) jsou nádoby sloužící pro ohřev vody a následné uskladnění. Přiváděná studená voda se ohřívá na nastavenou teplotu, můžeme tak docílit zajištění teplé vody o konstantním tlaku nezávisle na množství současného odběru vody na různých místech domácnosti v průběhu celého dne. Obvykle je voda ohřívána malým množstvím tepla, ohřev tedy trvá poměrně dlouhou dobu.

Pro správnou efektivitu zásobníku je velmi důležité, aby byl správně dimenzován. Velikost zásobníku by měla být taková, aby odpovídala reálné spotřebě a technickému řešení. Při použití příliš velkého zásobníku jsou větší tepelné ztráty a zbytečně ohříváme velké množství vody. Pokud použijeme příliš malý zásobník, můžeme dojít k nedostatku teplé vody. Stejně důležité je brát na vědomí typ zdroje ohřevu. Při kombinaci ohřevu vody s FVS musíme zásobník dimenzovat tak, abychom v době přebytku sluneční energie mohli akumulovat dostatek energie na dobu s jejím nedostatkem.[23]

Při návrhu se musí také brát na vědomí umístění zásobníku. Umístění se doporučuje do vytápěných místností, tak aby byl co nejmenší teplotní rozdíl mezi ohřátou vodou a okolním prostředím. Při správném umístění se dají výrazně eliminovat tepelné ztráty, které vznikají únikem tepla, a to hlavně přes stěny zásobníku.[23]

Rozdělení zásobníkových ohřivačů je podle různých hledisek. Podle způsobu předávání tepla, místa ohřevu, konstrukce zařízení, možnosti ohřevu z různých zdrojů tepla a podle zdroje energie.[24]



Obrázek 27 Zásobníkové ohřivače vody [23]

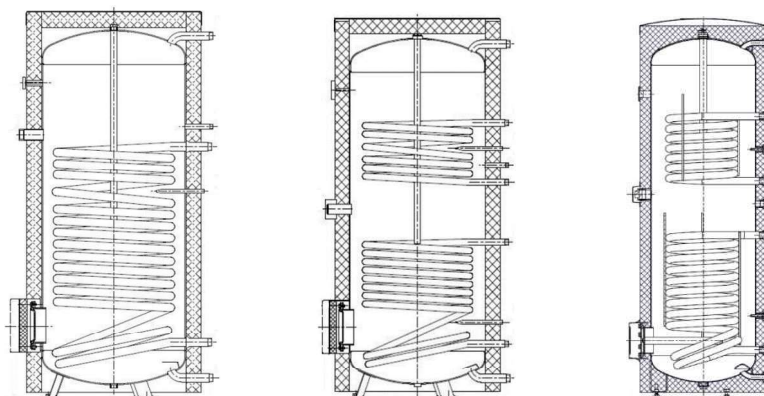
1.3.1 Podle způsobu předávání tepla

Přímý zásobníkový ohřivač je samostatná jednotka, která zajišťuje pouze ohřev vody a zdroj energie je instalován přímo v nádobě. Příkladem zdroje jsou plynové hořáky nebo elektrická topná tělesa.

Nepřímý zásobníkový ohřivač (obrázek 28a) je charakterizován vnitřním, většinou spirálovitým výměníkem, který je pomocí odděleného okruhu připojen ke zdroji energie. Možností připojovaných zdrojů je velká. K tomuto zásobníkovému ohřivači může být připojen jakýkoliv typy kotlů jako jsou například plynové, na tuhá paliva na biomasu, kondenzační, které zároveň slouží jako hlavní zdroj vytápění, ale lze připojit i tepelné čerpadlo nebo použít centrální distribuční síť v místech, kde je to možné a je k dispozici. Při použití těchto zásobníkových ohřivačů se počítá s použitím v místech, kde je vysoký odběr teplé vody, a proto se standardně vyrábějí větší a výkonnější, než je tomu tak u přímých zásobníkových ohřivačů.[23]

V dnešní době je populární využívání více zdrojů energie, které na sobě nejsou závislé. Jejich optimální kombinací se může docílit velkých finančních úspor. Výrobci se snaží vyjít vstříc požadavkům zákazníků, proto nalezneme v sortimentu prodejců velkou škálu typů a kombinací těchto variant.

Jednou z variant zásobníkových ohřivačů jsou **bivalentní** (obrázek 28b), u kterých je ohřev vody způsoben dvěma nezávislými zdroji energie. Ale setkáme se i s ohřivači, které jsou konstruovány na tři nezávislé zdroje, například plynový kotel a tepelné čerpadlo pomocí dvou, na sobě, nezávislých okruhů s vlastními spirálovými výměníky a topné těleso napájené z elektrické sítě nebo FVS. Takové zásobníkové ohřivače jsou **multivalentní** (obrázek 28c).[23]



Obrázek 28 Konstrukce zásobníkových ohřivačů a) Nepřímý, b) Bivalentní, c) multivalentní [23]

1.3.2 Podle způsobu ukládání teplé vody

Směšovací zásobníkové ohřívače (obrázek 27, 28) jsou nejpoužívanější. Nejčastěji se používají s nepřímým ohřevem vody. Princip ohřevu využívá rozdílné hustoty vody. Ve spodní části zásobníku je umístěn spirálovitý výměník společně s přívodem studené vody. Přiváděná studená voda se tak ohřívá ve spodní části zásobníku. Ohřátá voda díky své nižší hustotě stoupá vzhůru. Tento způsob ohřevu zajišťuje přibližně stejnou teplotu v celém zásobníku. Nevýhodou však je doba ohřevu, která je dlouhá a nelze využívat vodu, o požadované teplotě, hned po spuštění ohřívače.[23]

Vrstvené zásobníky (obrázek 29) je vhodné použít v místech s potřebou teplé vody během krátkého času. Voda se ohřívá na principu průtokového ohřívače a pomocí čerpadla se ukládá do zvlášť oddělené nádoby, kde je pouze již ohřátá voda. Tento typ je vhodný používat při volbě zdroje, který má nižší teploty, jako jsou tepelná čerpadla, kondenzační kotle nebo termální panelové systémy. Nevýhodou vrstvených zásobníkových ohřívačů vody je jejich vyšší pořizovací cena.[23]



Obrázek 29 Vrstvený zásobníkový ohřívače [15]

1.4 Možnosti skladování energie z FVP

Jedním z hlavních důvodů pořízení FVS je snížení našich výdajů. Cílem je využít co nejvíce získané energie na pokrytí našich potřeb. Nejefektivnější způsob využití FVS by byl, kdyby spotřeba energie byla stejná, jako aktuální produkce energie z FVS. To ale není možné, jak z důvodů proměnlivé intenzity slunečního svitu, tak z důvodu kolísavé spotřeby energie v domácnosti. Proto je vhodné využít některé z možností ukládání energie z FVS v době, kdy FVS vyrábí více energie, než zrovna v tu chvíli spotřebováváme.

1.4.1 Přesměrování do VES

Jednou z možností je přebytečnou energii z FVS, pomocí vhodného střídače, přesměrovat do VES. Tuto možnost lze využít pouze u autonomních (tzv. on-grid) FVS. Tento systém umožňuje v případě větší potřeby energie, kterou v tu chvíli není možné získat z FVS, získat chybějící energii z VES. Pokud je však výroba energie z FVS větší než její aktuální spotřeba, tak přebytečnou energii posílá do VES. Při využívání této možnosti je důležité mít smlouvu s dodavatelem energie VES. Jelikož je tento způsob velmi populární, dodavatelé energií nabízí různé varianty a možnosti této služby. Přebytečnou energii je možno přesměrovat do VES a prodávat za předem domluvenou cenu, nebo za poplatek ukládat do virtuálního úložiště a v době potřeby si tuto energii bezplatně odebírat z VES. Cena poplatku za možnost využití virtuálního úložiště energie se většinou liší dle maximální kapacity energie, kterou lze u daného energetického dodavatele uložit.

1.4.2 Elektrické akumulátorové baterie

Přebytečnou energii lze také ukládat do elektrické akumulátorové baterie. EAB je zdroj stejnosměrného elektrického napětí. Nejběžněji jsou používány s hodnotou napětí 12 V nebo 24 V. Mezi základní parametry EAB patří také jejich kapacita, která udává množství energie, kterou je možné akumulovat. Tuto kapacitu lze zvýšit paralelním připojením dalších EAB.

1.4.2.1 Typy EAB

Lithium-iontové baterie (obrázek 30) jsou nejběžněji používanou technologií při skladování energie. Tyto baterie pracují díky přenosu lithiových iontů mezi elektrodami, kde probíhá během reakce nabíjení a vybíjení. Lithium-iontové baterie patří mezi dražší způsob ukládání energie, většinou kvůli potřebě systémů pro sledování

napětí a teploty. Mezi výhody lithium-iontů patří dlouhá životnost cyklu, vysoká účinnost nabíjení a vybíjení, nízká hmotnost a žádná údržba. Do bateriových článků se vkládají další materiály, které mohou ovlivnit jejich výkon, napětí a bezpečnost.

Dle přidaného materiálu je můžeme rozdělit dle následující tabulky 1.[16]

Tabulka 1 Typy lithium-iontových baterií

Název	Zkratka
Lithium-Kobalt-Oxid	LCO
Lithium-Mangan-Oxid	LMO
Lithium-Nikl-Mangan-Kobalt-Oxid	NMC
Lithium-Nikl-Kobalt-Hliník-Oxid	NCA
Lithium-Železo-Fosfor	LFP



Obrázek 30 Soubor lithium-iontových baterií [16]

Baterie na bázi niklu (NiCd) (obrázek 31), jsou velmi spolehlivé. Tyto baterie jsou vhodné pro náročné aplikace, kde je důležitá spolehlivost záložní energie a kde není možno provádět pravidelnou údržbu. Nevýhodou je nutnost zajištění dostatečného chlazení.[16]



Obrázek 31 Baterie na bázi niklu (NiCd) [16]

Sodíkové baterie (obrázek 32) využívají sůl nebo slanou vodu, a proto jsou zcela netoxické. Výhodou je možnost jejich úplného vybití, což vede k maximální účinnosti při následném použití. Tyto baterie jsou nehořlavé, nevýbušné a jsou schopny pracovat v širokém teplotním rozsahu.[16]



Obrázek 32 Sodíková baterie [16]

Olověné baterie (obrázek 33) jsou nejrozšířenější a nejpoužívanější akumulátory. Tam, kde je potřeba uložit větší kapacitu energie. Hlavním důvodem jsou jejich nízké náklady na jejich výrobu a tím také jejich cena pro koncového uživatele. Tyto baterie používají olověnou mřížku ponořenou v kyselém elektrolytu. U některých typů, zejména zaplavených, je nutné hlídat tuto hladinu elektrolytu a v případě potřeby doplňovat destilovanou vodou. Olověné baterie jsou kvůli svým materiálům těžké a mají omezenou životnost cyklu nabíjení. Nevýhodou je také jejich životnost, která je výrazně nižší oproti ostatním typům baterií. Výhodou je jejich nízká pořizovací cena a možnost výběru z velkého sortimentu. V nabídce jsou také olověné baterie v kombinaci s nanokarbonem, který zvyšuje jejich životnost. Tato kombinace s nanokarbonem přispívá k rychlejšímu nabíjení a zvýšení počtu možných cyklů nabíjení oproti klasickým olověným bateriím. [16,18]



Obrázek 33 Olověná baterie [16]

Průtokové baterie (obrázek 34) se řadí mezi novější typy baterií. Používají dvě chemické složky rozpuštěné v kapalině, které jsou oddělené membránou. Kapacita těchto baterií je závislá na objemu nádrží (obrázek 35), v kterých se nachází pracovní kapalina. Přidáním této kapaliny zvýšíme kapacitu baterie. Výhodou těchto baterií je neomezený počet cyklů nabíjení, dlouhá životnost, dlouhodobá akumulace energie a možnost bezproblémové recyklace. Nevýhodou je jejich vysoká cena a potřeba dalšího příslušenství, jako jsou čerpadla, řídicí jednotky a senzory.[16]



Obrázek 34 Průtokové baterie [16]



Obrázek 35 Mobilní průtokové baterie [16]

1.4.2.2 Možnosti zapojení

Akumulace energie s použitím EAB je možná jak v FVS, který je zároveň připojen na VES (tzv on-grid), tak ve FVS, který funguje jako ostrovní a není tedy připojen k VES (tzv. off-grid). Pro docílení těchto možností je důležité, aby součástí FVS byl vhodně zvolený střídač.

V případě použití FVS pro napájení pouze spotřebičů, které vyžadují stejnosměrný proud a elektrický rozvod v daném objektu je tomu patřičně přizpůsoben, lze použít polovodičové nabíječe EAB. Tyto nabíječe zajistí dobíjení akumulátorů, z kterých následně napájíme například DC okruh s DC osvětlením. Tento způsob se většinou používá v menších objektech jako jsou lodě a karavany.

Běžným způsobem je pořízení vhodného střídače, který je navržen jak na transformaci stejnosměrného proudu z FV na střídavý, tak na dobíjení EAB. Některé střídače jsou zároveň navrženy na provoz v on-grid režimu i na provoz v off-grid režimu a nabízí tak velkou škálu možností využití. Cena většinou odpovídá i softwarové vybavenosti střídače, kdy je možné například nastavit možnosti nabíjení EAB nebo nastavení přechodu z on-grid režimu do off-grid režimu.

1.4.3 Tepelné kapalinové zásobníky

Další možností akumulace je nepřímá metoda. Tento typ akumulace spočívá v ukládání přebytečné energie ve formě tepelné energie v tepelných kapalinových zásobnících. Tímto způsobem je možné využít veškerou energii vyrobenou FVS a tím zkrátit dobu návratnosti. Přeměnu elektrické energie na tepelnou, zajišťuje odporová elektrická spirála, která může být konstruována na napájení přímo stejnosměrným napětím nebo standardně střídavým elektrický napětím. V případě, kdy je k dispozici dostatečně velká fotovoltaická elektrárna a zásobník s dostatečným objemem vody lze FVS využít i k vytápění objektů. Pokud FVS nepokrývá potřebný výkon pro vytápění objektu nebo ohřev teplé vody je možné připojit k zásobníku další zdroje, které pracují nezávisle na FVS. Další zdroje energie mohou být jak plynové kotle nebo kotle na tuhá paliva, tak tepelná čerpadla a jiné.

Výhodou používání této technologie ukládání energie je maximální využití vyrobené elektrické energie v ostrovních systémech FVS. Nevýhodou je však ztráta možnosti využít tuto uloženou energii k zpětné přeměně na elektrickou energii oproti použití EAB. Další nevýhodou je také velká prostorová náročnost, závislost na velikosti tepelného zásobníku a velké tepelné ztráty sáláním, které je možno eliminovat vhodně zvolenou izolací.

1.5 Příprava TV

Teplou vodu lze připravovat různými způsoby, kde většinou rozhoduje dostupnost paliva, prostor nebo množství a rychlost ohřevu.

1.5.1 Podmínky TV

Při návrhu ohřevu pitné vody by měly být dodrženy podmínky, které ovlivňují životnost aparátů, ale také bezpečnost uživatele. TPV by při odběru neměla mít proměnnou teplotu a v místě odběru by neměla klesnout pod 50 °C. V době špičky však může dojít ke krátkodobému poklesu teploty na 45 °C. Dále se doporučuje, aby nebyla překročena teplota 60 °C, aby nedocházelo ke korozi a vzniku usazování vodního kamene, který se ve větší míře v zásobníku ukládá právě při vyšší teplotě. Snížení tvorby vodního kamene tak zvyšuje účinnost a životnost samotného zásobníku. Důvodem této horní hranice teploty TV je bezpečnost uživatele, aby nedošlo k opaření.

1.5.2 Možnosti ohřevu vody

1.5.2.1 Podle místa ohřevu

Místní ohřev vody se používá pro ohřev malého množství vody v místě samotného odběru. Voda se ohřívá pouze pro jedno odběrové místo, jako je dřez, umyvadlo nebo v místech, kde by tepelné ztráty zásobníku TV byly příliš vysoké. Nejčastěji se jedná o průtokové ohříváče.

Ústřední ohřev vody je charakterizován větším ohříváčem a zásobníkem TV. Používá se pro pokrytí veškerých odběrových míst v bytu, domě nebo více bytových jednotek. Tepelný zásobník a potrubí je nutné patřičně izolovat, aby nedocházelo k velkým tepelným ztrátám. V případě špatného zateplení je možno použít výkonnější zdroj tepla, který tyto ztráty dokáže pokrýt.

Dálkový ohřev vody, kde se voda ohřívá mimo objekt ve výměňkové stanici, je složitější soustava a má vždy dva okruhy. U některých domů jsou výměníky tepla umístěny v technické místnosti společně se zásobníkem TV. Rozměry potrubí a průměry jsou větší a potrubí se musí vždy izolovat, řádně upevnit pro možnost dilatace.

1.5.2.2 Podle konstrukce zařízení

Akumulační ohřev představuje ohřívání většího množství vody. Voda se ohřívá v zásobníku, zdroj tepla je nejčastěji elektřina, ale při použití tepelných výměníků lze použít jakýkoliv. Doba ohřevu vody je různá v závislosti na množství ohřívané vody, tepelném výkonu ohříváče a požadované teplotě vody.

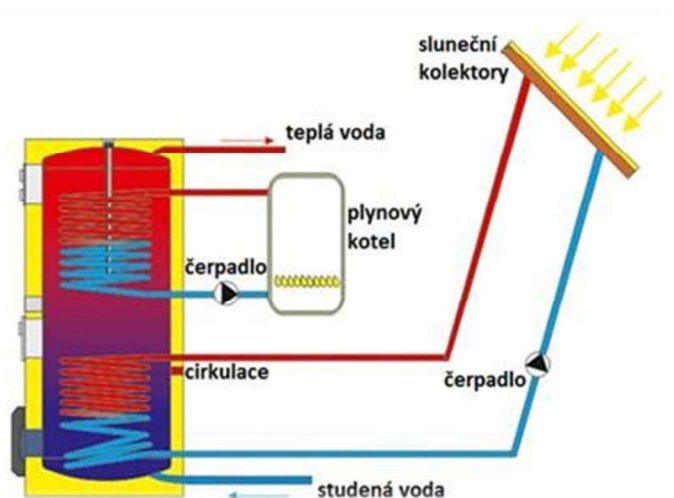
Průtočný ohřev znamená okamžité ohřívání vody při průtoku přes výměník tepla umístěný v ohříváči. Ohřátá voda je ihned spotřebovávaná. Průtočné ohříváče jsou charakterizované velkými výkony pro pokrytí nárazové spotřeby TV v krátkém čase.

1.5.2.3 Podle způsobu ohřevu

Jednostupňový ohřev znamená ohřev vody pouze z jednoho zdroje. Nejčastějším zdrojem tepla jsou používané elektrické nebo plynové zásobníkové ohříváče.

Vícestupňový ohřev vody umožňuje připojit více zdrojů tepla. K ohřevu vody na požadovanou teplotu dochází postupně. Sami si většinou můžeme zvolit, který zdroj a v jakou dobu využijeme.

Kombinovaný ohřev (obrázek 36) je velmi žádaný. Přispívá k tomu možnost připojit velké množství zdrojů tepla, většinou z důvodu ekonomických úspor a možnosti nezávislosti na jednom zdroji. Možností kombinovaného ohřevu je mnoho. Mezi běžné kombinace patří přehřev pomocí solárních panelů nebo tepelného čerpadla a dohřívání vody na potřebnou teplotu elektrickou energií, ze záložního nebo dalšího zdroje tepla. Rozhodující aspekty mohou být různé, například sezóna levnějšího tuhého paliva, časy s levnějším tarifem elektřiny nebo doba s velkým ziskem z FVS.



Obrázek 36 Kombinovaný ohřev vody [24]

1.5.2.4 Podle zdroje energie

Zdroj energie na ohřev vody se volí dle různých aspektů. Nejzákladnější kritéria jsou investice, doba návratnosti a možnosti, které máme k dispozici. Například je nesmyslné uvažovat o plynovém ohříváči v místě, kde není zavedena plynová přípojka, nebo ohřev vody elektřinou v místech, kde nám VES neumožňuje zapojit ohříváče o potřebném vysokém výkonu. Velmi rozšiřujícím se trendem je využití obnovitelných zdrojů energie, které nám umožňují ušetřit i na místech, kde nejsou možnosti výběru a nemusíme tak být závislí jen na dodávce elektřiny nebo ceně fosilních paliv.

Elektrický zdroj energie je nejčastěji volený způsob ohřevu vody především v bytových nebo panelových domech. Tento zdroj je bezúdržbový a při ohřevu vody při výhodném el. tarifu nemusí být tak nákladný. Tento způsob však nelze samostatně volit při ohřevu velkého množství vody, kdy je potřeba silnějších jističů a může se takový ohřev velice prodražit.

Plynový zdroj energie na ohřev vody je vhodný na místech, kde je umožněn přístup k plynové přípojce, výhodou je možnost pořízení ohříváče s velkým výkonem a tím rychlým ohřevem, neboť na plynové přípojce není tak zásadní omezovač odebíraného množství plynu jako u elektřiny.

Fosilní zdroj energie je většinou používán v rodinných domech a v objektech, kde je snadný přístup k fosilnímu palivu a dostatek prostoru na systémy k tomu patřící. Z důvodu nutné obsluhy a nutnosti vyšší údržby se tato varianta používá převážně jako externí zdroj energie. Například v nových rodinných domech, které používají nízkoteplotní zdroje jako jsou tepelná čerpadla a termální panely. Tyto zdroje nemusí být dostačující, a to obzvláště v zimním období. V tomto případě stačí připojit do oběhu např. krbová kamna, která v době potřeby mohou pomoci.

Sluneční zdroj energie je velmi přínosný a možný použít všude, kde je dostatečný přístup ke světlu. Nevýhodou je potřeba velké instalační plochy a vysokých pořizovacích nákladů, které jsou závislé na kvalitě FVP a střídače. Tento zdroj energie není konstantní, a proto není vhodný jako samostatný zdroj energie.

Tepelná čerpadla jsou populární především u novostaveb, kde se velmi často kombinují s dalšími zdroji. Tepelná čerpadla mají vysokou pořizovací cenu, ale velmi nízké provozovací náklady.

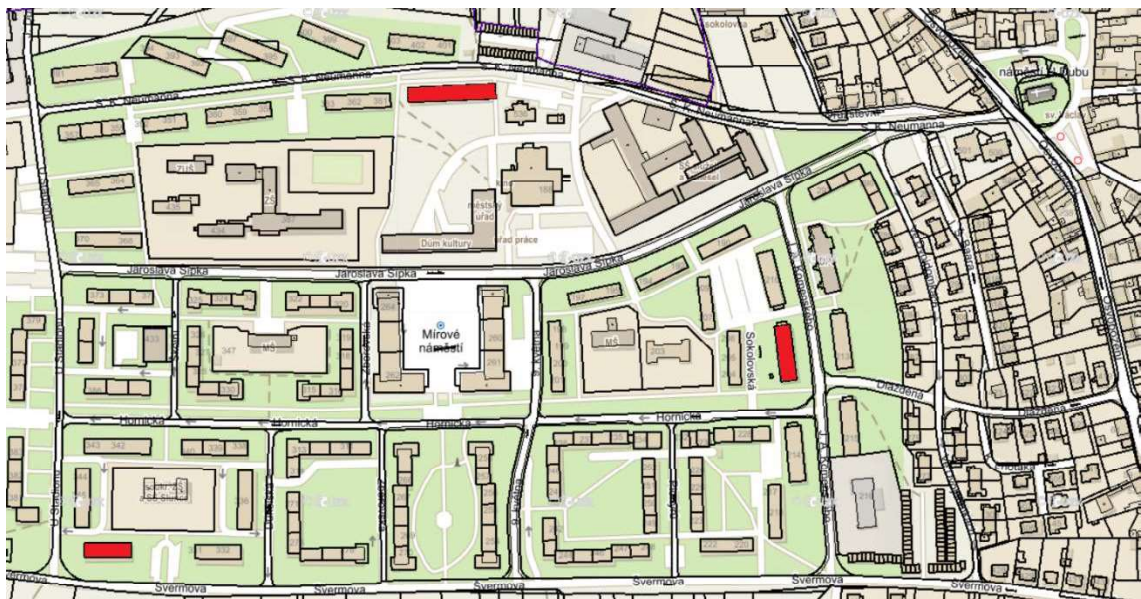
2 Početní část

2.1 Zadaní praktické části

- Návrh využití FVS pro ohřev pitné vody ve vybraných bytových domech.
- Návrh systémů pro využití produkce elektřiny na ohřev pitné vody.
- Vypracování měsíční potenciální produkce energie v průběhu kalendářního roku.
- Porovnání navržených systémů se stávajícím systémem z hlediska efektivního hospodaření s energií a ekonomické návratnosti.

2.2 Popis objektů

Jedná se o tři dvoupatrové bytové domy s odlišně orientovanou valbovou nebo sedlovou střechou bez půdní vestavby, které jsou zvýrazněny na obrázku 37. Všechny domy mají tři obytná podlaží s různým počtem a velikostí bytových jednotek. Vybrané bytové domy jsou podsklepené a disponují prostorem pro technické zázemí.



Obrázek 37 Vyznačené řešené objekty. [9]

Každý bytový dům disponuje technickou místností se zásobníky teplé vody a tepelným výměníkem pro jejich vytápění. Tyto tepelné zásobníky a výměníky mají tepelný zdroj z CZT, na kterou je připojena většina bytových domů v obci. Tato síť je napájena pomocí plynové výtopy a zároveň výtopy na štěpku.

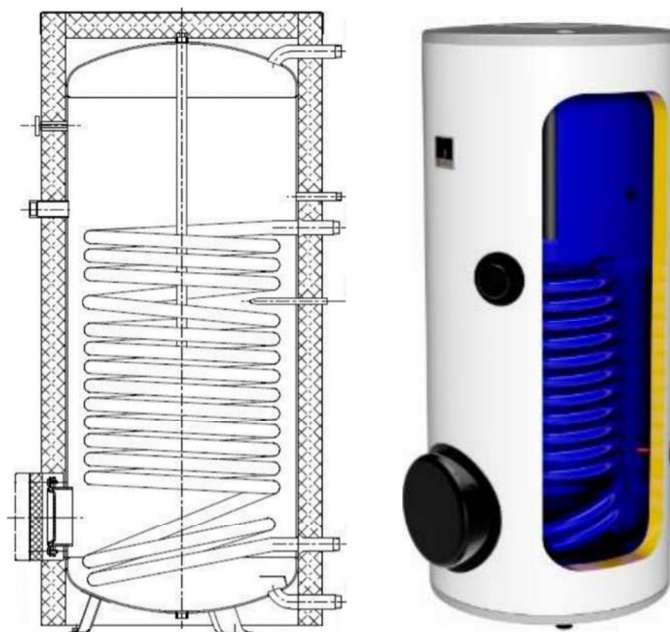
2.2.1 Bytový dům „1“

Bytový dům, který se nachází v severní části obce, disponuje valbovou střechou (obrázek 38) orientovanou na jih s 3° odchylkou k východu. Plocha střechy, kterou je možno osadit FVP, je 430 m^2 a s horizontální rovinou svírá 37° . Bytový dům se skládá z 36 samostatných bytů a obývá jej 84 osob. Roční spotřeba energie na ohřev teplé vody činí 95MWh/rok.

Pro ohřev teplé vody slouží dva nepřímotopné zásobníkové ohřivače typu „Dražice OKC 750 NTR“ (obrázek 39). Tyto dva zásobníkové ohřivače mohou akumulovat dohromady až 1 500 litrů teplé pitné vody.



Obrázek 38 Bytový dům "1" [9]



Obrázek 39 Zásobníkový ohřivač „Dražice OKC 750 NTR“ [23]

2.2.2 Bytový dům „2“

Bytový dům, který se nachází v jihovýchodní části obce disponuje sedlovou střechou orientovanou na západ s 8° odchylnou k jihu (obrázek 40). Při osazení pouze střechy orientované na západ lze využít plochu 360 m². Úhel střechy svírá s horizontální rovinou úhel 40°. Bytový dům se skládá z 24 samostatných bytů a obývá jej 72 osob. Roční spotřeba energie na ohřev teplé vody činí 55MWh/rok.

Pro ohřev teplé vody slouží jeden nepřímotopný zásobníkový ohřívač typu „Dražice OKC 750 NTR“ (obrázek 39). Tento zásobníkový ohřívač vody může akumulovat 750 litrů teplé pitné vody.



Obrázek 40 Bytový dům "2" [9]

2.2.3 Bytový dům „3“

Bytový dům, který se nachází v jihozápadní části obce disponuje valbovou střechou orientovanou na jih se zanedbatelnou 1° odchylkou k západu (obrázek 41). Plocha střechy, kterou je možno osadit FVP, je 162 m² a s horizontální rovinou svírá 32°. Bytový dům se skládá z 18 samostatných bytů a obývá jej 42 osob. Roční spotřeba energie na ohřev teplé vody činí 43MWh/rok.

Pro ohřev teplé vody slouží jeden nepřímotopný zásobníkový ohřívač typu „Dražice OKC 750 NTR“ (obrázek 39). Tento zásobníkový ohřívač vody může akumulovat 750 litrů teplé pitné vody.



Obrázek 41 Bytový dům "3" [9]

2.3 Návrh systémů pro ohřev pitné vody

Pro ohřev pitné vody FVS jsem zvolil systém, který disponuje zásobníkovým ohřivačem s dvěma nezávislými zdroji. Jeden ze zdrojů je již instalován. Jedná se o zdroj energie z CZT. Druhý zdroj bude využívat OZE, a to konkrétně sluneční energii pomocí FVS. Tento FVS navrhuji ve třech variantách. Jedna varianta je zapojení FVS s využitím stejnosměrného proudu a ponechání již instalovaných aparátů. Druhá varianta je zapojení FVS s použitím střídače pro uplatnění proudu střídavého a bez navýšení úložné kapacity teplé vody. Poslední varianta je s použitím střídače a navýšení počtu zásobníkových ohřivačů z důvodu plného využití FVS.

2.3.1 Varianta A

První varianta návrhu spočívá v ohřevu pitné vody pomocí FVS systému s využitím stejnosměrného proudu přeměrovaného přímo do topného tělesa, které je instalované do zásobníkového ohřivače vody. V této variantě nenavýšuji úložnou kapacitu teplé vody a počítám pouze s již disponujícími zásobníky.

Systém se skládá z FVP typu *Q-CELLS 285Wp* (obrázek 42), kterých je použito 48 kusů u bytového domu 1 a 24 kusů u bytových domů 2 a 3. Parametry FVP jsou součástí přílohy 1.

FVP jsou propojeny s DC/DC měničem typu *LXDC BOX 1-6,9kW* (obrázek 43) pro sledování maximálního výkonu FVP a úpravou stejnosměrného proudu pro následné připojení k topnému tělesu typu *LXDC TPK210* (obrázek 43).

Topné těleso je instalované do ohřivače vody typu *OKC 750 NTR/BP* (obrázek 39), který je zároveň napájen zdrojem tepla, pomocí tepelného výměníku, z CZT.

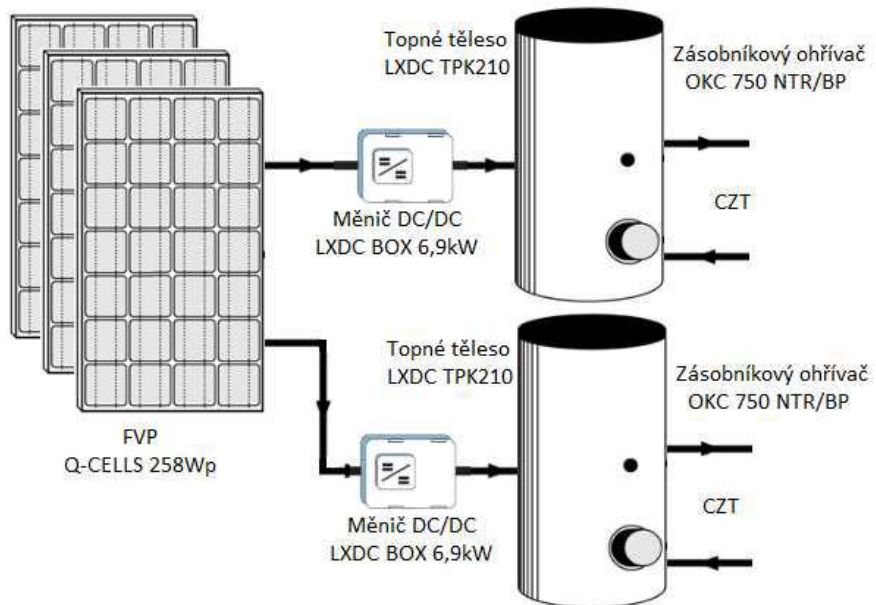
Popsané zapojení je obecně znázorněno na obrázku 44 a 45, kde obrázek 44 znázorňuje zapojení dvou topných těles u bytového domu 1, kde se již nachází dva zásobníkové ohřivače. Obrázek 45 znázorňuje zapojení FVS u bytových domů 2 a 3, které disponují pouze jedním zásobníkovým ohřivačem.



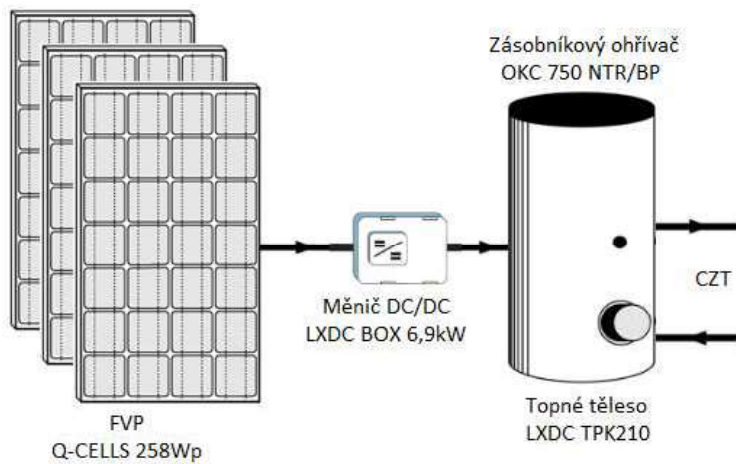
Obrázek 42 FVP Q-CELLS 285Wp [4]



Obrázek 43 Měníč DC/DC " LXDC BOX 1-6,9kW " a topné těleso " LXDC TPK210" [23]



Obrázek 44 Schéma zapojení návrhu "A" v bytovém domě 1



Obrázek 45 Schéma zapojení návrhu "A" v bytových domech 2 a 3

2.3.2 Varianta B

Varianta návrhu B spočívá v ohřevu pitné vody pomocí FVS systému s využitím střídače pro generování střídavého proudu. Střídavým proudem je napájeno topné těleso, které je instalované do zásobníkového ohříváče vody. V této variantě nenavýšuji úložnou kapacitu teplé vody a počítám pouze s již disponujícími zásobníky.

System se skládá z FVP typu *Q-CELLS 285Wp* (obrázek 42), kterých je použito 152 kusů u bytového domu 1, 108 kusů u bytového domu 2 a 72 kusů u bytového domu 3. Parametry FVP jsou součástí přílohy 1.

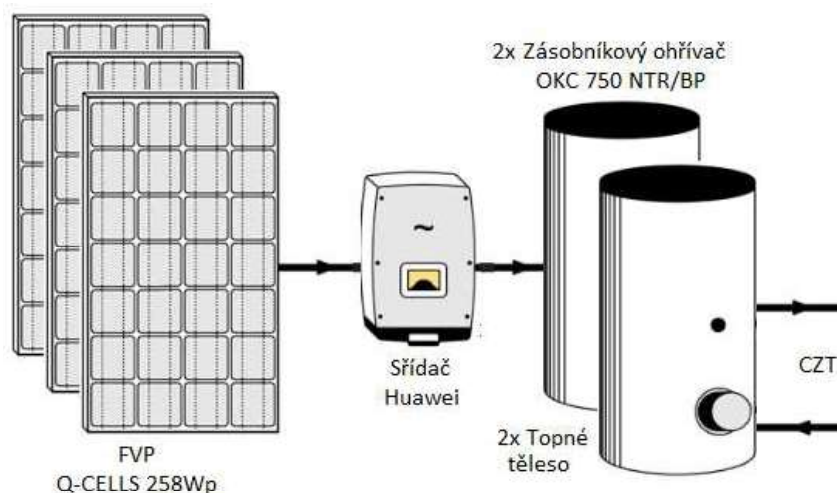
FVP jsou propojeny s DC/AC střídačem společnosti *Huawei* (obrázek 46). Použité typy střídačů jsou *SUN 2000-42KTL* u bytového domu 1 o výkonu 42 kW, *SUN 2000-33KTL* u bytového domu 2 o výkonu 33 kW a *SUN 2000-20KTL* u bytového domu 3 o výkonu 20 kW. Tyto střídače generují střídavý proud pro topná tělesa o výkonu 2x 24 kW pro bytový dům 1, 30 kW pro bytový dům 2 a 24 kW pro bytový dům 3. Parametry střídačů jsou součástí přílohy 2.

Topné těleso je instalované do ohříváče vody typu *OKC 750 NTR/BP* (obrázek 39), který je zároveň napájen zdrojem tepla, pomocí tepelného výměníku, z CZT.

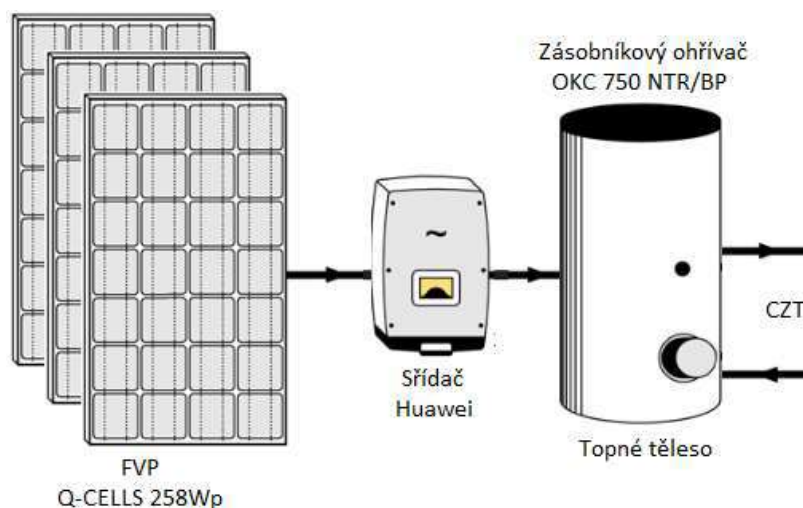
Popsané zapojení je obecně znázorněno na obrázku 47 a 48, kde obrázek 47 znázorňuje zapojení dvou topných těles u bytového domu 1, kde se již nachází dva zásobníkové ohříváče. Obrázek 48 znázorňuje zapojení FVS u bytových domů 2 a 3, které disponují pouze jedním zásobníkovým ohříváčem.



Obrázek 46 Použité střídače od společnosti Huawei [4]



Obrázek 47: Schéma návrhu varianty B bytového domu 1.



Obrázek 48: Schéma návrhu varianty B bytového domu 2 a 3.

2.3.3 Varianta C

Varianta návrhu C spočívá v ohřevu pitné vody pomocí FVS systému s využitím střídače pro generování střídavého proudu. Střídavým proudem je napájeno topné těleso, které je instalované do zásobníkového ohřivače vody. V této variantě navyšují úložnou kapacitu teplé vody z důvodu využití většího instalovaného výkonu FVS.

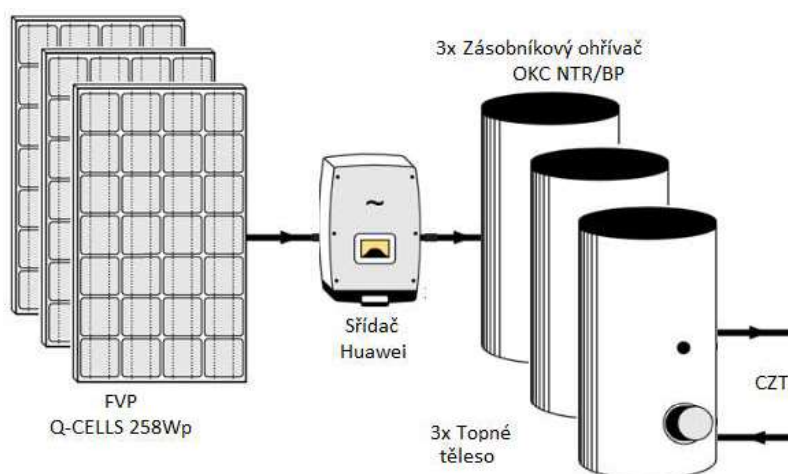
System se skládá z FVP typu *Q-CELLS 285Wp* (obrázek 42), kterých je použito 196 kusů u bytového domu 1, 148 kusů u bytového domu 2 a 102 kusů u bytového domu 3. Parametry FVP jsou součástí přílohy 1.

FVP jsou propojeny s DC/AC střídačem společnosti *Huawei* (obrázek 46). Použité typy střídačů jsou *SUN 2000-60KTL* u bytového domu 1 o výkonu 60 kW, *SUN 2000-42KTL* u bytového domu 2 o výkonu 42 kW a *SUN 2000-33KTL* u bytového domu 3 o výkonu

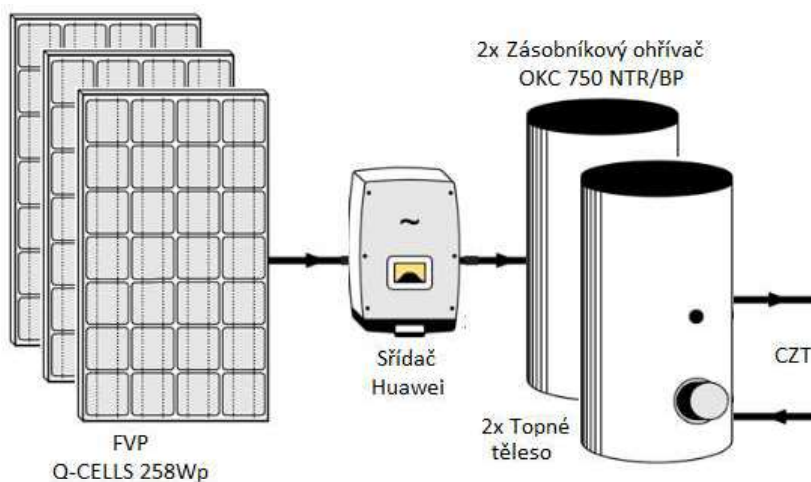
33 kW. Tyto střídače generují střídavý proud pro topná tělesa o výkonu 30 kW a 2x 15 kW pro bytový dům 1, 2x 24 kW pro bytový dům 2 a 2x 15 kW pro bytový dům 3. Parametry střídačů jsou součástí přílohy 2.

Topná tělesa jsou instalovaná do každého ohřívače vody typu *OKC 750 NTR/BP* nebo *OKC 500 NTR/BP*, který je zároveň napájen zdrojem tepla, pomocí tepelného výměníku, z CZT.

Popsané zapojení je obecně znázorněno na obrázku 49 a 50, kde obrázek 49 znázorňuje zapojení třech topných těles u bytového domu 1, kde jsou tři zásobníkové ohřívače a obrázek 50 znázorňuje zapojení FVS u bytových domů 2 a 3, kde jsou dva zásobníkové ohřívače.



Obrázek 49 Schéma návrhu varianty C bytového domu 1.



Obrázek 50 Schéma návrhu varianty C bytového domu 2 a 3.

2.4 Výpočty

2.4.1 Množství akumulované TPV

Předpokládaná potřeba TPV

Pro následující výpočty je nejprve nutné zjistit množství požadované TPV. Při určení množství TPV je možné použít hodnoty na základě měření, z již existující budovy nebo výpočtem dle ČSN 15316-3-1,2,3. Tato norma udává postup výpočtu denní potřeby teplé vody pro různé typy budov a objektů.

Důležitou hodnotou pro určení denní potřeby TPV je počet uživatelů v celém objektu a specifickou potřebu TPV jedné osoby. Tato norma udává, že specifická potřeba TPV jednoho uživatele bytového domu je 0,04 m³/den. Pro výpočet jsem použil vzorec 1 a výsledné hodnoty, pro řešené bytové domy, jsem vyčíslil do tabulky 2.

$$V_w = V_f \cdot f \quad (1)$$

V_w ... spotřeba TPV bytového domu [m³/den]

V_f ... specifická potřeba TPV jedné osoby bytového domu [m³/den]

f ... počet uživatelů TPV [ks]

Tabulka 2: Spotřeba TPV bytových domů 1, 2 a 3.

	Bytový dům 1	Bytový dům 2	Bytový dům 3
f [ks]	84	50	42
V_w [m ³ /den]	3,36	2	1,68

Potřebná energie na ohřev pitné vody

Pro výpočet jsem použil vzorec 2 dle normy ČSN 15316-3, který bere v potaz i ztráty úniku tepla do okolí rozvodového potrubí a samotného zásobníku. Na základě prohlídky, technických místností řešených bytových domů, volím hodnotu ztrátového koeficientu 0,5. Potrubí TV je izolované a zásobníkové ohřivače vody se nachází v technické místnosti. Výsledné hodnoty, pro řešené bytové domy, udává tabulka 3. V tabulce jsou dále uvedeny hodnoty získané od dodavatele energie. Hodnoty uváděné dodavatelem energie se s menší odchylkou shodují s hodnotami, které jsem vypočítal.

$$Q_{TUV1} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_w \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad (2)$$

Q_{TUV1} ... vypočtená potřebná energie na ohřev pitné vody [kWh/den]

Q_{TUV2} ... skutečná potřebná energie na ohřev pitné vody [kWh/den]

z ... ztrátový koeficient o hodnotě 0,5 dle normy ČSN 15316-3 [1]

ρ ... hustota vody o teplotě 20 °C [kg/m³]

V_w ... spotřeba TPV bytového domu [m³/den]

t_1 ... výstupní teplota vody ze zásobníkového ohříváče TPV o hodnotě 10 [°C]

t_2 ... vstupní teplota vody do zásobníkového ohříváče TPV o hodnotě 55 [°C]

Tabulka 3: Potřebná energie na ohřev TPV bytových domů 1, 2 a 3.

[kWh/den]	Bytový dům 1	Bytový dům 2	Bytový dům 3
Q_{TUV1}	263	156,5	131,5
Q_{TUV2}	260	140	120

Velikost zásobníků TPV

Pro návrh velikosti zásobníku TPV je nutné brát v potaz mnoho aspektů, jako je typ zdroje, velikost tepelných ztrát systému, ale také co nejpřesnější odhad spotřeby TPV v průběhu dne nebo i velikost technické místnosti.

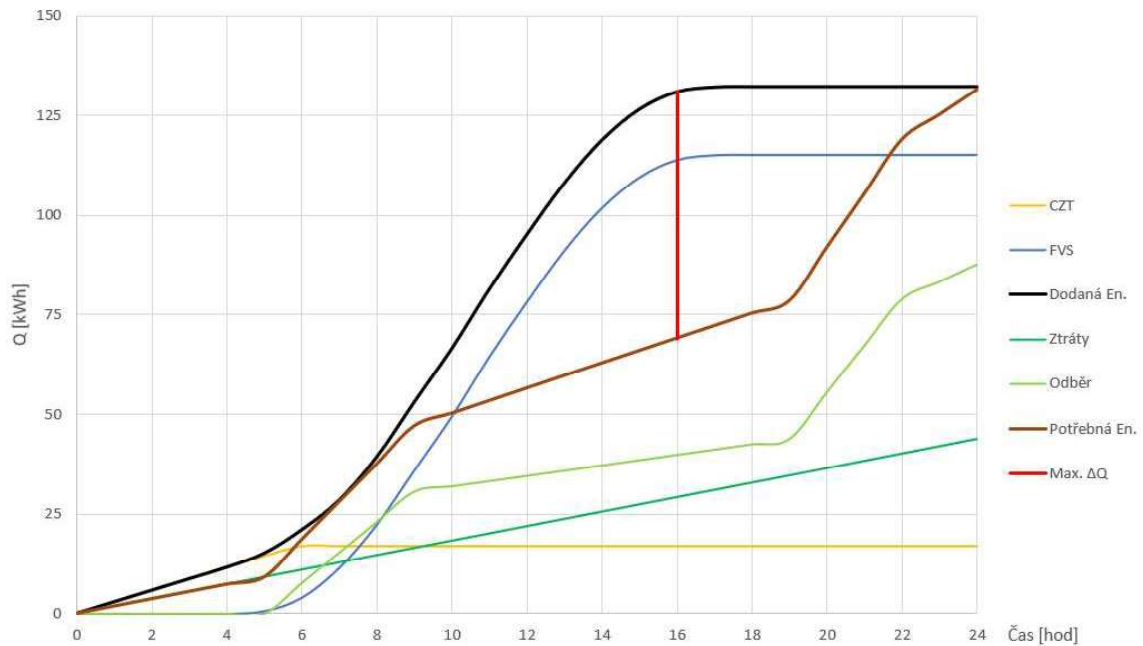
Pro vytvoření akumulovaného grafu je nejvhodnější použít hodnoty získané pomocí dlouhodobého sledování nebo postupovat dle normy ČSN 15316-3. Tato norma mimo jiné, udává předpokládané časové rozložení odběru TPV běžného spotřebitele tabulka 4.

Tabulka 4: Časové rozložení odběru TPV dle normy ČSN 15316-3.

Rozmezí času	Množství odebrané TPV
0 h – 6 h	0 %
6 h – 9 h	35 %
9 h – 19 h	15 %
19 h – 22 h	40 %
22 h – 24 h	10 %

Ideální zdroj energie by byl takový, který kopíruje křivku simulující požadovanou tepelnou energii. FVS takové požadavky nemůže splňovat. Největší množství energie, kterou FVS generuje, je v odpoledních hodinách, kdy je odběr TV malý. Největší

spotřeba je v ranních a večerních hodinách, kdy FVS nedokáže generovat potřebné množství energie. Proto je nutné používat akumulční nádoby.



Obrázek 51 Kumulovaný graf bilance tepla v průběhu dne.

- Křivka „**CZT**“ znázorňuje zdroj energie z CZT.
- Křivka „**FVS**“ znázorňuje zdroj energie z FVS.
- Křivka „**Dodaná en.**“ představuje výslednou dodávku energie dodanou všemi zdroji.
- Křivka „**Ztráty**“ představuje tepelné ztráty celého systému TV v daném objektu. Tyto ztráty jsou závislé především na teplotě v okolí potrubí, armatur a zásobníku TV. V případě použití vhodného zateplení těchto částí systému lze tyto ztráty snížit.
- Křivka „**Odběr**“ simuluje časové rozložení odběru energie.
- Křivka „**Potřebná en.**“ prezentuje výslednou požadovanou tepelnou energii v průběhu celého dne. Skládá ze součtu hodnot odběru TV a tepelných ztrát.
- Poslední část grafu označená křivkou „**Max. ΔQ**“ ukazuje největší rozdíl hodnot mezi celkovou dodávanou energií a celkovou ztrátou energie. Zároveň prezentuje množství energie, kterou je nutné akumulovat.

Z obrázku 52 je vidět nedostačující energie z FVS v ranních hodinách, kde se křivka odběru dostává nad křivku prezentující dodávku energie z FVS. Vyřešením tohoto nedostatku je možné zvýšením instalovaného výkonu FVS, kdy se zvýší i potřebný objem

akumulační nádrže. Následně naakumulované teplo využít následný den pro pokrytí ranní špičky odběru. Tento způsob řešení je však finančně nákladný z důvodu potřeby většího množství FVP, výkonnějších střídačů a akumulačních nádob s velkým objemem.

Velikost akumulační nádrže se vypočte dle vzorce 3. Výsledné hodnoty všech tří bytových domů a všech variant návrhů, jsou vyčíslené v tabulce 5.

$$V = \frac{dQ_{max}}{\frac{c \cdot 4,182}{3,6} \cdot (t_2 - t_1)} \quad (3)$$

V ... objem akumulační nádrže [m³]

c ... měrná tepelná kapacita vody [kJ/kg.K]

dQ_{max} ... maximální rozdíl mezi potřebným a dodaným teplem v určitý čas [kWh]

t₁ ... výstupní teplota vody ze zásobníkového ohřivače TPV o hodnotě 10 [°C]

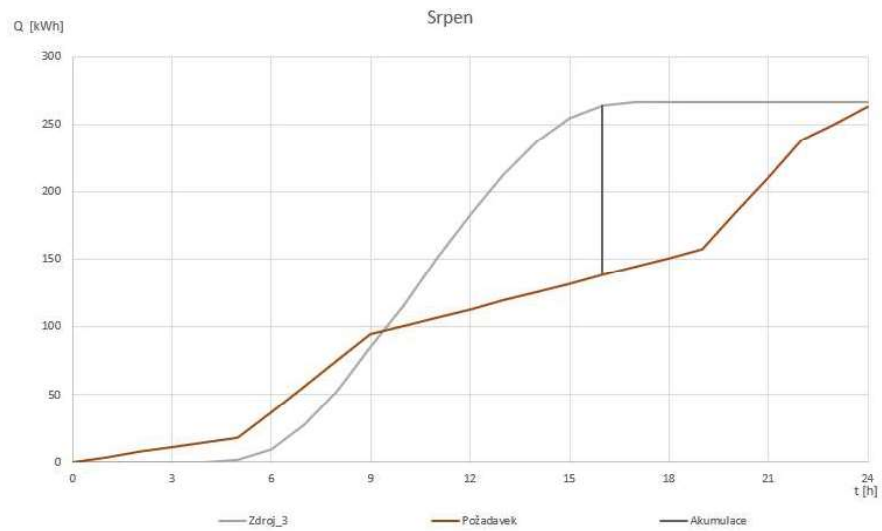
t₂ ... vstupní teplota vody do zásobníkového ohřivače TPV o hodnotě 55 [°C]

Tabulka 5: Množství akumulované TV.

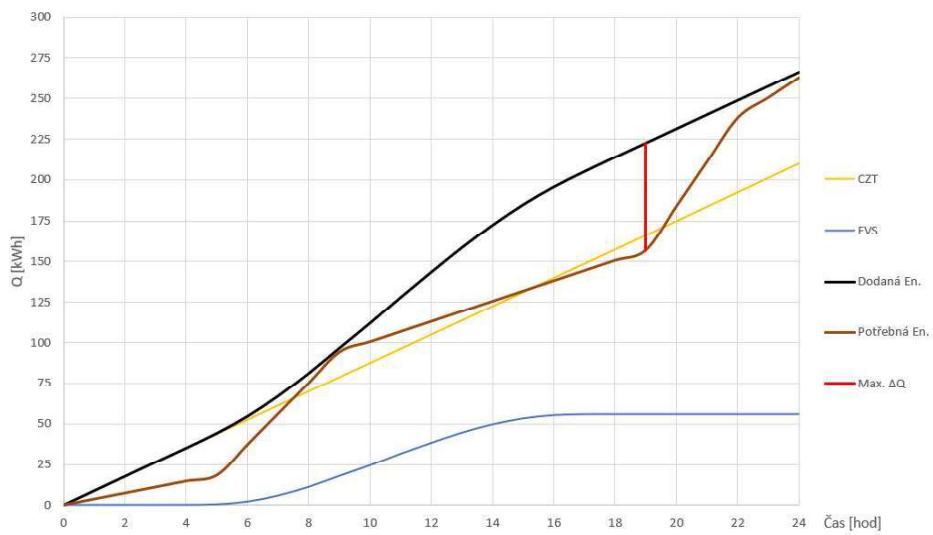
Bytový dům	Varianta návrhu	Instalovaný výkon	Potřebná energie	Akumulační nádrž
		kWp	MW/rok	m ³
1	A	13,68	95	1,50
	B	43,32	95	1,50
	C	55,86	95	2,25
2	A	6,85	55	0,75
	B	30,78	55	0,75
	C	42,18	55	1,50
3	A	6,84	43	0,75
	B	20,52	43	0,75
	C	29,07	43	2,00

Jelikož ve všech bytových domech je již instalovaný přívod VTS a FVS je nedostačující pro pokrytí celodenního potřeby TV, je ideální využít tyto dva tepelné zdroje, které jsou na sobě nezávislé. Následující obrázky (53-61) simulují odběry a dodávky tepla průměrného dne srpnového měsíce všech řešených variant.

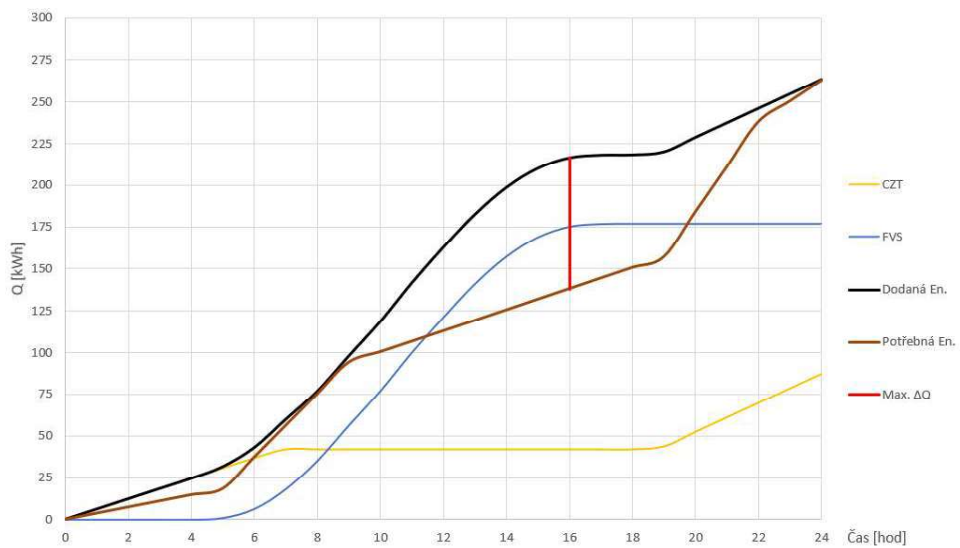
V případě možnosti použití větších akumulačních nádrží je maximální instalovaný výkon FVS také omezen. Celkové získané teplo z FVS během dne nesmí přesáhnout celkový denní odběr tepla v podobě ztrát a odběru TV.



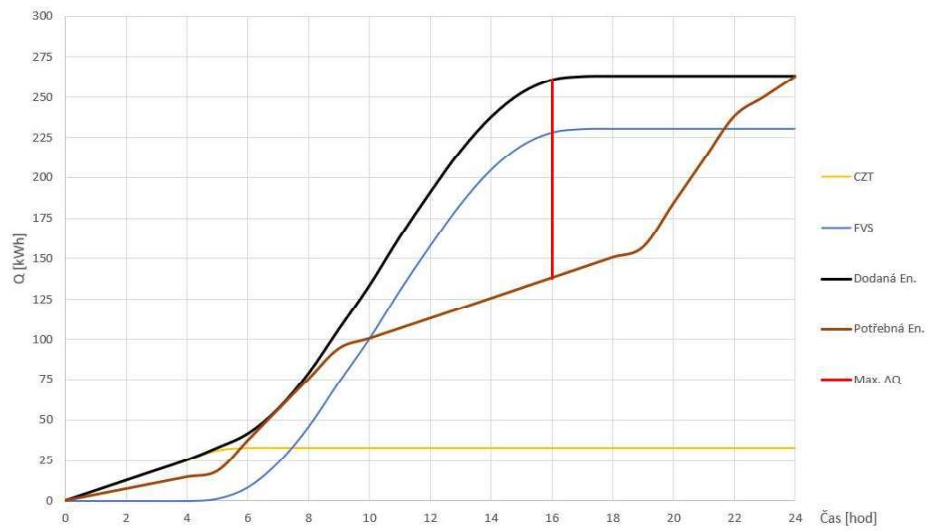
Obrázek 52 FVS, který nepokrývá ranní špičkové odběry TPV.



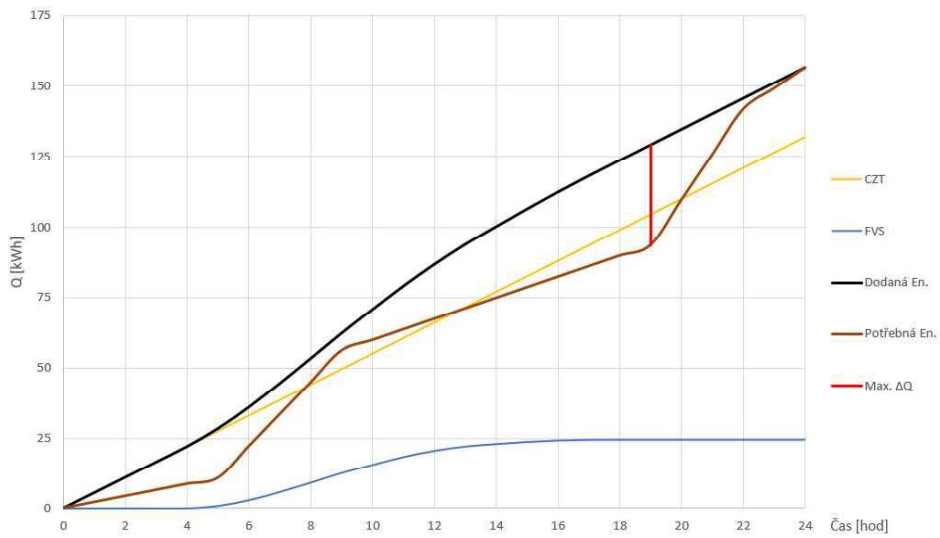
Obrázek 53 Bytový dům 1 varianta A



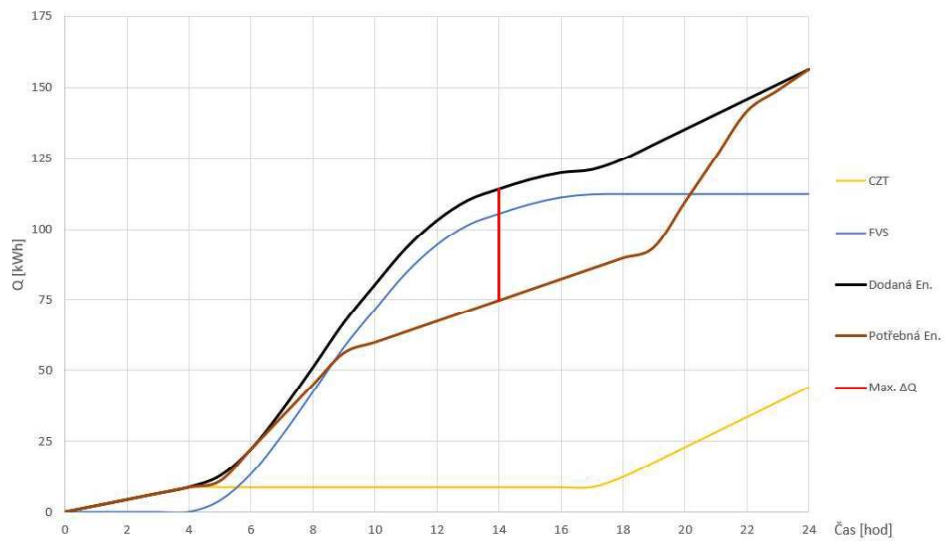
Obrázek 54 Bytový dům 1 varianta B



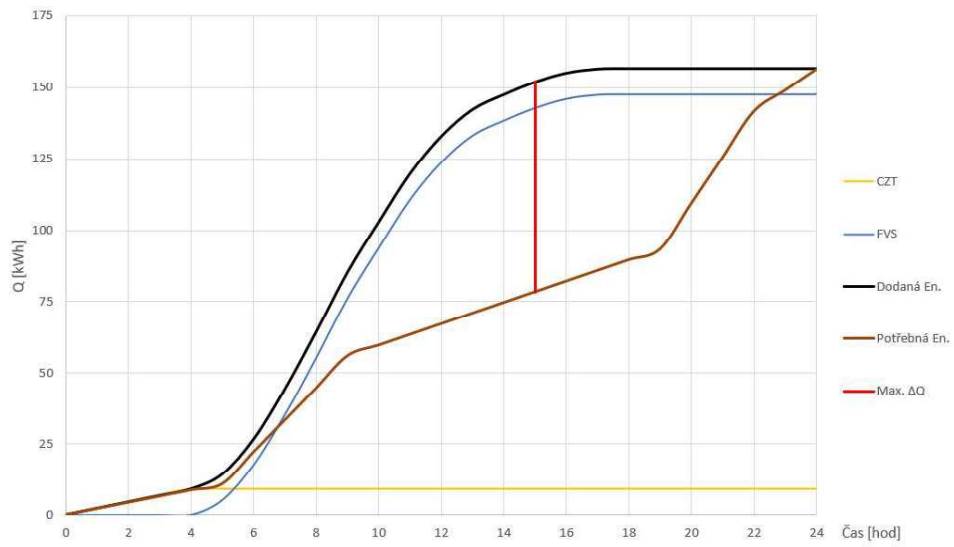
Obrázek 55 Bytový dům 1 varianta C



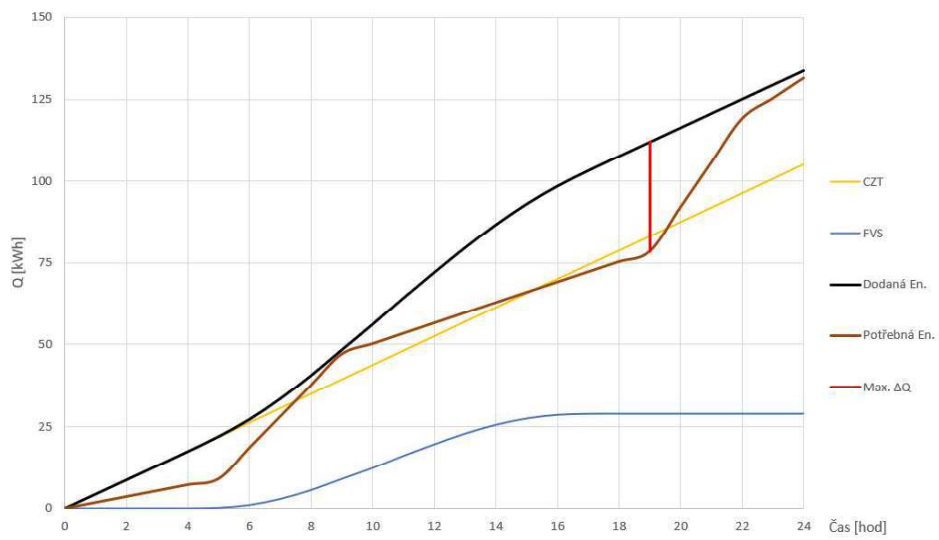
Obrázek 56 Bytový dům 2 varianta A



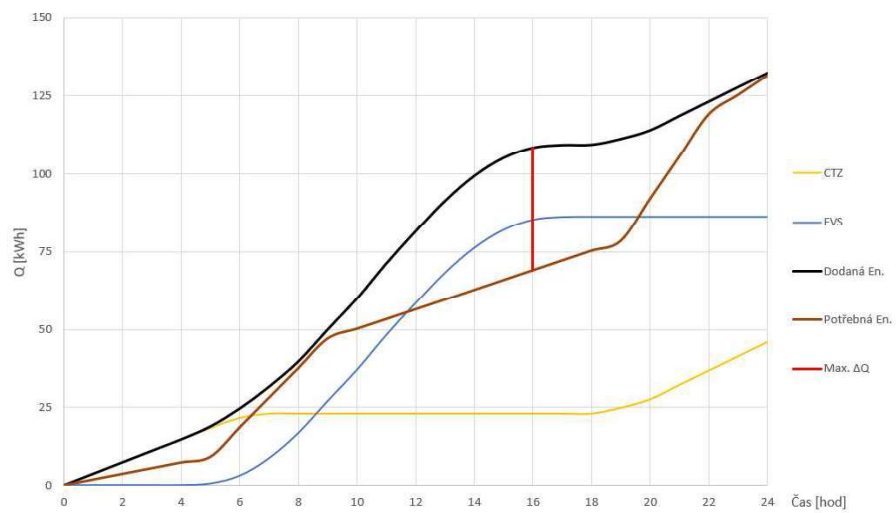
Obrázek 57 Bytový dům 2 varianta B



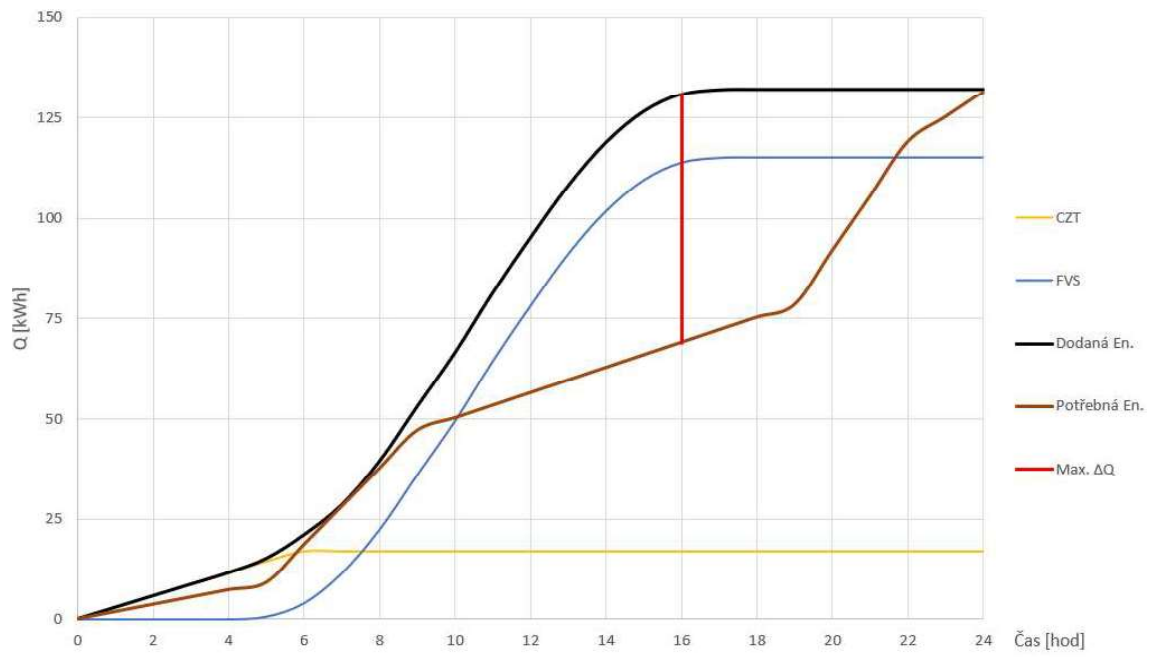
Obrázek 58 Bytový dům 2 varianta C



Obrázek 59 Bytový dům 3 varianta A



Obrázek 60 Bytový dům 3 varianta B



Obrázek 61 Bytový dům 3 varianta C

2.5 Bilance FVS

Příjem energie ze slunečního záření se nemění jen v průběhu dne, ale i v průběhu roku. Záleží i na aktuálním počasí, které velice ovlivní množství získané energie z FVS.

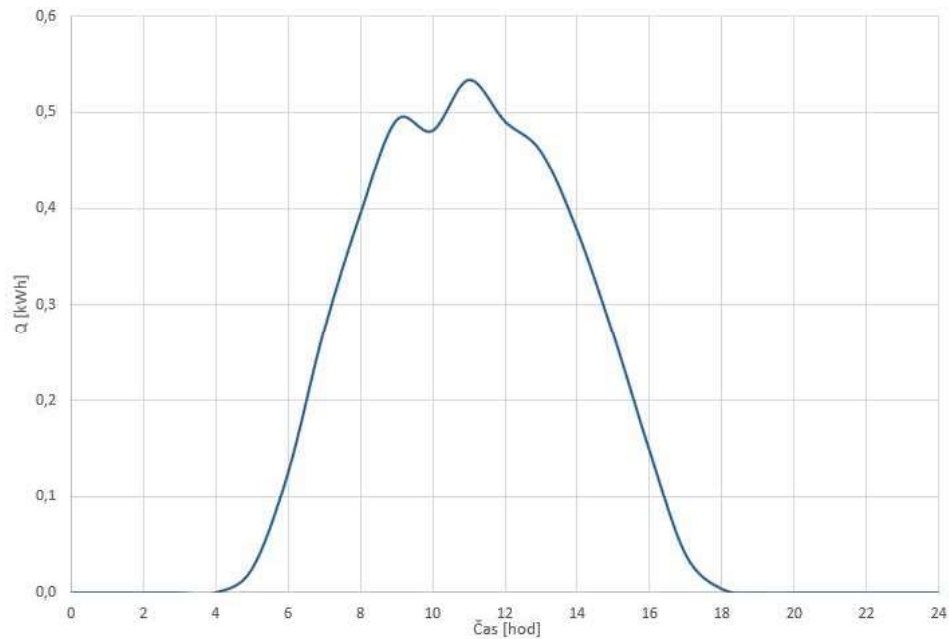
Pro získání hodnot o výkonu FVS jsem použil aplikaci PVGIS, která je veřejně přístupná na webovém rozhraní. Tato aplikace umožňuje získat hodnoty vyrobené energie FVS, na základě statistiky, s přesností na hodiny.

Aplikace vyžaduje, pro vyhodnocení dat, počáteční vstupní údaje (obrázek 62). První vstupní hodnota je přesné umístění FV panelů pomocí mapy nebo souřadnic. Dále je nutno zadat úhel natočení a naklopení FVP. Následně se uvede typ FV panelů a jejich maximální instalovaný výkon. V poslední fázi se vyplní ztráty, které předpokládáme u dané soustavy.

The screenshot shows the PVGIS application interface. At the top, there are coordinates and elevation: Kurzor: 50.147, 13.950; Vybráno: 50,149, 13,956; Nadmořská výška (m): 458. There are checkboxes for 'Použit stíny terénu' (checked) and 'Nahrajte horizontový soubor' (unchecked). Download buttons for 'csv' and 'json' are present. Below this is a sidebar with navigation options: GRID PŘIPOJEN, SLEDOVÁNÍ PV, OFF-GRID, MĚSÍČNÍ ÚDAJE, DENNÍ ÚDAJE, HODINOVÉ ÚDAJE, and TMY. The main area is titled 'VÝKON GRID-PŘIPOJENÉ FV' and contains the following fields: Databáze slunečního záření* (PVGIS-SARAH), FV technologie* (Krystalický křemík), Instalovaný špičkový fotovoltaický výkon [kWp]* (1), Ztráta systému [%]* (17), Opravené možnosti montáže section with Montážní poloha* (Budova integrovaná), Sklon [°]* (37), and Azimuth [°]* (-3). There are also checkboxes for 'Optimalizujte sklon' and 'Optimalizujte sklon a azimut'. At the bottom, there are buttons for 'Vizualizovat výsledky', 'csv', and 'json'.

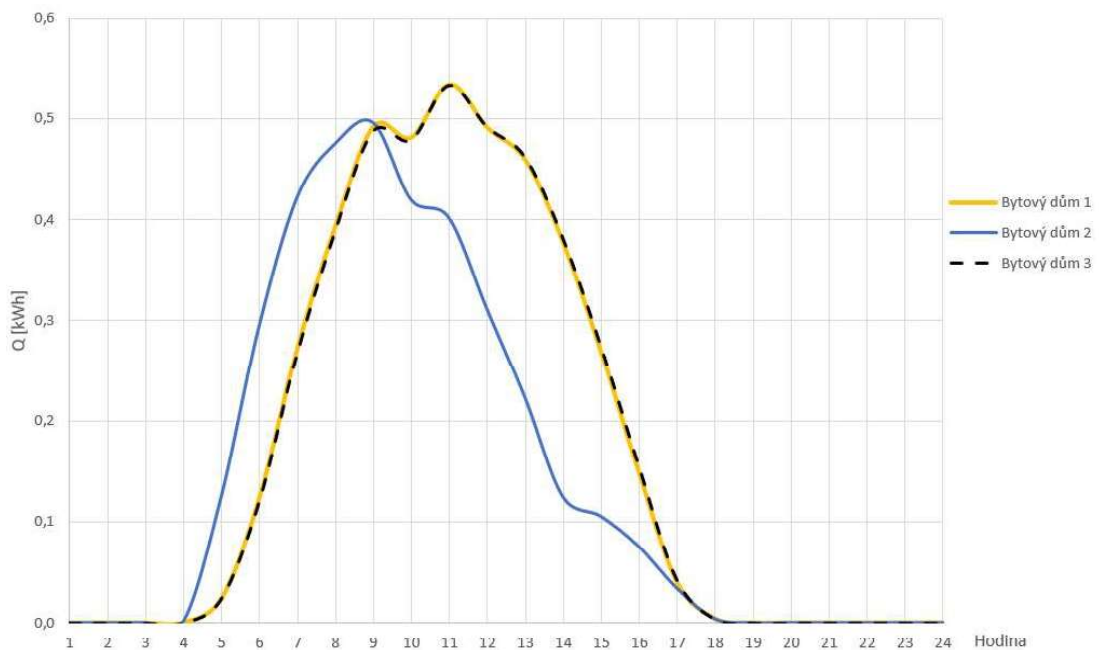
Obrázek 62 Požadované vstupní hodnoty aplikace PVGIS pro získání dat. [20]

Z aplikace jsem použil hodnoty výkonu FVS s hodinovou přesností. Na obrázku 63 je znázorněna denní bilance dodávané energie z FVS o instalovaném výkonu 1kWp. Hodnoty jsou brány ze zprůměrovaných srpnových denních hodnot.



Obrázek 63 Denní bilance energie, průměrného srpnového dne, FVS o instalovaném výkonu 1kWp.

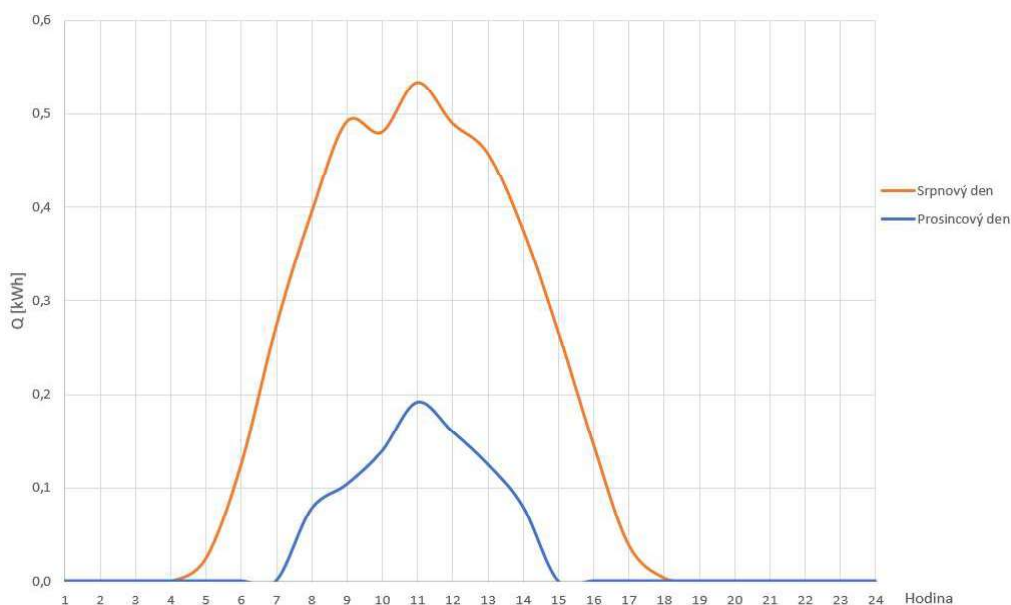
Na obrázku 64 jsou znázorněny denní bilance FVS o instalovaném výkonu 1kWp, pro bytové domy 1,2 a 3. Obrázek 64 slouží k porovnání denní bilance s ohledem na umístění a natočení FVP.



Obrázek 64 Denní bilance energie, průměrného srpnového dne, FVS o instalovaném výkonu 1kWp, na bytových domech 1, 2 a 3.

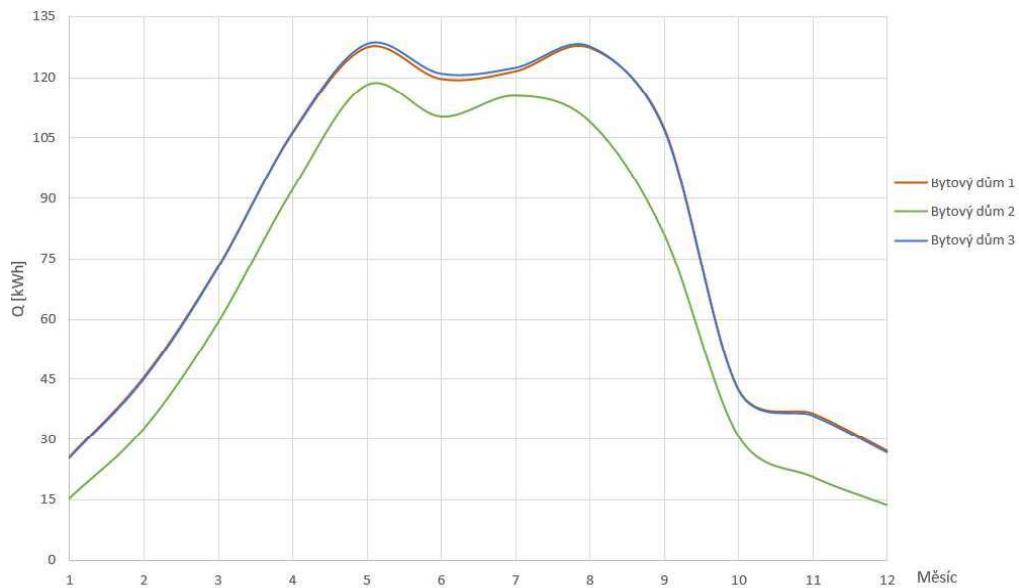
Z grafu, na obrázku 64, je možné zjistit, že bytový dům 2 má menší výkonnost než bytový dům 1 a 3. Dále je vidět, že u bytového domu 2 FVS začíná generovat energii dříve než ostatní bytové domy. Energie se generuje dříve, protože FVP jsou umístěné na východní straně.

Graf na obrázku 65 porovnává výkonnost FVS, bytového domu 1 o instalovaném výkonu 1 kWp, v srpnu a prosinci. Rozdíl je velmi výrazný, a to především kvůli délce osvětlení FVP během dne. V zimním období je doba osvětlení FVP malá a je nutné využít zcela celý potenciál zdroje energie z CZT.



Obrázek 65 Denní bilance energie, průměrného srpnového a prosincového dne, FVS o instalovaném výkonu 1kWp.

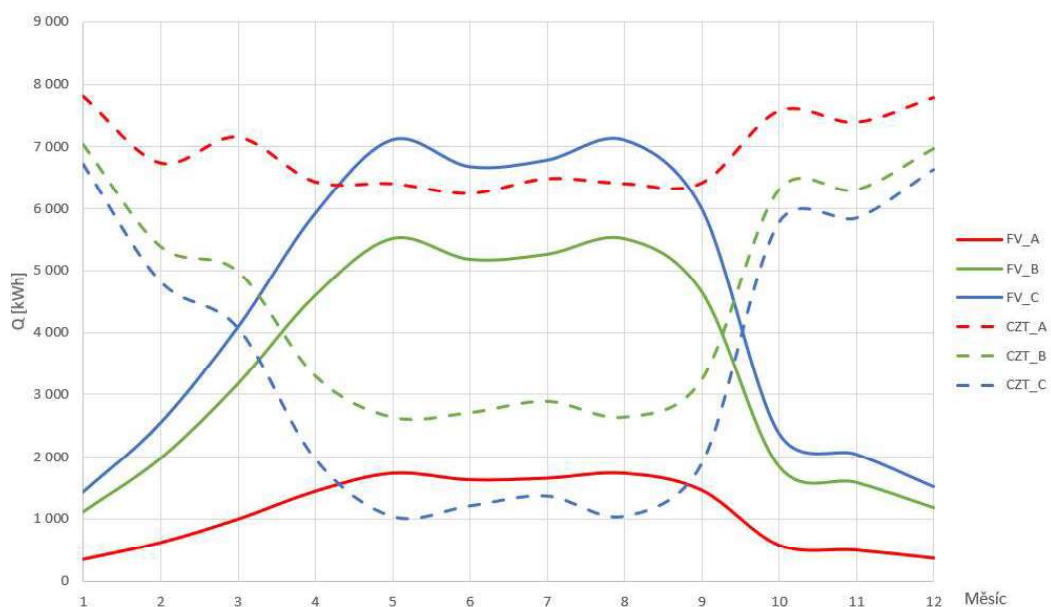
Pro porovnání výkonnosti FVS v průběhu roku je na obrázku 66 graf, který znázorňuje roční bilanci energie FVS, budov 1, 2 a 3, o instalovaném výkonu 1kWp. Nejnižší hodnoty vykazuje bytový dům, který má střechu s FVP směřovanou k východu. Bytové domy 1 a 3 disponují srovnatelnou výkonností FVS. Ve výsledku se získaná energie bude lišit rozdílným instalovaným výkonem.



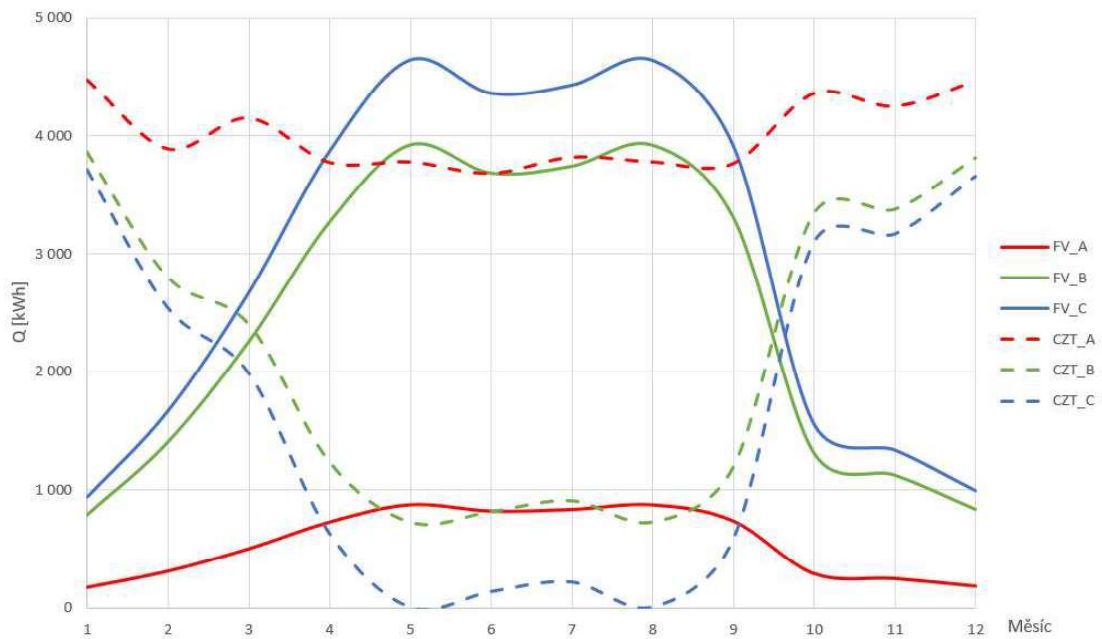
Obrázek 66 Roční bilance FVS s instalovaným výkonem 1kWp, bytového domu 1, 2 a 3.

Z grafu 66 je patrné, že nejvíce energie z FVS lze získat v květnovém a srpnovém měsíci. I když nejvyšší teploty registrujeme v červenci a srpnu, v těchto měsících je více srážkových dnů, které výrazně snižují celkovou měsíční výkonnost FVS.

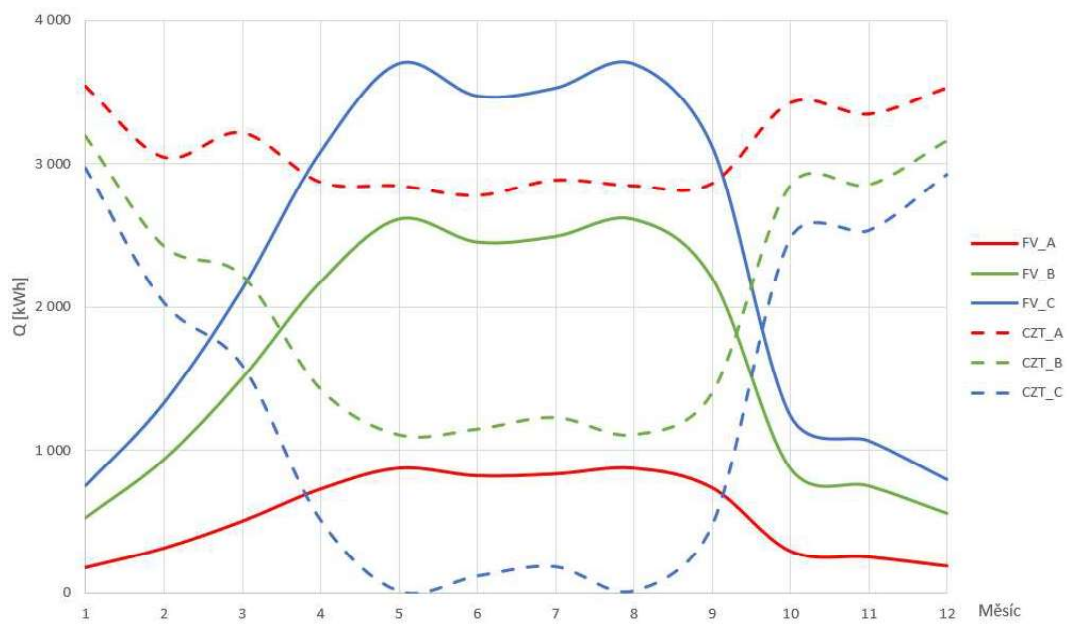
Pomocí dat získaných z aplikace PVGISI jsem mohl vyčíslit bilanci energií pro výrobu TPV. Jelikož FVS nemůže pokrýt celoroční potřebu energie na ohřev pitné vody, musí být v systému ponechán původní zdroj energie. Obrázky 67, 68 a 69 znázorňují energetickou roční bilanci, všech variant návrhu, dodané energie z FVS a energie, kterou je potřebné dodat z CTS. Číselné hodnoty, pro všechny varianty a všechny bytové domy, jsou vyčíslené v tabulce 6.



Obrázek 67 Roční bilance energie, potřebné k ohřevu PV, bytového domu 1



Obrázek 68 Roční bilance energie, potřebné k ohřevu PV, bytového domu 2



Obrázek 69 Roční bilance energie, potřebné k ohřevu PV, bytového domu 3

Tabulka 6: Roční bilance, potřebné energie k ohřevu PV, bytového domu 1.

Bytový dům 1 kWh	Varianta					
	A		B		C	
Měsíc	FVS	CTS	FVS	CTS	FVS	CTS
1	351	7 802	1 110	7 043	1 432	6 721
2	623	6 741	1 972	5 392	2 543	4 821
3	999	7 154	3 164	4 989	4 080	4 073
4	1 451	6 439	4 594	3 296	5 924	1 966
5	1 743	6 410	5 521	2 632	7 119	1 034
6	1 637	6 253	5 185	2 705	6 686	1 204
7	1 663	6 490	5 267	2 886	6 791	1 362
8	1 743	6 410	5 519	2 634	7 117	1 036
9	1 472	6 418	4 661	3 229	6 010	1 880
10	583	7 570	1 846	6 307	2 381	5 772
11	500	7 390	1 585	6 305	2 044	5 846
12	372	7 781	1 179	6 974	1 520	6 633
Σ	13 138	82 857	41 603	54 392	53 645	42 350
Bytový dům 2 kWh	Varianta					
	A		B		C	
Měsíc	FVS	CTS	FVS	CTS	FVS	CTS
1	175	4 475	789	3 861	934	3 716
2	311	3 889	1 401	2 799	1 659	2 541
3	500	4 150	2 248	2 402	2 662	1 988
4	725	3 775	3 264	1 236	3 865	635
5	872	3 778	3 923	727	4 645	5
6	819	3 681	3 684	816	4 363	137
7	832	3 818	3 742	908	4 431	219
8	871	3 779	3 921	729	4 644	6
9	736	3 764	3 312	1 188	3 922	578
10	292	4 358	1 312	3 338	1 553	3 097
11	250	4 250	1 126	3 374	1 333	3 167
12	186	4 464	837	3 813	992	3 658
Σ	6 569	48 181	29 560	25 190	35 005	19 745
Bytový dům 3 kWh	Varianta					
	A		B		C	
Měsíc	FVS	CTS	FVS	CTS	FVS	CTS
1	175	3 545	526	3 194	745	2 975
2	311	3 049	934	2 426	1 323	2 037
3	500	3 220	1 499	2 221	2 123	1 597
4	725	2 875	2 176	1 424	3 083	517
5	872	2 848	2 615	1 105	3 705	15
6	819	2 781	2 456	1 144	3 480	120
7	832	2 888	2 495	1 225	3 534	186
8	871	2 849	2 614	1 106	3 704	16
9	736	2 864	2 208	1 392	3 128	472
10	292	3 428	875	2 845	1 239	2 481
11	250	3 350	751	2 849	1 063	2 537
12	186	3 534	558	3 162	791	2 929
Σ	6 569	37 231	19 706	24 094	27 917	15 883

2.6 Ekonomické zhodnocení investice

Pro zjištění doby návratnosti investice a ekonomické rentability projektu je nutné provést ekonomické zhodnocení investice. V této kapitole vyhodnocuji nejvýhodnější investici ze tří navrhovaných variant využití FVS k ohřevu pitné vody.

2.6.1 Investice

Každý bytový dům navrhují pro tři různé varianty využití FVS, které jsou popsány v kapitole 2.3. Každá z uvedených variant disponuje jinou vstupní investicí. Tabulky 7, 8 a 9 přehledně vyčíslují výši investic pro realizaci všech typů návrhů.

Tabulka 7: Vyčíslení investic tří variant návrhu bytového domu č. 1.

Bytový dům 1				
Varianta	A	B	C	
Fotovoltaický panel	Q-CELLS 285Wp			
Instalovaný výkon	13,68	43,32	55,86	kWp
Počet FVP	48	152	196	ks
Cena FVP	2 482	2 482	2 482	Kč/ks
Celková cena FVP	119 136	377 264	486 472	Kč
Konstrukce a příslušenství				
Počet kusů	48	152	196	ks
Cena	500	500	500	Kč/ks
Celková cena	24 000	76 000	98 000	Kč
Střídač Huawei SUN	-	2000-42KTL	2000-60KTL	
Cena	-	94 954	106 913	Kč
DC/DC měnič + DC těleso	LXDC SET 6,9	-	-	
Počet kusů	2	-	-	ks
Cena	17 900	-	-	Kč/ks
Celková cena	35 800	-	-	Kč
AC topné těleso	-	24+24	30+15+15	kW
Celková cena	-	27 020	34 150	Kč
Zásobníkový ohřívač OKC	-	-	750 NTR/BP	
Cena	-	-	51 400	Kč
Cena práce	26 840	86 286	116 540	Kč
Celkové investice	205 776	661 524	893 475	Kč

Z tabulky 7, která porovnává tři typy zapojení v bytovém domě 1, je zřejmé, že největší investici zastupuje varianta návrhu C. Investice je vysoká především z důvodu pořízení dalšího zásobníkového ohřívače. Naopak nejnižší investicí disponuje varianta návrhu A, jelikož v tomto návrhu není potřeba střídače, nového zásobníkového ohřívače a je zde nejmenší instalovaný výkon FVS.

Hodnota topného tělesa u návrhu A (tabulky 7, 8 a 9) je vyčíslená v součtu s DC/DC měničem, protože je tento set nabízen společně za výrazně výhodnější cenu. U návrhu B a C (tabulky 7, 8 a 9) jsou topná tělesa rozložena dle počtu zásobníkových ohříváčů.

Tabulka 8: Vyčíslení investic tří variant návrhu bytového domu č.2.

Bytový dům 2				
Varianta	A	B	C	
Fotovoltaický panel	Q-CELLS 285Wp			
Instalovaný výkon	6,84	30,78	42,18	kWp
Počet FVP	24	108	148	ks
Cena FVP	2 482	2 482	2 482	Kč/ks
Celková cena FVP	59 568	268 056	367 336	Kč
Konstrukce a příslušenství				
Počet kusů	24	108	196	ks
Cena	500	500	500	Kč/ks
Celková cena	12 000	54 000	74 000	Kč
Střídač Huawei SUN	-	2000-33KTL	2000-42KTL	
Cena	-	67 711	94 954	Kč
DC/DC měnič + DC těleso	LXDC SET 6,9	-	-	
Počet kusů	1	-	-	ks
Cena	17 900	-	-	Kč/ks
Celková cena	17 900	-	-	Kč
AC topné těleso	-	30	24+24	kW
Celková cena	-	22 550	27 020	Kč
Zásobníkový ohříváč OKC	-	-	750 NTR/BP	
Cena	-	-	51 400	Kč
Cena práce	13 420	61 848	92 207	Kč
Celkové investice	102 888	474 165	706 917	Kč

Tabulka 8 porovnává tři typy zapojení v bytovém domě 2. Největší investici zastupuje varianta návrhu C a nejnižší investicí disponuje varianta návrhu A. Stejně je tomu tak při porovnání návrhů v bytovém domě 3, které jsou vyčísleny v tabulce 9.

Tabulka 9: Vyčíslení investic tří variant návrhu bytového domu č.3.

Bytový dům 3				
Varianta	A	B	C	
Fotovoltaický panel	Q-CELLS 285Wp			
Instalovaný výkon	6,84	20,52	29,07	kWp
Počet FVP	24	72	102	ks
Cena FVP	2 482	2 482	2 482	Kč/ks
Celková cena FVP	59 568	178 704	253 164	Kč
Konstrukce a příslušenství				
Počet kusů	24	72	102	ks
Cena	500	500	500	Kč/ks
Celková cena	12 000	36 000	51 000	Kč
Střídač Huawei SUN	-	2000-20KTL	2000-33KTL	
Cena	-	59 396	67 711	Kč
DC/DC měnič + DC těleso	LXDC SET 6,9	-	-	
Počet kusů	1	-	-	ks
Cena	17 900	-	-	Kč/ks
Celková cena	17 900	-	-	Kč
AC topné těleso	-	24	15+15	kW
Celková cena	-	13 510	11 600	Kč
Zásobníkový ohřívač OKC	-	-	500 NTR/BP	
Cena	-	-	23 720	Kč
Cena práce	13 420	43 142	61 079	Kč
Celkové investice	102 888	330 752	468 274	Kč

2.6.2 Úspora

Pro zjištění doby návratnosti investice je zapotřebí zjistit roční zisk při uskutečnění projektu. Jelikož v projektu řeším přiřazení dalšího zdroje energie, k již stávajícímu zdroji, jedná se o úsporu. Výsledná velikost úspory nemusí přesně souhlasit s reálnou hodnotou, jelikož je závislá na získané energii z FVS. Jedná se tedy o výpočetní odhad na základě statistických dat.

Úspora energie je rovna energii získané z FVS. Pro zjištění množství získané energie z FVS jsem použil data z PVGIS viz kapitola 2.5. Odečtením získané energie z FVS od hodnoty energie potřebné k ohřevu pitné vody v daném bytovém domě mi vyšlo množství energie, které se musí dodat z CTS. Pro vyčíslení těchto energetických hodnot v korunách jsem je vynásobil cenou 1kWh, která je 2,574 Kč. Výsledné hodnoty, pro všechny varianty všech bytových domů, jsou vyčísleny v tabulce 10.

Tabulka 10: Vyčíslení úspor

Bytový dům	Varianta návrhu	Instalovaný výkon	Potřebná energie	FVS	CTS	Úspora
		kWp	MW/rok	MW/rok	MW/rok	Kč/rok
1	A	13,68	95	13,2	81,8	33 977
	B	43,32	95	41,6	53,4	107 078
	C	55,86	95	53,6	41,4	137 966
2	A	6,85	55	5,4	49,6	13 900
	B	30,78	55	24,5	30,5	63 063
	C	42,18	55	33,6	21,4	86 486
3	A	6,84	43	6,6	36,4	16 988
	B	20,52	43	19,7	23,3	50 708
	C	29,07	43	27,1	15,9	69 755

2.6.3 Cash-flow

Cash-flow, jinak nazývaný peněžní tok, slouží ke sledování pohybu peněžních prostředků ve firmě za určité období. Peněžní tok zjistíme odečtením výdajů od sumy peněžních prostředků.

Do výpočtu toku peněz jsem zahrnul i rovnoměrné odepisování investice. FVS instalované na střechy patří do 3. odpisové skupiny, která je definovaná dobu odepisování v délce 10 let. Zároveň počítám s dobou životnosti projektu 25 let, při které výrobce garantuje maximální pokles výkonu FVP o 15 %. Pro zohlednění snižování výkonnosti systému počítám s 0,5% ročním poklesem úspor. Výpočet cash-flow jsem provedl dle vzorce 5.

Pro zjednodušení jsem provozní náklady stanovil jako 2 % z celkové investice. Do provozních nákladů počítám např. čištění, kontroly a opravy FVS.

$$CF_i = U_i + O_i - FN \quad (5)$$

CF_i ... cash-flow v i-tém roce [Kč]

U_i ... úspora v i-tém roce [Kč]

FN ... fixní náklady [Kč]

O_i ... odpisy v i-tém roce [Kč]

Pro následující výpočty jsem vypočetl diskontované cash-flow, které zohledňuje faktor času a je závislé na úrokové míře, která pro tento projekt činí 7 %. Výpočet diskontovaného cash-flow jsem provedl dle vzorce 6.

$$dCF_i = \frac{CF_i}{(1+r)^i} \quad (6)$$

dCF_i ... diskontované cash-flow v i -tém roce [Kč]

CF_i ... cash-flow v i -tém roce [Kč]

i ... rok

r ... úroková míra [%]

2.6.4 Prostá doba návratnosti

Prostá doba návratnosti je nejrychlejší způsob výpočtu, pro zjištění návratnosti investice vložené do projektu. Tato metoda však neudává skutečnou dobu návratnosti, protože nebere ohled na vliv jakékoliv úrokové míry. Slouží spíše pro rychlý odhad. Prostá doba návratnosti se vypočte dle vzorce 7. Výsledné hodnoty, prosté doby návratnosti, pro všechny varianty, udává tabulka 11.

$$DN_p = \frac{INV}{CF} \quad (7)$$

DN_p ... prostá doba návratnosti [roky]

INV ... investice [Kč]

CF ... průměrné roční cash-flow za dobu životnosti [Kč]

Tabulka 11: Prostá doba návratnosti.

[roky]	Bytový dům 1			Bytový dům 2			Bytový dům 3		
Varianta	A	B	C	A	B	C	A	B	C
DN_p	5,3	5,4	5,6	6,2	6,3	6,8	5,3	5,6	5,8

2.6.5 Diskontovaná doba návratnosti

Spíše, než prostou dobu návratnosti je vhodnější použít vzorec 8, výpočet diskontované doby návratnosti, která započítává časovou hodnotu peněz. Ve vzorci je počítáno s diskontovaným cash-flow dle vzorce 6. Výsledné hodnoty, prosté doby návratnosti, pro všechny varianty, udává tabulka 12.

$$DN_d = \frac{INV}{dCF} \quad (8)$$

DN_d ... diskontovaná doba návratnosti [Kč]

INV ... investice [Kč]

dCF ... průměrné roční diskontované cash-flow za dobu životnosti [Kč]

Tabulka 12: Diskontovaná doba návratnosti.

[roky]	Bytový dům 1			Bytový dům 2			Bytový dům 3		
Varianta	A	B	C	A	B	C	A	B	C
DNd	10,3	10,5	10,9	12,0	12,1	12,9	10,3	10,9	11,2

2.6.6 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota je jednou z nevhodnějších finančních ukazatelů, která zahrnuje dobu životnosti projektu a bere v úvahu časovou hodnotu peněz. Pokud vypočtená hodnota vyjde kladně, projekt je vhodný pro realizaci. Pokud však vyjde záporná hodnota, projekt se nevyplatí realizovat. U porovnávání více investičních variant se preferuje varianta s nejvyšší výslednou hodnotou.

Čistou současnou hodnotu jsem vypočetl dle vzorce 9 pro všechny navrhované varianty a výsledné hodnoty vyčíslil v tabulce 13.

$$ČSH = -INV + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} \quad (9)$$

ČSH ... čistá současná hodnota [Kč]

INV ... investice [Kč]

CF_i ... cash-flow v i-tém roce [Kč]

i ... rok

r ... úroková míra [%]

n ... životnost investice [roky]

Tabulka 13: Čistá současná hodnota.

[tis. Kč]	Bytový dům 1			Bytový dům 2			Bytový dům 3		
Varianta	A	B	C	A	B	C	A	B	C
ČSH	292	916	1 163	112	504	667	146	426	581

2.6.7 Vnitřní výnosové procento

Vhodným ukazatelem, při rozhodování realizace projektu, je vnitřní výnosové procento. Pro výpočet VVP jsem použil vzorec 10, který vychází ze vzorce 9, pro výpočet čisté současné hodnoty. VVP je taková úroková míra, kdy se čistá současná hodnota rovná nule. Výsledná hodnota se porovnává s investorem zadanou hodnotou výnosu. Pokud VVP vyjde vyšší než investorem zadaná hodnota, projekt je vhodné realizovat. Pokud je tomu naopak a VVP je nižší, investice se nevyplatí a projekt není vhodný pro realizaci.

Pro výpočet VVP jsem použil vzorec 10 a v programu MS Excel metodou lineární interpolace došel k výsledkům, které jsem vyčíslil v tabulce 14.

$$0 = -INV + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1 + VVP)^i} \quad (10)$$

VVP ... vnitřní výnosové procento [%]

INV ... investice [Kč]

CF_i ... cash-flow v i-tém roce [Kč]

i ... rok

n ... životnost investice [roky]

Tabulka 14: Vnitřní výnosové procento.

[%]	Bytový dům 1			Bytový dům 2			Bytový dům 3		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
VVP	23,05	23,70	21,90	19,77	19,53	18,32	23,12	21,78	21,30

Z výpočtu vyplývá, že hodnoty VVP všech návrhů jsou vyšší než požadovaná úroková míra, která byla stanovena na hodnotu 7 %. Všechny varianty návrhů se vyplatí realizovat. Dle tabulky 14 lze usoudit, že dle VVP jsou nejvýhodnější varianty návrhu disponující nejmenším instalovaným výkonem bez použití střídače.

Závěr

V diplomové práci jsem zpracoval druhy fotovoltaických panelů a kam jejich vývoj směřuje. Dále jsem uvedl možné instalace panelů na bytové domy, které disponují vhodnou a nevhodnou orientací střechy. V teoretické části jsou popsány možnosti skladování energie z FVS s širším rozdělením EAB a zásobníkových ohřivačů. Teoretická část dále obsahuje informace potřebných komponentů, které jsem použil v praktické části.

Praktická část je založena na návržení a zhodnocení plánované inovace ohřevu pitné vody, která slouží pro obyvatele bytových domů v zadané lokalitě. Cílem projektu je snížení nákladů, na ohřev pitné vody, bytových domů, které jsou momentálně závislé pouze na CZT.

V první části uvádím naměřené a získané hodnoty z místa s uvažovanou realizací. Jelikož se v dané lokalitě vyskytují obdobné bytové domy, měření jsem provedl u třech vybraných. Vybrané bytové domy mají rozdílnou orientaci střechy se stejným druhem pokrytí a přibližně shodným úhlem střechy. Rozdíl je dále ve velikosti střechy pro osazení FVP a počtem uživatelů teplé vody. Důležitý vstupní požadavek byl, použití stávajících ohřivačů.

V následující části se věnuji návrhům FVS, které je možné realizovat. Uvádím tři varianty návrhů (A, B a C) s rozdílným instalovaným výkonem. U varianty A jsem zvolil nejnižší instalovaný výkon, který je omezen počtem stávajících ohřivačů a použitím levného měniče DC/DC. Tato varianta, využívající k ohřevu vody stejnosměrný proud. Varianta B je omezena počtem instalovaných ohřivačů a k ohřevu využívá střídavý proud, který generuje, výrazně dražší, střídač DC/AC. Poslední varianta C má největší instalovaný výkon FVS. V této variantě uvažuji o pořízení potřebných ohřivačů pro využití maximální energie z FVS. Omezení je pouze v množství odebírané teplé vody. FVS nesmí generovat více tepla, aby nedocházelo k přehřívání, než je jeho spotřeba.

Pro zjištění potřebného množství energie jsem pracoval se statistickými daty z minulých let, které jsem si ověřil výpočty. Pro výpočet velikosti zásobníků jsem použil vypočtenou spotřebu a výkon FVS. Odběrovou bilanci, všech bytových domů a všech variant, jsem znázornil na grafech. V následující části uvádím energetickou bilanci FVS, které znázorňují nutnost zajištění dodávky energie z CZT.

V poslední části diplomové práce je ekonomické zhodnocení všech návrhů. Diskontovaná doba návratnosti se pohybuje v rozmezí deseti až dvanácti let. Nejkratší DNd je u bytového domu s nejvyšším odběrem teple vody s použitím měniče DC/DC a ohřevem stejnosměrným proudem. Nejděší návratnost, všech variant, je u bytového domu s nevhodně orientovanou střechou.

Z provedených výpočtů tedy vyplývá, že se investice do inovace vyplatí, především u bytových domů s vhodně orientovanou střechou. Z popisujících variant návrhů je vhodné použít variantu bez střídače a bez nového zásobníkového ohříváče. Dále je zřejmé, že FVS neumožňuje samostatnou činnost ohřevu vody a je nutné použít CZT, pro pokrytí především ranních špičkových odběrů a ve dnech s nepříznivým počasím.

Seznam zdrojů

- [1] Z historie fotovoltaiky: Historie fotovoltaiky. *Enviweb* [online]. 15.06.2013 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/95784>
- [2] VOBOŘIL, David. Fotovoltaické elektrárny - princip funkce a součásti, elektrárny v ČR: Princip funkce fotovoltaické elektrárny. *Oenergetice* [online]. 16. 12. 2016 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrarny-svet/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti>
- [3] ING. BECHNÍK, PH.D., Bronislav. *Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů* [online]. In: . 23.6.2014 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu?fbclid=IwAR1aOp3_CPkQ5S45fn9yIjtjZ4YinWbVi4zAl2ponaZ8tGkpCX9U48vh-7wk
- [4] *Solární panely, solární měniče* [online]. 2020. Dostupné také z: <https://shop.iftech.cz/>
- [5] *3 typy fotovoltaických panelů – jaké jsou jejich výhody?* [online]. 2019 [cit. 2020-3-12]. Dostupné z: <https://shop.iftech.cz/>
- [6] *7 Different Types of Solar Panels Explained* [online]. 10.5. 2020n. l. [cit. 2020-5-12]. Dostupné z: <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2015/09/types-of-solar-panels>
- [7] PEŠEK, Pavel. Jak budou vypadat solární panely budoucnosti? *Nedd* [online]. 1. 10. 2019 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://nedd.tiscali.cz/jak-budou-vypadat-solarni-panely-budoucnosti-334303>
- [8] GREEN, Julissa. Sputtering Target in the Solar Application. In: <https://www.sputtertargets.net/blog/sputtering-target-in-the-solar-application.html> [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.sputtertargets.net>
- [9] Google map. In: *Google.cz/maps* [online]. 2020 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@50.1483623,13.9565956,15.41z>

- [10] VANDERBILT . New technique spikes surge in spinach power. *Vanderbilt* [online]. 5.9. 2012 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://engineering.vanderbilt.edu/news/2012/new-technique-spikes-surge-in-spinach-power/>
- [11] JEFF, St. John. Organic Photovoltaics With Intel Inside? *Greentechmedia* [online]. 19.6. 2009 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/organic-photovoltaics-with-intel-inside>
- [12] Lightweight and semi-transparent perovskite solar module. In: *Saule technologies* [online]. 2020 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://sauletech.com/wp-content/uploads/2019/08/saule-a4-module-1.jpg>
- [13] Efficiency record for flexible CdTe solar cell due to novel polyimide film. In: *Phys* [online]. 9.6.2011 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://phys.org/news/2011-06-efficiency-flexible-cdte-solar-cell.html>
- [14] *Fotovoltaický střídač: Účinnost není vše Důležitější je maximální výnos energie.* [online]. In: . 20.4.2009 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5571-fotovoltaicky-stridac-ucinnost-neni-vse>
- [15] Kombinované zásobníky. In: *Brilon* [online]. 2020 [cit. 2020-01-3]. Dostupné z: <https://www.brilon.cz/nase-produkty/zasobniky-ohrivace-vody>
- [16] PICKEREL, Kelly. Common battery types used in solar + storage. In: *Solar Power World* [online]. 27.11. 2018 [cit. 2020-01-3]. Dostupné z: <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/11/common-battery-types-used-in-solarstorage/>
- [17] *Jak umístit na váš dům solární panely?* [online]. In: . 17.9. 2015 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/jak-umistit-na-dum-solarni-panely/>
- [18] LANE, Catherine. Jaká je nejlepší solární baterie pro váš domov? In: *SolarReviews* [online]. 2020 [cit. 2020-06-3]. Dostupné z: <https://www.solarreviews.com/blog/is-solar-battery-storage-worth-it-given-current-solar-battery-cost>

- [19] *String inverters vs. power optimizers vs. microinverters* [online]. In: . 16.7.2009 [cit. 2020-07-18]. Dostupné z: <https://www.energysage.com/solar/101/string-inverters-microinverters-power-optimizers/>
- [20] *JRC Photovoltaic Geographical Information System: PVGIS* [online]. In: . PVGIS, 2020 [cit. 2020-01-3]. Dostupné z: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- [21] Zásobník na ohřev teplé užitkové vody. In: *Viessmann* [online]. Viessmann, 2020 [cit. 2020-01-3]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/zasobnik-na-ohrev-teple-uzitkove-vody.html>
- [22] ING. DUFKA, Jaroslav. Příprava teplé vody: Jaké jsou možnosti ohřevu vody. In: *Estav* [online]. 2019 [cit. 2020-01-3]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5881.priprava-teple-vody-jake-jsou-moznosti-ohrevu-vody>
- [23] OHŘÍVAČE A ZÁSOBNÍKY TEPLÉ VODY Z DRAŽIC. In: *Dražice* [online]. 2020 [cit. 2020-01-3]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/vyber-ohrivace>
- [24] ING. DUFKA, Jaroslav. Příprava teplé vody: Jaké jsou možnosti ohřevu vody. In: *Estav* [online]. 2019 [cit. 2020-01-3]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5881.priprava-teple-vody-jake-jsou-moznosti-ohrevu-vody>

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Princip funkce FVČ [3]</i>	6
<i>Obrázek 2 Monokrystalický FVP [4]</i>	7
<i>Obrázek 3 Polykrystalický FVP [4]</i>	8
<i>Obrázek 4 Tenkovrství FVP [8]</i>	8
<i>Obrázek 5 Amorfni-křemíkový FVP napájějící kalkulačku.</i>	9
<i>Obrázek 6 Bihybridní FVP [10]</i>	9
<i>Obrázek 7 Organický FVP [11]</i>	10
<i>Obrázek 8 Perovskitický panel [12]</i>	10
<i>Obrázek 9 Solární článek kadmia Telluride [13]</i>	11
<i>Obrázek 10 Koncentrovaná FV buňka [6]</i>	11
<i>Obrázek 11 Příslušenství k upevnění FVP [15]</i>	12
<i>Obrázek 12 Výnos energie v závislosti sklonu a orientaci panelu. [16]</i>	12
<i>Obrázek 13 Umístění FVP na sedlové střeše. [17]</i>	13
<i>Obrázek 14 Umístění FVP na ploché střechy [17]</i>	13
<i>Obrázek 15 Umístění FVP na fasádách a balkonech. [17]</i>	14
<i>Obrázek 16 Umístění FVP na pozemcích. [17]</i>	14
<i>Obrázek 17 Strunový střídač [4]</i>	15
<i>Obrázek 18 Strunový střídač se sériovým zapojením FVP [19]</i>	15
<i>Obrázek 19 Výkonový optimizér [19]</i>	16
<i>Obrázek 20 Zapojení optimizérů ve FVS [19]</i>	16
<i>Obrázek 21 Mikro střídač [19]</i>	16
<i>Obrázek 22 Zapojení mikro střídače ve FVS [19]</i>	16
<i>Obrázek 23 Zapojení hybridního střídače [17]</i>	17
<i>Obrázek 24 Účinnost střídače v závislosti na výstupním výkonu střídače [14]</i>	17
<i>Obrázek 25 Závislost napětí a proudu na teplotě FVP [14]</i>	18
<i>Obrázek 26 Účinnost střídačů v závislosti na vstupním napětí [14]</i>	18
<i>Obrázek 27 Zásobníkové ohřivače vody [23]</i>	19
<i>Obrázek 28 Konstrukce zásobníkových ohřivačů [23]</i>	20
<i>Obrázek 29 Vrstvený zásobníkový ohřivače [15]</i>	21
<i>Obrázek 30 Soubor lithium-iontových baterii [16]</i>	23
<i>Obrázek 31 Baterie na bázi niklu (NiCd) [16]</i>	23
<i>Obrázek 32 Sodíková baterie [16]</i>	24
<i>Obrázek 33 Olověná baterie [16]</i>	24
<i>Obrázek 34 Průtokové baterie [16]</i>	25

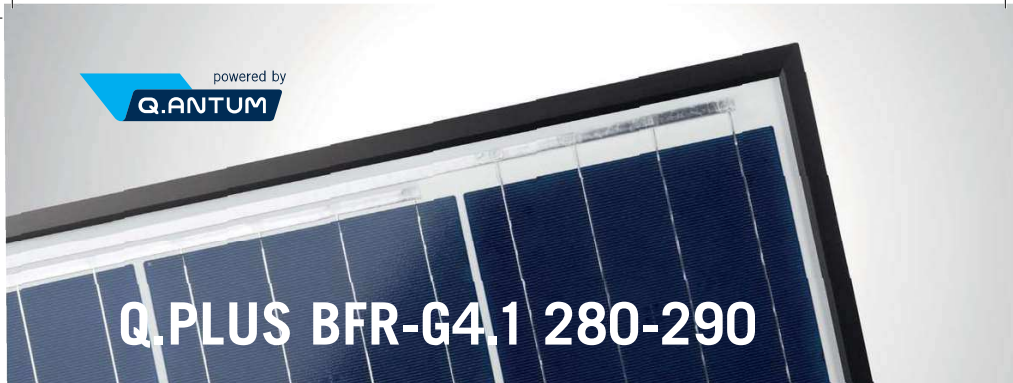
<i>Obrázek 35 Mobilní průtokové baterie [16].....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 36 Kombinovaný ohřev vody [24].....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 37 Vyznačené řešené objekty. [9]</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 38 Bytový dům "1" [9]</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 39 Zásobníkový ohřivač „Dražice OKC 750 NTR [23].....</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 40 Bytový dům "2" [9]</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 41 Bytový dům "3" [9]</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 42 FVP Q-CELLS 285Wp [4].....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 43 Měnič DC/DC a topné těleso [23].....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 44 Schéma zapojení návrhu "A" v bytovém domě 1.....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 45 Schéma zapojení návrhu "A" v bytových domech 2 a 3.....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 46 Použité střídače od společnosti Huawei [4]</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 47: Schéma návrhu varianty B bytového domu 1.</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 48: Schéma návrhu varianty B bytového domu 2 a 3.</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 49 Schéma návrhu varianty C bytového domu 1.....</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 50 Schéma návrhu varianty C bytového domu 2 a 3.....</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 51 Kumulovaný graf bilance tepla v průběhu dne.</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 52 FVS, který nepokrývá ranní špičkové odběry TPV.</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 53 Bytový dům 1 varianta A.....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 54 Bytový dům 1 varianta B.....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 55 Bytový dům 1 varianta C.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 56 Bytový dům 2 varianta A.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 57 Bytový dům 2 varianta B.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 58 Bytový dům 2 varianta C.....</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 59 Bytový dům 3 varianta A.....</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 60 Bytový dům 3 varianta B.....</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 61 Bytový dům 3 varianta C.....</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 62 Požadované vstupní hodnoty aplikace PVGIS pro získání dat. [20]</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 63 Denní bilance energie FVS o instalovaném výkonu 1kWp.....</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 64 Denní bilance energie bytových domů 1, 2 a 3.</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 65 Denní bilance energie, průměrného srpnového a prosincového dne.....</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 66 Roční bilance FVS s bytového domu 1, 2 a 3.....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 67 Roční bilance energie, potřebné k ohřevu PV, bytového domu 1</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 68 Roční bilance energie, potřebné k ohřevu PV, bytového domu 2</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 69 Roční bilance energie, potřebné k ohřevu PV, bytového domu 3</i>	<i>51</i>

Seznam tabulek

Tabulka 1 Typy lithium-iontových baterií.....	23
Tabulka 2: Spotřeba TPV bytových domů 1, 2 a 3.....	39
Tabulka 3: Potřebná energie na ohřev TPV bytových domů 1, 2 a 3.....	40
Tabulka 4: Časové rozložení odběru TPV dle normy ČSN 15316-3.	40
Tabulka 5:Množství akumulované TV.	42
Tabulka 6: Roční bilance, potřebné energie k ohřevu PV, bytového domu 1.	52
Tabulka 7: Vyčíslení investic tří variant návrhu bytového domu č.1.....	53
Tabulka 8: Vyčíslení investic tří variant návrhu bytového domu č.2.....	54
Tabulka 9: Vyčíslení investic tří variant návrhu bytového domu č.3.....	55
Tabulka 10: Vyčíslení úspor.....	56
Tabulka 11: Prostá doba návratnosti.....	57
Tabulka 12: Diskontovaná doba návratnosti.	58
Tabulka 13: Čistá současná hodnota.....	58
Tabulka 14: Vnitřní výnosové procento.	59

Seznam příloh

Příloha 1: Technické parametry FVP Q-CELLS 285Wp [4]	str. 34, 36 a 37
Příloha 2: Technické parametry použitých střídačů HUAWEI [4]	str. 36 a 38



powered by
Q.ANTUM

Q.PLUS BFR-G4.1 280-290

Q.ANTUM SOLAR MODULE

The new high-performance module Q.PLUS BFR-G4.1 is the ideal solution for all applications thanks to its innovative cell technology Q.ANTUM. The world-record cell design was developed to achieve the best performance under real conditions – even with low radiation intensity and on clear, hot summer days.



LOW ELECTRICITY GENERATION COSTS

Higher yield per surface area and lower BOS costs thanks to higher power classes and an efficiency rate of up to 17.7%.



INNOVATIVE ALL-WEATHER TECHNOLOGY

Optimal yields, whatever the weather with excellent low-light and temperature behavior.



ENDURING HIGH PERFORMANCE

Long-term yield security with Anti-PID Technology¹, Hot-Spot-Protect and Traceable Quality Tra.Q™.



EXTREME WEATHER RATING

High-tech aluminum alloy frame, certified for high snow (5400 Pa) and wind loads (4000 Pa) regarding IEC.



MAXIMUM COST REDUCTIONS

Up to 10% lower logistics costs due to higher module capacity per box.

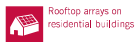


A RELIABLE INVESTMENT

Inclusive 12-year product warranty and 25-year linear performance guarantee².



THE IDEAL SOLUTION FOR:



¹ APT test conditions: Cells at -1500V against grounded, with conductive metal foil covered module surface, 25°C, 168h

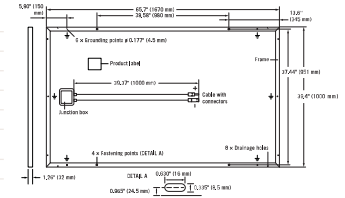
² See data sheet on rear for further information.

Engineered in Germany

Q CELLS

MECHANICAL SPECIFICATION

Format	65,7 in x 39,4 in x 1,26 in (including frame) (1670mm x 1000mm x 32mm)
Weight	41,45lbs (18,8kg)
Front Cover	0,13 in (3,2mm) thermally pre-stressed glass with anti-reflection technology
Back Cover	Composite film
Frame	Black anodized aluminum
Cell	6 x 10 Q.ANTUM solar cells
Junction box	3,54-4,33 in x 2,99-3,03 in x 0,59-0,75 in (90-110 x 76-77 x 15-19mm), Protection class IP67, with bypass diodes
Cable	4 mm ² Solar cable; (+) ≥ 39,37 in (1000mm), (-) ≥ 39,37 in (1000mm)
Connector	MC4, IP68

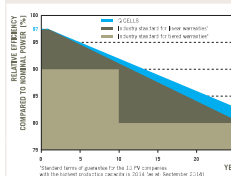


ELECTRICAL CHARACTERISTICS

POWER CLASS	280	285	290		
MINIMUM PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS, STC¹ (POWER TOLERANCE +5W / -0W)					
Minimum	Power at MPP²	280	285	290	
	Short Circuit Current³	I_{sc} [A]	9,41	9,46	9,52
	Open Circuit Voltage³	V_{oc} [V]	38,57	39,22	39,48
	Current at MPP²	I_{mp} [A]	8,84	8,91	8,98
	Voltage at MPP²	V_{mp} [V]	31,67	31,99	32,29
	Efficiency²	η [%]	≥ 16,8	≥ 17,1	≥ 17,4
MINIMUM PERFORMANCE AT NORMAL OPERATING CONDITIONS, NOC³					
Minimum	Power at MPP²	P_{MPP} [W]	207,0	210,7	214,4
	Short Circuit Current³	I_{sc} [A]	7,58	7,63	7,68
	Open Circuit Voltage³	V_{oc} [V]	36,37	36,61	36,84
	Current at MPP²	I_{mp} [A]	6,93	6,99	7,05
	Voltage at MPP²	V_{mp} [V]	29,87	30,15	30,42

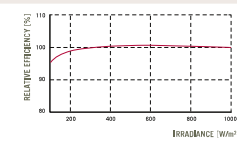
¹ 1000W/m², 25°C, spectrum AM 1,5G ² Measurement tolerances STC: +3%; NOC: +5% ³ 800W/m², NOCT, spectrum AM 1,5G * typical values, actual values may differ

Q CELLS PERFORMANCE WARRANTY



At least 97% of nominal power during first year. Thereafter max. 0,6% degradation per year. At least 92% of nominal power up to 10 years. At least 83% of nominal power up to 25 years. All data within measurement tolerances. Full warranties in accordance with the warranty terms of the Q CELLS sales organisation of your respective country.

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE



Typical module performance under low irradiance conditions in comparison to STC conditions (25°C, 1000 W/m²).

TEMPERATURE COEFFICIENTS

Temperature Coefficient of I_{sc}	α [%/K]	+0,04	Temperature Coefficient of V_{oc}	β [%/K]	-0,29
Temperature Coefficient of P_{MPP}	γ [%/K]	-0,40	Normal Operating Cell Temperature	NOCT [°F]	113 ± 5,4 (45 ± 3°C)

PROPERTIES FOR SYSTEM DESIGN

Maximum System Voltage V_{sys}	[V]	1000 (IEC) / 1000 (UL)	Safety Class	II
Maximum Series Fuse Rating	[A DC]	20	Fire Rating	C (IEC) / TYPE 1 (UL)
Design load, push (UL)²	[lbs/ft ²]	75 (3600 Pa)	Permitted module temperature on continuous duty	-40°F up to +185°F (-40°C up to +85°C)
Design load, pull (UL)²	[lbs/ft ²]	55,6 (2666 Pa)		

² see installation manual

QUALIFICATIONS AND CERTIFICATES

UL 1703; VDE Quality Tested; CE-compliant; IEC 61215 (Ed.2); IEC 61730 (Ed.1) application class A



PACKAGING INFORMATION

Number of Modules per Pallet	32
Number of Pallets per 53' Container	30
Number of Pallets per 40' Container	26
Pallet Dimensions (L x W x H)	68,7 in x 45,3 in x 46,1 in (1745 x 1150 x 1170mm)
Pallet Weight	1435 lbs (651 kg)

NOTE: Installation instructions must be followed. See the installation and operating manual or contact our technical service department for further information on approved installation and use of this product.

Hanwha Q CELLS America Inc., 300 Spectrum Center Drive, Suite 1250, Irvine, CA 92618, USA | TEL +1 949 748 59 96 | EMAIL inquiry@us.q-cells.com | WEB www.q-cells.us

Specifications subject to technical changes © Hanwha Q CELLS Q CELLS BFR-G4.1 280-290

Inteligentní řetězový střídač



SUN2000-12/15/17/20KTL-M0
Technické údaje



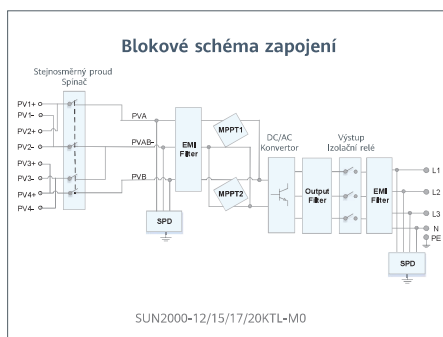
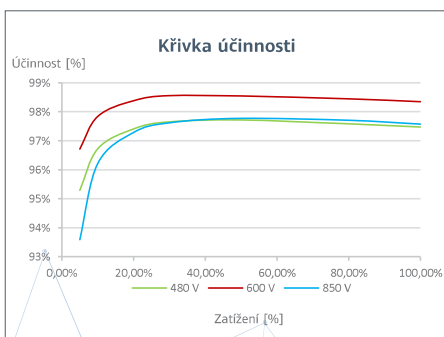
Vyšší výnosy
Max. účinnost 98,65%



Jednoduché a snadné
25 kg



Bezpečnost a spolehlivost
Ochrana proti oblouku



Technické údaje	SUN2000-12KTL-M0	SUN2000-15KTL-M0	SUN2000-17KTL-M0	SUN2000-20KTL-M0
Účinnost				
Max. účinnost	98,50 %	98,65 %	98,65 %	98,65 %
Evropská vážená účinnost	98,00 %	98,30 %	98,30 %	98,30 %

Vstup				
Doporučený max. výkon fotovoltaiky	24 000 Wp	29 760 Wp	29 760 Wp	29 760 Wp
Max. vstupní napětí ¹	1080 V			
Rozsah provozního napětí ²	160 V – 950 V			
Startovací napětí	200 V			
Rozsah napětí MPPT při plném výkonu	380 V ss. – 850 V ss.	380 V ss. – 850 V ss.	400 V ss. – 850 V ss.	480 V ss. – 850 V ss.
Jmenovité vstupní napětí	600 V			
Max. vstupní proud na MPPT	22 A			
Max. zkratový proud	30 A			
Počet MPP trackerů	2			
Max. počet vstupů	4			

Výstup				
Připojení do sítě	Tři fáze			
Jmenovitý výstupní výkon	12 000 W	15 000 W	17 000 W	20 000 W
Max. zdánlivý výkon	13 200 VA	16 500 VA	18 700 VA	22 000 VA
Jmenovité výstupní napětí	220 V stříd. / 380 V stříd., 230 V stříd. / 400 V stříd., 3W + N + PE			
Jmenovitá frekvence střídavého proudu v síti	50 Hz / 60 Hz			
Max. výstupní proud	20 A	25,2 A	28,5 A	33,5 A
Nastavitelný účinník	0,8 předbíhající ... 0,8 zpožděný			
Max. celkové harmonické zkreslení	≤ 3 %			

K dispozici	
Odpojovací zařízení na straně vstupu	Ano
Ochrana proti izolování	Ano
Přepětová ochrana střídavého proudu	Ano
Ochrana proti zkratu střídavého proudu	Ano
Ochrana proti přepětí střídavého proudu	Ano
Ochrana proti přepětování stejnosměrného proudu	Ano
Přepětová ochrana stejnosměrného proudu ³	Ano
Přepětová ochrana střídavého proudu ³	Ano
Monitorovací jednotka zbytkového proudu	Ano
Ochrana proti oblouku	Ano
Ovládání kolísání na přijímáči	Ano

Všeobecné údaje	
Rozsah provozních teplot	-25 – +60 °C (-13 °F – 140 °F) (odlehčení nad 45 °C při jmenovitém výstupním výkonu)
Relativní vlhkost	0 % – 100 %
Max. provozní nadmořská výška	0–4000 m (13 123 stop) (odlehčení nad 2000 m)
Chlazení	Přirozená konvekce
Zobrazení	LED indikátory
Komunikace	RS485, RS485, WLAN/Ethernet přes Smart Dongle-WLAN-FE (volitelné) 4G/3G/2G přes Smart Dongle-4G (volitelné)
Hmotnost (s montážní deskou)	25 kg
Rozměry (Š × V × H) (včetně montážní desky)	525 × 470 × 262 mm (20,7 × 18,5 × 10,3 palce)
Stupeň ochrany	IP65
Noční spotřeba energie	< 1 W

Soulad s normami (další k dispozici na vyžádání)	
Bezpečnost	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2
Standardy připojení k síti	G98, G99, EN 50438, CEI 0-21, CEI 0-16, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4110, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, RD 661, PO 12.3, TOR D4, NRS 097-2-1, IEC61727, IEC62116, DEWA 2.0

¹ Maximální vstupní napětí je horní mezí stejnosměrného napětí. Jakékoli vyšší vstupní stejnosměrné napětí by pravděpodobně poškodilo měnič.
² Jakékoli stejnosměrné vstupní napětí mimo rozsah provozního napětí může mít za následek nesprávné fungování střídače.
³ Kompatibilní třída ochrany TYPE II podle normy EN/IEC 61643-11

Stringový měnič (SUN2000-33KTL-A)

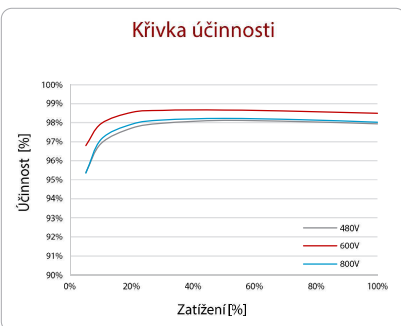


Inteligentní

- Maximálně 4 MPPT pro všestranné použití v různých podmínkách instalace
- Inteligentní monitoring pro max. 8 připojených stringů, úspora 80% času při identifikaci poruchy
- Datová komunikace prostřednictvím silových kabelů
- Smart String I-V diagnostika podporována

Účinný

- Max. účinnost 98.6%, Evropská účinnost 98.4%

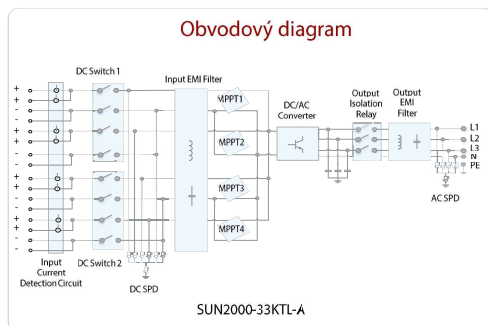


Bezpečný

- Integrovaný DC odpojovač, bezpečné a výhodné pro údržbu
- Integrovaná AC a DC přepětová ochrana, typ II
- Detekce zemního spojení
- Detekce svodového proudu RCD

Spolehlivý

- Systém přirozeného chlazení, není potřeba externích ventilátorů
- Stupeň krytí IP65



Stringový měnič (SUN2000-33KTL-A)



Technická specifikace	SUN2000-33KTL-A
Účinnost	
Max. účinnost	98.6%
Evropská účinnost	98.4%
Vstup	
Max. DC příkon	30,600 W
Max. vstupní napětí	1100V
Max. vstupní proud/MPPT	22A
Max. zkratový proud MPPT	30A
Min. rozsah pracovního napětí	200 V / 250 V
Rozsah MPP při plném zatížení	480 V – 800 V
MPPT rozsah pracovního napětí	200 V – 1000 V
Nominální vstupní napětí	620 V
Max. počet vstupů	8
Počet MPPT trackerů	4
Výstup	
Jmenovitý činný výkon AC	30,000 W
Max. Zdánlivý výkon AC	33,000 VA
Max. AC čínného výkonu (cosφ=1)	30,000W
Nominální výstupní výkon	230V / 400V, default 3W+N+PE;
Jmenovitá AC frekvence	50 Hz / 60 Hz
Max. výstupní proud (@400V)	48 A
Nastavitelný účinník	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. celkové harmonické zkreslení	< 3%
Ochrana	
Odpojení zařízení na DC straně	Ano
Ochrana proti ostrovnímu provozu	Ano
Ochrana proti přepalování DC vstupů	Ano
Detekce poruchy stringu	Ano
DC přepětová ochrana	Typ I
AC přepětová ochrana	Typ I
Kontrola izolačního stavu	Ano
Detekce svodového proudu	Ano
Komunikace	
Display	LED indikace
USB / Bluetooth +APP	Ano
RS485	Ano
PLC	Ano
Provozní a technické parametry	
Rozměry (š x v x h, s montážní deskou)	930 x 550 x 283 mm (36.6 x 21.7 x 11.1 inches)
Váha	60 kg (132.3 lb.), s montážní deskou 52 kg (116.7 lb.), bez montážní desky
Rozsah pracovní teploty	-25 °C ~ 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)
Chlazení	Přirozené proudění
Pracovní nadmořská výška	4,000 m (13,123 ft.)
Relativní vlhkost	0 ~ 100%
DC konektor	Amphenol Helios H4
AC konektor	Voděodolný PG Terminál+ OT konektor
Krytí	IP65
Topologie	Bez transformátoru
Platné normy a standardy	
Bezpečnost	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62105-2



Stringový měnič (SUN2000-42KTL)



Inteligentní

- Maximálně 4 MPPT pro všestranné použití v různých podmínkách instalace
- Inteligentní monitoring pro max. 8 připojených stringů, úspora 80% času při identifikaci poruchy
- Datová komunikace prostřednictvím silových kabelů

Účinný

- Max. účinnost 98,8%, Evropská účinnost 98,6%

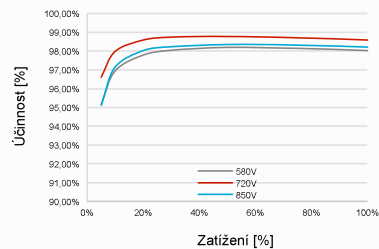
Bezpečný

- Integrovaný DC odpojovač, bezpečné a výhodné pro údržbu
- Integrované AC a DC přepětové ochrany, typ II
- Detekce zemního spojení
- Detekce svodového proudu RCD

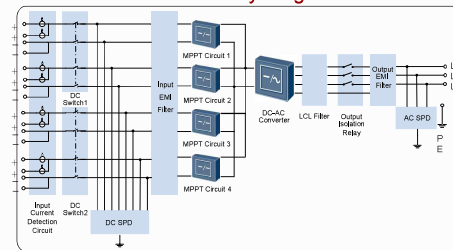
Spolehlivý

- Systém přirozeného chlazení, není potřeba externích ventilátorů
- Stupeň krytí IP65

Křivka účinnosti



Obvodový diagram



SUN2000-42KTL

Solární měnič (SUN2000-42KTL)



Technická specifikace	SUN2000-42KTL
Účinnost	
Maximální účinnost	98,8%
Evropská účinnost	98,6%
Vstup	
Max. DC příkon	47 900 W
Max. vstupní napětí	1 100 V
Max. vstupní proud	22 A
Max. zkratový proud /MPPT	30 A
Minimální provozní napětí/min. pracovní napětí	200 V / 250 V
Rozsah napětí MPPT při plném zatížení	580 V ~ 850 V
Rozsah pracovního napětí MPPT	200 V ~ 1 000 V
Nominální vstupní napětí	720 V
Max. počet vstupů	8
Počet MPP trackerů	4
Výstup	
Jmenovitý činný výkon AC	42 000 W
Max. zdánlivý výkon AC	47 000 VA
Max. AC činného výkonu (cosφ=1)	Standard 47 000 W, 42 000 W volitelné v nastavení
Nominální výstupní výkon	277V / 480V, 3W+PE
Jmenovitá AC frekvence	50 Hz / 60 Hz
Max. výstupní proud	56,6 A
Nastavitelný účinník	0,8 LG ... 0,8 LD
Max. celkové harmonické zkresení	< 3%
Ochrana	
Odpojení zařízení na DC straně	Ano
Ochrana proti ostrovnímu provozu	Ano
Ochrana proti přepětování DC vstupů	Ano
Detekce poruchy stringu	Ano
DC přepětová ochrana	Typ II
AC přepětová ochrana	Typ II
Kontrola izolačního stavu	Ano
Detekce svodového proudu	Ano
Komunikace	
Display	LED indikace
USB / Bluetooth +APP	Ano
RS485	Ano
PLC	Ano
Pracovní a technické parametry	
Rozměry (Š×V×H)	930 × 550 × 280 mm (36,6 × 21,7 × 10,2 palců)
Váha	55 kg (121 lb.)
Rozsah pracovní teploty	-25 °C ~ 60 °C (-13°F ~ 140°F)
Chlazení	Přirozené proudění
Pracovní nadmořská výška	0 ~ 4 000 m (13 123 ft.)
Relativní vlhkost	0 ~ 100%
DC konektor	Amphenol HH4
AC konektor	Voděodolný PG Terminál + OT konektor
Krytí	IP65
Vlastní spotřeba v noci	< 1 W
Topologie	Bez transformátoru
Platné normy a standardy	
Bezpečnost / EMC	EN/IEC 61000-1, EN/IEC 61000-2, EN/IEC 61000-3, EN/IEC 61000-4, EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2
Standardy sítí	IEC 61727, IEC62116, BDEW 2008, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21

Smart String Inverter

SUN2000-60KTL-M0



Smart

- 12 strings intelligent monitoring and fast trouble-shooting
- Power Line Communication (PLC) supported
- Smart I-V Curve Diagnosis supported

Efficient

- Max. efficiency 98.9%, European efficiency 98.7% @480Vac
- Max. efficiency 98.7%, European efficiency 98.5% @380Vac/400Vac
- 6 MPPT per unit, effectively reducing string mismatch

Safe

- DC switch integrated, safe and convenient for maintenance
- Residual Current Monitoring Unit (RCMU) integrated
- Fuse free design

Reliable

- Natural cooling technology
- Protection degree of IP65
- Type II surge arresters for both DC and AC

Smart String Inverter (SUN2000-60KTL-M0)



Technical Specifications	SUN2000-60KTL-M0
	Efficiency
Max. Efficiency	98.9% @480 Vac; 98.7% @380 Vac / 400 Vac
European Efficiency	98.7% @480 Vac; 98.5% @380 Vac / 400 Vac
	Input
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Number of Inputs	12
Number of MPP Trackers	6
	Output
Rated AC Active Power	60,000 W
Max. AC Apparent Power	66,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	66,000 W
Rated Output Voltage	220V/380V, 230V/400V, default 3W+N+PE, 3W+PE optional in settings 277V / 480V, 3W+PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	91.2 A @380 Vac, 86.7 A @400 Vac, 72.2 A @480 Vac
Max. Output Current	100 A @380 Vac, 95.3 A @400 Vac, 79.4 A @480 Vac
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
	Protection
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-Islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-Polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
Insulation Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
	Communication
Display	LED Indicators, Bluetooth + APP
RS485	Yes
USB	Yes
Power Line Communication (PLC)	Yes
	General
Dimensions (W x H x D)	1075 x 555 x 300 mm (42.3 x 21.9 x 11.8 inches)
Weight (with mounting plate)	74 kg (163.1 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof PG Terminal + Terminal Clamp
Protection Degree	IP65
Topology	Transformerless
	Standard Compliance (more available upon request)
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 62910, IEC 60068, IEC 61683
Grid Code	IEC 61727, VDE 4106/0126, UTE C 15-712-1, EN 50438, CLC/TS 50649-1, CEI 0-16/21, C10/11, RD 1699, PO 12.9

