VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

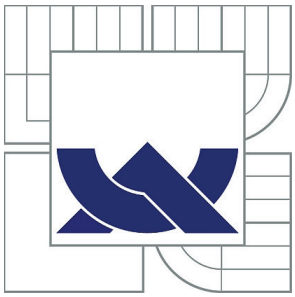
ZPRACOVÁNÍ PROJEKTU FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

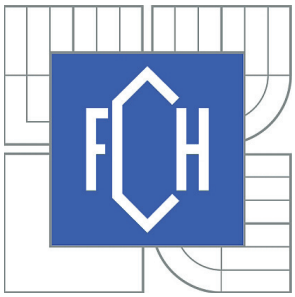
Bc. KATEŘINA ŠEVČÍKOVÁ

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

ZPRACOVÁNÍ PROJEKTU FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

PROJECT OF THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. KATEŘINA ŠEVČÍKOVÁ

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. JOSEF KOTLÍK, CSc.

SUPERVISOR

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání diplomové práce

Číslo diplomové práce:	**FCH-DIP0545/2010**	Akademický rok: **2010/2011**
Ústav:	Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí	
Student(ka):	**Bc. Kateřina Ševčíková**	
Studijní program:	Chemie a technologie ochrany životního prostředí (N2805)	
Studijní obor:	Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805T002)	
Vedoucí práce	**Ing. Josef Kotlík, CSc.**	
Konzultanti:		

Název diplomové práce:

Zpracování projektu fotovoltaického systému

Zadání diplomové práce:

Zpracovat projekt malého fotovoltaického systému. Navrhnout systém měření uzlových parametrů. Spočítat ekonomické přínosy systému a optimalizovat regulaci.

Termín odevzdání diplomové práce: 13.5.2011

Diplomová práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu diplomové práce. Toto zadání je přílohou diplomové práce.

Bc. Kateřina Ševčíková	Ing. Josef Kotlík, CSc.	doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.
Student(ka)	Vedoucí práce	Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.10.2010

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá zpracováním projektu termického a fotovoltaického solárního systému pro celoroční provoz. Teoretická část práce se věnuje obecnému popisu solárních termických a fotovoltaických systémů, legislativou, která je v České republice nastavena pro podporu obnovitelných zdrojů a stavem fotovoltaiky v České republice. Experimentální část se zaměřuje na návrh opatření pro energetickou úsporu energií pomocí solárních systémů. Tato opatření jsou navržena pro projekt výstavby rodinných domů v Podolí u Brna, zejména pak na nadstandardní rodinný dům. Práce se zaměřuje na dimenzování systému, návrh jednotlivých komponent a propočítává ekonomickou a ekologickou bilanci. V závěru práce jsou vyslovena doporučená opatření pro další úspory energií v rodinných domech v Podolí u Brna.

ABSTRACT

The diploma thesis deals with elaboration of project solar thermal and photovoltaic solar systems for all-season service. The theoretical part focuses on the general description of the solar thermal and photovoltaic systems, legislation of renewable sources in the Czech Republic and the status of photovoltaics in the Czech Republic. The experimental part deals with the design of measures for energy saving by using solar energy systems. These measures are proposed for construction of houses in Podolí u Brna, especially on extra-family house. The aim of the work is to make a proportioning, choosing the right parts and calculating the economic and ecologic balance. Finally, thesis gives recommendations for further action in saving energy in houses in Podolí u Brna.

KLÍČOVÁ SLOVA

Fotovoltaický systém, solární termický systém, energie, regulace, dimenzování, bilancování, legislativa, rodinný dům, úspora energie, návratnost, spotřeba energie.

KEYWORDS

Photovoltaic system, energy, solar thermal systém, energy, regulation, proportioning, balance, legislation, family house, saving energy, return, energy consumption.

ŠEVČÍKOVÁ, K. *Zpracování projektu fotovoltaického systému.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 80 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Kotlík, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Velice děkuji Bc. Tomáši Matějkovi za odbornou pomoc při zpracování diplomové práce a jeho ochotu při spolupráci. Dále moc děkuji vedoucímu práce Ing. Josefu Kotlíkovi, CSc. též za odbornou pomoc.

OBSAH

1 ÚVOD 7
2 TEORETICKÁ ČÁST 8
2.1 Využití sluneční energie 8
2.1.1 Přírodní podmínky v České republice 8
2.1.2 Solární termické systémy 12
2.1.2.1 Základní části solárního termického systému 12
2.1.2.2 Vhodné lokality a zásady pro navržení solárního systému 14
2.1.2.3 Možnost výběru zařízení 15
2.1.2.4 Výběr solárního kolektoru 16
2.1.3 Fotovoltaické systémy 16
2.1.3.1 Fotovoltaické články a panely 16
2.1.3.2 Části fotovoltaických systémů, druhy fotovoltaických systémů 17
2.1.3.3 Vhodné lokality a zásady pro dimenzování 20
2.2 Legislativa týkající se fotovoltaiky 22
2.2.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES 22
2.2.2 Zákon 180/2005 Sb. 23
2.2.3 Novelizace zákona 180/2005 Sb. – znění účinné od 1. ledna 2011 23
2.2.4 Vyhláška 475/2005 Sb. 24
2.2.5 Vyhláška 150/2007 Sb. 25
2.2.6 Cenová rozhodnutí Energetického regulačního úřadu 25
2.2.7 Princip fungování výkupních cen a zelených bonusů 26
2.3 Fotovoltaika v České republice 27
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST 34
3.1 Rodinné domy – Podolí u Brna 34
3.1.1 Orientace domů 39
3.1.2 Důležité informace o jednotlivých typech domů 39
3.1.2.1 Samostatně stojící nadstandardní dům 39
3.1.2.2 Samostatně stojící domy, dvojdomy 42
3.1.2.3 Řadové a polořadové domy 44
3.2 Projekt fotovoltaického a fototermického systému 45
3.2.1 Energetický audit budovy 45
3.2.2 Fotovoltaický systém 45
3.2.2.1 Sluneční záření v Podolí u Brna 46
3.2.2.2 Spotřeba elektrické energie 46
3.2.2.3 Návrh fotovoltaického systému 53
3.2.2.4 Cena fotovoltaického systému 56
3.2.3 Solární termický systém 57
3.2.3.1 Návrh solárního termického systému 57
3.2.3.2 Cena solárního termického systému 61
4 VÝSLEDKY A DISKUZE 62
4.1 Fotovoltaický systém 62
4.1.1 Energetický zisk z fotovoltaického systému 62
4.1.2 Ekonomika fotovoltaického systému 66
4.2 Solární termický systém 69

4.2.1 Energetický zisk ze solárního termického systému 69
4.2.2 Ekonomika solárního termického systému 72
5 ZÁVĚR 75
6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 75
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ 78

1 ÚVOD

Slovo energetická soběstačnost je termín, který se kolem nás skloňuje ve všech pádech. V dnešní době, kdy energetická náročnost států a jejich obyvatel stoupá, je velice těžké vyrábět elektrickou a tepelnou energii z vlastních zdrojů, které má stát k dispozici. Proto je stále aktuálnější možnost být i jako obyvatel alespoň částečně nezávislý na dodávané elektrické a tepelné energii. Velice příhodnou variantou je v tomto případě využití obnovitelných zdrojů energie. Jedním z nich je energie sluneční, kterou lze za příznivých podmínek převést jak na teplo, tak na elektrickou energii.

Důvodů proč využívat například solární energii je ještě několik. Existují hrozby, že neobnovitelné zdroje energie již nebude možné v dohledné době využívat, protože jejich zásoby budou buď zcela vyčerpány, nebo nebude lidská technika schopná zbývající materiál ze surovinových úložišť vytěžit. Je tedy možné, že jednoho dne se opravdu budeme muset spolehnout pouze na zdroje obnovitelné.

A rozhodně není zanedbatelným důvodem ochrana naší planety. Názory na globální oteplování jsou sice velice odlišné a nebudu tedy uvádět možnost snížení množství skleníkových plynů, avšak nikdo nemůže vyvrátit fakt, že lidskou činností je příroda ničena. Proto je důležité využívat čistší technologie, které se budou co nejméně podílet na tomto trendu a při kterých nemusíme těžit tuny uhlí či ropy, abychom je spálili.

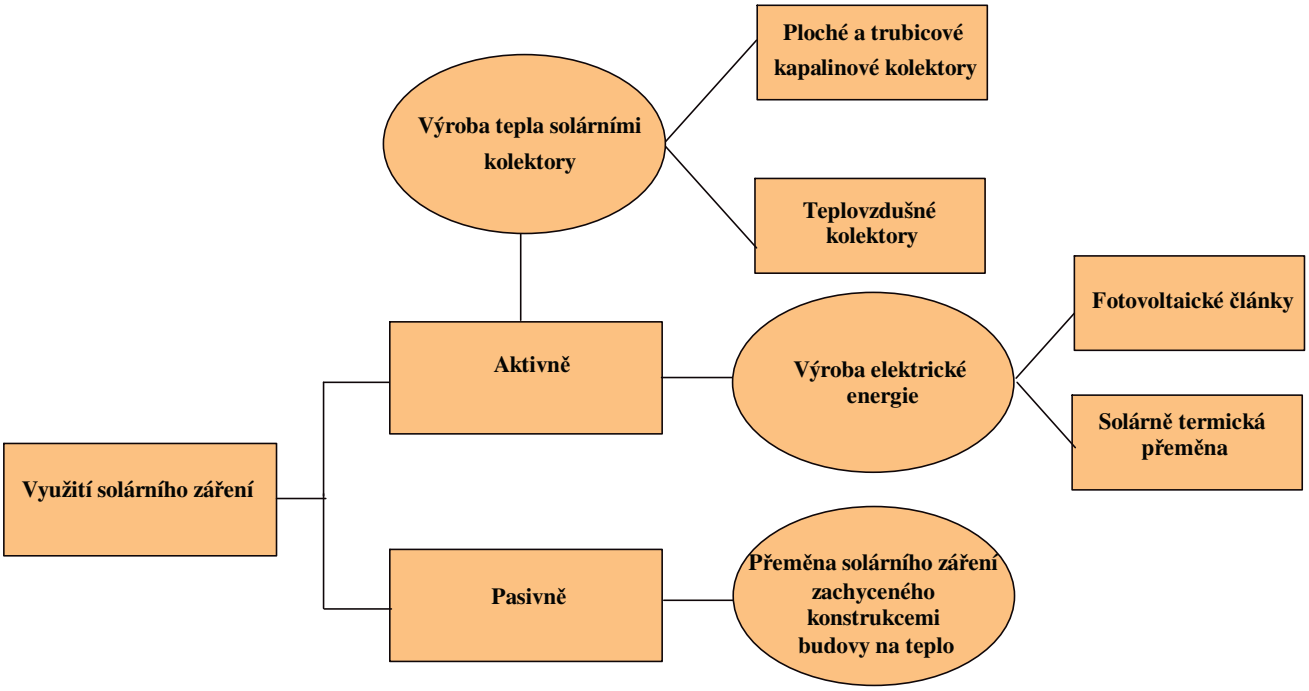
Tato práce ukazuje také možnost, jak může být rodinný domek alespoň částečně nezávislý na energiích dodávaných zvenčí.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Využití sluneční energie

Energie Slunce je základním předpokladem života na Zemi a její působení se promítá do všech částí živé i neživé přírody. Využití této energie je přímé a nepřímé. Přímo sluneční záření využíváme k výrobě elektřiny, tepla či chladu. Nepřímo solární energie působí prostřednictvím vodních toků, větru, mořských vln a biomasy. [1]

Pokud se jedná o využití solární energie člověkem, mluvíme o aktivním nebo pasivním příjmu. Toto rozdělení je znázorněno na *Obrázku 1.*, přičemž pasivním přenosem je myšleno zachycování tepla konstrukcemi budov a aktivní přenos charakterizují procesy výroby tepla nebo elektrické energie pomocí solárních panelů. [1]



Obrázek 1. Schéma rozdělení možností využití solární energie [1]

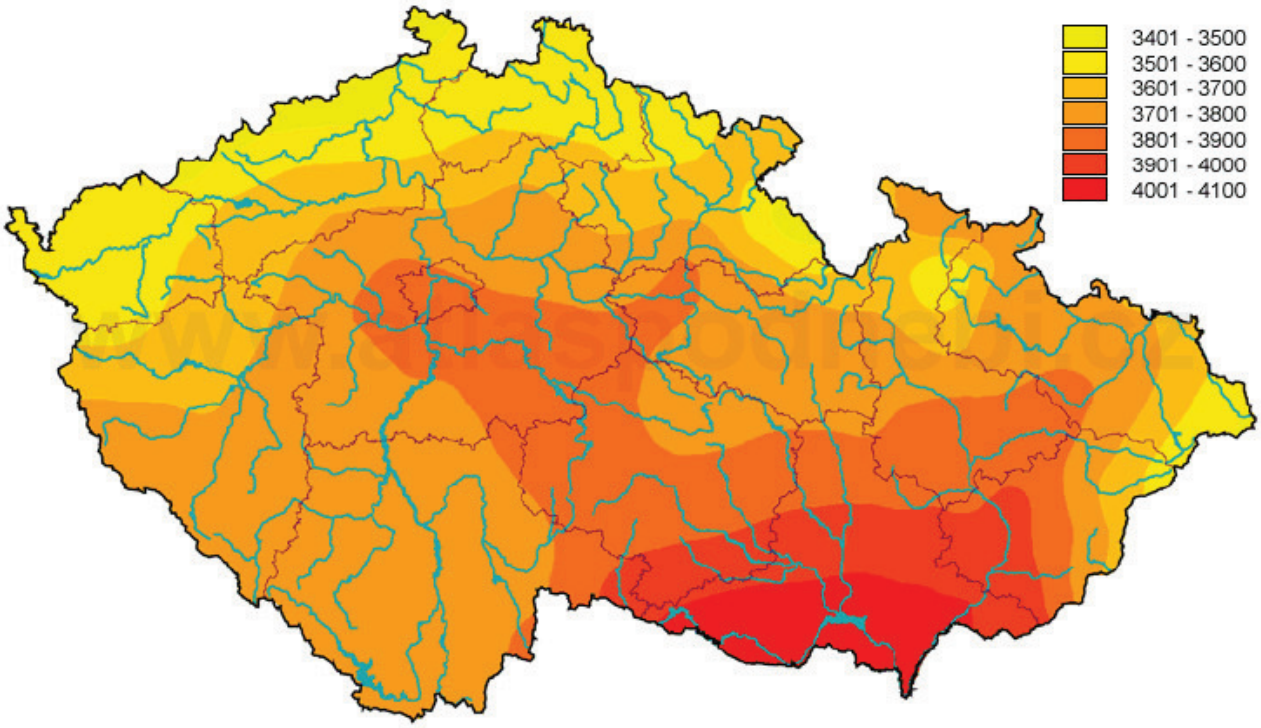
2.1.1 Přírodní podmínky v České republice

Sluneční záření se skládá z přímého a rozptýleného neboli difúzního záření. Přímé záření je tvořeno svazkem prakticky rovnoběžných paprsků, rozptýlené záření vznikne rozptylem přímých slunečních paprsků na molekulách plynných složek vzduchu, vodních kapkách, ledových krystalcích a různých aerosolových částečkách. [1]

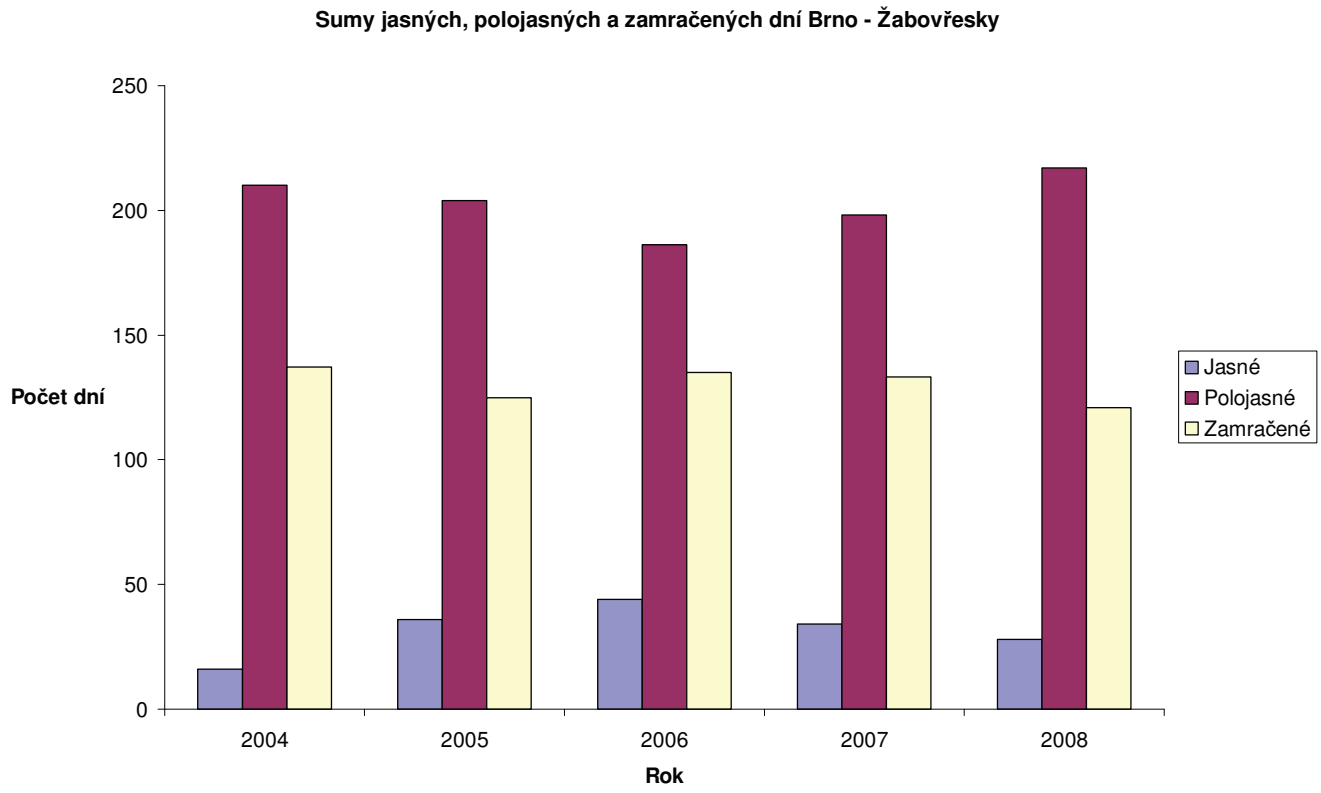
Důležitou veličinou při popisu přímého slunečního záření je intenzita *I*. Ta je definována jako množství zářivé energie na jednotkovou plochu orientovanou kolmo ke slunečním paprskům za jednotku času. Množství celkového slunečního záření je pojmenováno jako globální sluneční záření a udává jej součet intenzity přímého slunečního záření a intenzity difúzního slunečního záření na horizontálním zemském povrchu. [1], [18]

V České republice se průměrný počet hodin solárního svitu (bez oblačnosti) pohybuje od 1400 do 1700 h/rok, což odpovídá intenzitě 900 – 1 200 kWh/m^2·rok. Pro Brno je počet hodin solárního svitu 1620 h/rok. Pro instalaci solárních systémů jsou důležité údaje o oblačnosti a znečištění atmosféry. [1], [18]

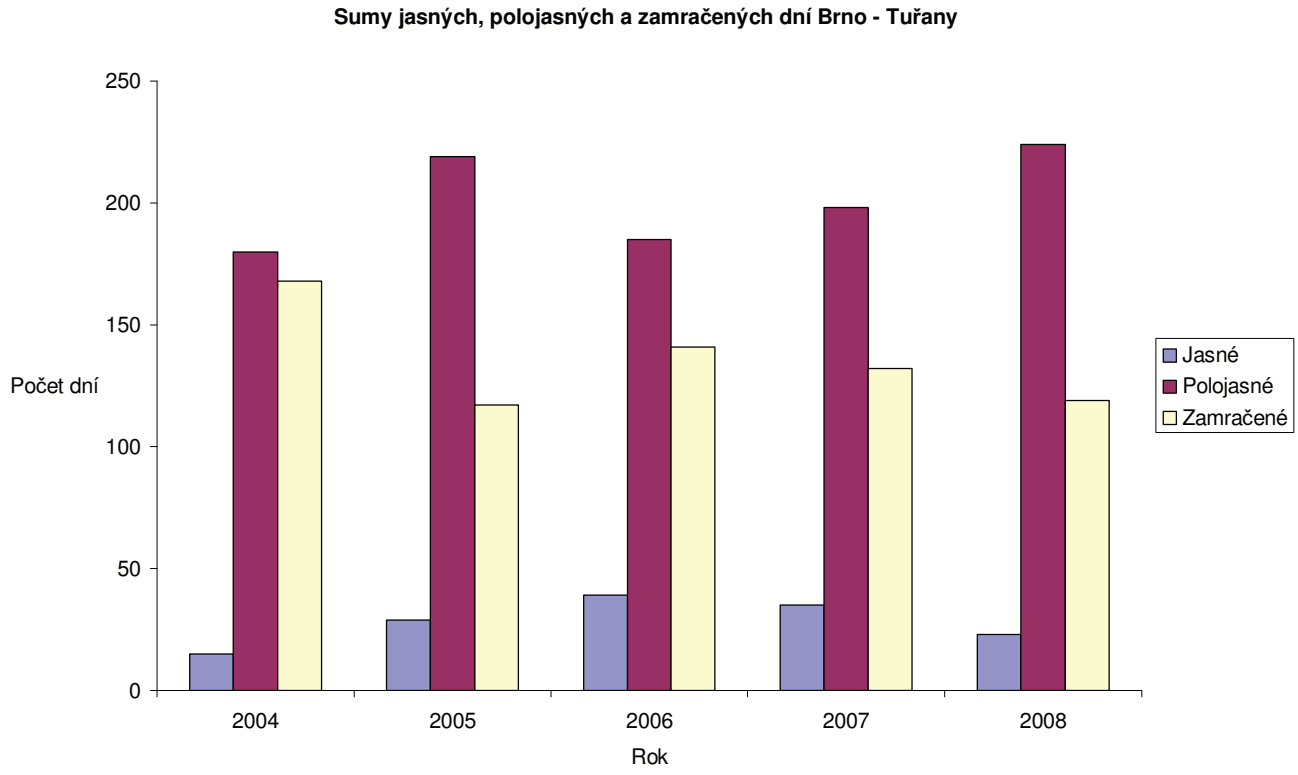
Na *Obrázku 2.* je možné vidět, průměrný roční úhrn slunečního záření, zejména pak je možné si všimnout, že tato charakteristika je nejlepší právě v oblasti jižní Moravy. Podle dat Českého hydrometeorologického ústavu, která jsou uvedena na *Grafech 1. – 4.*, jsou zobrazeny charakteristiky počtu oblačných, jasných a polojasných dní oblastí v Brně a okolí. Tato data jsou získána z měřicích stanic Brno-Tuřany, Brno-Žabovřesky, Troubsko a Pohořelice.



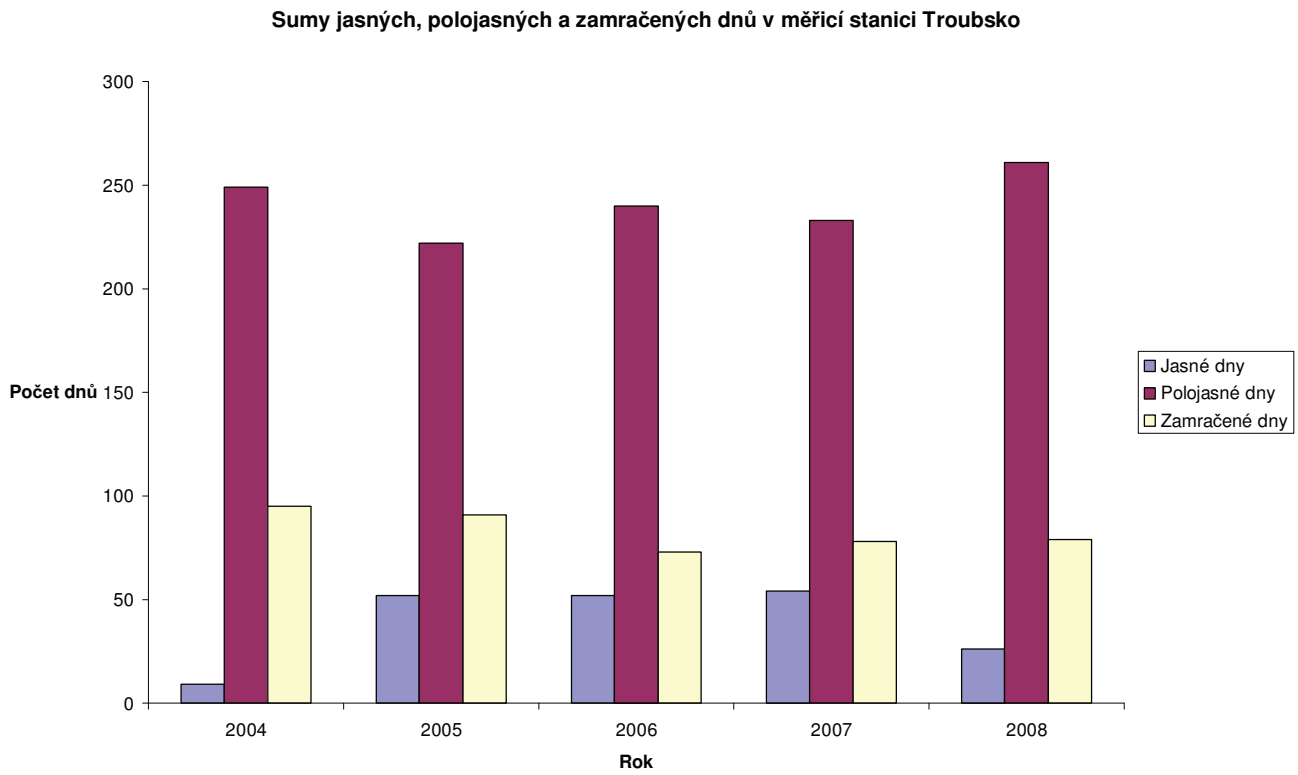
Obrázek 2. Průměrný roční úhrn slunečního záření v MJ/m^2 [22]



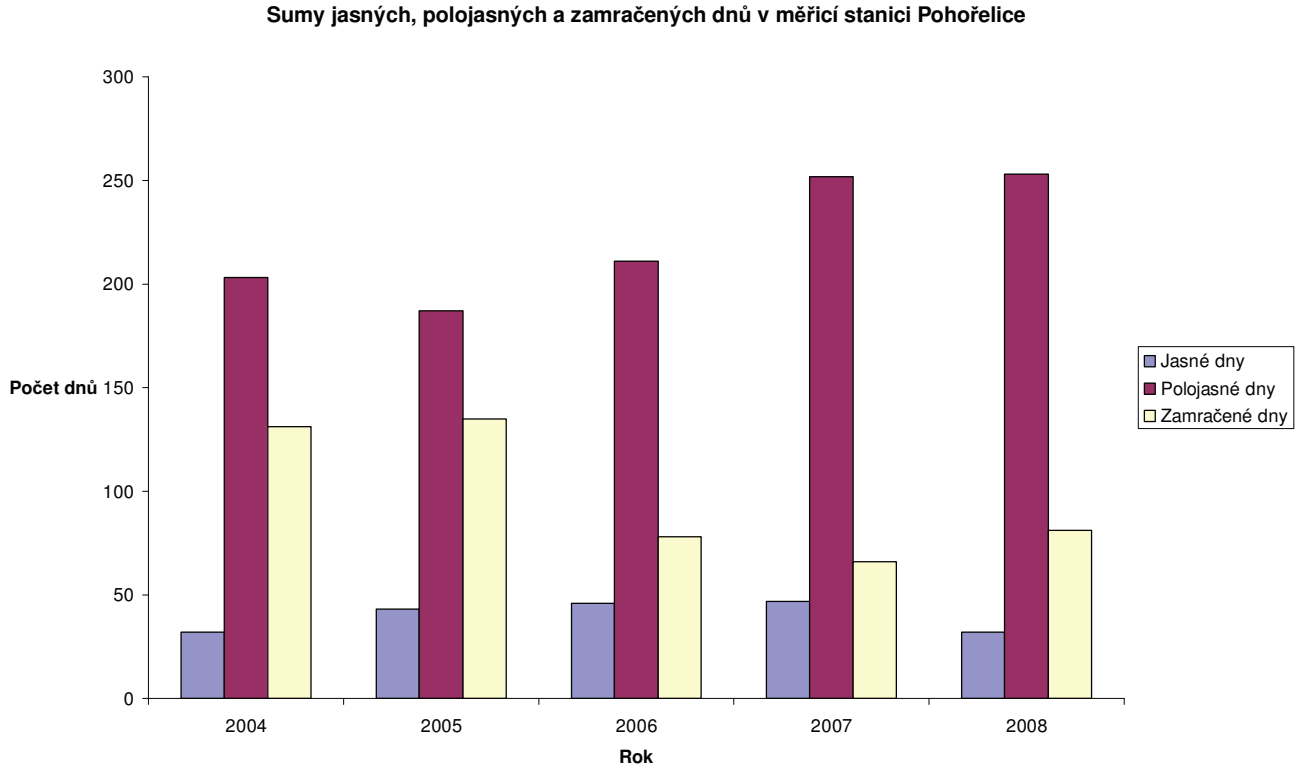
Graf 1. Počty jasných, polojasných a zamračených dní v městské části Brno – Žabovřesky [16]



Graf 2. Počty jasných, polojasných a zamračených dní v městské části Brno – Tuřany [16]



Graf 3. Počty jasných, polojasných a zamračených dní v obci Troubsko [16]



Graf 4. Počty jasných, polojasných a zamračených dní v obci Pohořelice [16]

2.1.2 Solární termické systémy

Aktivní solární systémy je možné instalovat dodatečně i do již postavených budov. Solární termické systémy jsou využity zejména k celoroční přípravě teplé vody, ohřevu bazénové vody a k přitápění budov pomocí ústředního teplovodního nebo teplovzdušného vytápění. Tepelnou energii je možné dlouhodobě akumulovat v zásobnících, avšak čím je doba akumulace delší, tím je systém dražší, tepelné ztráty jsou větší a provoz je méně ekonomický. Proto se lépe hodí krátkodobá akumulace, která využívá okamžité solární zisky. [1]

2.1.2.1 Základní části solárního termického systému

Solární tepelný jímač, neboli sluneční kolektor, má jako základní stavební prvek takzvaný absorbér, což je obvykle plochá deska s neodrazivým (tmavým) povrchem. Na absorbéru jsou uchyceny trubice, které odvádějí teplonosné médium. Absorbér je uložen v uzavřené skříni, jejíž jedna stěna je prosklená. Toto zařízení už je možné nazvat slunečním kolektorem využívajícím skleníkového efektu. Sluneční kolektory mají vyšší výkony na jaře, na podzim a v zimě (kdy jsou zhoršené meteorologické podmínky). [1]

Podle teplonosného média lze kolektory dělit na kapalinové a vzduchové, respektive kombinované. Sluneční absorbér vlastně zachycuje sluneční záření a přeměňuje jej na tepelnou energii čili dlouhovlnné záření. Vzniklé teplo je odváděno pomocí teplonosného média (kapalina, vzduch), které proudí trubicemi absorbéru, do místa okamžité spotřeby nebo do akumulačního zásobníku. [1]

Dalším dělením, tentokrát podle tvaru, lze kolektory definovat jako ploché nebo trubicové. Trubicové kolektory mají absorbér zataven ve vakuové trubici, což snižuje tepelné ztráty a zvyšuje účinnost při vyšších výstupních teplotách. Vakuum je možné použít i u plochých kolektorů. Vakuově izolované absorbéry pracují i v mrazivých dnech uspokojivě. Nevýhodou vakuových systémů je, že je nutné z nich odmetat sníh ručně, jelikož nemají samorozmrazovací vlastnosti. U plochých kolektorů za zhoršených podmínek, tedy při větším rozdílu teplot v kolektorech a okolí dochází k značnému poklesu účinnosti. [1], [17]

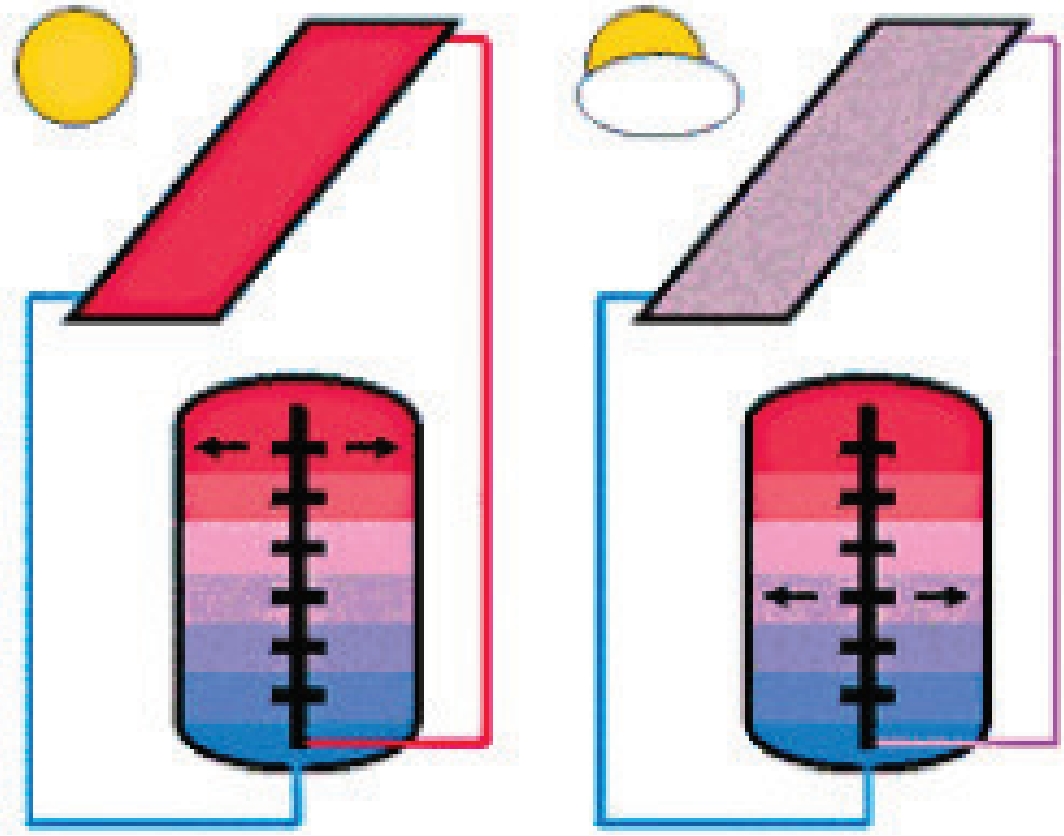
Solární kolektory také mohou mít spektrálně selektivní vrstvu, což je speciální černá barva nebo galvanické pokovování. Tato vrstva způsobuje, že kolektory mají vyšší účinnost a lépe zpracují i difúzní záření. [1]

Dále existují také koncentrační kolektory, které jsou sestaveny tak, že záření je koncentrováno čelní nebo odrazovou plochou na menší absorpční plochu, čímž se dosáhne větších teplot a vyšší účinnosti. Toto zařízení je sestaveno tak, aby se kolektor natáčel za sluncem. [1]

Pro přípravu teplé vody se využívá solární zásobník, při nedostatku sluneční energie doplňkově ohřívaný tepelnou energií z ústředního vytápění. Ploše kolektorů musí odpovídat objem zásobníku tak, aby i v létě akumuloval zachycenou energii a nedošlo k poškození systému. Je důležité, aby alespoň jednou týdně byl obsah zásobníku zahřátý na 72 °C a to z důvodu hygieny. [1]

V zásobníku je umístěn solární výměník tepla, který by měl být umístěn co nejníže. Nad ním je výměník okruhu ústředního topení a elektrické otopné těleso. Při navrhování ploch výměníků by měl být brán ohled na materiál, na teplotu kapaliny v solárním systému, na průtok a objem zásobníku. [1]

Při použití solární energie na přitápění je potřeba větších ploch a objemů a je nutné mít další výměník tepla pro okruh vytápění, což znamená větší teplotní spád i ztráty. V solárním zásobníku by měla být co nejlépe využita teplotní stratifikace, aby teplo bylo přiváděno do odpovídající hladiny, jak je vidět na *Obrázku 3.* [1], [17]



Obrázek 3. Princip stratifikace teplot v solárním zásobníku [17]

Přívodní potrubí systému musí být co nejkratší a kvalitně tepelně zaizolované, mělo by mělo být navržené na odpovídající průtok, teplotu a tlak teplonosné kapaliny. Cirkulace teplonosné kapaliny je zajištěna oběhovým čerpadlem. Spolehlivost, bezpečnost, kontrola a regulace je zabezpečena armaturami, např. manometrem, teploměrem, či zpětným ventilem. [1]

Solární systém také obsahuje expanzní nádobu. Ta zajišťuje vyrovnání tlaku vlivem značného kolísání teploty v systému. Umístění a konstrukce expanzní nádoby odpovídá předpokládané maximální teplotě, objemu a tepelné roztažnosti teplonosné kapaliny a proti extrémnímu zvýšení tlaku při výpadku elektřiny je instalován pojistný ventil. Systém automatické regulace chrání solární kolektory před poškozením, umožňuje optimální výkon a potřebnou regulaci tepla mezi spotřebiči. [1]

Pokud se jedná o sezónní přípravu vody, jako teplonosná kapalina se využívá voda. Příkladem takovéto přípravy vody je letní ohřev bazénu. Avšak co se týká celoročního provozu, je nutné použít nemrznoucí směs, která je vlastnostmi obdobná jako voda, krom bodu tuhnutí. Vyhovující směsí je v tomto případě kapalina na bázi roztoku vody a propylenglykolů s inhibitory koroze. [1]

2.1.2.2 Vhodné lokality a zásady pro navržení solárního systému

Pokud chceme, aby solární systém pracoval co možná nejlépe, je dobré, aby byl navržen pro skutečné místní podmínky. Je důležité znát spotřebu teplé vody, vědět, zda budeme ohřívat bazén, zda bude požadováno přitápění, znát způsob napojení na klasický zdroj energie, způsob regulace a další údaje. [1]

Důležité jsou znalosti počtu hodin a intenzity slunečního svitu, tyto údaje se také mění podle znečištění atmosféry. Tepelné ztráty kolektorů jsou určovány také chodem ročních venkovních teplot, větru, či jiných nepříznivých meteorologických jevů, zejména námrazy. [1]

V České republice je roční výroba kapalinových kolektorů přibližně 300 – 800 kWh/m^2·rok, podle reálných odhadů je to spíše roční průměrná výroba 350 kWh/m^2·rok kolektorové plochy pro systémy s ohřevem vody. Pro systémy s přitápěním je to potom 250 – 280 kWh/m^2·rok kolektorové plochy. V České republice platí, že za zimního období je solární energie málo a zisky solárních kolektorů jsou nízké. Naopak v letním období bývá sluneční energie přebytek. [1], [17]

Účinnost kolektorů je závislá zejména na rozdílu teplot teplonosné kapaliny a okolního vzduchu. Čím je větší teplota, kterou požaduje spotřebitel, tím menší bude účinnost. [17]

Celková dopadající energie na vodorovnou plochu je 950 – 1150 kWh/m^2·rok, přičemž zisk této energie pro systémy ústředního vytápění je 30 – 40 % v topné sezóně, pro systémy teplé vody je to 50 – 80 % za rok, pro systémy s letním bazénem 70 – 90 % za sezónu. Účinnost slunečních kolektorů může být 50 – 80 % dle umístění a využití. [1]

Orientace zařízení je ideální na jih, případně s mírným odklonem do 45°, jihozápadní směr je výhodnější než jihovýchodní. Je to proto, že maximum výkonu nastává kolem 14. hodiny, v tuto dobu jsou nejvyšší denní teploty a nejnižší tepelné ztráty kolektorů. Co se týče automatického natáčení kolektorů za sluncem, je to neekonomické. [1]

Sklon slunečních kolektorů vzhledem k vodorovné rovině je ideální 45° pro celoroční provoz. Pro letní provoz je optimální sklon 30°, u zimního provozu se jedná spíše o sklon 60 – 90°. Při dimenzování systému je potřeba vzít v úvahu také možné stínící prvky, jako je komín, apod. Samozřejmě, že nejlepší variantou je, pokud systém není zastíněn po celý den, kdy svítí slunce. Krátkodobě je možné zastínění spíše v dopoledních hodinách. [1]

Délka potrubních rozvodů by měla být co nejkratší kvůli minimalizaci tepelných ztrát. Střecha domu by měla mít dostatečnou nosnost, pokud tomu tak není, je možné využít i štítovou plochu, střechu garáže, přístavku či pergoly. Rozložení spotřeby tepla pokud možno pokrývá roční průběh slunečního svitu, to znamená, že jsou pro tyto instalace vhodnější bytové a rodinné domy, např. školy jsou více problematické, protože v době nejvyšších hodnot slunečního záření jsou nevyužívané, protože děti mají prázdniny. [1]

Z těchto charakteristik je možné vytvořit odhad pro množství vyrobené energie ze systému za rok. V Tabulce 1. je uveden orientační objem teplé vody ($V_{TV,den,os}$) uvedený v litrech na osobu a den, který je u různých typů budov uvažován pro dimenzování fototermického systému. [23]

Tabulka 1. Orientační objem teplé užitkové vody potřebný pro jednu osobu na den v různých zařízeních [23]

Typ budovy	**Typ spotřeby**	$V_{TV,den,os}$ **[l/os·den]**
Obytné budovy	Nízký standard	10 – 20
	Střední standard	20 – 40
	Vysoký standard	40 – 80
	Nízké letní vytížení	0,75xV_{TV}
Nemocnice, domovy důchodců	Nízké letní vytížení	25 – 30
	Zbylá část roku	30 – 60
Studentské domovy, koleje	Nízké letní vytížení	20 – 25
	Zbylá část roku	25 – 50
Školy	Nízké letní vytížení	0
	Zbylá část roku	5 – 10
Hostince, restaurace	Nízký standard	5
	Střední standard	10
	Vysoký standard	30
Ubytovací zařízení	Nízký standard	20
	Střední standard	35
	Vysoký standard	70
Sportovní zařízení	Nízký standard	30
	Střední standard	60
	Vysoký standard	100

2.1.2.3 Možnost výběru zařízení

Podle způsobu oběhu teplonosné kapaliny je možné využít různé solární systémy. Solární systém se samotížným oběhem je navržen tak, že k oběhu teplonosné kapaliny je využita gravitace mezi kolektorem a zásobníkem. Proudění kapaliny je uskutečněno díky rozdílu hustoty mezi ochlazenou a ohřátou kapalinou. V tomto případě je tedy nutné umístit solární zásobník výš než kolektory. Toto zařízení má nižší účinnost a horší regulaci průtoku teplonosné kapaliny. Zařízení má nižší pořizovací náklady, jednoduchost, nezávislost na vnějším zdroji energie, spolehlivost a je využíváno především u malých systémů pro sezónní ohřev. Většina moderních kolektorů tento princip nevyužívá. [1]

Naproti tomu solární systémy s nuceným oběhem využívají ke svému chodu čerpadlo. Průtok teplonosné kapaliny je tedy regulován přesně a to umožňuje vyšší účinnost přenosu tepla. Vlivem hydraulických ztrát dochází ke zmenšení průtoku, to se však částečně kompenzuje změnou otáček čerpadla. Snížení průtoku se může provádět škrcením. Samozřejmě u těchto systémů jsou vyšší pořizovací náklady, větší složitost, nižší spolehlivost z důvodu možného výpadku čerpadla a závislost na vnějším zdroji energie. [1]

Podle počtu okruhů lze dělit solární systémy na jednookruhové a dvoukruhové. Jednookruhové systémy ohřívají vodu přímo a nevyužívají k tomu výměník tepla. Výhodou těchto systémů je vysoká účinnost přenosu tepla, menší náklady na pořízení a jednoduchost. Tyto systémy lze využít jen pro sezónní provoz, rizikem je tvorba bakterií a řas, či zamrznutí vody. Komplikace nastává zejména pro návrh složitějších systémů a to díky propojení okruhu spotřeby a výroby tepla. Pokud je použita neupravená vodovodní voda, dochází k zanášení a korozi systému i kolektoru. [1]

Co se týče dvoukruhových systémů, ty pracují s výměníkem tepla. K tomu jsou přidány ještě dva nezávislé okruhy. Rozvod ohřáté teplonosné kapaliny od kolektorů k výměníku je zajištěn primárním okruhem. Sekundární – druhý okruh, získá teplo z výměníku a doručí jej do místa spotřeby, čili do zásobníku. První okruh je napuštěn obvykle nemrznoucí směsí. Toto zařízení může být provozováno celoročně a je možné používat různá média. V důsledku tepelných ztrát však systém má horší účinnost, je složitější a dražší než řešení jednookruhové. [1]

2.1.2.4 Výběr solárního kolektoru

To jaký kolektor si uživatel vybere, záleží na požadavcích, které na něj má. Nelze stanovit univerzální vhodný systém, který by vyhovoval každému. Charakteristika kolektoru je dána vnějšími podmínkami – venkovní teplota, intenzita slunečního záření. Pokud se jedná pouze o ohřev bazénu v letních měsících, uživateli bude stačit obyčejný solární absorbér. V letních podmínkách bude zařízení pracovat dobře a investiční náklady na pořízení nebudou tak velké. [1]

Pokud má uživatel plán využívat zařízení celoročně, např. i k přitápění v zimních měsících, je vhodné vybrat si systém, který bude dobře pracovat i za nepříznivých podmínek (mráz, vítr). V případě dotápění systémem je určitě vhodné využívat podlahové vytápění z důvodu potřeby nižší teploty pro vytápění než u radiátorů. Pro tento druhý případ je dobré vybrat si co nejkvalitnější kolektory – trubicové vakuové, či ploché vakuové. [1]

2.1.3 Fotovoltaické systémy

Fotovoltaické neboli solární články je možné využívat díky jevu zvanému fotoelektrický. Energie slunečního záření se v solárních článcích přeměňuje na energii elektrickou a využití tohoto jevu je možné jak pro malé instalace tak i pro větší zařízení. Výroba energie z fotovoltaických článků je sice závislá na denní době, ročním období, oblačnosti v dané lokalitě, avšak jejich energetický potenciál je opravdu velký. [1]

2.1.3.1 Fotovoltaické články a panely

Základní stavební kámen fotovoltaického systému je solární článek. Je to polovodičový velkoplošný prvek vyrobený zpravidla z křemíku a dalších příměsí, který obsahuje alespoň jeden PN přechod. PN přechod je složen ze dvou vrstev, vrstvy polovodiče typu p, který obsahuje příměs prvku s menším počtem valenčních elektronů (např. bor) a druhé vrstvy polovodiče typu n, který obsahuje příměs prvku s vyšším počtem elektronů ve valenční vrstvě (např. fosfor). PN přechod funguje na takovém principu, že na rozhraní materiálů P a N dojde k přechodu části elektronů z vrstvy, kde je jich více, do vrstvy, kde je jich méně a vznikne vrstva s elektrickým polem vysoké intenzity. [1], [12]

Díky poli se dají do pohybu volné nosiče náboje vznikající absorpcí světla. Vzniká elektrický proud, který je odváděn elektrodami. Solární článek je ozářen a fotony generují elektricky nabité částice (pár elektron – díra). Vnitřním elektrickým polem PN přechodu jsou některé elektrony a díry separovány. Toto rozdělení náboje způsobuje napěťový rozdíl mezi předním (-) a zadním (+) kontaktem solárního článku. Pokud je mezi oba kontakty připojena zátěž (elektrospotřebič), protéká stejnosměrný proud přímo úměrný ploše solárních článků a intenzitě dopadajícího záření. [1], [12]

Existuje mnoho druhů fotovoltaických článků. Nejpoužívanějšími články jsou monokrystalické, dále se využívají články polykrystalické. [24]

Články monokrystalické jsou připravovány ve formě tenkých pásků a jejich krystaly jsou větší než 10 cm. Dále se využívají články polykrystalické, jejichž výroba je jednodušší a tím i levnější. Krystaly mají velikost 1 – 100 mm a účinnost těchto článků je nižší než u článků monokrystalických. Existují také články tenkovrstvé z amorfního křemíku obsahující určité množství vodíku. Tyto články jsou méně stabilní. Další typy článků již nejsou výrazně využívané. Jsou to např. články CIS (CuInSe), články z telluridu kademnatého, či galiumarsenidu. [1], [12], [24]

Podle zdroje [11] polykrystalický modul za 3,3 roku svého fungování vyrovná množství energie, které bylo vloženo do jeho výroby. U amorfního článku je návratnost vložené energie 1,8 roku. Monokrystalické moduly mají návratnost delší než polykrystalické, ale také vyrobí mnohonásobně více energie, než bylo vloženo do výroby.

Energetická účinnost přeměny slunečního záření na elektřinu ve fotovoltaických článcích je 14 – 16 % a celková využitelnost systému se pohybuje okolo 7 – 11 %. Články z krystalického křemíku – monokrystalické mají účinnost kolem 16 - 19 %. U polykrystalických článků je účinnost menší – okolo 14 %. Tenkovrstvé solární články z amorfního křemíku se s účinností pohybují kolem 7 %. Články jsou závislé na okamžitém slunečním záření a tudíž se jejich výkon udává jako „špičkový“ (W_p) při záření s intenzitou 1 000 W/m^2. [1], [12], [18]

Pokud jsou solární články zapojeny (sériově nebo paralelně), vznikne po jejich zapouzdření solární modul neboli fotovoltaický panel. Zapojení sério-paralelně je takové, aby se dosáhlo potřebných hodnot proudu a napětí pro přímé využití generované elektrické energie. Panel musí být hermeticky zapouzdřen a musí být dostatečně mechanicky a klimaticky odolný. Solární panely se instalují zpravidla na jižní (nebo jihovýchodní až jihozápadní) straně střechy nebo fasády, případně na volné plochy či na technické stavby, např. protihlukové bariéry. [1], [22]

2.1.3.2 Části fotovoltaických systémů, druhy fotovoltaických systémů

Solární panel potřebuje ke svému chodu ještě další podpůrné prvky a elektrické spotřebiče. Mohou to být např. akumulátorová baterie, regulátor nabíjení, indikační, zobrazovací, komunikační a měřicí přístroje, nebo také automatické sledovače Slunce. Solární panely spolu s dalšími podpůrnými zařízeními se nazývají fotovoltaický systém. [1]

Fotovoltaické systémy obsahují napěťový střídač neboli invertor. Panely produkují stejnosměrný proud a určité napětí. Měnič má za úkol vytvořit takový proud a napětí, díky kterým bude možné připojit běžné spotřebiče. Stejnosměrný proud ve střídači je převáděn na střídavý proud a je vytvářeno napětí zpravidla 230 V. Dalšími funkcemi střídače jsou monitorování a regulace napájení sítě. Pokud dojde k poruše v přenosové soustavě, střídač automaticky odpojí solární generátor od sítě. [1], [22]

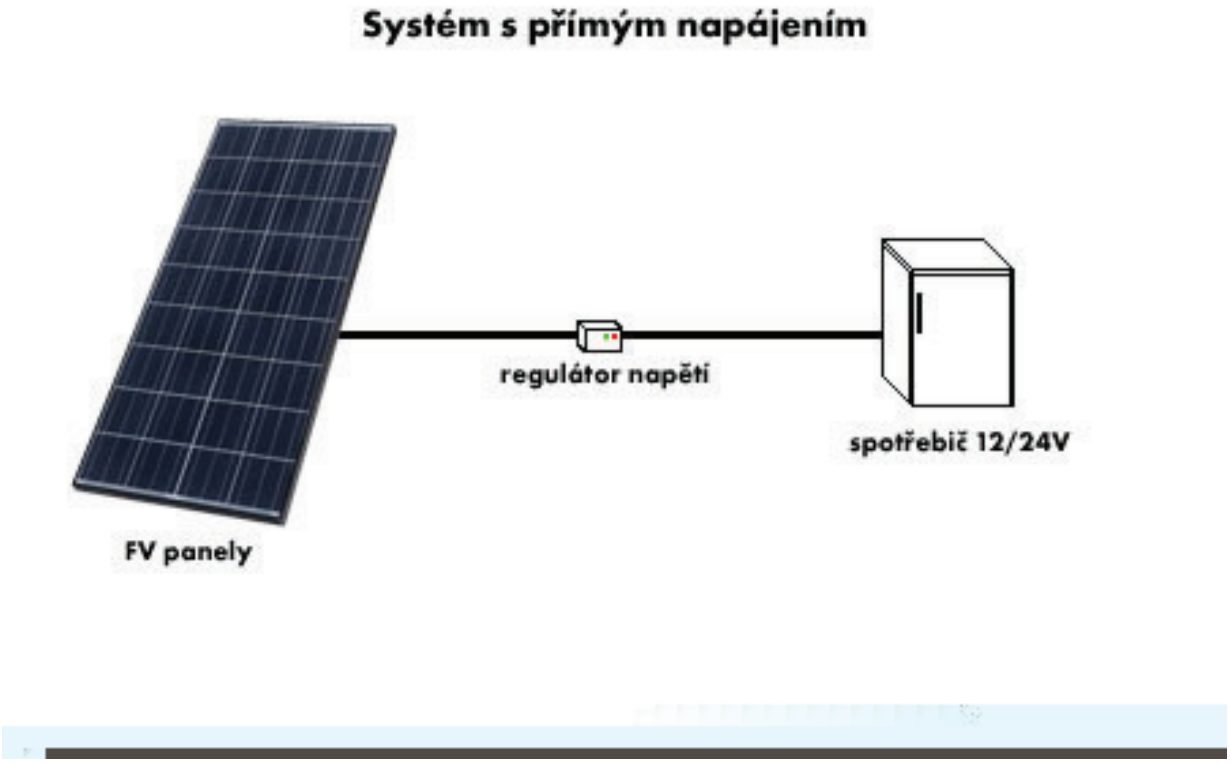
Systémy, které jsou nezávislé na rozvodné síti se nazývají ostrovní systémy, neboli grid – off. Používají se například tam, kde náklady na vybudování a provoz přípojky jsou vyšší než náklady na fotovoltaický systém a kde je vzdálenost k rozvodné síti více než 500 – 1000 m. Tyto případy je vždy nutné posuzovat individuálně. V tomto systému je důležité používat energeticky úsporné spotřebiče a klást důraz na minimální ztráty energie. [1]

Ostrovní systémy se rozdělují na systémy s přímým napájením, s akumulací elektrické energie a hybridní ostrovní systémy. Tyto systémy jsou zobrazeny na *Obrázcích 4. – 6*. Systémy s přímým napájením je možné použít v místech, kde není problém, že elektrická energie je vyráběna a k dispozici pouze v době svitu. Jde o propojení solárního panelu a spotřebiče. [1]

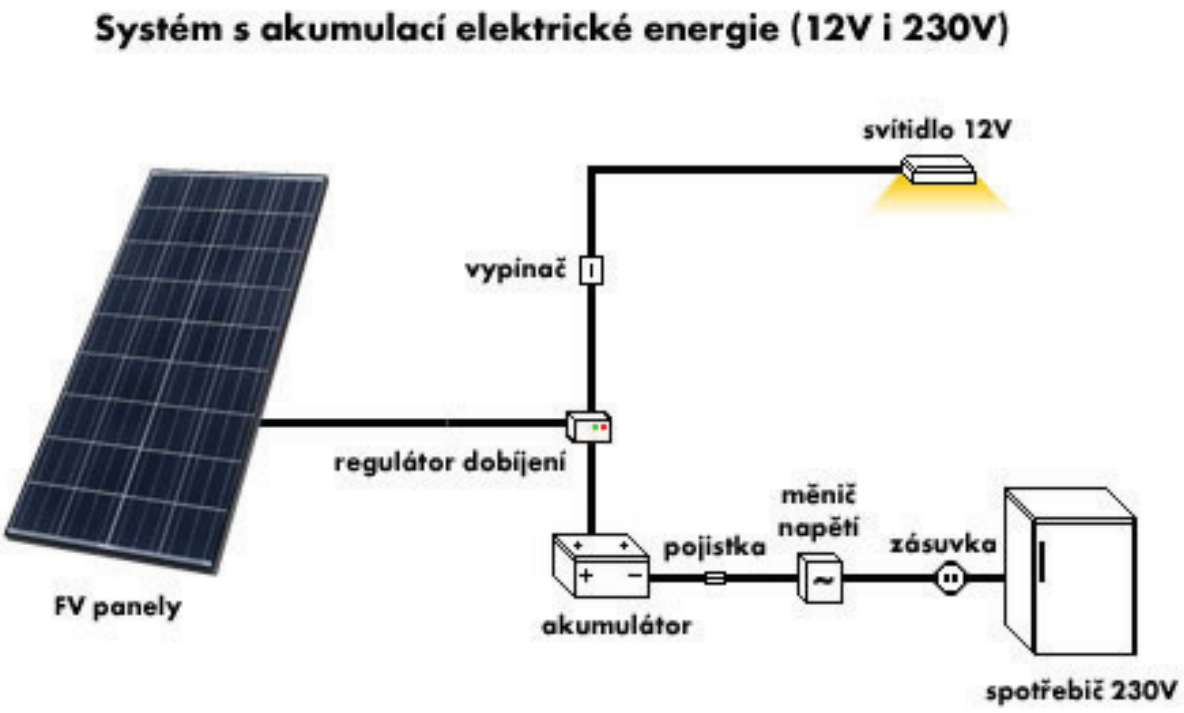
Akumulace energie se využívá ve chvíli, kdy je potřeba elektřina i v době mimo sluneční svit. Součástí těchto systémů jsou akumulátorové baterie a regulátor nabíjení. Akumulátory používané v solárních systémech musí mít speciální vlastnosti, zejména možnost hlubokého vybití akumulátoru, velký počet cyklů, zpravidla okolo 2 000, nízký minimální nabíjecí proud, nízké samovybíjení. Údržba těchto baterií by měla být jednoduchá. Proto pro solární instalace nejsou vhodné automobilové baterie. Pro výběr solární baterie je potřebné vědět, jaká by měla být kapacita akumulátoru. [1], [26]

Pokud se akumuluje energie, je potřeba mít v systému zapojený také regulátor nabíjení. Ten je zapojen mezi panely a baterií a zajišťuje optimální nabíjení a vybíjení akumulátoru. Existují takové regulátory, které jsou schopny řídit solární systém tak, že pokud je možný okamžitý odběr energie spotřebiči, regulátor energii posílá do spotřebičů. Pokud není aktuální odběr elektrické energie, regulátor ji ukládá do akumulátoru. [1], [26]

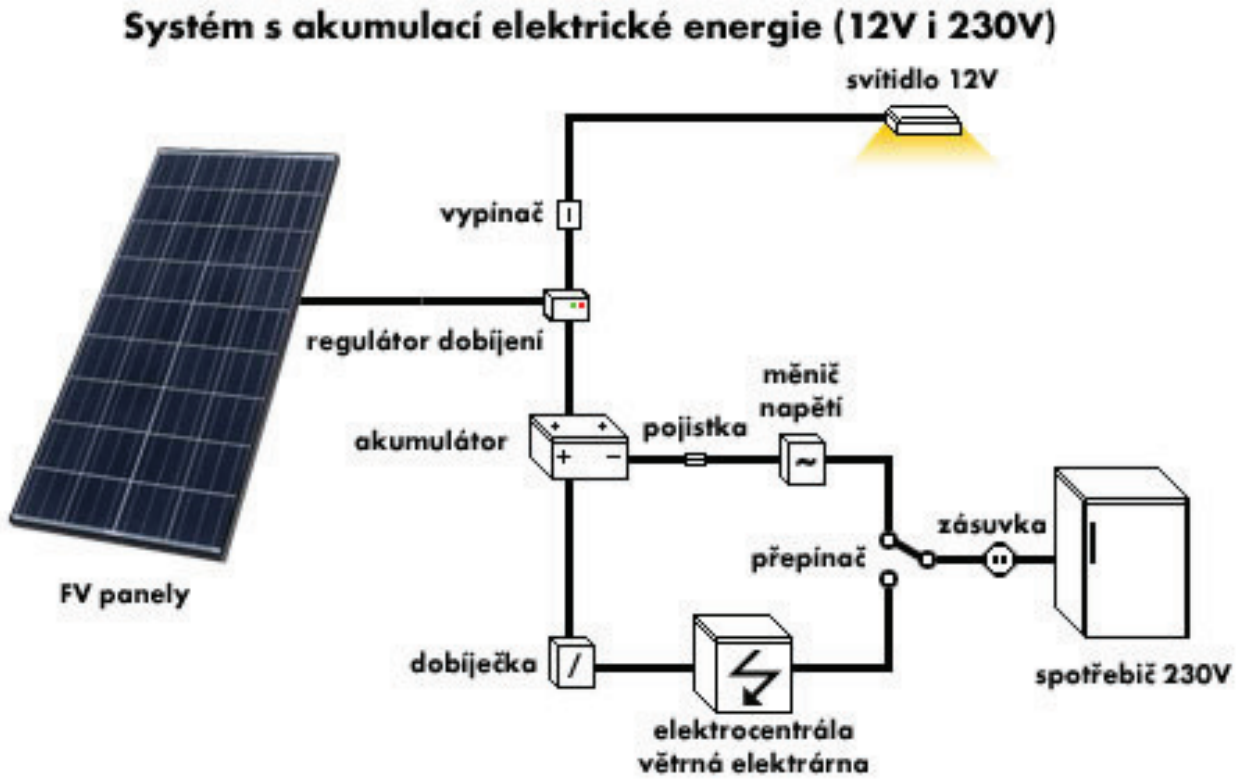
Hybridní ostrovní systém slouží pro celoroční provoz a provoz, kde je občas použito zařízení s vysokým příkonem. Systémy musejí být navrženy i na zimní provoz, kdy je množství vyrobené energie nižší. Tyto systémy tedy mívají vyšší instalovaný výkon a tím i vyšší pořizovací náklady. Výhodné je použít doplňkový zdroj elektřiny, např. větrnou elektrárnu, elektrocentrálu, atd. [1]



Obrázek 4. Schéma ostrovního systému s přímým napájením [27]

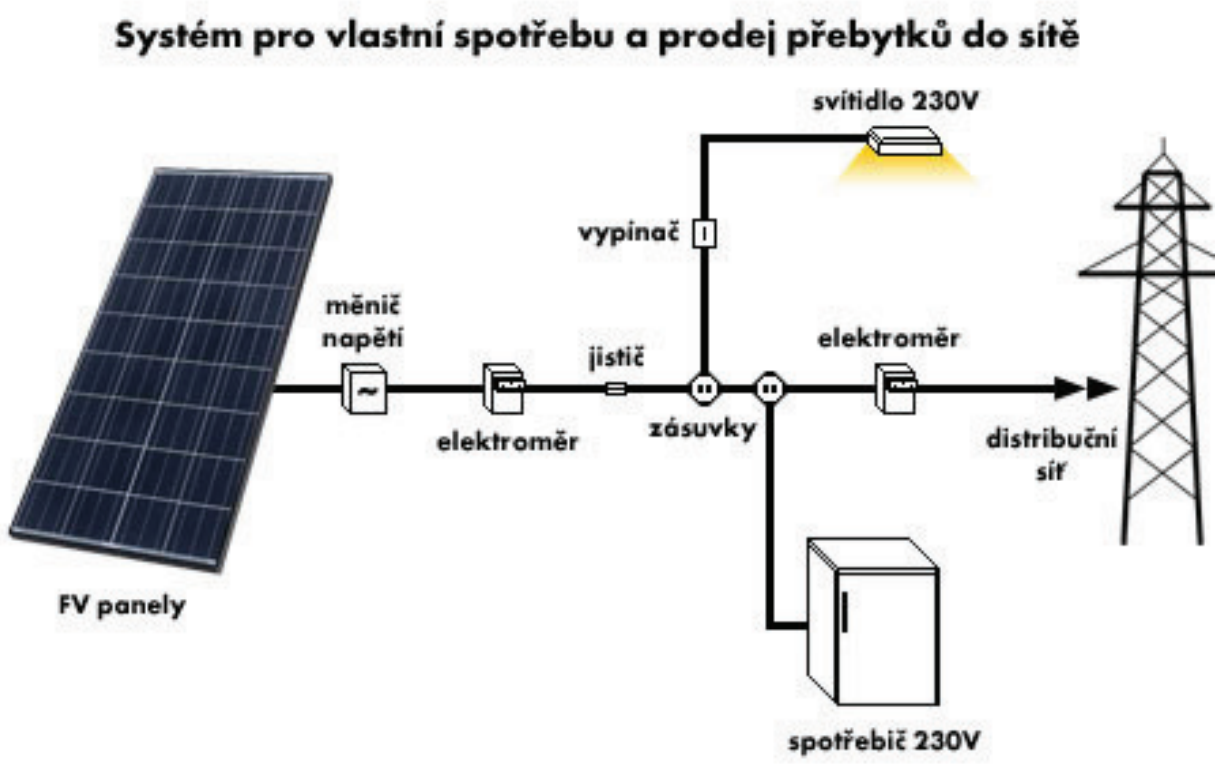


Obrázek 5. Schéma ostrovního systému s akumulací energie [27]



Obrázek 6. Schéma hybridního ostrovního systému [27]

Existují také systémy, které dodávají elektrickou energii do sítě – systémy grid – on, neboli síťové fotovoltaické systémy. Jsou nejrozšířenější a uplatňují se v místě, kde jsou husté sítě elektrických rozvodů. Schéma tohoto systému je zobrazeno na *Obrázku 7*. Využití systému probíhá tak, že proud je dodáván vlastním elektrickým spotřebičům a případný přebytek energie je dodán do veřejné rozvodné sítě. Pokud je sluneční energie málo, je proud ze sítě naopak odebírán. Je možné využít i připojení, při kterém veškerá vyrobená energie proudí do distribuční soustavy a není tedy vůbec spotřebovávaná v místě výroby. Systémy jsou řízeny automaticky mikroprocesorově. Tato připojení musí být schválena rozvodnými závody. [1]



Obrázek 7. Schéma síťového fotovoltaického systému [27]

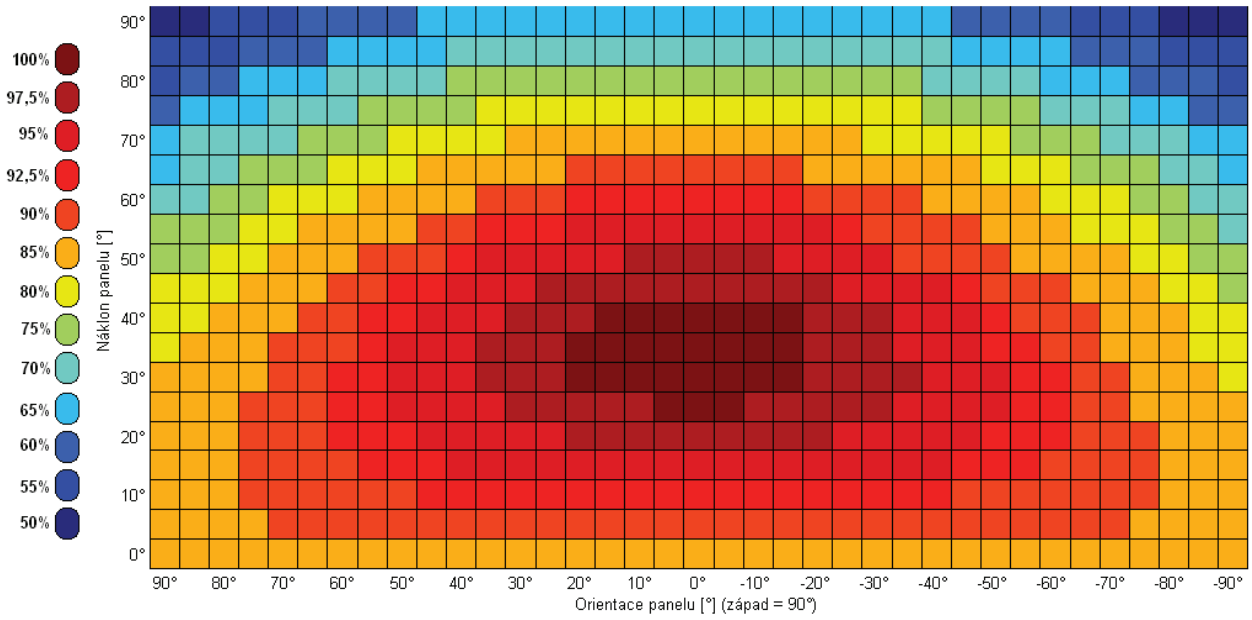
2.1.3.3 Vhodné lokality a zásady pro dimenzování

Důležité je navržení systému pro místní podmínky. Je nutné vědět za jakým účelem je systém navržen, kolik bude vyrobené a spotřebované elektřiny, jaké spotřebiče budou připojeny a v jaké době by měly fungovat. [1]

Pro instalaci fotovoltaického systému je dobré znát počet hodin slunečního svitu a intenzitu slunečního záření. Důležitá je orientace střechy nebo místa, kde budou panely instalovány. Co se týče sklonu panelů, pro celoroční provoz je nejlepší sklon 34° vzhledem k vodorovné rovině. Může se stát také, že v místě instalace bude určité množství stínících překážek – avšak optimální je celodenní osvit. [1], [25]

Výroba elektřiny ze slunečního záření je omezena některými faktory, např. možnou plochou instalace, stavem sítě, možnostmi připojení. Pokud se připravuje fotovoltaický systém, pro odhad množství sluneční energie se využije hodnota roční sumy globálního záření – pro ČR je to asi 1081 kWh/m^2. Ze solárního monokrystalického panelu o ploše 1 m^2 je možné za rok získat zhruba 80 - 120 kWh elektrické energie, hodnota závisí na podmínkách a typu panelu. Fotovoltaický systém v České republice, jehož instalovaný výkon je 1 kW$_P$, by měl ročně dodat 800 – 1000 kWh elektrické energie. [1], [18]

Obrázek 8. ukazuje, jaký je vliv sklonu a orientace fotovoltaických panelů (vůči světovým stranám) na účinnost přeměny energie, pokud ji porovnáváme s optimem, tzn. sklon modulu je zhruba 30° – 40° a orientace je jižním směrem. [20]



Obrázek 8. Vliv sklonu a orientace fotovoltaických modulů na účinnost přeměny v porovnání s optimem [20]

2.2 Legislativa týkající se fotovoltaiky

V této kapitole chci popsat stav legislativy, která se dotýká obnovitelných zdrojů a především fotovoltaiky v České republice. Především chci ukázat, jak se také legislativa měnila v průběhu let 2005 - 2010 a v jaké fázi je podpora fotovoltaiky nyní v roce 2011, jelikož v posledních obdobích se stalo toto téma velice ožehavým.

2.2.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES ze dne 27. září 2001 o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou zmiňuje, že využívání obnovitelných zdrojů energie v Evropské unii je nedostatečné a je nutné obnovitelné zdroje podporovat. Důvodem je ochrana životního prostředí, udržitelný rozvoj, podpora lokální zaměstnanosti, rozvoj sociální soudržnosti, bezpečnost zásobování a v neposlední řadě také plnění cílů Kjótského protokolu, kterým se země zavázaly zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie na 12 % hrubé národní spotřeby do roku 2010. [5]

Evropské společenství uvedlo v tzv. Bílé knize o obnovitelných zdrojích energie směrný cíl dosáhnout do roku 2010 podílu 22,1 % elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě elektřiny. Tento cíl je uveden pro Evropskou unii jako celek a každý stát má dílčí cíle procentuálního podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů odlišné. [5]

Směrnice dále uvádí, že je potřeba, aby obnovitelné zdroje energie měly záruku původu, z důvodu důvěryhodnosti zdrojů a je nutné pro každý stát stanovit legislativní rámec pro trh s obnovitelnými zdroji energie. Systémy podpory obnovitelných zdrojů na vnitrostátní úrovni jsou různé a individuální pro každý stát a mohou to být zelená osvědčení, investiční pomoc, osvobození od daně, snížení daně, vrácení daně či přímá cenová podpora. Důležité však je, aby systém fungoval a byl dostatečně důvěryhodný. [5]

Ve směrnici je uvedeno, že na základě zkušeností z jednotlivých států bude stanovena podpora obnovitelných zdrojů Evropskou unií. Obnovitelnými zdroji jsou myšleny následující: vítr, sluneční energie, geotermální energie, energie vln a přílivu, energie vody, biomasa, plyn ze skládek, z čistíren odpadních vod a bioplyny. Důležitá je definice hrubé národní spotřeby elektřiny. Tou je myšlena výroba elektřiny ve státě, včetně vlastní výroby s připočtením dovozů a odečtením vývozů. [5]

Státy jsou Směrnicí 2001/77/ES zavázány určit si směrné cíle, kterých má být v podpoře obnovitelných zdrojů dosaženo a musí průběžně vydávat zprávy, ve kterých informují o plnění cílů. Co se týče distribučních soustav, státy by měly provést taková opatření, aby byla možná distribuce, přenos a odebírání elektřiny z obnovitelných zdrojů. Provozovatelé distribučních soustav mohou vypracovat pravidla pro hrazení technických úprav, avšak stát může určit, že náklady na technické úpravy částečně uhradí provozovatelé distribučních soustav. Musí být zaručeno, že poplatky za přenos a distribuci elektřiny z obnovitelných zdrojů nebudou diskriminační a tato energie bude konkurenceschopná vůči konvenčně vyrobené elektřině. [5]

2.2.2 Zákon 180/2005 Sb.

Zákon 180/2005 Sb. ze dne 31. března 2005 o podpoře využívání obnovitelných zdrojů je v souladu se Směrnicí 2001/77/ES a je v něm i zapsán indikativní cíl podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny v České republice ve výši 8 % k roku 2010. Cílem je po roce 2010 i nadále zvyšovat podíl obnovitelných zdrojů energie. V tomto legislativním dokumentu je také definován pojem zelený bonus, což znamená finanční částku, která navyšuje tržní cenu elektřiny, hradí ji provozovatel regionální distribuční nebo přenosové soustavy výrobci elektřiny z obnovitelných zdrojů. Zelený bonus zohledňuje snížené poškozování životního prostředí, druh a velikost výrobního zařízení a kvalitu dodávané elektřiny. [4]

Podpora stanovená tímto zákonem se vztahuje na výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů a liší se podle druhu obnovitelného zdroje a velikosti instalovaného výkonu. Provozovatelé distribučních a přenosových soustav jsou povinni připojit přednostně zařízení, která dodávají elektřinu z obnovitelných zdrojů, pokud na daném místě není prokazatelně nedostatek kapacity, nebo je v ohrožení spolehlivý provoz soustavy. [4]

Výrobce elektřiny si může vybrat, zda bude požadovat zelený bonus nebo elektřinu nabídne k výkupu. Změnit tento výběr může výrobce nejdříve rok poté, co danou volbu začal využívat a tato změna je provedena vždy k 1. lednu následujícího roku. Pokud výrobce nabídne elektřinu z obnovitelných zdrojů provozovateli soustavy, je provozovatel povinen tuto elektřinu odebírat a pokrýt s ní ztráty. Elektřina přesahující velikost ztrát je braná jako odchylka provozovatele soustavy. [4]

V případě, že výrobce nenabídl elektřinu k výkupu a prodal ji na trhu s elektřinou, je provozovatel soustavy povinen uhradit výrobci zelený bonus, který je vyjádřen v Kč/MWh. Záruku původu obnovitelného zdroje pro výrobce vydává operátor trhu s elektřinou pro vnitrostátní účely, pokud výrobce potřebuje záruku pro jiný členský stát Evropské unie, tuto záruku vydává ministerstvo průmyslu a obchodu. Výrobce, který veškerou elektřinu sám spotřebovává má také právo na zelený bonus, který hradí provozovatel soustavy. [4]

Základní jednotkou pro výkup vyrobené elektřiny je 1 hodina a základní jednotkou pro vyhodnocení a zúčtování je 1 měsíc. Tyto časové úseky však mohou být dohodnuty i jinak. Výši cen za elektřinu z obnovitelných zdrojů a zelených bonusů stanovuje Energetický regulační úřad a to vždy na kalendářní rok dopředu tak, aby došlo ke splnění indikativních cílů 8 % podílu obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny v roce 2010. [4]

Výrobci mají mít podle Zákona 180/2005 Sb. patnáctiletou dobu návratnosti investice do zařízení a tím pádem zaručenou výši výnosů z výkupních cen po dobu 15 let se zohledněním indexů cen průmyslových výrobců podle minimální výše výkupních cen stanovených pro rok 2005. Co se týče výše zelených bonusů, zde musí být přihlédnuto k míře rizika uplatnění elektřiny z obnovitelných zdrojů na trhu s elektřinou. Výše cen na následující kalendářní rok nesmí být nižší než 95 % výše cen v předchozím roce (poprvé použito pro rok 2007). [4]

2.2.3 Novelizace zákona 180/2005 Sb. – znění účinné od 1. ledna 2011

Od 1. března 2011 nabývají účinnosti přechodná ustanovení týkající se fotovoltaiky. Podpora v případě elektřiny vyrobené ze slunečního záření se vztahuje pouze na instalovaný výkon do 30 kW_P, který je umístěn na střešní konstrukci nebo na obvodové zdi budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru. [7]

Co se týče výkupních cen, pokud Energetický regulační úřad zjistí, že u nějakého obnovitelného zdroje se dosáhlo návratnosti investic nižší než 11 let, pak není povinností stanovit výkupní ceny minimálně 95% než bylo v předchozím roce. [7]

Vícenáklady provozovatelů distribučních a přenosových soustav jsou hrazeny dotacemi z prostředků státního rozpočtu. Vláda vždy do 31. října předchozího roku stanoví množství dotací, které ze státního rozpočtu budou uvolněny. Pokud dotace v daném roce na vícenáklady nestačí, Energetický regulační úřad zahrne vícenáklady do ceny elektřiny pro odběratele. [7]

Do zákona byl taktéž zahrnut odvod z elektřiny ze slunečního záření. Tento odvod se vztahuje na časové období od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2013 pro zařízení, která byla uvedena do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2010. Poplatníkem odvodu je provozovatel slunečního zařízení a plátcem je provozovatel soustavy. Základem daně je částka bez daně z přidané hodnoty, která je hrazena provozovatelem soustavy formou výkupní ceny, či zeleného bonusu. Od odvodu jsou osvobozena ta zařízení, která mají výkon do 30 kW a jsou umístěna na střešní konstrukci nebo obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru nemovitostí. Odvod se platí každý měsíc a sazba je 26 % výkupní ceny a 28 % zeleného bonusu. [7]

2.2.4 Vyhláška 475/2005 Sb.

Vyhláška, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie, byla v průběhu let novelizována vyhláškami 364/2007 Sb., 409/2009 Sb. a 300/2010 Sb. [6]

Elektřinou z obnovitelných zdrojů se rozumí elektřina naměřená v předávacím místě výrobny a provozovatele distribuční nebo přenosové soustavy nebo výroba elektřiny snížená o technologickou vlastní spotřebu elektřiny. Do této vyhlášky spadá také výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů, která byla snížena o ostatní vlastní spotřebu – na tuto výrobu se potom vztahuje systém zelených bonusů. [6]

Výrobce energie musí oznámit provozovateli soustavy, jakou formu úhrady (výkupní ceny, zelené bonusy) si vybral, nejpozději jeden měsíc před plánovaným zahájením provozu. Změny způsobu podpory je nutné ohlásit nejpozději do 30. listopadu kalendářního roku. Výrobce elektřiny taktéž musí dodat údaje o předpokládaném množství energie vyrobené z obnovitelných zdrojů. Termín odevzdání těchto údajů pro následující rok je 31. srpna předchozího roku. U nových provozoven je nutné tyto údaje dodat minimálně 4 měsíce před zahájením provozu. [6]

Pro zajištění patnáctileté doby návratnosti investic se předpokládá, že při stanovených výkupních cenách výrobce dosáhne přiměřeného výnosu z vloženého kapitálu za dobu životnosti zařízení a nezáporné velikosti hodnoty toku hotovosti po zdanění za dobu životnosti zařízení. Indikativní hodnoty technických a ekonomických parametrů jsou pro fotovoltaická zařízení následující. [6]

- Předpokládaná doba životnosti nové provozovny je 20 let, podpora výkupními cenami nebo zelenými bonusy je tedy stanovena na 20 let. [6]
- Konstrukce a umístění fotovoltaických článků je předpokládáno tak, aby bylo dosaženo roční svorkové výroby elektřiny více než 150 kWh na metr čtvereční aktivní plochy solárního panelu. Ročně je předpokládán pokles jmenovitého výkonu panelů o 0,8 %. [6]

- *Tabulka 2. Měrné investiční náklady a roční využití výkonu instalovaného zdroje* [6]

Charakteristika výrobny	Celkové měrné investiční náklady [Kč/kW_P]	Roční využití instalovaného špičkového výkonu [kWh/kW_P]
Do 30 kW_P včetně	< 75 000	> 980
30 kW_P až 100 kW_P včetně	< 60 000	> 1 000
Nad 100 kW_P	< 55 000	> 1 000

2.2.5 Vyhláška 150/2007 Sb.

Vyhláška o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen obsahuje důležitý odstavec, ve kterém je psáno, že Energetický regulační úřad stanovuje výši výkupních cen a zelených bonusů uplatňovaných po dobu životnosti provozovny a výše cen se odvíjí od kategorie podle druhu obnovitelného zdroje, data uvedení do provozu a jejich nárůst má být meziročně minimálně o 2 % a maximálně o 4 %. [8]

Tato vyhláška již není v platnosti, ale pro ilustraci dokládá, proč až do roku 2010 výrazně rostly ceny zelených bonusů a výkupních cen.

2.2.6 Cenová rozhodnutí Energetického regulačního úřadu

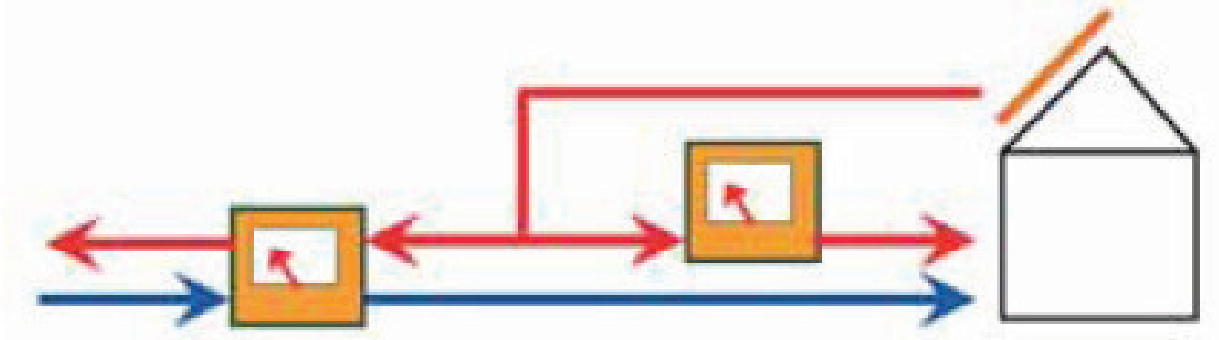
Energetický regulační úřad vydává tzv. cenová rozhodnutí, některá z nich se týkají výkupních cen a zelených bonusů za elektřinu z obnovitelných zdrojů energie. Úřad stanovuje ceny vždy na následující kalendářní rok. Posledním cenovým rozhodnutím, které udává výkupní ceny a zelené bonusy je cenové rozhodnutí ERÚ 2/2010 (*Tabulka 3.*).

Tabulka 3. Cenové rozhodnutí ERÚ 2/2010 – Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření [9]

Výkon zdroje a datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výkon do 30 kW včetně a uvedení do provozu v roce 2011	7 500	6 500
Výkon nad 30 kW do 100 kW včetně a uvedení do provozu v roce 2011	5 900	4 900
Výkon nad 100 kW a uvedení do provozu v roce 2011	5 500	4 500
Výkon do 30 kW včetně a uvedení do provozu v roce 2010	12 500	11 500
Výkon nad 30 kW a uvedení v roce 2010	12 400	11 400
Výkon do 30 kW včetně a uvedení do provozu v roce 2009	13 420	12 420
Výkon nad 30 kW a uvedení do provozu v roce 2009	13 320	12 320
Uvedení do provozu v roce 2008	14 300	13 300
Uvedení do v roce 2006 a 2007	14 660	13 660
Uvedení do provozu před 1. lednem 2006	6 990	5 990

2.2.7 Princip fungování výkupních cen a zelených bonusů

Podle zákona O podpoře využívání obnovitelných zdrojů si výrobce energie může vybrat, zda bude využívat podporu výroby svého zdroje formou výkupních cen nebo zelených bonusů. Pokud výrobce využije výkupní ceny, veškerou energii, kterou vyrobí odevzdá do sítě, jejíž provozovatel je povinen všechnu elektřinu vykoupit. Pokud si výrobce vybere podporu zdroje ve formě zelených bonusů, spotřebovává vyrobenou energii zdarma a navíc za ni dostane od provozovatele distribuční sítě zelený bonus. Pokud část vyrobené energie nespotřebuje, může ji prodat na trhu s elektřinou za tržní cenu a navíc dostane opět platbu formou zeleného bonusu od provozovatele sítě. Princip fungování výkupních cen a zelených bonusů je zobrazen na *Obrázcích 9. a 10.*



Obrázek 9. Princip fungování solárního systému v režimu zelených bonusů [18]

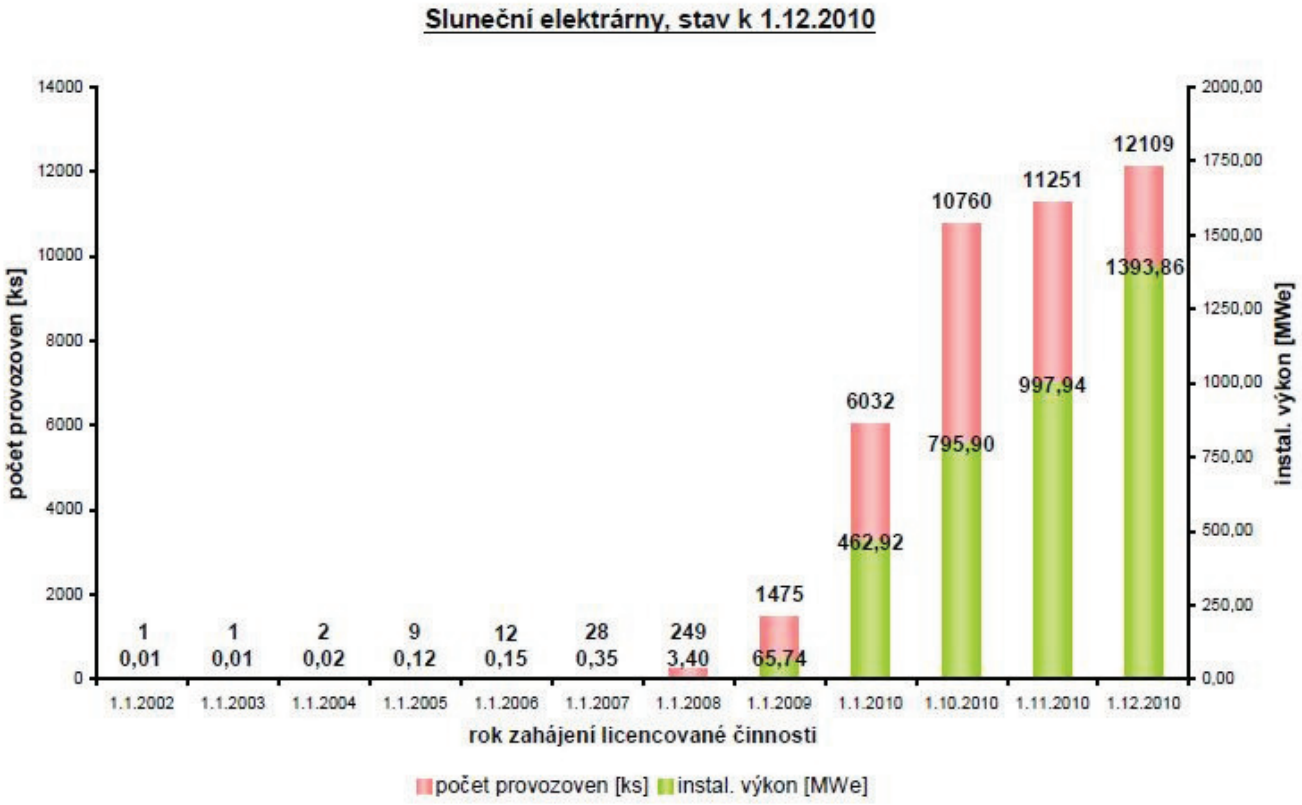


Obrázek 10. Princip fungování solárního systému v režimu výkupních cen [18]

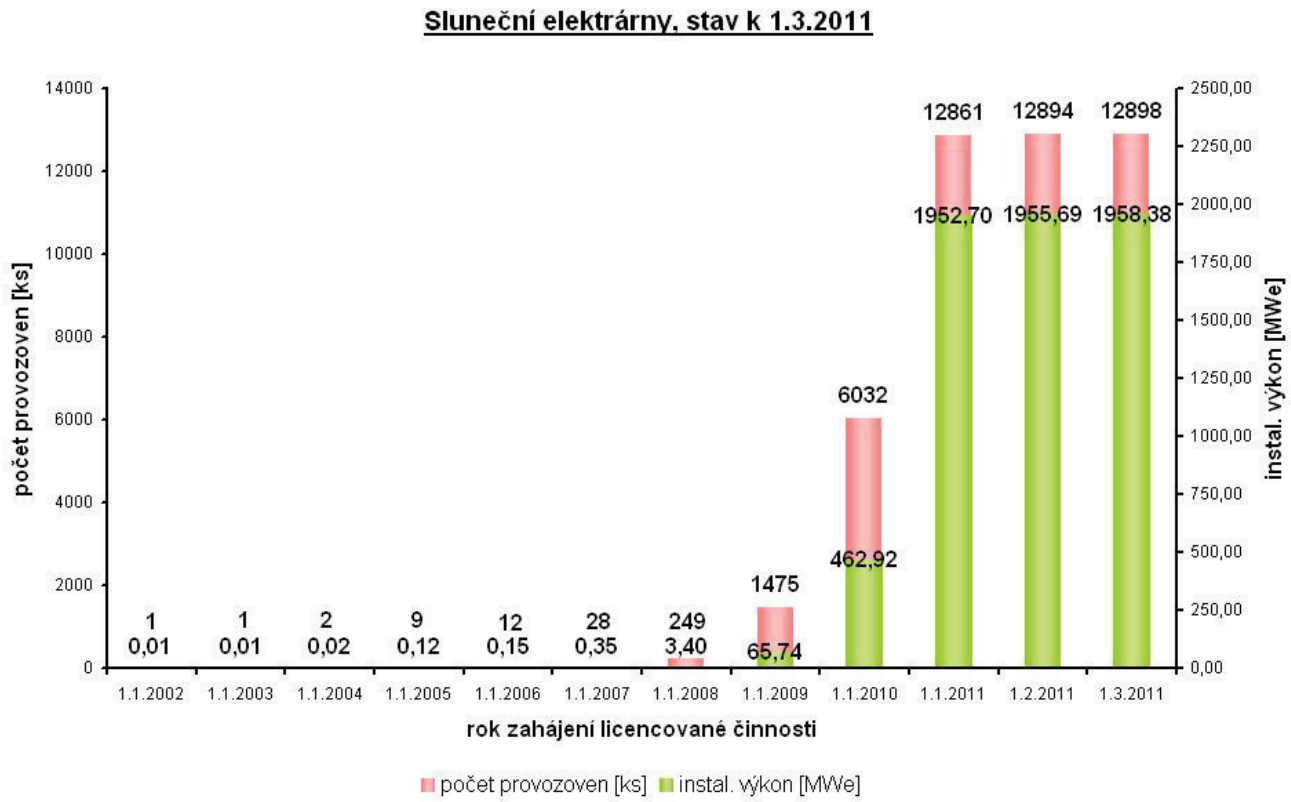
2.3 Fotovoltaika v České republice

Na *Grafech 5. a 6.* je vidět, jak se fotovoltaika v České republice vyvíjela od roku 2002. Zatímco do roku 2006 byl počet provozoven méně než deset, od roku 2006 je vidět znatelný nárůst počtu slunečních elektráren. Je to samozřejmě dáno tím, že vstoupil v platnost zákon O podpoře využívání obnovitelných zdrojů. Od roku 2009 došlo k velice prudkému nárůstu počtu fotovoltaických elektráren. Důvodů bylo hned několik. Výkupní ceny a zelené bonusy byly nastaveny extrémně vysoko, do České republiky přišli tudíž investoři, kteří v jiných zemích například ve Španělsku již neměli díky „protifotovoltaickým" opatřením vlády tak výhodné podmínky, a investiční náklady na instalaci solárního systému se díky zvýšené poptávce snižovaly. Instalace fotovoltaické elektrárny byla velice výhodná a stala se velkým byznysem pro řadu investorů.

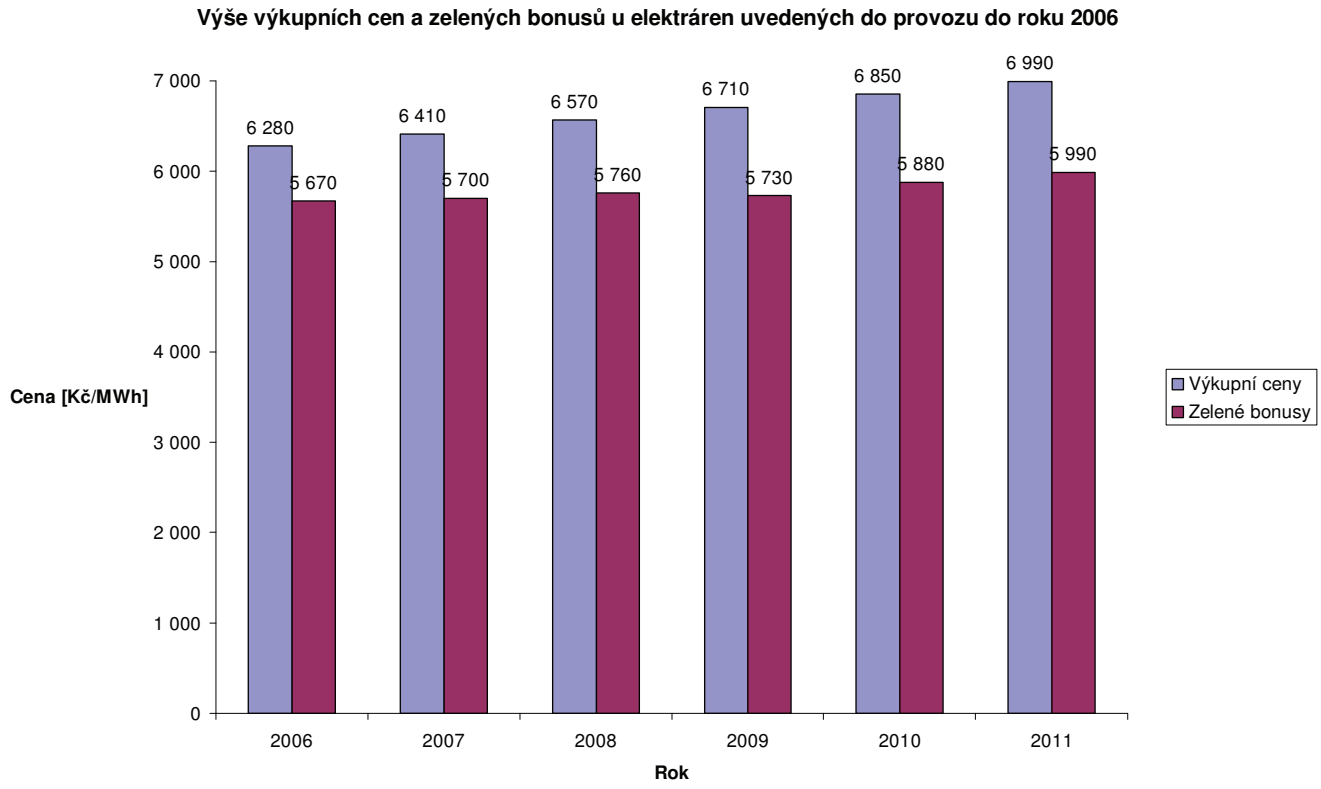
Na *Grafech 7. – 11.* je vidět, jak se vyvíjely výkupní ceny a zelené bonusy u zařízeních instalovaných před rokem 2006 a potom v letech 2006 – 2007, 2008 a 2009 – 2011. Jednoznačně je vidět, jak se změnily výkupní ceny a zelené bonusy díky zákonu O podpoře využívání obnovitelných zdrojů a jemu přidružených vyhlášek. [10]



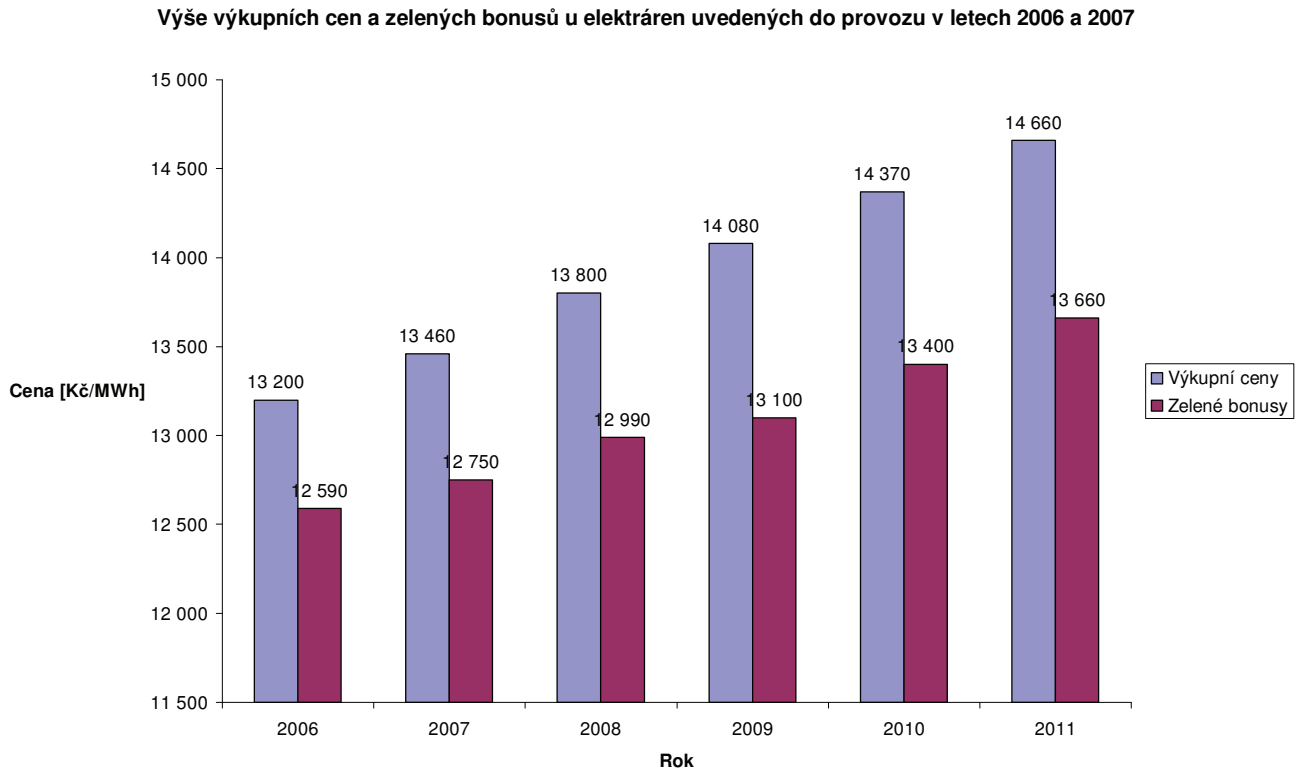
Graf 5. Počet slunečních elektráren – stav k 1. 12. 2010 [10]



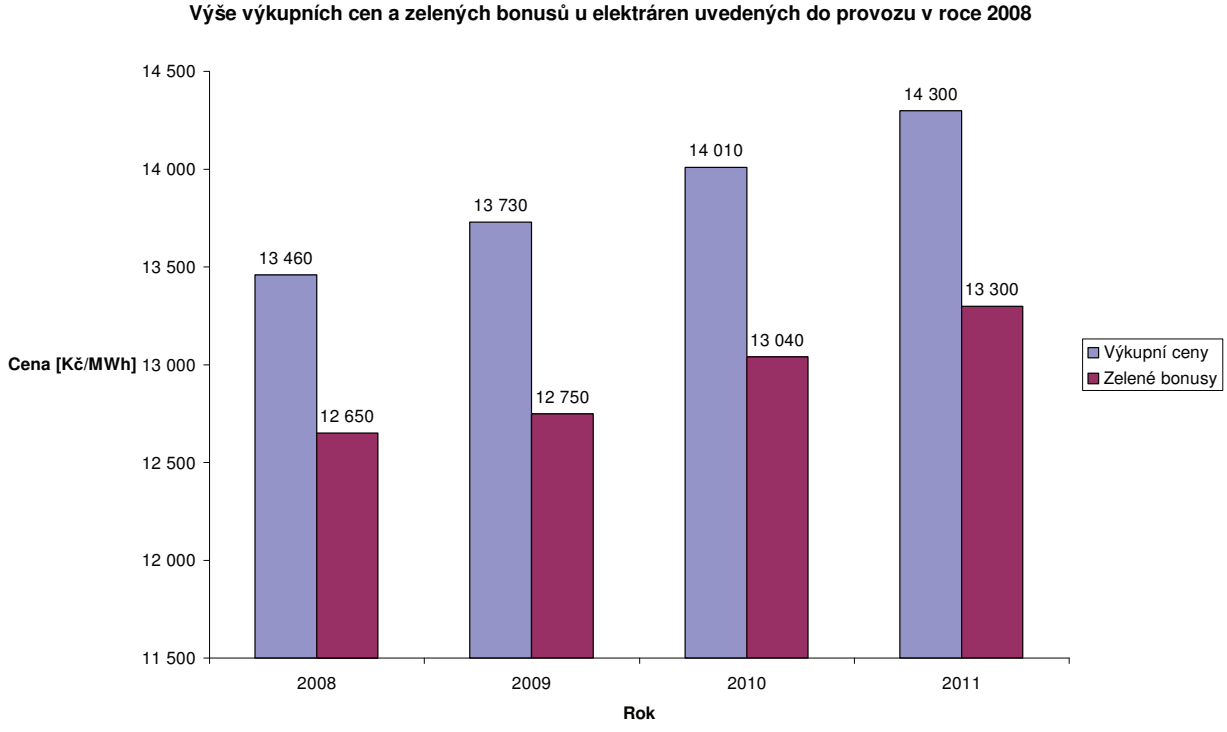
Graf 6. Počet slunečních elektráren – stav k 1.3. 2011
[10]



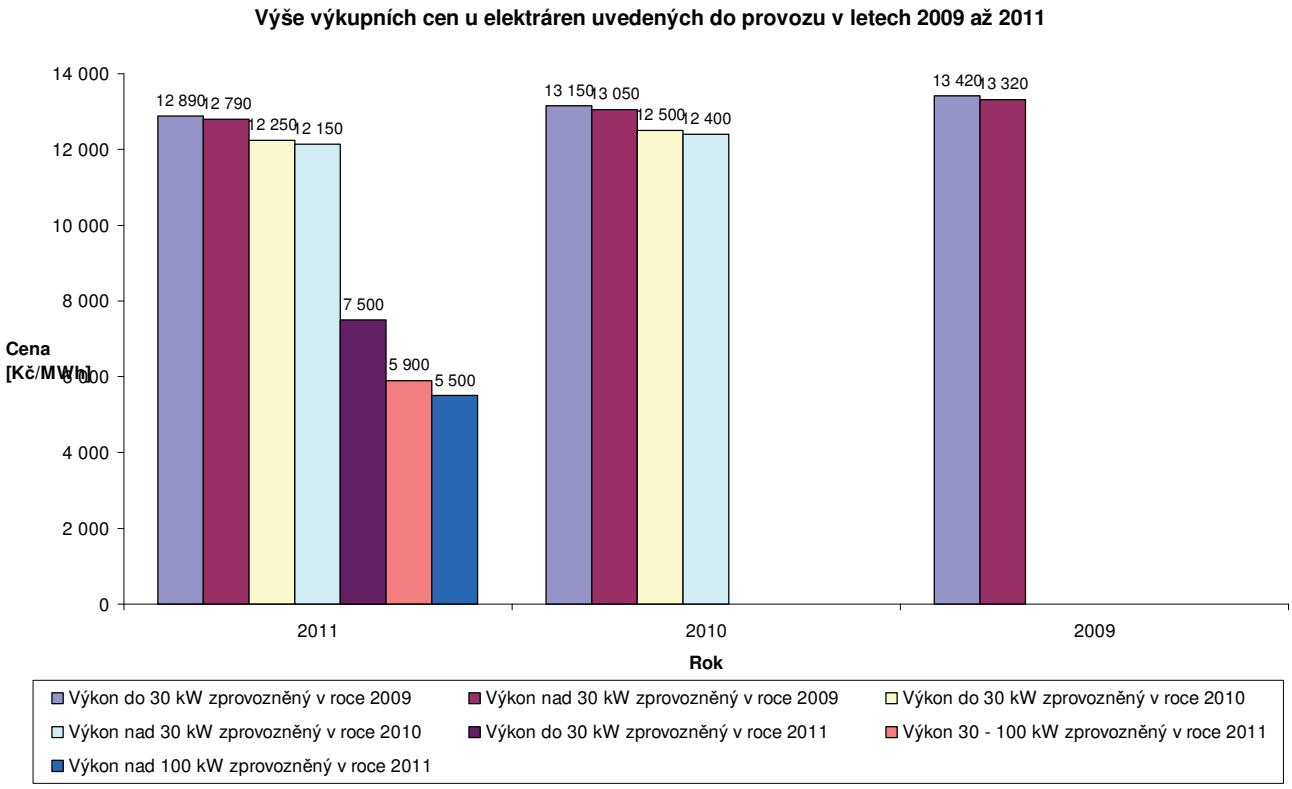
Graf 7. Výše výkupních cen a zelených bonusů pro fotovoltaické elektrárny uvedené do provozu do roku 2006 [10]



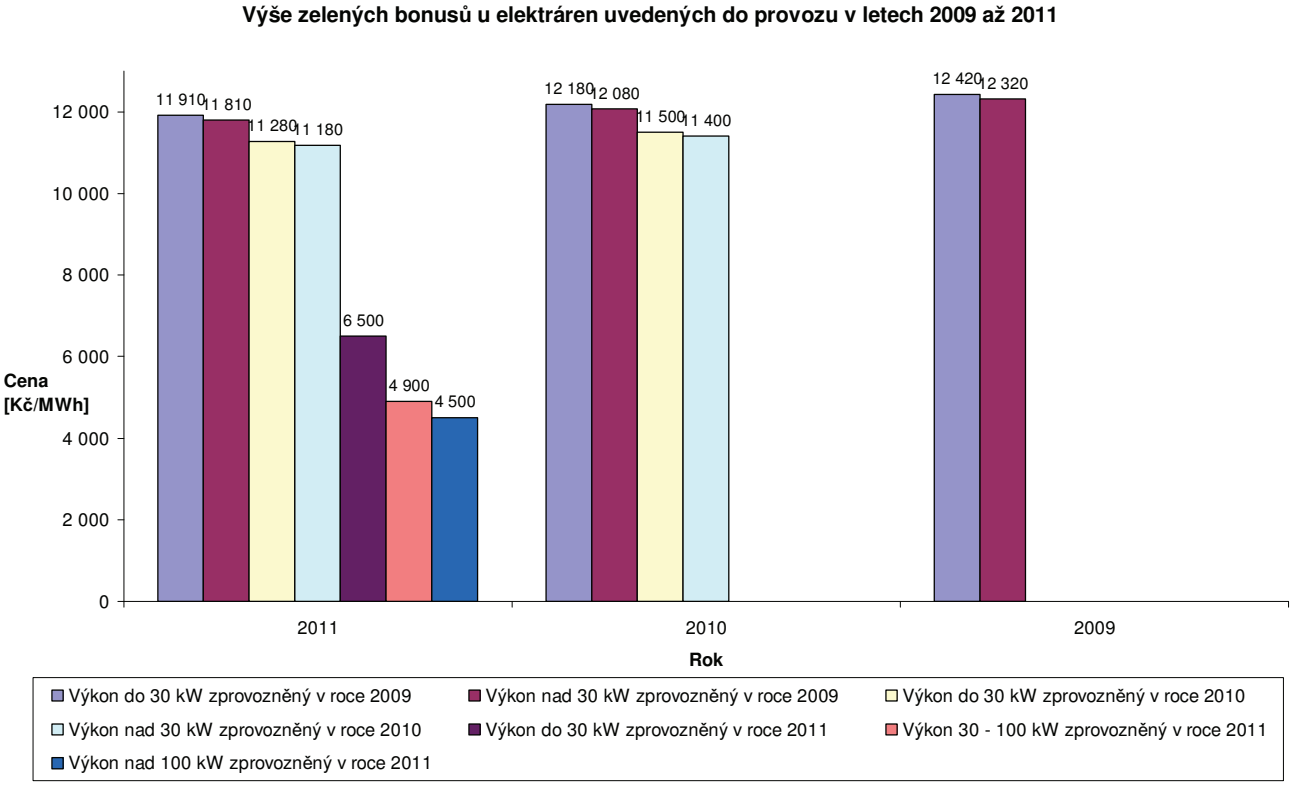
Graf 8. Výše výkupních cen a zelených bonusů pro fotovoltaické elektrárny uvedené do provozu v letech 2006 a 2007 [10]



Graf 9. Výše výkupních cen a zelených bonusů pro fotovoltaické elektrárny uvedené do provozu v roce 2008 [10]



Graf 10. Výše výkupních cen pro fotovoltaické elektrárny uvedené do provozu v letech 2009 – 2011 [10]



Graf 11. Výše zelených bonusů pro fotovoltaické elektrárny uvedené do provozu v letech 2009 – 2011 [10]

Jak je vidět z *Grafů 5. a 6.*, počínaje rokem 2009, došlo k prudkému nárůstu počtu provozoven. Roky 2008 až 2010 znamenaly pro fotovoltaiku v České republice opravdu velký rozvoj především fotovoltaických elektráren o výkonu v řádu megawattů. Data, která poskytuje o počtu provozoven Energetický regulační úřad, ukazují, že od počátku období 2009 – 2010 masivně narůstá instalovaný výkon vztahující se k jedné provozovně. [10], [18]

Zatímco k 1.1. 2008 na jednu provozovnu v průměru vychází 13,65 kW instalovaného výkonu, k 1.1. 2009 je tato hodnota 44,57 kW instalovaného výkonu. V roce 2010 dochází k ještě většímu nárůstu. K 1.1. 2010 byla průměrná hodnota instalovaného výkonu vztažená na jednu provozovnu 76,74 kW a k 1.12. 2010 dosáhla tato hodnota 115,11 kW. Na začátku roku 2011 bylo v České republice instalováno 12 861 slunečních elektráren o výkonu 1 952,7 MW, což odpovídá průměrnému instalovanému výkonu 151,83 kW na jednu elektrárnu. [10]

Podle zdroje [22] je rozvoj těchto velkých elektráren dán ekonomikou – velké elektrárny jsou levnější než více malých. Tento zdroj taktéž uvádí, že stavění na zelené louce je dáno přebytkem zemědělské půdy v Evropské unii a instalace solárních elektráren spíše „konzervuje“ půdu pro další využití v budoucnu. Tento názor o „konzervaci“ zemědělské půdy nesdílím, jelikož podle mě nastavení podpory fotovoltaiky u nás, které platilo do roku 2010, poskytlo možnost s těmito instalacemi spekulovat a využívat je pouze jako zdroj podnikání a zisku. Navíc došlo k rozsáhlému záběru zemědělské půdy, jež by mohla být využita k pěstování plodin.

Naštěstí bylo prosazeno v novelizaci zákona O podpoře využívání obnovitelných zdrojů z roku 2011, že fotovoltaická zařízení budou podporována pouze při instalaci na budově pevně spojené se zemí. Nabízí se tedy jiná, možná i lepší řešení pro instalaci větších výkonů – například využívání tzv. brownfields.

V průběhu roku 2010 se stalo téma fotovoltaických elektráren velice aktuálním, jelikož podle společnosti ČEPS, a.s. vlivem připojení takového množství fotovoltaických elektráren dochází k ohrožení stability přenosové soustavy České republiky. Proto ČEPS, a.s. doporučila provozovatelům distribučních a přenosových soustav vyhlásit stop-stav pro připojování fotovoltaických elektráren, které nevlastní kladné stanovisko k žádosti o připojení do distribuční soustavy. [19]

Od této doby došlo k tomu, že provozovatelé distribučních a přenosových soustav přestali vydávat kladná stanoviska k připojení fotovoltaických elektráren a to i pro střešní instalace o malém výkonu. Podle zpráv z médií je pravděpodobné, že tento stop-stav bude trvat minimálně do září roku 2011, kdy společnost ČEPS, a.s. vyhodnotí, jaký vliv na přenosovou soustavu má fungování fotovoltaických elektráren za maximálního výkonu, tedy v létě.

Podle mého názoru má význam podporovat sluneční elektrárny instalované pouze na budovách, která je určena primárně k vlastní spotřebě a až poté je případně nabídnuta k odkupu do distribuční sítě. Potom dochází právě k tomu, že lidé mohou být alespoň částečně energeticky soběstační a nemusejí využívat tak velké množství energie vyrobené z neobnovitelných zdrojů. Proto nevidím důvod, proč by měl stop-stav připojování fotovoltaických systémů platit pro instalace malých výkonů na střechách.

Příkladem takto soběstačné obce je Hostětín (*Obrázky 11. a 12.*), kde na některých domech jsou umístěny střešní instalace fotovoltaických a fototermických panelů. V obci je umístěna moštárna, na které jsou také instalovány panely pro výrobu energie ze Slunce. Obec má vlastní výtopnu, která spaluje výhradně biomasu, a využívá kořenovou čistírnu odpadních vod. Naproti tomu příkladem instalace obrovské solární elektrárny na volné půdě je elektrárna

v Hrušovanech nad Jevišovkou (*Obrázek 13.*), jejíž instalovaný výkon je 3,73 MW a je provozována společností ČEZ Obnovitelné zdroje. [21]

Předchozí odstavec a *Obrázky 11. a 12*. respektive *Obrázek 13.* mají být ilustrací toho, jak by podle mého názoru měla, respektive neměla, vypadat fotovoltaika a využívání obnovitelných zdrojů energie. Pokud na nich budeme chtít primárně vydělat finančně, nikdy nedosáhneme uspokojivého stavu ochrany přírody.



Obrázek 11. Střecha moštárny v Hostětíně s instalovanými fotovoltaickými a fototermickými panely



Obrázek 12. Střecha rodinného domu v Hostětíně



Obrázek 13. Fotovoltaická elektrárna o instalovaném výkonu 3,73 MW v Hrušovanech nad Jevišovkou [25]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Úkolem experimentální části práce bylo zpracování projektu fotovoltaického a fototermického systému na střeše rodinného domu a také návrh řešení na co největší úsporu energie na vytápění a ohřev vody v domě. Projekt měl být zpracován tak aby odpovídal možnosti realizace u rodinných domů v Podolí u Brna, především pak nadstandardního rodinného domu. V Podolí u Brna momentálně probíhá výstavba rodinných domů firmou KALÁB-stavební firma, spol. s.r.o.

3.1 Rodinné domy – Podolí u Brna

Projekt Rodinné domy – Podolí u Brna zahrnuje výstavbu 21 zděných domů na severovýchodním okraji obce Podolí u Brna. Domy jsou navrženy jako energeticky úsporné jednopodlažní s obytným podkrovím. Co se týče postavení domů na pozemku, projekt počítá s domy řadovými, s dvojdomy a domy samostatně stojícími, jak je vidět na *Obrázku 16.*, který je zde uveden i pro ilustraci toho, v jaké poloze a jakým způsobem jsou na domech umístěny střechy. Dokončení stavby celého projektu je předpokládáno ke 30.11. 2011. Na fotografiích zobrazených *Obrázky 18.* a *19.* je vidět, jak vypadá pozemek, kde domy budou stát a jak pokračovaly práce do listopadu 2010. [2]

Obrázek 14. zobrazuje mapu pro ilustraci, kde leží obec Podolí u Brna. Na *Obrázku 15*. je možné vidět, kde v rámci obce se bude nová zástavba nacházet.

Skladba a podoba stavby domů (*Obrázek 16., 17.*) je následující:

- Jedenkrát nadstandardní dům – pozemek číslo 13. Tento dům má samostatnou projektovou dokumentaci a oproti ostatním domům bude odlišný. Projekt využívání obnovitelných zdrojů energie a úspor v ohřevu vody i vytápění se týká především tohoto domu.
- Dvakrát samostatně stojící dům – pozemky číslo 14 a 15. Domy tohoto typu jsou co se týče projektové dokumentace a podoby stavby stejné jako dvojdomy.
- Desetkrát dvojdům - pozemky číslo 9 – 12 a 16 – 21. Podoba těchto domů je stejná jako u domů číslo 14 a 15.
- Osmkrát řadový a polořadový dům – řadové domy jsou na pozemcích 2, 3, 6, 7 a polořadové domy jsou na pozemcích číslo 1, 4, 5 a 8. tyto domy mají svou samostatnou projektovou dokumentaci a podobu. [2]



Obrázek 14. Mapa zobrazující Podolí u Brna [3]



Obrázek 15. Rodinné domy – Podolí u Brna [2]



Obrázek 16. Zástavba rodinných domů v Podolí u Brna [2]



Obrázek 17. Orientace střech domů podle světových stran a číslování pozemků



Obrázek 18. Stavební pozemek určený pro projekt Rodinné domy - Podolí u Brna v červenci 2010



Obrázek 19. Stavební pozemek projektu Rodinné domy – Podolí u Brna v listopadu 2010

3.1.1 Orientace domů

Z materiálů projektové dokumentace, která mi byla poskytnuta jsem vybrala schéma, na kterém je vidět, jak jsou střechy domů orientovány podle světových stran. Jak je vidět na *Obrázku 17.*, většina střech domů je orientována na západ a východ. Pouze domy číslo 11, 12 a 13 mají orientaci střechy příznivou pro instalaci solárních panelů – na jih až jihozápad.

3.1.2 Důležité informace o jednotlivých typech domů

Jak již bylo řečeno, některé domy jsou odlišné a proto je potřeba jednotlivě popsat i jejich střechy a pro tuto práci významné charakteristiky. Typy domů je možné popsat ve třech variantách, které jsou uvedeny v následujících odstavcích.

Pro všechny domy v této zástavbě platí, že připojení k elektřině je realizováno společností E. ON a.s., domy jsou také připojeny k plynu skrze společnost Jihomoravská plynárenská a.s. Brno. [13], [14], [15]

Společným rysem domů je také to, že jsou přízemní nepodsklepené s obytným podkrovím. Stropní konstrukce jsou navrženy jako železobetonové desky tloušťky 200 mm a střešní konstrukce jsou vybudovány jako systém minerální izolace nad krokvemi. Jako střešní krytina je vybrána betonová taška Mediterann Danubia v odstínu cihlově červená. [13], [14], [15]

Domy jsou zásobovány zemním plynem, přičemž připojení zemního plynu je vedeno k plynovému závěsnému kondenzačnímu kotli, jehož maximální spotřeba zemního plynu je 0,58 – 2,59 m^3/hod a rozsah výkonu 4,8 – 23,9 kW, odvod spalin z kotle je proveden svisle přes střešní konstrukci. Vytápění je realizováno pomocí deskových otopných těles typu Radik a podlahovým vytápěním v koupelně a na chodbách s keramickou dlažbou. Tepelná úprava vody je realizována pomocí elektrického zásobníku v technické místnosti. Dům bude zajištěn systémem ochrany stavby před bleskem a jinými atmosférickými výboji – hromosvodem. [13], [14], [15]

3.1.2.1 Samostatně stojící nadstandardní dům

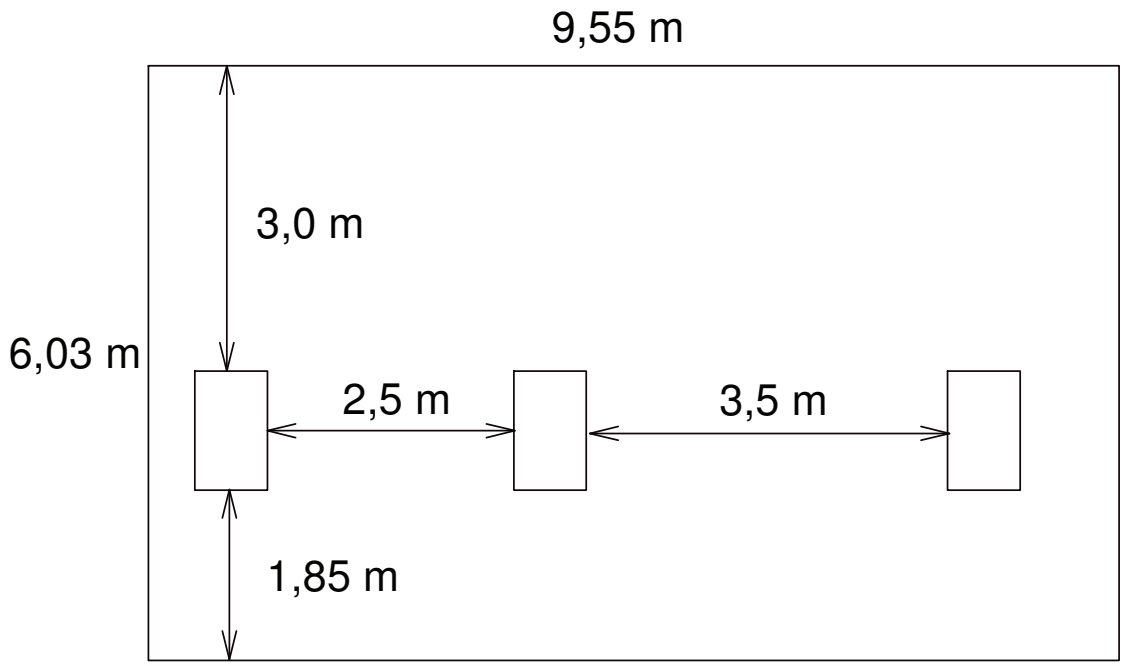
Již bylo zmíněno, jedná se o pozemek číslo 13. Pro projekt solárních panelů je využitelná plocha střechy ideálně otočena na jižní až jihozápadní stranu. Navržený dům ve tvaru obdélníku má rozměry 12,50 x 15,95 m a celková zastavěná plocha objektu je 143 m^2. Jedná se o dům o velikosti 5+kk. [13]

Střecha je sedlová se sklonem 33,8°, výška hřebene střechy je 7,00 m. V prostoru obývacího pokoje je navrženo krbové těleso s akumulací, jehož odtah je proveden přes obvodovou severovýchodní fasádu do třísložkového komína ROKA RS 3100 o vnějším průměru 240 mm. [17]

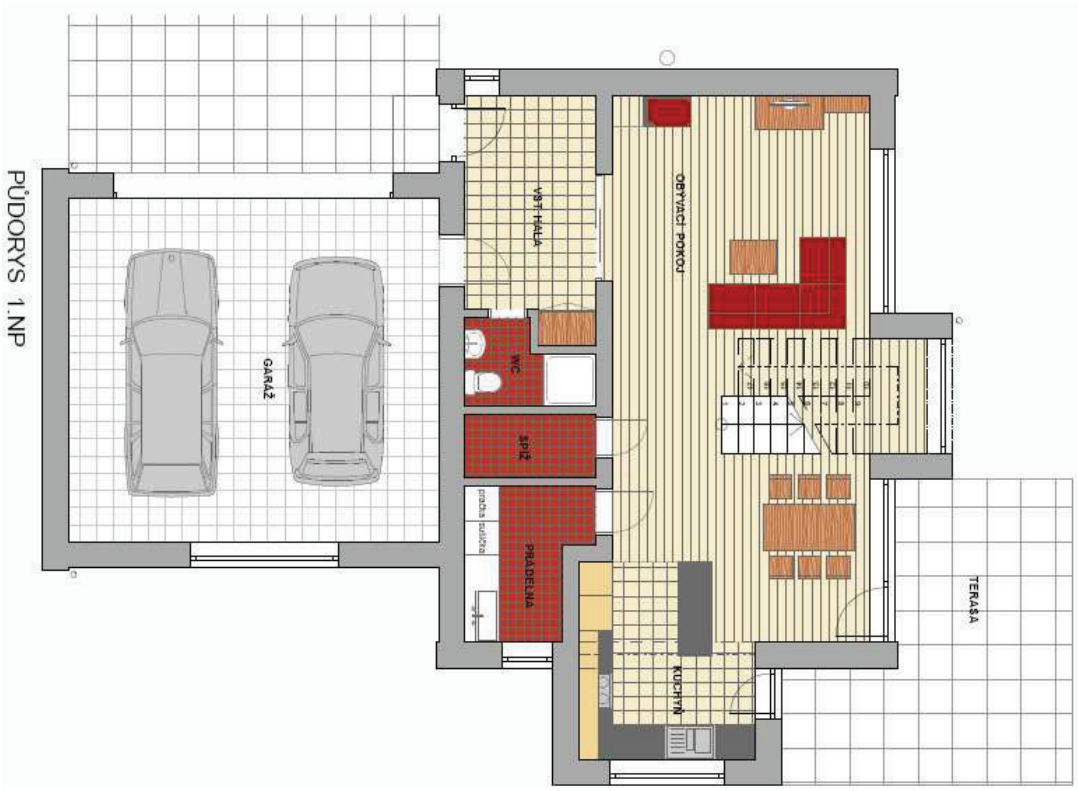
Na střeše domu jsou umístěna střešní okna kyvná o rozměrech 740 x 1180 mm v celkovém počtu osm kusů, z toho tři okna jsou umístěna na jižní straně střechy, jak je vidět na *Obrázku 20*. Část střechy, která by byla využitelná pro instalaci solárních zařízení má rozměry 9,55 m x 6, 03 m. *Obrázky 22. a 23.* ilustrují půdorysy domu, jak prvního, tak druhého nadpodlaží.



Obrázek 20. Jižní strana střechy nadstandardního rodinného domu – pozemek číslo 13 [2]



Obrázek 21. Nákres využitelné plochy střechy nadstandardního rodinného domu zobrazujícího postavení oken – pozemek číslo 13 [13]



Obrázek 22. Půdorys prvního nadpodlaží nadstandardního rodinného domu [2]



Obrázek 23. Půdorys druhého nadpodlaží nadstandardního rodinného domu [2]

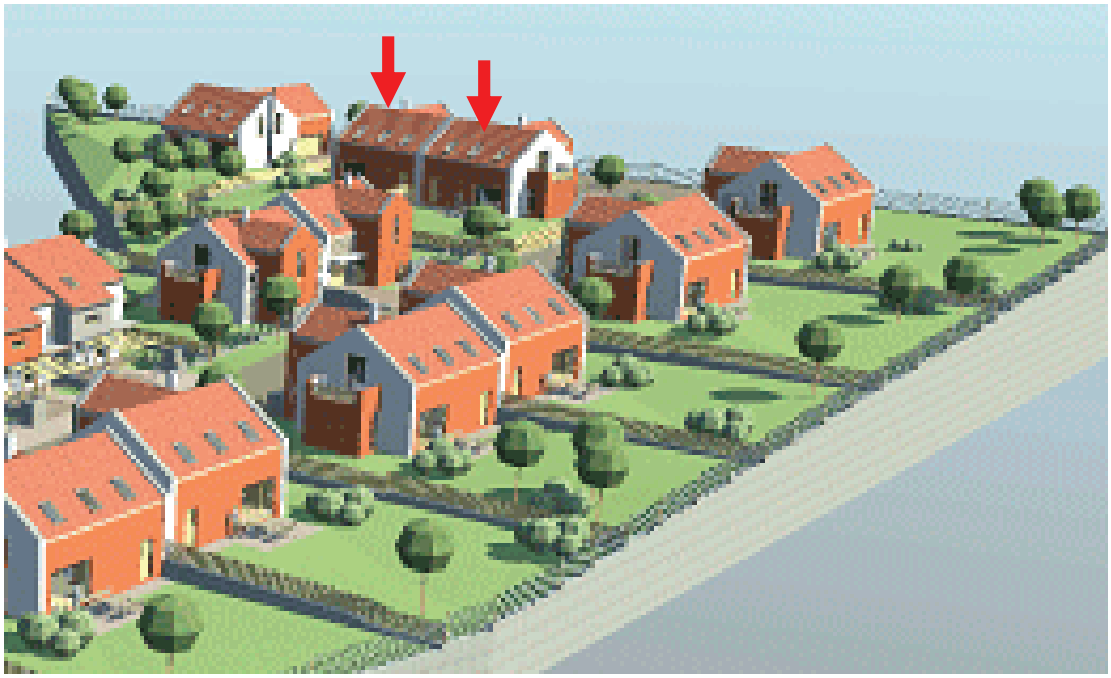
3.1.2.2 Samostatně stojící domy, dvojdomy

Co se týče pozemků 11 a 12, jejich natočení na jižní až jihozápadní stranu je ideální pro umístění solárních panelů. Pro pozemky 9, 10 a 14 – 21 je orientace střech východní nebo západní, avšak malá část střechy těchto pozemků je přece jen natočena na jižní stranu a je tu tedy možnost jejího využití pro instalaci solárních panelů – pravděpodobně fototermických panelů pro ohřev vody a případné dotápění. Na *Obrázku 25.* je označena vždy ta část střechy dvojdomů na pozemcích 9, 10 a 16 - 21, která je orientována na jižní stranu. Stejná orientace části střechy odpovídá i samostatně stojícím domům na pozemcích 14 a 15. [15]

Navržený dům ve tvaru obdélníku má rozměry 10,00 x 12,00 m a celková zastavěná plocha objektu je 97,65 m^2. Tento rodinný dům má velikost 4+kk. Střecha je sedlová se sklonem 33,8°, výška hřebene střechy je 7,00 m. [15]

V prostoru obývacího pokoje je navržen jednoprůduchový komín systému Schiedel UNI o vnitřním průměru 200 mm rozměrů 380 x 380 mm, na který je napojen vnitřní zděný krb s vložkou. [15]

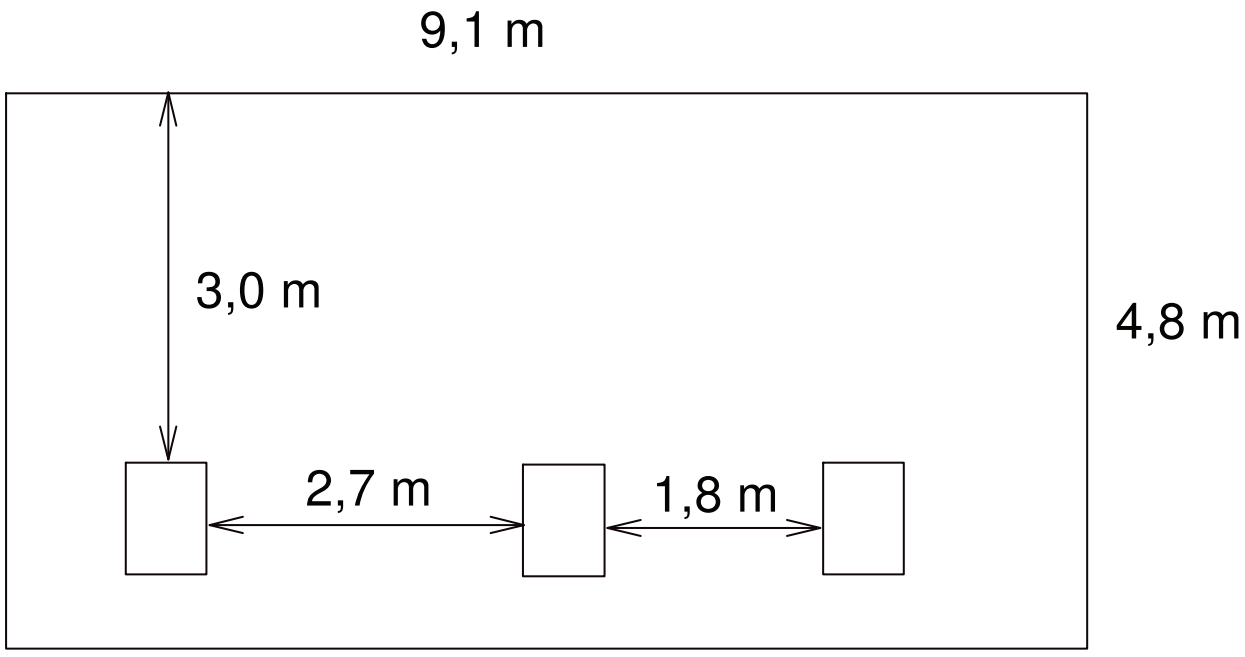
Na střeše domu jsou umístěna střešní okna kyvná o rozměrech 740 x 1180 mm v celkovém počtu čtyři kusy, z toho tři okna jsou umístěna na jižní straně střechy, jak je vidět na *Obrázku 24*. Využitelná část střechy domů na pozemcích 11 a 12 má rozměry 9,1 m x 4,8 m. U pozemků 9, 10 a 14 – 21 je možné využít část střechy o půdorysu zobrazeném na *Obrázku 27.* Na této střeše by byla možná instalace solárních kolektorů, jelikož využitelná plocha této části střechy je přibližně 8,8 m^2. [15]



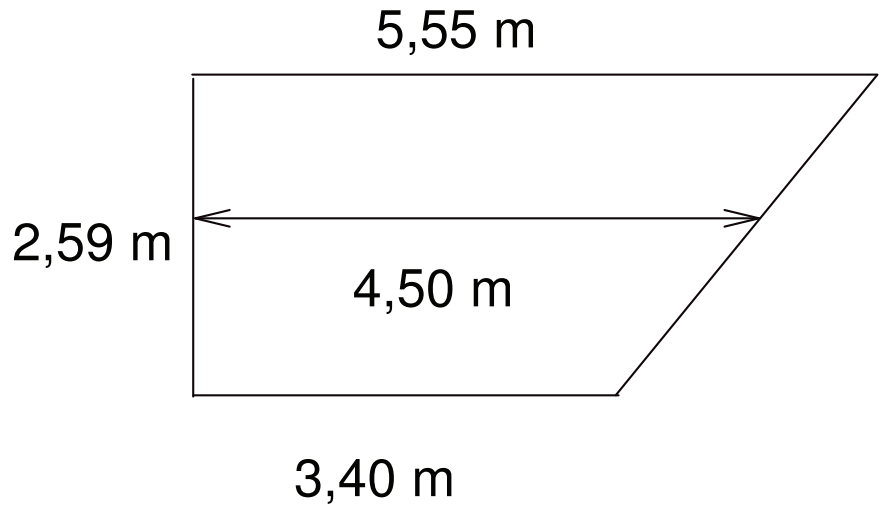
Obrázek 24. Celkový pohled na zástavbu domů, označení střech dvojdomů (pozemky 11, 12) [2]



Obrázek 25. Uliční pohled na dvojdomy, zobrazení části střechy orientované na jižní stranu [2]



Obrázek 26. Nákres využitelné plochy střechy dvojdomu zobrazující postavení oken – pozemky 11 a 12 [15]



Obrázek 27. Nákres využitelné plochy střechy dvojdomů a samostatně stojících domů – 9, 10, 14 – 21 [15]

3.1.2.3 Řadové a polořadové domy

Na pozemcích 1, 4, 5 a 8 jsou domy polořadové a na pozemcích 2, 3, 6 a 7 jsou domy řadové. Bohužel tyto domy mají střechy natočené na světové strany východ a západ a tudíž vhodnost instalace solárních panelů je malá. Navržený dům ve tvaru obdélníku má rozměry 7,10 x 12,00 m a celková zastavěná plocha objektu je 75,50 m^2. navržený dům má velikost 4+kk. [14]

Rodinný dům je přízemní nepodsklepený s obytným podkrovím. Střecha je sedlová se sklonem 25°, výška hřebene střechy je 8,05 m. V prostoru obývacího pokoje je navržen jednoprůduchový komín systému Schiedel UNI o vnitřním průměru 200 mm rozměrů 380 x 380 mm, na který je napojen vnitřní zděný krb s vložkou. [14]

Na střeše domu jsou umístěna střešní okna kyvná o rozměrech 740 x 1180 mm v celkovém počtu dva kusy, každé okno je na opačné straně střechy. [18]

3.2 Projekt fotovoltaického a fototermického systému

Pro úplný projekt instalace fotovoltaických a fototermických panelů byl vybrán nadstandardní rodinný dům na pozemku číslo 13. Bylo rozhodnuto, že pro tento dům bude vytvořen návrh řešení úspor energie pomocí instalace fototermického i fotovoltaického systému. Pro ostatní domy budou navržena opatření, která budou podobná jako pro dům na pozemku číslo 13.

3.2.1 Energetický audit budovy

Co se týče nadstandardního rodinného domu, nejprve bylo nutné provést energetický audit. Od projektantů mi byl dodán průkaz energetické náročnosti budovy, která byla stanovena na štítek B. Podle údajů z těchto dokumentů byl pro rodinný dům proveden energetický audit pomocí specializovaného počítačového programu Energie. Energetické údaje o rodinném domě na pozemku 13 jsem použila při navrhování fotovoltaického a fototermického systému. Data jsou uvedena především u potřeby energie na vytápění a přípravu teplé vody v kapitole 3.2.2 a 3.2.3, přičemž tyto údaje jsou uvedeny pro variantu bez opatření jako je využívání obnovitelných zdrojů energie.

3.2.2 Fotovoltaický systém

V případě fotovoltaického systému jsem se s panem projektantem Bc. Matějkem rozhodovala, jakým způsobem vyřeším připojení fotovoltaického systému do distribuční sítě. Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.3 o stavu fotovoltaiky v České republice, v současné chvíli platí úplný stop-stav pro připojování nových fotovoltaických zařízení do sítě, která nevlastní kladné stanovisko k připojení. Podle informací o stavu elektrizační soustavy v Podolí u Brna jsme navíc se dozvěděli, že v této obci je malá kapacita pro připojení dalších fotovoltaických zařízení.

Z toho důvodu jsem se rozhodla, že instalace fotovoltaiky v tomto domě by měla být formou ostrovního systému, který bude veškerou vyrobenou energii spotřebovávat sám nebo v případě aktuálního přebytku akumulovat do solárních baterií a za vyrobenou energii bude čerpat podporu ve formě zelených bonusů.

Naším původním úmyslem bylo vytvořit v domě takovou elektrizační soustavu, která bude schopna čerpat primárně elektřinu vyrobenou fotovoltaickým systémem (buď přímo aktuálně vyrobenou nebo uloženou v bateriích). V případě nedostatku solární energie by potom systém bral elektřinu přímo ze sítě za běžnou cenu.

Avšak bohužel jsem zjistila, že takovéto připojení nám ze strany distribuční společnosti nebude schváleno a musela jsem svůj plán přehodnotit. Nakonec jsem došla k závěru, že část spotřebičů a osvětlení v domě bude zvlášť připojena k fotovoltaickým panelům, které budou podle původního plánu schopné elektřinu ukládat do akumulačního zařízení a zbytek spotřebičů, které jsou závislé na dodávce elektrického proudu bude odebírat energii z distribuční soustavy.

Je známo, že v zimních měsících není energie vyrobená fotovoltaickým systémem příliš velká. Pravděpodobně by nebyla pokryta potřeba elektrické energie pro celý okruh, který má být napojený na fotovoltaiku. Rozhodla jsem se tedy, že v případě nedostatku elektrické energie signalizovaného na bateriích (vybité baterie), bude probíhat dobíjení baterií manuálně elektřinou z distribuční sítě. Princip takového dobíjení je stejný jako u automobilových baterií.

3.2.2.1 Sluneční záření v Podolí u Brna

Musela jsem tedy nejprve zjistit, jaké množství energie je potřeba vyrobit a podle toho stanovit, jak bude vypadat fotovoltaický systém a kolik energie bude schopen vyrobit. Důležité pro dimenzování fotovoltaického systému je vědět, jaká intenzita slunečního záření je v dané lokalitě. To jsem zjistila ze zdroje [25]. *Tabulka 9.* uvádí, jaké jsou úhrny dopadajícího slunečního záření po měsících, jaký je optimální úhel sklonu panelů v daném měsíci a jaká je průměrná denní teplota v lokalitě Podolí u Brna.

Tabulka 9. Charakteristiky důležité pro fotovoltaiku v obci Podolí u Brna po měsících [25]

Měsíc	**Úhrn dopadajícího slunečního záření v úhlu sklonu 34° I_{34} [Wh/m^2]**	**Úhrn dopadajícího slunečního záření v úhlu sklonu 34° I_{34} [kW/m^2]**	**Optimální úhel sklonu pro daný měsíc α_{opt} [°]**	**Průměrná denní teplota t_D [°C]**
Leden	1 220	37,82	63	-1,4
Únor	2 070	57,96	57	1,4
Březen	3 140	97,34	45	4,8
Duben	4 300	129,00	32	10,9
Květen	5 050	156,55	20	16,1
Červen	5 020	150,60	13	18,8
Červenec	5 350	165,85	17	20,5
Srpen	4 830	149,73	28	20,6
Září	3 670	110,10	41	15,9
Říjen	2 850	88,35	55	11,2
Listopad	1 290	38,70	59	5
Prosinec	848	26,29	62	-0,3
Ročně	**3 310**	**1 208,15**	**34**	**10,3**

3.2.2.2 Spotřeba elektrické energie

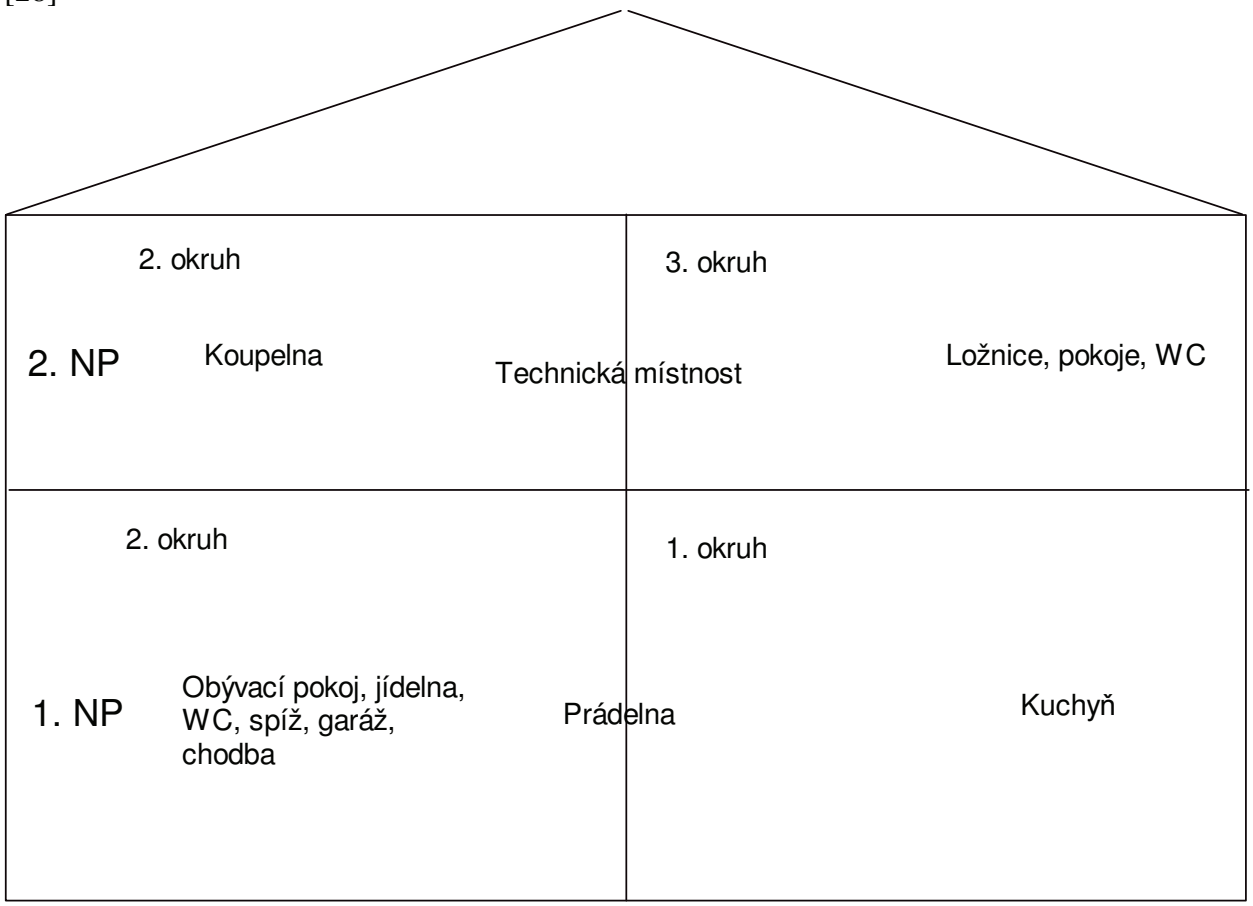
Jak jsem již v předchozích odstavcích uvedla, bylo nutné si namodelovat, které spotřebiče budou připojeny k fotovoltaickému systému a jaká energie bude potřeba na jejich provoz. Namodelovala jsem spotřebiče do tří okruhů tak, aby v případě jejich současného zapojení byl jejich aktuální výkon maximálně 1 kW. Na *Obrázku 28.* je vidět, jak jsou jednotlivé místnosti rozděleny do okruhů. Bylo nutné také najít spotřebiče, které nebudou mít příliš vysoký příkon nebo rozběhový proud. Protože jsem chtěla zapojit k fotovoltaickému systému chladničku, pračku i myčku, bylo nutné zvolit takové spotřebiče, které nebudou ohrožovat měnič napětí.

Obyčejné chladničky dnes již nemají příliš vysoký příkon, takže nespotřebovávají velké množství elektrické energie. Běžná chladnička spotřebuje 0,7 kWh za den. Avšak obvykle mají chladničky vysoký rozběhový proud. To znamená, že v případě, že se zapnou, jejich aktuální výkon vystoupá do vysokých hodnot, což by právě mohlo ohrozit měnič napětí. Od odborníků na toto téma jsem se dozvěděla, že nízký rozběhový proud mají chladničky, které v sobě mají zabudovaný invertorový kompresor. Takovou chladničkou je typ Samsung RSG5PURS, kterou jsem jako jedinou v nabídkách prodejen našla.

U myček a praček tvoří až 90 % spotřeby elektrické energie ohřev vody topným tělesem. Rozhodla jsem se tedy, že teplá voda bude do myčky i pračky čerpána ze solárního

termického systému. Před klasickou myčku je možné dát směšovací ventil na teplotu vody 60 °C. Spotřeba energie běžné myčky je 0,8 kWh na cyklus. Úspora použitím teplé vody může být okolo 50 %, takže spotřeba energie takové myčky bude přibližně 0,4 kWh na cyklus.

U pračky už je alternativa s přívodem teplé vody horší, jelikož potřebuje ke svému provozu jak teplou, tak i studenou vodu. Pokud tedy chci, aby byla do pračky přiváděna voda ohřátá solárním systémem, je nutné mít zvláště ventil na teplou i studenou vodu. V současné době je velice těžké sehnat na trhu takovou pračku. Podařilo se mi však získat informace o zařízení nazvaném Alfa Mix, které se dá připojit před běžnou pračku. Toto zařízení umí směšovat vodu podle požadované teploty a v případě potřeby máchání přivádí do pračky pouze studenou vodu. Úspora energie je v průměru 50 %. Běžná pračka spotřebuje za jeden prací cyklus asi 0,9 kWh, při úspoře na ohřev teplé vody to může být 0,45 kWh. [28]



Obrázek 28. Rozdělení jednotlivých místností v domě do elektrických okruhů

Spotřebiče v prvním okruhu budou ve výsledku regulovány tak, aby zároveň nebyla spuštěna pračka a myčka, jelikož by mohlo dojít k poškození invertoru. V případě rozběhu pračky nebo myčky bude automaticky na několik minut vypnuta chladnička.

V *Tabulkách 10. – 13.* je uvedeno, jaké spotřebiče a zařízení budou připojena k fotovoltaickému systému a jaká je předpokládaná spotřeba jednotlivých okruhů po dnech. *Tabulka 14.* potom zobrazuje celkovou spotřebu elektrické energie okruhů připojených na fotovoltaický systém po měsících. Tyto spotřeby jsou také zobrazeny v *Grafu 12*.

Tabulka 10. Předpokládaná denní spotřeba elektřiny v jednotlivých okruzích po měsících

Měsíc	**1. okruh**	**2. okruh**	**3. okruh**	**Celkově za den**
	Spotřeba elektřiny P_t [kWh]			
Leden, únor, listopad, prosinec	1,97	5,57	5,90	13,44
Březen, duben, září, říjen	1,84	5,23	3,99	11,05
Květen, červen, červenec, srpen	1,70	3,39	3,20	8,29

Vysvětlivky k *Tabulkám 11. – 13.*:
Pokud jsou ve sloupci s hodnotami příkonu uvedeny dvě hodnoty, první hodnota znamená příkon za chodu přístroje, druhá hodnota znamená příkon při režimu stand-by.
Veličina t znamená dobu, po kterou jsou přístroje v provozu. Hodnota veličiny P_t značí elektrickou energii spotřebovanou po dobu provozu zařízení.
Spotřeba elektřiny byla vypočítána jako součin příkonu spotřebiče a doby, kdy byl spotřebič v provozu:

$$P_t = P \cdot t$$

Rovnice 1. Výpočet spotřeby energie přístrojem

Pokud se jedná o přístroj se stand-by režimem, byl výpočet složen z doby, kdy byl přístroj v plném provozu a kdy byl ve stand-by režimu. Celkové spotřeby jsou tvořeny součtem dílčích spotřeb elektřiny. Pokud se vypočítávala měsíční spotřeba elektrické energie, byla dána součinem denní spotřeby a počtu dnů v daném měsíci.

Tabulka 11. Spotřeby energií jednotlivých okruhů za den v měsících leden, únor, listopad, prosinec

Leden, únor, listopad, prosinec		**Denní doba**							
		6:00 - 8:00		**8:00 - 16:00**		**16:00 - 22:00**		**22:00 - 6:00**	
1. okruh									
Zařízení	**Příkon *P* [kW]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**
Pračka	0,5	0,00	0,00	2,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00
Myčka	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,40	0,00	0,00
Lednice	0,12	2,00	0,06	8,00	0,23	6,00	0,18	8,00	0,23
Žárovky kuchyň	0,045	2,00	0,09	0,00	0,00	6,00	0,27	0,00	0,00
Digestoř	0,03	0,00	0,00	1,00	0,03	1,00	0,03	0,00	0,00
Suma	**1,195**	**-**	**0,15**	**-**	**0,71**	**-**	**0,88**	**-**	**0,23**
2. okruh									
DVD	0,018/0,005	2,00	0,01	8,00	0,04	6,00	0,06	8,00	0,04
Set top box	0,01/0,009	2,00	0,02	8,00	0,07	6,00	0,06	8,00	0,07
Rádio	0,005	2,00	0,01	0,00	0,00	3,00	0,02	0,00	0,00
Televize	0,28/0,004	2,00	0,56	8,00	0,03	6,00	1,68	8,00	0,03
Notebooky	0,2	2,00	0,40	0,00	0,00	6,00	1,20	0,00	0,00
Žárovky obývák, jídelna	0,075	2,00	0,15	0,00	0,00	6,00	0,33	0,00	0,00
Žárovky prádelna	0,015	0,08	0,001	0,00	0,00	1,00	0,02	0,00	0,00
Žárovky koupelna	0,045	2,00	0,09	0,00	0,00	3,00	0,14	0,00	0,00
Žárovky spíž, tech. místnost	0,03	0,17	0,01	0,08	0,00	0,17	0,01	0,00	0,00
Žárovky WC	0,03	0,21	0,01	0,04	0,001	0,50	0,02	0,00	0,00
Větrák WC	0,03	0,21	0,01	0,04	0,001	0,50	0,02	0,00	0,00
Žárovky chodba	0,045	2,00	0,09	0,00	0,003	6,00	0,27	0,00	0,00
Žárovky vstupní chodba, garáž	0,045	0,17	0,01	0,00	0,00	0,17	0,01	0,00	0,00
Roter	0,005	2,00	0,01	8,00	0,04	6,00	0,03	8,00	0,04
Suma	**0,833**	**-**	**1,37**	**-**	**0,19**	**-**	**3,83**	**-**	**0,18**
3. okruh									
Počítač	0,5	1,00	0,50	0,00	0,00	6,00	3,00	0,00	0,00
Televize	0,28/0,004	2,00	0,01	8,00	0,03	6,00	0,58	8,00	0,03
Set top box	0,01/0,009	2,00	0,02	8,00	0,07	6,00	0,06	8,00	0,07
Rádio	0,005	2,00	0,01	0,00	0,00	6,00	0,03	0,00	0,00
Větrák WC	0,03	0,21	0,01	0,04	0,001	0,50	0,02	0,00	0,00
Čerpadla	0,01	2,00	0,02	8,00	0,08	6,00	0,06	8,00	0,08
Žárovky ložnice	0,075	1,00	0,05	0,00	0,00	2,00	0,10	0,00	0,00
Žárovky pokoje	0,135	2,00	0,27	0,00	0,00	6,00	0,81	0,00	0,00
Suma	**1,045**	**-**	**0,88**	**-**	**0,19**	**-**	**4,64**	**-**	**0,18**

Tabulka 12. Spotřeby energií jednotlivých okruhů za den v měsících březen, duben, září, říjen

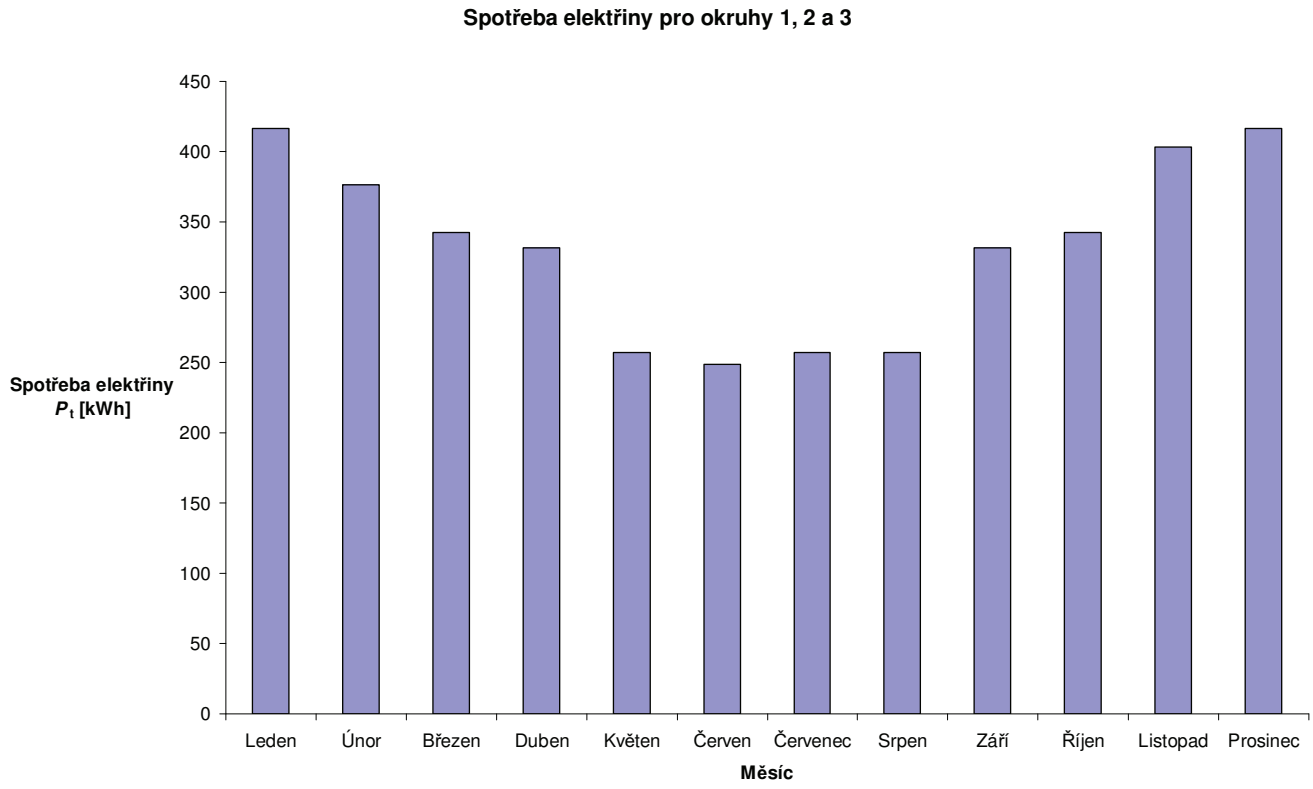
Březen, duben, září, říjen		**Denní doba**							
		6:00 - 8:00		**8:00 - 16:00**		**16:00 - 22:00**		**22:00 – 6:00**	
1. okruh									
Zařízení	**Příkon *P* [kW]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**
Pračka	0,5	0,00	0,00	2,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00
Myčka	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,40	0,00	0,00
Lednice	0,12	2,00	0,06	8,00	0,23	6,00	0,18	8,00	0,23
Žárovky kuchyň	0,045	2,00	0,09	0,00	0,00	3,00	0,14	0,00	0,00
Digestoř	0,03	0,00	0,00	1,00	0,03	1,00	0,03	0,00	0,00
Suma	**1,195**	**-**	**0,15**	**-**	**0,71**	**-**	**0,74**	**-**	**0,23**
2. okruh									
DVD	0,018/0,005	2,00	0,01	8,00	0,04	6,00	0,06	8,00	0,04
Set top box	0,01/0,009	2,00	0,02	8,00	0,07	6,00	0,06	8,00	0,07
Rádio	0,005	2,00	0,01	0,00	0,00	3,00	0,02	0,00	0,00
Televize	0,28/0,004	2,00	0,56	8,00	0,03	6,00	1,68	8,00	0,03
Notebooky	0,2	2,00	0,40	0,00	0,00	6,00	1,20	0,00	0,00
Žárovky obývák, jídelna	0,075	2,00	0,15	0,00	0,00	3,00	0,17	0,00	0,00
Žárovky prádelna	0,015	0,08	0,001	0,00	0,00	1,00	0,02	0,00	0,00
Žárovky koupelna	0,045	2,00	0,09	0,00	0,00	2,00	0,09	0,00	0,00
Žárovky spíž, tech. místnost	0,03	0,17	0,01	0,00	0,00	0,17	0,01	0,00	0,00
Žárovky WC	0,03	0,21	0,01	0,04	0,001	0,50	0,02	0,00	0,00
Větrák WC	0,03	0,21	0,01	0,04	0,001	0,50	0,02	0,00	0,00
Žárovky chodba	0,045	2,00	0,09	0,00	0,00	3,00	0,14	0,00	0,00
Žárovky vstupní chodba, garáž	0,045	0,17	0,01	0,00	0,00	0,17	0,01	0,00	0,00
Roter	0,005	2,00	0,01	8,00	0,04	6,00	0,03	8,00	0,04
Suma	**0,833**	**-**	**1,37**	**-**	**0,19**	**-**	**3,49**	**-**	**0,18**
3. okruh									
Počítač	0,5	1,00	0,50	0,00	0,00	3,00	1,50	0,00	0,00
Televize	0,28/0,004	2,00	0,01	8,00	0,03	6,00	0,58	8,00	0,03
Set top box	0,01/0,009	2,00	0,02	8,00	0,07	6,00	0,06	8,00	0,07
Rádio	0,005	2,00	0,01	0,00	0,00	6,00	0,03	0,00	0,00
Větrák WC	0,03	0,21	0,01	0,04	0,001	0,50	0,02	0,00	0,00
Čerpadla	0,01	2,00	0,02	8,00	0,08	6,00	0,06	8,00	0,08
Žárovky ložnice	0,075	2,00	0,05	0,00	0,00	2,00	0,10	0,00	0,00
Žárovky pokoje	0,135	2,00	0,27	0,00	0,00	3,00	0,41	0,00	0,00
Suma	**1,045**	**-**	**0,88**	**-**	**0,19**	**-**	**2,74**	**-**	**0,18**

Tabulka 13. Spotřeby energií jednotlivých okruhů za den v měsících květen, červen, červenec, srpen

Květen, červen, červenec, srpen		**Denní doba**							
		6:00 - 8:00		**8:00 - 16:00**		**16:00 - 22:00**		**22:00 – 6:00**	
1. okruh									
Zařízení	**Příkon *P* [kW]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**	***t* [h]**	**P_t [kWh]**
Pračka	0,5	0,00	0,00	2,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00
Myčka	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,40	0,00	0,00
Lednice	0,12	2,00	0,06	8,00	0,23	6,00	0,18	8,00	0,23
Žárovky kuchyň	0,045	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,09	0,00	0,00
Digestoř	0,03	0,00	0,00	1,00	0,03	1,00	0,03	0,00	0,00
Suma	**1,195**	**-**	**0,06**	**-**	**0,71**	**-**	**0,70**	**-**	**0,23**
2. okruh									
DVD	0,018/0,005	2,00	0,01	8,00	0,04	6,00	0,04	8,00	0,04
Set top box	0,01/0,009	2,00	0,02	8,00	0,07	6,00	0,06	8,00	0,07
Rádio	0,005	2,00	0,01	0,00	0,00	3,00	0,02	0,00	0,00
Televize	0,28/0,004	2,00	0,56	8,00	0,03	6,00	0,85	8,00	0,03
Notebooky	0,2	2,00	0,40	0,00	0,00	3,00	0,60	0,00	0,00
Žárovky obývák, jídelna	0,075	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,12	0,00	0,00
Žárovky prádelna	0,015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,01	0,00	0,00
Žárovky koupelna	0,045	2,00	0,09	0,00	0,00	2,00	0,09	0,00	0,00
Žárovky spíž, tech. místnost	0,03	0,17	0,01	0,00	0,00	0,17	0,01	0,00	0,00
Žárovky WC	0,03	0,21	0,01	0,04	0,001	0,50	0,02	0,00	0,00
Větrák WC	0,03	0,21	0,01	0,04	0,001	0,50	0,02	0,00	0,00
Žárovky chodba	0,045	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,05	0,00	0,00
Žárovky vstupní chodba, garáž	0,045	0,08	0,004	0,00	0,00	0,08	0,004	0,00	0,00
Roter	0,005	2,00	0,01	8,00	0,04	6,00	0,03	8,00	0,04
Suma	**0,833**	**-**	**1,12**	**-**	**0,19**	**-**	**1,90**	**-**	**0,18**
3. okruh									
Počítač	0,5	1,00	0,50	0,00	0,00	3,00	1,50	0,00	0,00
Televize	0,28/0,004	2,00	0,01	8,00	0,03	6,00	0,30	8,00	0,03
Set top box	0,01/0,009	2,00	0,02	8,00	0,07	6,00	0,06	8,00	0,07
Rádio	0,005	2,00	0,01	0,00	0,00	3,00	0,02	0,00	0,00
Větrák WC	0,03	0,21	0,01	0,04	0,001	0,50	0,02	0,00	0,00
Čerpadla	0,01	2,00	0,02	8,00	0,08	6,00	0,06	8,00	0,08
Žárovky ložnice	0,075	0,25	0,01	0,00	0,00	1,00	0,05	0,00	0,00
Žárovky pokoje	0,135	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,27	0,00	0,00
Suma	**1,045**	**-**	**0,57**	**-**	**0,19**	**-**	**2,27**	**-**	**0,18**

Tabulka 14. Spotřeba elektřiny na okruhy 1, 2 a 3 po měsících

Měsíc	**Spotřeba elektřiny P_t [kWh]**
Leden	416,60
Únor	376,28
Březen	342,59
Duben	331,53
Květen	257,11
Červen	248,82
Červenec	257,11
Srpen	257,11
Září	331,53
Říjen	342,59
Listopad	403,16
Prosinec	416,60
Rok	**3 981,03**



Graf 12. Spotřeba elektřiny po měsících pro okruhy 1, 2 a 3

3.2.2.3 Návrh fotovoltaického systému

Od uživatelů, kteří mají funkční ostrovní fotovoltaický systém, jsem získala informace o tom, jaká by mohla být podoba systému, jež mám navrhnout já. Aby byl ostrovní systém funkční, jsem se rozhodla vytvořit takový fotovoltaický systém, který budou tvořit tři okruhy zapojení spotřebičů a osvětlení, každý okruh bude mít svoji instalaci fotovoltaických panelů, regulátor napětí, invertor a baterie. Všechny tři okruhy se budou skládat z pěti fotovoltaických panelů, jednoho regulátoru napětí a jednoho střídače. Počet baterií bude vyřešen v následujících odstavcích. V *Tabulce 15.* je uvedena specifikace fotovoltaických panelů.

Tabulka 16. udává, jakým způsobem bude fotovoltaický systém zapojen, včetně toho, jaký bude regulátor napětí a invertor. Zobrazení zapojení jednoho okruhu fotovoltaického systému ukazuje *Obrázek 29.*

Tabulka 15. Charakteristiky fotovoltaických panelů ET-P66020 [29]

Polykrystalické panely ET Solar			
ET-P660220		P_{max}	220 W_P
Rozměry		Účinnost panelu	13,52 %
A	1,640 m	Účinnost článku	15,52 %
B	0,992 m	Jmenovité napětí U_{mp}	29,25 V
Plocha panelu A_P	1,627 m^2	Jmenovitý proud I_{mp}	7,52 A
Plocha článku $A_Č$	0,024 m^2	Napětí naprázdno U_{oc}	36,3 V
Počet článků v panelu *n*	60	Proud naprázdno I_{oc}	8,2 A
Účinná plocha panelu $A_{Úč}$	1,460 m^2	Normální provozní teplota článku t_{norm}	45,3 ± 2 °C

Tabulka 16. Způsob instalace panelů na střeše

Rozvržení panelů pro jeden okruh	
Paralelní zapojení 5 panelů vedle sebe	
Instalovaný výkon	1,1 kW_P
Jmenovité napětí U_{mp}	29,25 V
Jmenovitý proud I_{mp}	37,6 A
Regulátor nabíjení	CX40
Maximální napětí U_{max}	30 V
Maximální proud I_{max}	40 A
Výstupní napětí $U_{výst}$	12/24 V
Účinnost regulátoru η_{reg}	98,7 %
Měnič	12/230V 1500W, čistá sinusovka
Vstupní napětí U_{vst}	12 V
Výstupní napětí $U_{výst}$	230 V
Účinnost připojení $\eta_{stř}$	98,1 %
Celkový instalovaný výkon	3,3 kW_p
Celkový počet panelů	15
Celkový počet měničů	3
Celkový počet regulátorů nabíjení	3

Pro dokončení návrhu systému je potřeba vyřešit akumulaci, čili jaké množství baterií bude potřeba. Největší akumulaci bude potřebovat okruh číslo 1, jelikož pračka a myčka nemusejí být v provozu každý den a odběr energie nemusí být tedy každý den tak velký. Rozhodla jsem se tedy, že v okruhu jedna se instalují takové baterie, aby byly schopny akumulovat energii na tři dny. Ve zbývajících dvou okruzích (okruh 2 a 3) bude možné energii akumulovat na jeden den.

Návrh potřebné kapacity solárních baterií je nutné provést na základě výpočtu uvedeného v *Rovnicích 2. a 3.*:

$$Q_A = P_t \cdot t$$

Rovnice 2. Množství akumulované elektrické energie [33]

Vysvětlivky k *Rovnici 2.*:
Q_A je množství energie, které má být akumulováno. Jednotka je Wh.
P_t je potřeba elektrické energie všech okruhů na jeden den. Jednotka je Wh.
t je počet dnů, po které má být energie akumulována.

$$C = \frac{Q_A \cdot 1{,}3}{U_A}$$

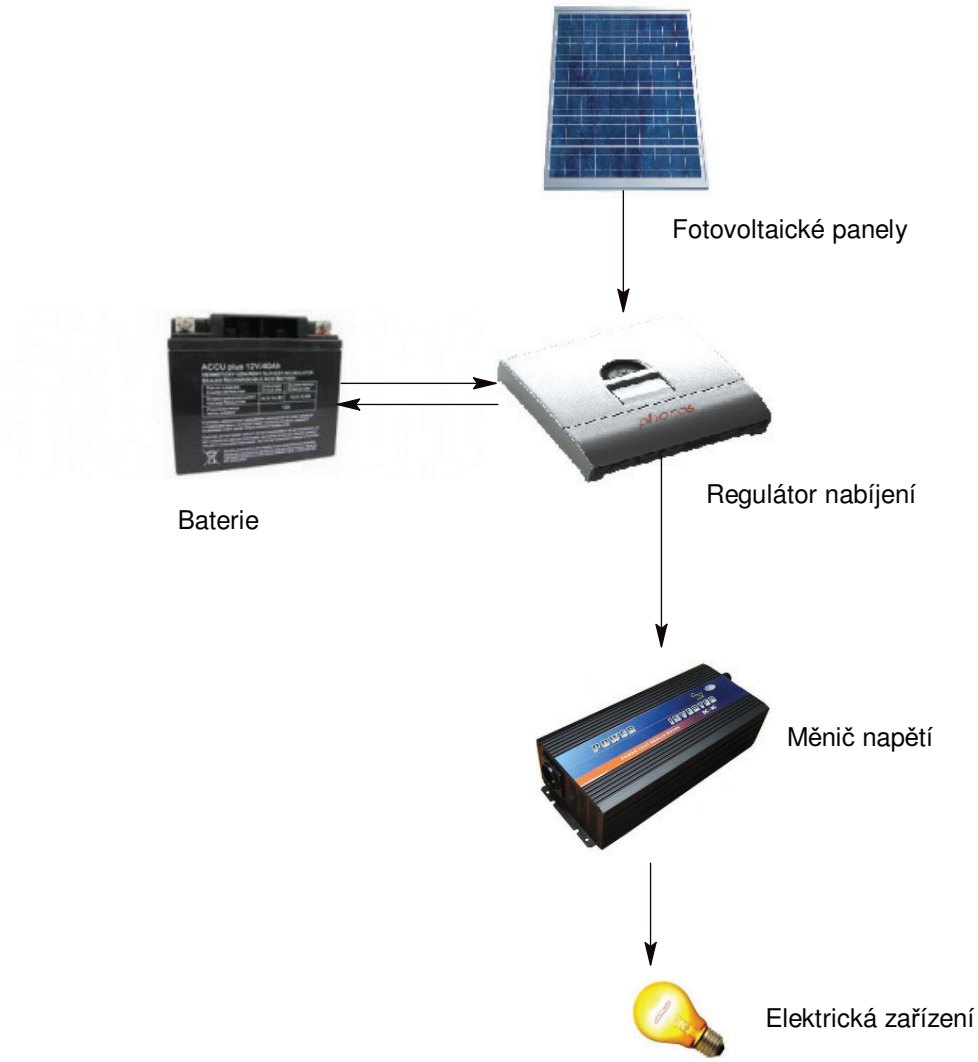
Rovnice 3. Potřebná kapacita akumulátorů [33]

Vysvětlivky k *Rovnici 3.*:
C je kapacita akumulátorů potřebná pro hromadění energie. Jednotka je Ah.
1,3 znamená bezpečnostní faktor. Jelikož výrobci baterií uvádí, že minimální nevybitelné množství energie je 20 %. Pokud počítáme potřebnou kapacitu, je podle výrobců nutné při výpočtu použít bezpečnostní faktor 1,3. [33]
U_A je napětí na akumulátoru v jednotkách V.

Tabulka 17. tedy uvádí, jaké množství kapacity je potřebné na jednotlivé okruhy a jaké baterie tedy bude nutné použít. Pro množství energie, které potřebují jednotlivé okruhy na den jsem použila průměry hodnot potřeby energie za jarní, podzimní a letní měsíce, jelikož v zimních měsících příliš velká výroba fotovoltaického systému nebude a nebude tedy nutné vyrobenou energii příliš hromadit. Podle nabídky solárních baterií na trhu jsem se rozhodla, že využiji akumulátory ACCU plus 12V/100Ah, které budou pro potřebu zvýšení celkové kapacity zapojeny sériově. [34]

Tabulka 17. Dimenzování akumulace fotovoltaického systému

Bezpečnostní faktor		1,3	**Napětí na akumulátoru U_A**		12 V
Okruh	**Spotřeba elektřiny P_t [Wh]**	**Počet dnů akumulace t [dny]**	**Akumulované množství energie Q_A [Wh]**	**Potřebná kapacita akumulátorů C [Ah]**	**Počet akumulátorů ACCU plus 12V/100Ah**
1	1 770	3	5 310	575,25	6
2	4 310	1	4 310	466,92	5
3	3 595	1	3 595	389,46	4



Obrázek 29. Schéma jednoho okruhu fotovoltaického systému

3.2.2.4 Cena fotovoltaického systému

Návrh ceny fotovoltaického systému je orientační, konečná cena by se stanovila až při instalaci systému. Avšak *Tabulku 18.* je možné brát jako závaznou vzhledem k výpočtu návratnosti celého systému. Při vytváření cenové kalkulace jsem se nechala inspirovat zdrojem [35].

Tabulka 18. Cenová kalkulace fotovoltaického systému

Položka	**Počet [ks]**	**Cena jednotková [Kč]**	**Cena součet [Kč]**
Projektová dokumentace	1	15 000	15 000
Měnič napětí 12/230V, 1500 W, čistá sinusovka	3	9 000	27 000
Polykrystalický panel ET-P660220	15	11 400	171 000
Regulátor nabíjení	3	2 000	6 000
Baterie	15	3 790	56 850
Střešní systém pro šikmou střechu	-	-	30 000
Rozvaděče NN AC,DC	-	-	25 000
Elektroinstalační materiál	-	-	16 000
Práce mechanická a elektroinstlační	-	-	37 000
Revize a licence	-	-	5 000
Součet bez DPH			**388 850**
Součet s DPH 10 %			**427 735**
Cena za kW_p			**117 833**

3.2.3 Solární termický systém

3.2.3.1 Návrh solárního termického systému

Pro potřeby nadstandardního rodinného domu jsem zvolila množství solárních termických panelů 5. Toto množství by mělo být dostačující, aby pokrylo část potřebné energie na ohřev teplé vody a na přitápění objektu. Pro výpočet charakteristik fototermického systému a využití energie z něj jsem využila program sloužící pro potřeby projektu zelená úsporám. [23]

Tento výpočtový nástroj používá svoje vlastní solární data, aby mohl vyhodnotit solární zisky ze zadaného solárního systému. V *Tabulkách 19. – 22.* jsou uvedeny všechny charakteristiky solárního systému, které zdroj [23] poskytuje.

Tabulka 19. Charakteristiky solárních kolektorů Suntime 1.2 [30], [31]

Typ kolektoru	**Suntime 1.2, plochý zasklený**
Rozměry *a*	1,895 m
Rozměry *b*	1,063 m
Plocha absorbéru A_{abs}	1,83 m^2
Plocha apertury A_{ap}	1,84 m^2
Optická účinnost η_0	0,781
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1	2,495 $W/m^2 \cdot K$
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2	0,028 $W/m^2 \cdot K^2$
Počet kolektorů	5
Celková plocha apertury kolektorů $A_{ap,c}$	9,2 m^2
Střední denní teplota v solárních kolektorech t_{km}	60 °C
Sklon kolektoru α	34°

Tabulka 20. Charakteristiky rodinného domu a solárního termického systému [23]

Počet osob	5
Spotřeba na osobu	35 l/den
Snížená spotřeba tepla v letních měsících	ANO
Teplota studené vody t_{sv}	12 °C
Teplota teplé vody t_{tv}	55 °C
Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tepelných ztrát *p*	0,06
Přirážka na tepelné ztráty při přípravě teplé vody *z*	0,3
Vytápění objektu	ANO
Vnitřní výpočtová teplota t_{iv}	21 °C
Venkovní výpočtová teplota t_{ev}	-15
Energetická náročnost budovy	nízkoenergetický standard
Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy *v*	5%
Typ oblasti pro solární data	Venkov

Tabulka 21. Charakteristiky termických kolektorů a vyhodnocení energetických zisků systému [23]

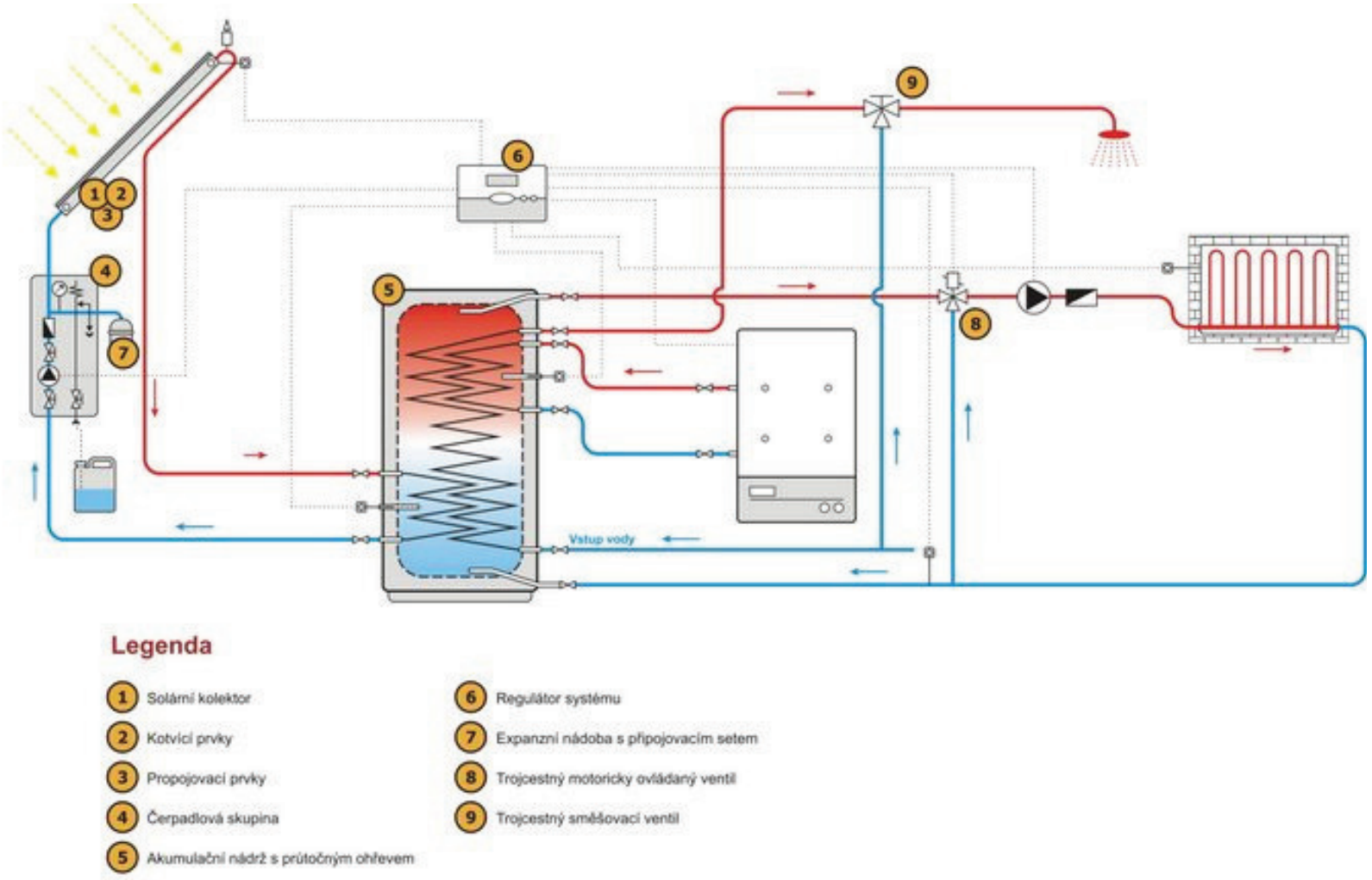
Měsíc	**Průměrná venkovní teplota t_{ep} [°C]**	**Průměrná venkovní teplota kolektorů t_{es} [°C]**	**Účinnost kolektoru η**	**Úhrn dopadajícího slunečního záření I [W/m^2]**
Leden	-1,5	2,2	0,26	453
Únor	0,0	3,4	0,34	522
Březen	3,2	6,5	0,41	576
Duben	8,8	12,0	0,47	583
Květen	13,6	17,0	0,50	567
Červen	17,3	21,0	0,52	550
Červenec	19,2	23,0	0,54	551
Srpen	18,6	23,0	0,55	565
Září	14,9	19,0	0,52	566
Říjen	9,4	14,0	0,44	520
Listopad	3,2	7,3	0,32	459
Prosinec	-0,2	3,5	0,22	411

Hodnoty v *Tabulce 22.* vztahující se k vytápění objektu jsou data získaná z programu Energie, kde jsem vycházela z průkazu energetické náročnosti budovy.

Tabulka 22. Potřeby energií na teplou vodu a vytápění [23]

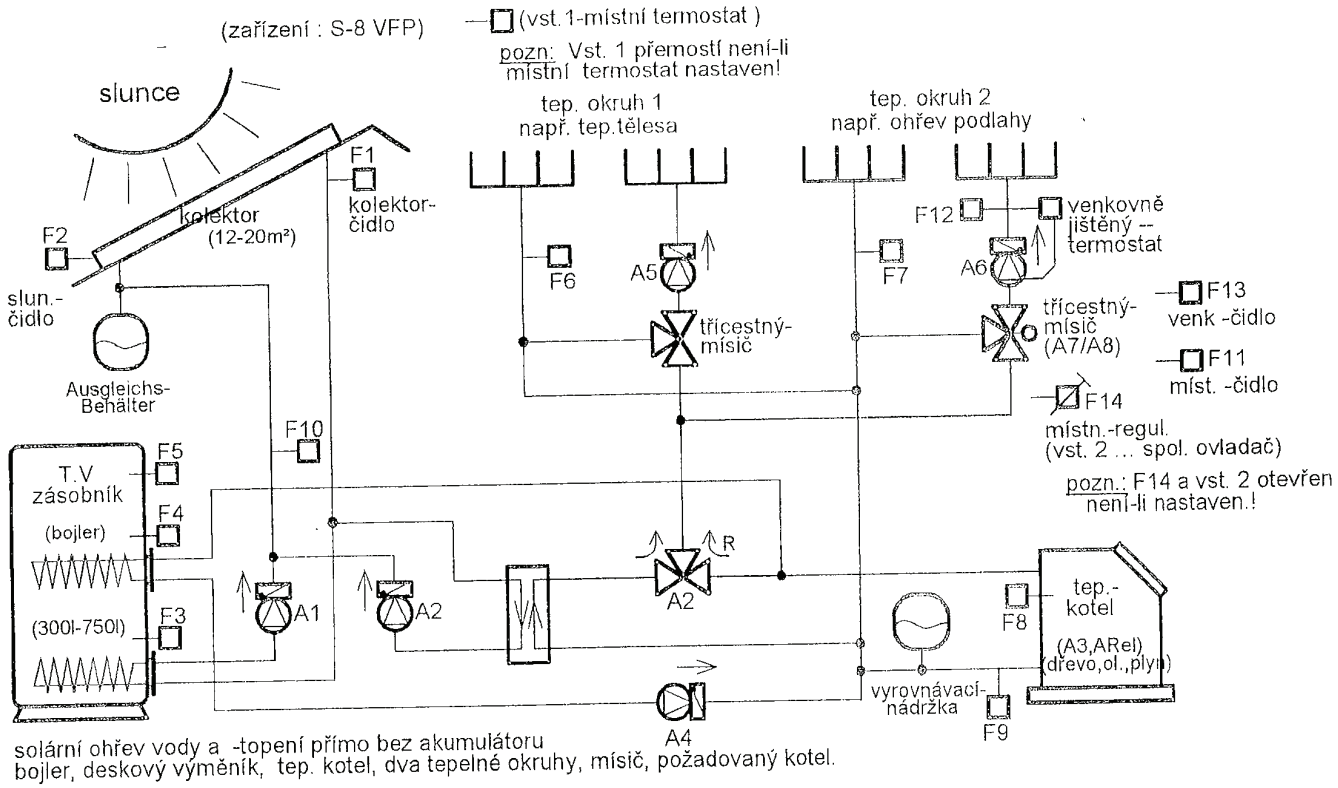
Měsíc	**Potřeba teplé vody za den $V_{TV/DEN}$ [l/den]**	**Potřeba energie na vytápění $Q_{p,VYT}$ [kWh]**
Leden	180	2 890
Únor	180	2 122
Březen	180	1 549
Duben	180	521
Květen	180	0
Červen	180	0
Červenec	180	0
Srpen	180	0
Září	180	77
Říjen	180	796
Listopad	180	2 063
Prosinec	180	3 030
Ročně	**-**	**13 049**

Na *Obrázku 30.* je zobrazen termický solární systém, který je pro rodinný dům navržen. Tento systém bude využívat ploché solární kolektory, teplonosné médium bude potrubím svedeno do akumulační nádrže, která bude ohřívat teplou užitkovou vodu a při přebytku energie se přitápět dům. V případě nedostatku tepla ze solárních panelů se bude systém dotápět průtokovým ohřevem z doplňkového zdroje.



Obrázek 30. Návrh solárního termického systém u pro nadstandardní rodinný dům [32]

Pro správné fungování systému je potřeba navrhnout systém regulace a měření uzlových parametrů. To zobrazuje schéma na *Obrázku 31.*, kde značky A zobrazují ovládané měřené body, značky F jsou měřené body. Systém bude ovládán regulátorem SH-8 nebo HLC-10.



Obrázek 31. Schéma návrhu měření uzlových parametrů solárního termického systému

3.2.3.2 Cena solárního termického systému

Cena solárního termického systému je spíše orientační, ceny jednotlivých položek byly stanoveny orientačně. Cenu jsem sestavila pomocí zdrojů [35] a [36]. V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé položky, které tvoří cenu systému.

Tabulka 23. Cenová kalkulace solárního termického systému

Položka	**Počet [ks]**	**Cena jednotková [Kč]**	**Cena součet [Kč]**
Projektová dokumentace	1	15 000	15 000
Solární kolektor Suntime 1.2	5	12 200	61 000
Kotvící prvky	-	-	6 000
Tvarovky	-	-	8 000
Akumulační nádrž	1	21 200	21 000
Expanzní nádoba a příslušenství	1	4 000	4 000
Regulátor a senzory	1	8 000	8 000
Čerpadlová skupina	1	10 000	10 000
Připojovací sada	-	-	2 000
Potrubí	-	-	4 000
Izolace	-	-	1 500
Nemrznoucí směs	-	-	2 000
Elektrický materiál	-	-	1 600
Montáž	-	-	20 000
Součet bez DPH			**164 100**
Součet s DPH 10 %			**180 510**

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Fotovoltaický systém

4.1.1 Energetický zisk z fotovoltaického systému

Pro vyhodnocení fotovoltaického systému je potřeba zjistit, kolik energie systém vyrobí a jaké prostředky ušetří. Z těchto hodnot je možné poté zjistit, jaká je návratnost sytému a kolik investor za dobu jeho životnosti na systému ušetří, či dokonce získá.

Tabulka 24. uvádí, jaké množství energie solární systém vyrobí. V této tabulce jsou uvedeny hodnoty pro jeden výrobní okruh, tedy pro pět fotovoltaických panelů. Energie vyrobená systémem při teoretické 100% účinnosti byla vypočítána součinem dopadajícího záření a plochy fotovoltaických panelů. Skutečná předpokládaná energie vyrobená fotovoltaickým systémem byla vypočtena pomocí přímé úměry z procentuální účinnosti panelů, která je 13,52 %, dále byla uvažována účinnost regulátoru nabíjení 98,7 % a účinnost invertoru 98,1 %.

Tabulka 24. Skutečné množství vyrobené elektrické energie pro jeden okruh

Výroba elektřiny jednoho okruhu			**Plocha 5 fotovoltaických panelů 17,903 m^2**	
Měsíc	**Úhrn dopadajícího slunečního záření v úhlu sklonu 34° I_{34} [kW/m^2]**	**Energie vyrobená panely při 100% účinnosti $Q_{100\%}$ [kWh]**	**Předpokládaná vyrobená energie Q_{skut} [kWh]**	**Energie vyrobená průměrně za den Q_{den} [kWh]**
Leden	37,82	276,12	36,15	1,17
Únor	57,96	423,15	55,39	1,98
Březen	97,34	710,66	93,03	3,00
Duben	129,00	941,80	123,29	4,11
Květen	156,55	1 142,94	149,62	4,83
Červen	150,60	1 099,50	143,93	4,80
Červenec	165,85	1 210,84	158,51	5,11
Srpen	149,73	1 093,15	143,10	4,62
Září	110,10	803,82	105,23	3,51
Říjen	88,35	645,03	84,44	2,72
Listopad	38,70	282,54	36,99	1,23
Prosinec	26,29	191,92	25,12	0,81
Ročně	**1 208,15**	**8 820,46**	**1 154,66**	**3,16**

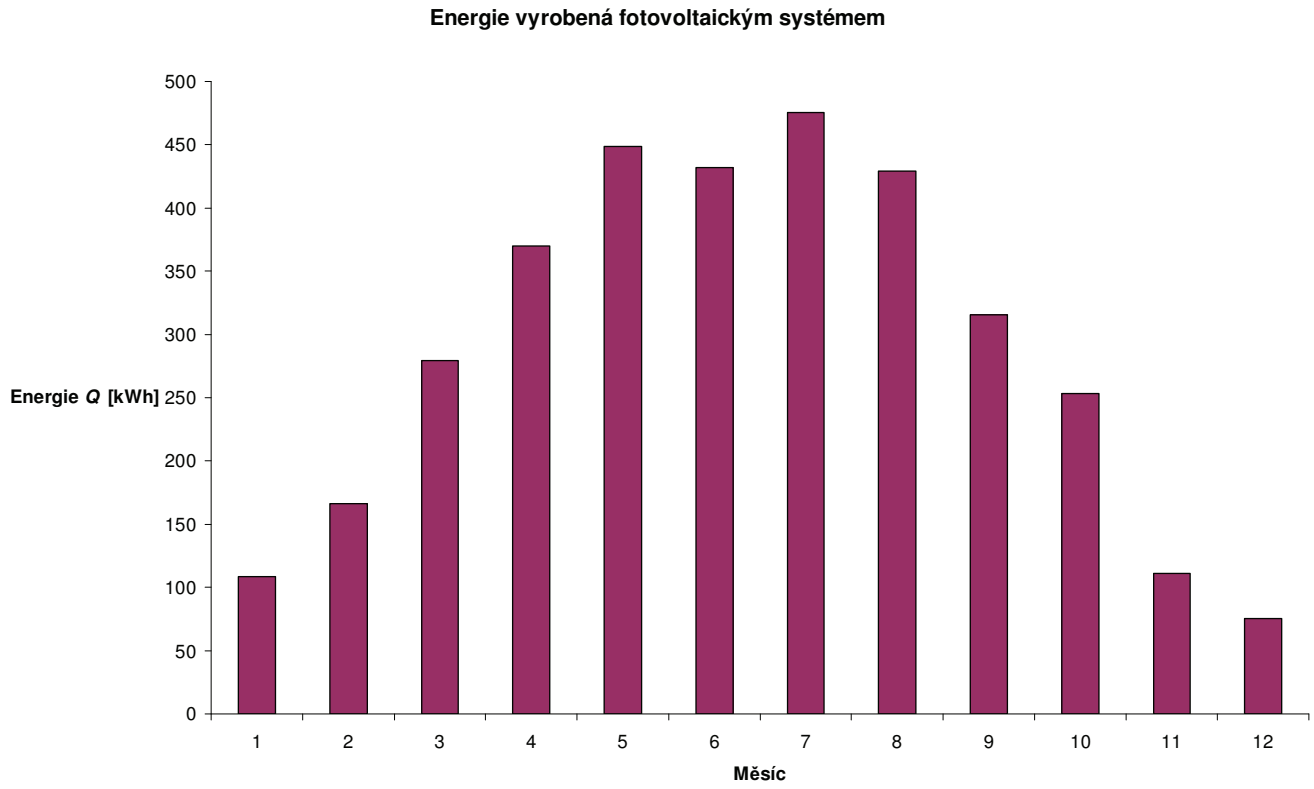
Vysvětlivky k *Tabulce 24.*:
Předpokládaná vyrobená energie Q_{skut} bere v potaz účinnost panelů, účinnost regulátoru nabíjení i měniče napětí. Energie vyrobená systémem za den byla vypočítána jako podíl předpokládané vyrobené energie a počtu dnů v konkrétním měsíci.

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty předpokládané vyrobené energie pro celý systém, tedy všechny tři okruhy (15 panelů).

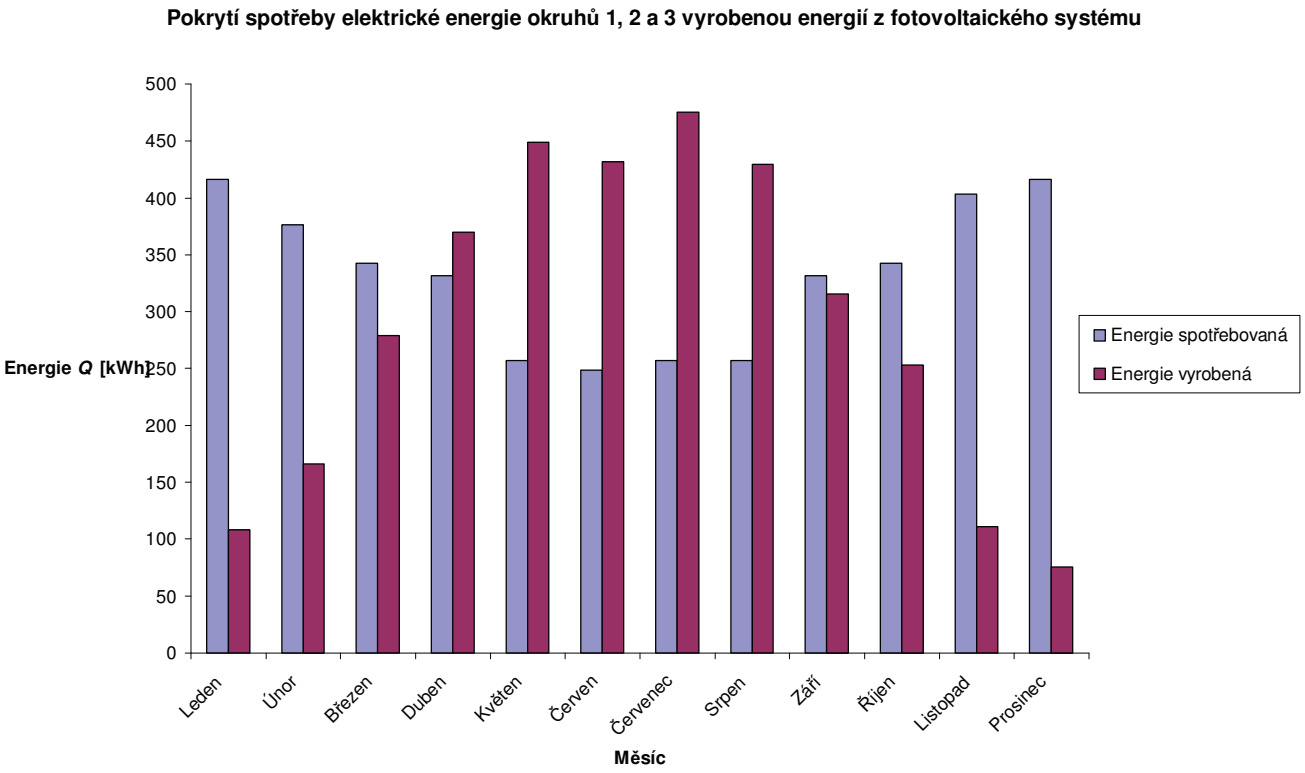
Tabulka 25. Celková energie vyrobená fotovoltaickým systémem

Měsíc	**Celková energie vyrobená systémem Q_{cel} [kWh]**	**Energie vyrobená systémem za den Q_{den} [kWh]**
Leden	108,44	3,50
Únor	166,18	5,94
Březen	279,09	9,00
Duben	369,87	12,33
Květen	448,86	14,48
Červen	431,80	14,39
Červenec	475,52	15,34
Srpen	429,30	13,85
Září	315,68	10,52
Říjen	253,32	8,17
Listopad	110,90	3,70
Prosinec	75,37	2,43
Ročně	**3 463,90**	**9,49**

Fotovoltaický systém by měl tedy za jeden rok vyrobit 3 463,9 kWh elektrické energie. Na *Grafu 13.* je zobrazena energie, kterou systém vyrobí po měsících. *Graf 14.* uvádí, do jaké míry bude v jednotlivých obdobích roku pokryta potřeba elektrické energie spotřebičů připojených do okruhů 1, 2 a 3.



Graf 13. Energie, kterou fotovoltaický systém vyrobí v jednotlivých měsících

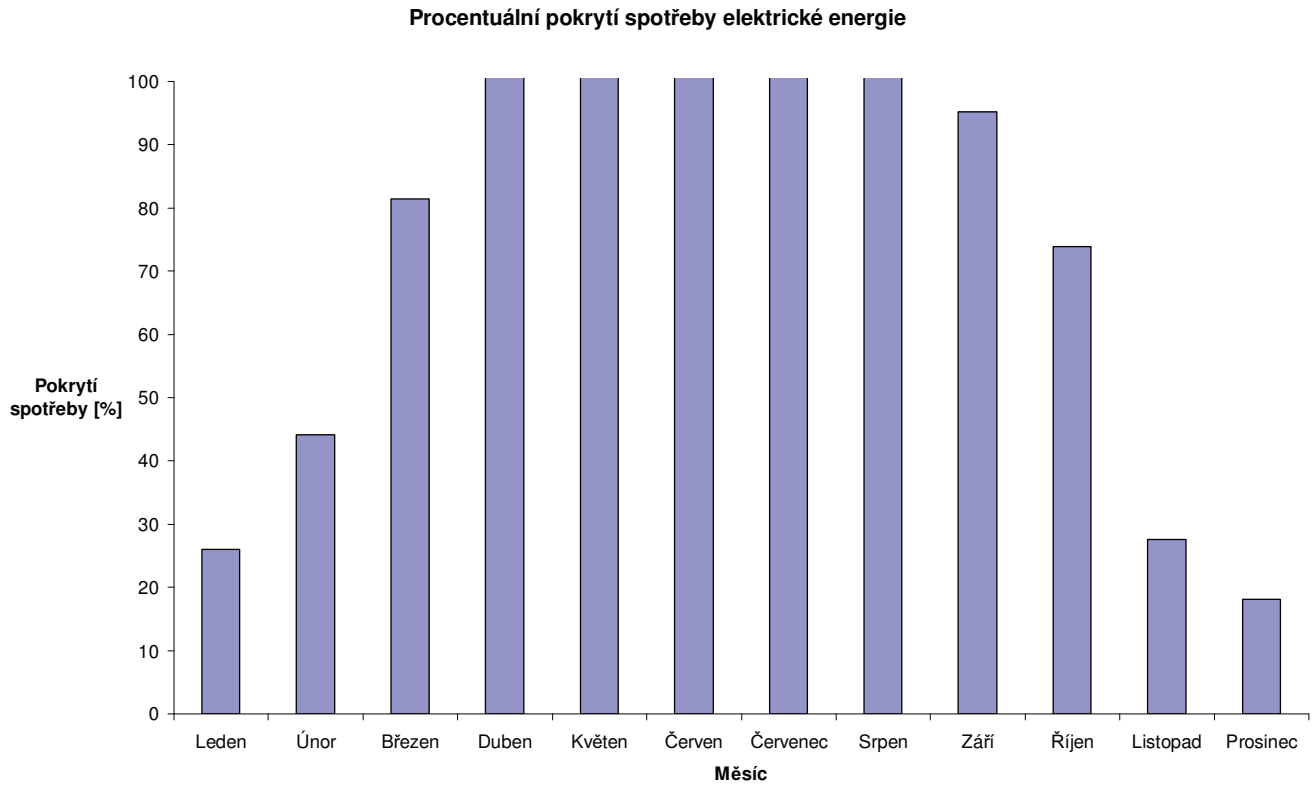


Graf 14. Pokrytí spotřeby elektrické energie vyrobenou energií z fotovoltaického systému

Z *Grafu 14.* vyplývá, že v měsících dubnu – srpnu bude potřeba energie okruhů 1, 2 a 3 pokryta úplně, dokonce budou vyrobeny i přebytky, které pravděpodobně nebude možné využít. V březnu, září a říjnu bude spotřeba pokryta téměř celá a v lednu, únoru, listopadu a prosinci bude podíl výroby z fotovoltaického systému velmi malý. Právě *Graf 15.* ukazuje procentuální pokrytí spotřeby elektrické energie. V *Tabulce 26.* je znázorněno, kolik energie fotovoltaický systém teoreticky využije.

Tabulka 26. Pokrytí spotřeby elektrické energie fotovoltaickým systémem

Měsíc	**Celková energie vyrobená systémem Q_{cel} [kWh]**	**Spotřeba elektřiny P_t [kWh]**	**Celková energie využitá okruhy $Q_{využ}$ [kWh]**
Leden	108,44	416,60	108,4366
Únor	166,18	376,28	166,1816
Březen	279,09	342,59	279,091
Duben	369,87	331,53	331,53
Květen	448,86	257,11	257,11
Červen	431,80	248,82	248,82
Červenec	475,52	257,11	257,11
Srpen	429,30	257,11	257,11
Září	315,68	331,53	315,68
Říjen	253,32	342,59	253,32
Listopad	110,90	403,16	110,9598
Prosinec	75,37	416,60	75,37236
Ročně	**3 463,90**	**3 981,03**	**2660,72**



Graf 15. Procentuální pokrytí spotřeby elektrické energie

4.1.2 Ekonomika fotovoltaického systému

Pro úplné vyhodnocení fotovoltaického systému je potřeba vypočítat jeho ekonomické přínosy. Pro výpočet prosté návratnosti systému jsem použila *Rovnici 4.* Prostá návratnost je vypočtena jako podíl ceny systému a roční tržba ze systému. Předpokládaná cena elektrické energie je braná 2,74 Kč/kWh a cena zeleného bonusu je 6,5 Kč. Při využitém množství energie z fotovoltaiky za rok 2 660 kWh systém ušetří 7 290 Kč na elektrické energii a získá 17 295 Kč na zelených bonusech. Dohromady tedy systém ročně získá 24 585 Kč. Prostá návratnost systému je tedy při ceně zařízení 427 735 Kč 17,4 let. Prostá návratnost systému však není úplně reálně vypovídající hodnota. [1]

$$T_N = \frac{IN}{CF_t}$$

Rovnice 4. Výpočet prosté doby návratnosti [1]

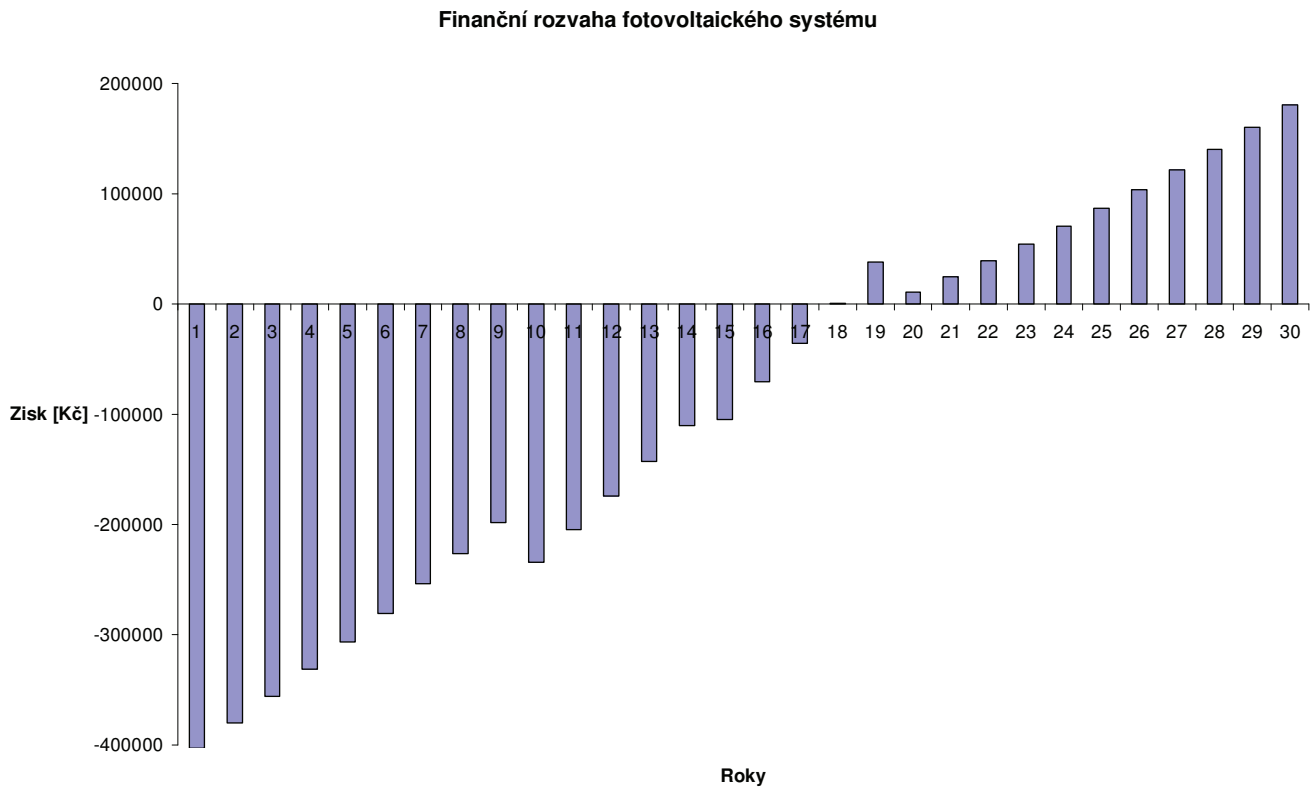
Vysvětlivky k *Rovnici 4.*:
T_N je prostá doba návratnosti v letech, v tomto případě 17,4 let.
IN je množství prostředků, které byly do systému investovány, tedy 427 735 Kč.
CF_t znamená roční přínosy projektu, tedy 24 585 Kč.

Pro lepší představu o ekonomice systému existuje hodnota reálné návratnosti. Ta je postupně vypočítána v *Tabulce 27.* Při úvaze o reálné návratnosti jsem se inspirovala zdrojem [35]. Z celkové vyrobené energie bude pro systém využito průměrně asi 76,8 %, což je základní množství energie, z kterého jsem vycházela. Opotřebení panelů snižuje roční výrobu o 1 %. Nelze odhadnout, jak se bude měnit cena zeleného bonusu. Brala jsem v potaz 3% inflaci, jak pro výpočet zvyšování ceny zeleného bonusu, tak i pro růst ceny energie, kde jsem stanovila meziroční nárůst celkově 5 % (růst cen energií).

Tržby bez nákladů jsou tedy vypočteny jako součet tržeb ze zelených bonusů a úspory na energii. Náklady na údržbu systému jsem stanovila 2 000 Kč ročně, přičemž po deseti letech bude pravděpodobně nutné vyměnit regulátory nabíjení a baterie a po patnácti letech se vymění střídač, což dobu návratnosti sníží. Výsledná roční tržba je vypočtena jako rozdíl tržeb bez nákladů a výše nákladů. Zisk ze systému tvoří rozdíl zisku z předchozího roku a výsledné roční tržby aktuálního roku. Na *Grafu 16.* jsou zobrazeny zisky systému po letech. Vyplývá z něj, že reálná návratnost systému je přibližně 18 let. Zisk za celkovou životnost zařízení je 180 590 Kč.

Tabulka 27. Návratnost fotovoltaického systému

Roky	Energie využitá [kWh]	Zelený bonus [Kč]	Zisk zelené bonusy [Kč]	Cena energie [Kč]	Úspory na energii [Kč]	Tržby bez nákladů [Kč]	Náklady [Kč]	Výsledná roční tržba [Kč]	Zisk [Kč]
1	2 660	6,5	17 292	2,74	7 289	24 582	427 735	-403 153	-403 153
2	2 634	6,7	17 633	2,88	7 577	25 210	2 000	23 210	-379 943
3	2 607	6,9	17 980	3,02	7 877	25 857	2 000	23 857	-356 087
4	2 581	7,1	18 334	3,17	8 188	26 522	2 000	24 522	-331 565
5	2 556	7,3	18 696	3,33	8 511	27 207	2 000	25 207	-306 358
6	2 530	7,5	19 064	3,50	8 847	27 911	2 000	25 911	-280 447
7	2 505	7,8	19 439	3,67	9 197	28 636	2 000	26 636	-253 810
8	2 480	8,0	19 822	3,86	9 560	29 382	2 000	27 382	-226 428
9	2 455	8,2	20 213	4,05	9 938	30 151	2 000	28 151	-198 277
10	2 430	8,5	20 611	4,25	10 330	30 941	67 000	-36 059	-234 336
11	2 406	8,7	21 017	4,46	10 738	31 755	2 000	29 755	-204 581
12	2 382	9,0	21 431	4,69	11 162	32 594	2 000	30 594	-173 987
13	2 358	9,3	21 853	4,92	11 603	33 457	2 000	31 457	-142 530
14	2 335	9,5	22 284	5,17	12 062	34 346	2 000	32 346	-110 185
15	2 311	9,8	22 723	5,43	12 538	35 261	30 000	5 261	-104 924
16	2 288	10,1	23 171	5,70	13 033	36 204	2 000	34 204	-70 720
17	2 265	10,4	23 627	5,98	13 548	37 175	2 000	35 175	-35 545
18	2 243	10,7	24 092	6,28	14 083	38 176	2 000	36 176	631
19	2 220	11,1	24 567	6,59	14 640	39 207	2 000	37 207	37 837
20	2 198	11,4	25 051	6,92	15 218	40 269	67 000	-26 731	11 106
21	2 176	11,7	0	7,27	15 819	15 819	2 000	13 819	24 925
22	2 154	12,1	0	7,63	16 444	16 444	2 000	14 444	39 369
23	2 133	12,5	0	8,02	17 093	17 093	2 000	15 093	54 462
24	2 111	12,8	0	8,42	17 768	17 768	2 000	15 768	70 231
25	2 090	13,2	0	8,84	18 470	18 470	2 000	16 470	86 701
26	2 069	13,6	0	9,28	19 200	19 200	2 000	17 200	103 901
27	2 049	14,0	0	9,74	19 958	19 958	2 000	17 958	121 859
28	2 028	14,4	0	10,23	20 747	20 747	2 000	18 747	140 606
29	2 008	14,9	0	10,74	21 566	21 566	2 000	19 566	160 172
30	1 988	15,3	0	11,28	22 418	22 418	2 000	20 418	**180 590**



Graf 16. Finanční rozvaha fotovoltaického systému

4.2 Solární termický systém

4.2.1 Energetický zisk ze solárního termického systému

Stejně jako u fotovoltaického systému je nutné zjistit, kolik energie vyrobí termický systém. Pomocí programu pro potřeby Zelené úsporám byla vytvořena *Tabulka 28.*, ta znázorňuje, jaké množství energie systém vyrobí, kolik energie je potřeba na vytápění a ohřev teplé vody a kolik energie ze solárního systému bude ve skutečnosti využito.

Tabulka 28. Shrnutí energetických potřeb domu a energie vyrobené solárním systémem [23]

Měsíc	$Q_{V,den}$ **[kWh/m²]**	$Q_{V,měsíc}$ **[kWh/m²]**	$Q_{SSU,měs}$ **[kWh]**	$Q_{p,TV}$ **[kWh]**	$Q_{p,VYT}$ **[kWh]**	$Q_{p,c}$ **[kWh]**	$Q_{ss,měs}$ **[kWh]**
Leden	1,09	33,8	67	337	2 890	3 227	67
Únor	1,99	55,6	146	304	2 122	2 427	146
Březen	3,29	102,1	326	337	1 549	1 886	326
Duben	4,17	125,1	453	326	521	847	453
Květen	5,08	157,4	609	337	0	337	337
Červen	5,47	164,1	669	326	0	326	326
Červenec	5,42	167,9	70	253	0	253	253
Srpen	5,00	154,9	659	253	0	253	253
Září	4,18	125,3	507	326	77	403	403
Říjen	2,44	75,7	262	337	796	1 133	262
Listopad	1,20	36,0	91	326	2 063	2 389	91
Prosinec	0,75	23,2	40	337	3 030	3 367	40
Ročně	**-**	**1 221**	**4 534**	**3 800**	**13 049**	**16 848**	**2 957**

Vysvětlivky k *Tabulce 28.*:
Energie vztažená na m² vyrobená solárním systémem za den – $Q_{V,den}$.
Energie vztažená na m² vyrobená solárním systémem za měsíc – $Q_{V,měsíc}$.
Celková energie vyrobená solárním systémem za měsíc – $Q_{SSU,měs}$.
Potřeba energie na ohřev teplé vody – $Q_{p,TV}$.
Potřeba energie na vytápění – $Q_{p,VYT}$.
Celková potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody – $Q_{p,c}$.
Celková využitá energie ze solárního záření – $Q_{ss,měs}$.

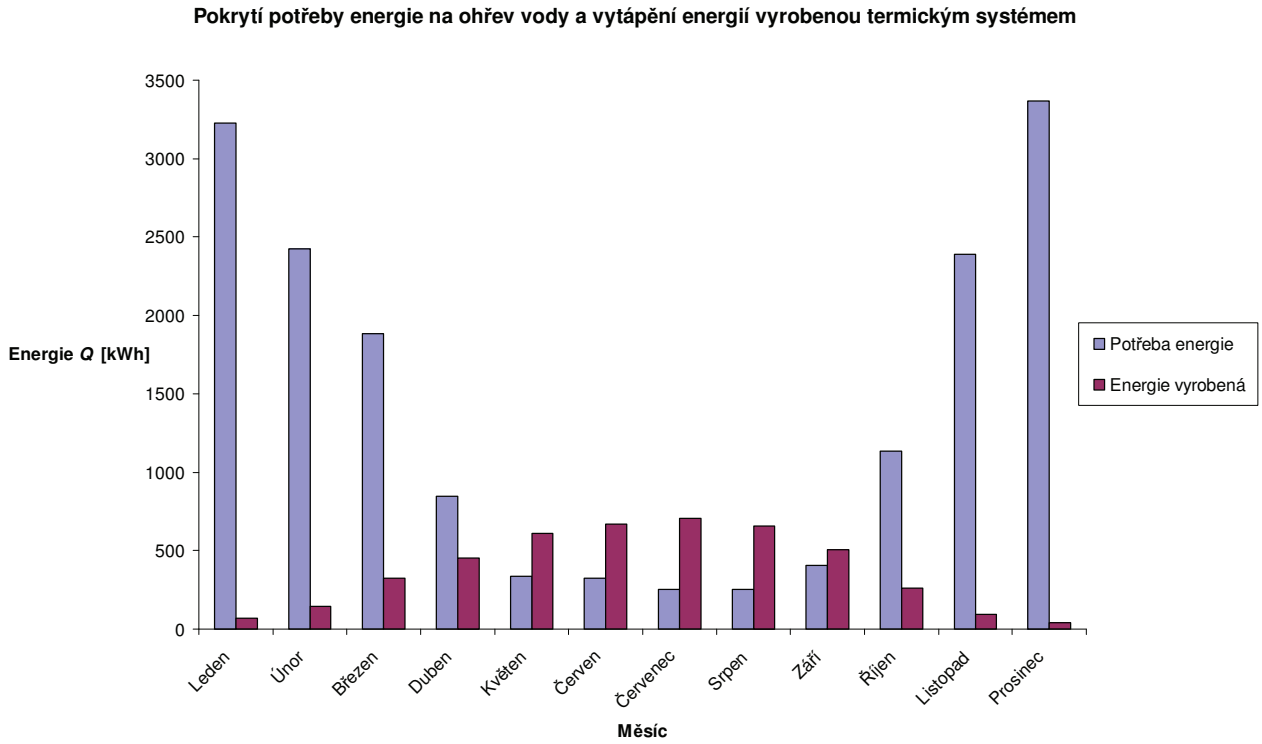
V následující tabulce je shrnutý výsledný výtěžek z termického systému:

Tabulka 29. Vyhodnocení solárního termického systému [23]

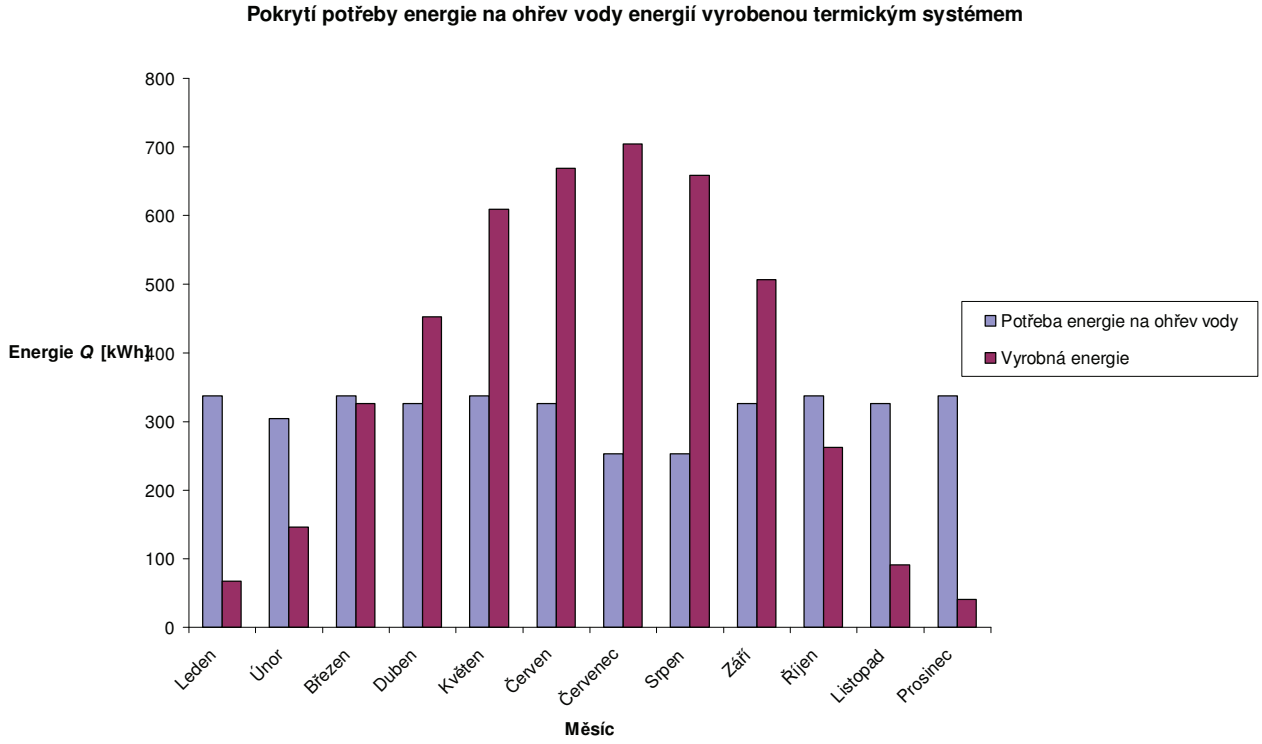
Měrný energetický zisk ze solární soustavy $q_{ss,u}$	321 kWh/m²·rok
Celkový energetický zisk ze solární soustavy Q_{ss}	2 957 kWh/rok
Solární pokrytí (podíl solární soustavy) f	18 %

Graf 17. zobrazuje pokrytí potřeby energie na ohřev vody a vytápění. Z grafu je vidět, že v letních měsících bude potřeba zcela pokryta, avšak v zimních měsících bude nutné používat doplňkový zdroj tepla. *Graf 18.* ukazuje pokrytí potřeby energie na ohřev teplé vody, což je pro naše požadavky primární záležitost. Ohřev teplé vody bude tedy z velké části zajišťovat solární systém. Požadavek na zvýšení počtu solárních kolektorů by byl již bezpředmětný,

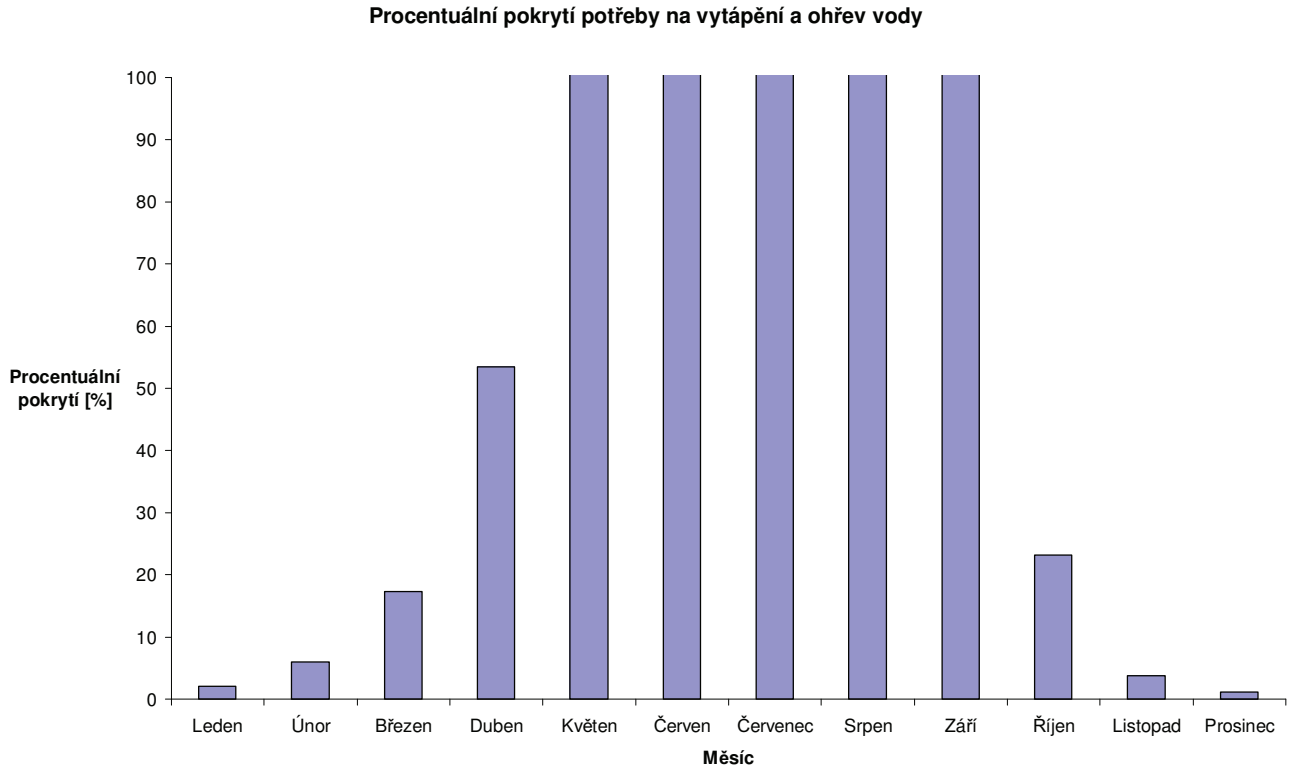
jelikož v létě by systém vyráběl takové přebytky energie, které by nebylo možné využít. *Graf 19.* zobrazuje, jak solární systém procentuálně pokrývá potřeby domu.



Graf 17. Zobrazení pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění výrobou tepla ze solárního termického systému



Graf 18. Pokrytí potřeby energie na ohřev teplé vody solárním termickým systémem



Graf 19. Procentuální pokrytí potřeby energie na vytápění a ohřev teplé vody

Je důležité pro stanovení výnosů systému vědět, kolik energie ze solárních kolektorů putuje do ohřevu teplé vody a kolik do přitápění. Tyto hodnoty jsou uvedeny v *Tabulce 30*. Hodnoty, kolik energie je použito na vytápění a kolik na ohřev vody se zjistí podle toho, kolik systém vyrobí energie v poměru potřeby na ohřev a vytápění. Pokud systém vyrobí méně energie (nebo stejně) než je potřeba na ohřev teplé vody, všechno teplo je spotřebováno na ohřev. V případě, že je vyrobená energie vyšší, primárně je spotřebována na ohřev teplé vody a zbytek je použit na přitápění domu. Přitápění domu bude podle těchto výpočtů probíhat v měsících dubnu a září. Celkově bude ročně na ohřev teplé vody využito 2 753 kWh z termického systému a na přitápění bude hodnota využité energie činit 204 kWh.

Tabulka 30. Rozdělení vyrobené energie mezi ohřev teplé vody a vytápění

Měsíc	$Q_{ss,měs}$ [kWh]	$Q_{ss,TV}$ [kWh]	$Q_{ss,VYT}$ [kWh]	Měsíc	$Q_{ss,měs}$ [kWh]	$Q_{ss,TV}$ [kWh]	$Q_{ss,VYT}$ [kWh]
Leden	67	67	0	Červenec	253	253	0
Únor	146	146	0	Srpen	253	253	0
Březen	326	326	0	Září	403	326	77
Duben	453	326	127	Říjen	262	262	0
Květen	337	337	0	Listopad	91	91	0
Červen	326	326	0	Prosinec	40	40	0

Vysvětlivky k *Tabulce 30.*:
Spotřeba vyrobeného tepla na ohřev teplé vody je označena $Q_{ss,TV}$.
Spotřeba vyrobeného tepla na vytápění je označena $Q_{ss,VYT}$.

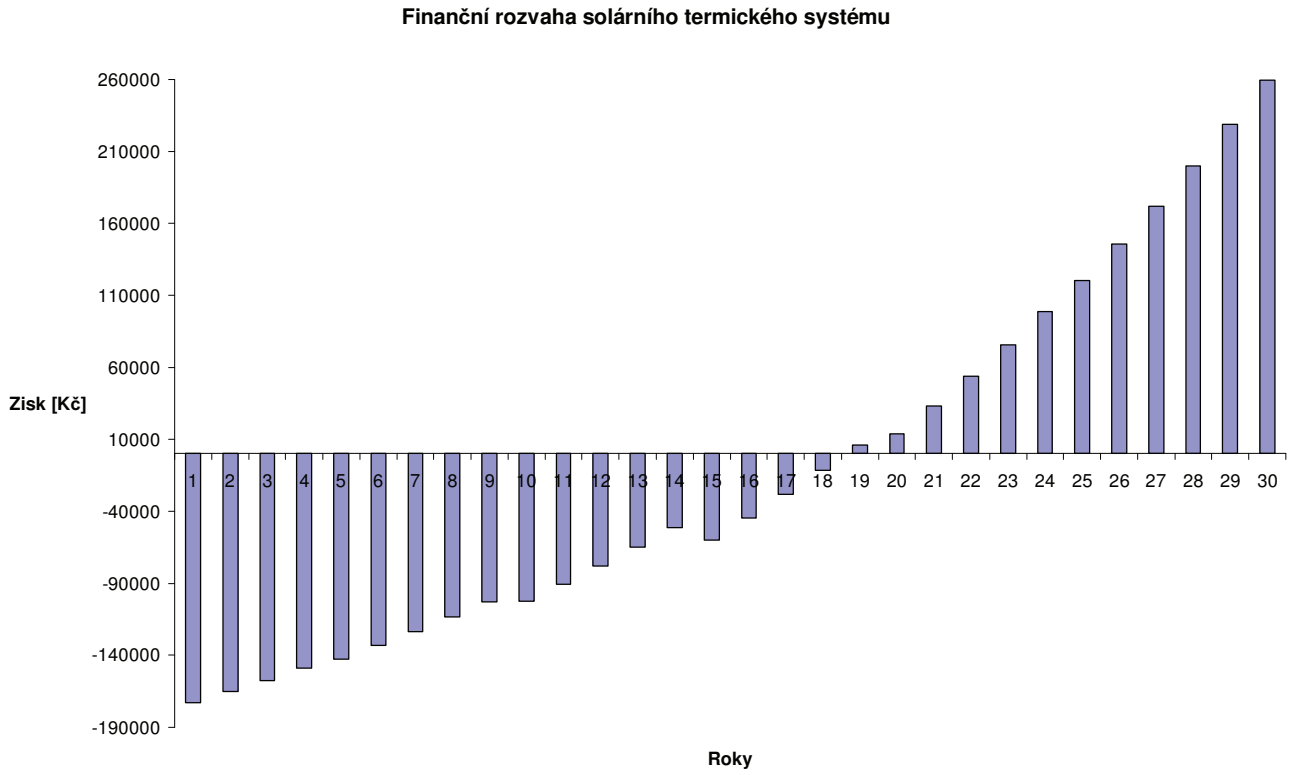
4.2.2 Ekonomika solárního termického systému

Pro termický systém je možné taktéž vypočítat prostou návratnost stejně jako u fotovoltaického z *Rovnice 4.* Roční výroba solárních kolektorů je 2 957 kWh, přičemž 2 753 kWh je využito na ohřev teplé vody a 204 kWh je využito na přitápění. Pokud beru v potaz původní variantu řešení rodinného domu, na ohřev teplé vody je použita elektrická energie a na vytápění plynový kondenzační kotel. Cenu elektrické energie jsem uvažovala jako u fotovoltaiky 2,74 Kč/kWh a cenu plynu u kondenzačního kotle jsem brala 1,56 Kč/kWh. V tom případě je na ohřevu teplé vody ročně ušetřeno 7 543 Kč a na vytápění 318 Kč, dohromady 7 861 Kč. Tato částka je brána jako zisk pro výpočet prosté návratnosti systému a při jeho ceně 180 510 Kč se prostá návratnost pohybuje okolo 23 let.

Pro termický systém byla taktéž vypočítána reálná návratnost. Uvedená je v *Tabulce 31.* Životnost zařízení je 30 let, takže po tuto dobu byla počítána ekonomika systému. Vyrobená energie je uvažována v meziročním poklesu vlivem opotřebení 0,1 %. Cena za elektrickou energii je 2,74 Kč/kWh na počátku, v meziročním nárůstem 5 % (inflace a růst cen energií). Cena za plyn pro kondenzační kotel vychází z čísla 1,56 Kč/kWh s meziročním nárůstem taktéž 5 %. Ročně je na ohřev teplé vody využito 93,1 % vyrobené energie a na přitápění je to 6,9 %. Náklady na údržbu systému jsem brala jako zhruba 0,4 % ročně a náklady za energii na pohon čerpadla jsem neuvažovala, jelikož bude poháněno energií z fotovoltaického systému. Po pěti letech je nutné vyměňovat teplonosnou kapalinu, po deseti letech čerpadlový systém a po patnácti letech bude vyměněna akumulační nádrž. Tyto položky byly taktéž zahrnuty do nákladů. Výsledná reálná návratnost systému by měla být 19 let a celkový zisk za dobu fungování bude zhruba 260 000 Kč. Graficky finanční rozvahu systému zobrazuje *Graf 20.*

Tabulka 31. Finanční rozvaha solárního termického systému

Roky	Vyrobeno [kWh]	Cena el. [Kč]	Energie ohřev [kWh]	Tržba ohřev [Kč]	Cena plynu [Kč]	Energie topení[kWh]	Tržba topení [Kč]	Tržby bez nákladů [Kč]	Náklady [Kč]	Výsledná roční tržba [Kč]	Zisk [Kč]
1	2 957	2,74	2 753	7 543	1,56	204	318	7 861	180 510	-172 649	-172 649
2	2 954	2,88	2 750	7 912	1,64	204	334	8 246	800	7 446	-165 202
3	2 951	3,02	2 747	8 300	1,72	204	350	8 650	800	7 850	-157 352
4	2 948	3,17	2 745	8 706	1,81	203	367	9 073	800	8 273	-149 079
5	2 945	3,33	2 742	9 132	1,90	203	385	9 517	2 800	6 717	-142 362
6	2 942	3,50	2 739	9 579	1,99	203	404	9 983	800	9 183	-133 178
7	2 939	3,67	2 736	10 048	2,09	203	424	10 472	800	9 672	-123 506
8	2 936	3,86	2 734	10 540	2,20	203	445	10 985	800	10 185	-113 322
9	2 933	4,05	2 731	11 056	2,30	202	467	11 522	800	10 722	-102 599
10	2 930	4,25	2 728	11 597	2,42	202	489	12 086	12 000	86	-102 513
11	2 928	4,46	2 726	12 165	2,54	202	513	12 678	800	11 878	-90 635
12	2 925	4,69	2 723	12 760	2,67	202	538	13 299	800	12 499	-78 137
13	2 922	4,92	2 720	13 385	2,80	202	565	13 949	800	13 149	-64 987
14	2 919	5,17	2 717	14 040	2,94	201	592	14 632	800	13 832	-51 155
15	2 916	5,43	2 715	14 727	3,09	201	621	15 349	24 000	-8 651	-59 806
16	2 913	5,70	2 712	15 448	3,24	201	652	16 100	800	15 300	-44 506
17	2 910	5,98	2 709	16 204	3,41	201	684	16 888	800	16 088	-28 418
18	2 907	6,28	2 707	16 997	3,58	201	717	17 715	800	16 915	-11 504
19	2 904	6,59	2 704	17 829	3,75	200	752	18 582	800	17 782	6 278
20	2 901	6,92	2 701	18 702	3,94	200	789	19 491	12 000	7 491	13 769
21	2 898	7,27	2 698	19 618	4,14	200	828	20 445	800	19 645	33 415
22	2 896	7,63	2 696	20 578	4,35	200	868	21 446	800	20 646	54 061
23	2 893	8,02	2 693	21 585	4,56	200	911	22 496	800	21 696	75 757
24	2 890	8,42	2 690	22 642	4,79	199	955	23 597	800	22 797	98 554
25	2 887	8,84	2 688	23 750	5,03	199	1 002	24 752	2 800	21 952	120 507
26	2 884	9,28	2 685	24 913	5,28	199	1 051	25 964	800	25 164	145 671
27	2 881	9,74	2 682	26 132	5,55	199	1 103	27 235	800	26 435	172 106
28	2 878	10,23	2 680	27 411	5,82	199	1 157	28 568	800	27 768	199 874
29	2 875	10,74	2 677	28 753	6,12	198	1 213	29 966	800	29 166	229 040
30	2 872	11,28	2 674	30 161	6,42	198	1 273	31 433	800	30 633	259 673



Graf 20. Finanční rozvaha solárního termického systému

5 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zabývala návrhem fotovoltaického a solárního termického systému pro rodinné domy v Podolí u Brna, které jsou v současné době ve výstavbě. Opatření pro úsporu energií se týkají zejména nadstandardního rodinného domu na pozemku číslo 13. Navržený fotovoltaický systém bude sestávat z patnácti polykrystalických panelů, které jsou rozděleny do tří okruhů po pěti panelech. Ke každému okruhu náleží regulátor nabíjení, solární baterie a měnič napětí. Fotovoltaický systém bude využívat veškerou vyrobenou energii pro vlastní účely a bude čerpat podporu formou zelených bonusů. Ročně vyrobí panely 3 464 kWh elektrické energie, ze které je využito 2 661 kWh z celkových potřebných 3 981 kWh (elektrická energie, kterou spotřebují okruhy 1, 2 a 3). Návratnost systému je 18 let.

Solární termický systém pro nadstandardní rodinný dům je dimenzován pro ohřev teplé užitkové vody a přitápění. Na střeše domu bude pět solárních kolektorů. Dům potřebuje pro účely ohřevu teplé vody ročně 3 800 kWh energie a 13 049 kWh energie pro vytápění. Solární kolektory budou vyrábět 2 957 kWh ročně, z toho 2 753 kWh bude využito pro ohřev teplé vody a 204 kWh pro přitápění objektu. Návratnost tohoto systému je 18 let, přičemž pokud by se opět začaly schvalovat dotace v rámci programu Zelená úsporám, návratnost by se mohla snížit asi na polovinu.

Rodinné domy na pozemcích 11 a 12 mají střechu podobně navrženou jako nadstandardní rodinný dům na pozemku číslo 13. Pro tyto objekty by mohlo být navrženo prakticky stejné fotovoltaické zařízení, případně solární termický systém pro ohřev vody a přitápění jako u domu číslo 13.

Pro domy na pozemcích 9, 10 a 14 – 21 bude možné využít část střechy otočenou na jižní stranu. V těchto domech by mohl být instalován solární termický systém, pravděpodobně pouze pro ohřev teplé vody, jelikož se na střechu nevejde více než čtyři panely, nebo případně by mohlo dojít k instalaci více účinných trubicových solárních kolektorů.

Pro další snížení energetické náročnosti budov navrhuji možné využití teplovodní vložky do krbového tělesa, či instalaci tepelných čerpadel pro vytápění objektu, která by mohla být poháněna elektrickou energií z fotovoltaického systému.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] BERANOVSKÝ, Jiří ; TRUXA, Jan a kolektiv. Alternativní energie pro váš dům. 1. Brno : ERA, 2003. 125 s. ISBN 80-86517-59-4.

[2] BARLOW, Billy; ŠUDÁK, Marek. Rodinné domy - Podolí u Brna [online]. Kaláb-stavební firma, spol. s r. o., 2009 [cit. 2011-02-09].. Dostupné z WWW: <www.rd-podoli.cz>.

[3] Mapy [online]. 2010 [cit. 2011-02-09]. Podolí. Dostupné z WWW: <www.mapy.cz>.

[4] Česká republika. Zákon 180/2005 Sb.: O podpoře využívání obnovitelných zdrojů. In Sbírka zákonů, částka 66. 2005.

[5] Evropská unie. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES. In Official Journal L 283 , 27/10/2001 P. 0033 - 0040. 2001.

[6] Česká republika. Vyhláška 475/2005 Sb. ze dne 30. listopadu 2005: Kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře obnovitelných zdrojů. In Sbírka zákonů. 2005.

[7] Česká republika. Zákon 180/2005 Sb. ze dne 31. března 2005 : Znění účinné od 1. ledna 2011. In Sbírka zákonů. 2005.

[8] Česká republika. Vyhláška 150/2007 Sb.: O způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen. In Sbírka zákonů, částka 54. 2007.

[9] Česká republika. Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 2/2010. 2010, s. 6-7. Dostupný také z WWW: <www.eru.cz>.

[10] Energetický regulační úřad [online]. 2009, 2.3.2011 [cit. 2011-03-03]. Dostupné z WWW: <www.eru.cz>.

[11] Home Power Magazíne. 1987 – 2011 [cit. 2011-16-03]. Home Power 80, December 2000 & January 2001. Dostupné z WWW: <www.homepower.com>.

[12] MURTINGER, Karel, TRUXA, Jan. Solární energie pro váš dům. 1. Brno : ERA, 2005. 120 s. ISBN 80-7366-029-6.

[13] BEROUN, Bohumil. Projekt stavby SO03 Samostatný rodinný domek RD-3. Třebíč : Profistav Team s.r.o., 2008, 34 s.

[14] BEROUN, Bohumil. Projekt stavby SO01 Řadový rodinný domek RD-1. Třebíč : Profistav Team s.r.o., 2008, 36 s.

[15] BEROUN, Bohumil. Projekt stavby SO02 Rodinný domek 2RD-1. Třebíč : Profistav Team s.r.o., 2008, 34 s.

[16] Data z meteorologických stanic Brno-Tuřany a Brno-Žabovřesky naměřená v letech 2004 – 2008. Brno : Český hydrometeorologický ústav. 2009.

[17] Energie Slunce : Ohřev vody, vytápění. EkoWaTT [online]. 2010, [cit. 2011-03-24]. Dostupný z WWW: <www.ekowatt.cz>.

[18] Energie Slunce : Výroba elektřiny. EkoWaTT [online]. 2010, [cit. 2011-03-24]. Dostupný z WWW: <www.ekowatt.cz>.

[19] Tisková zpráva ze dne 10.2. 2010 : ČEPS žádá o pozastavení připojování nových zdrojů OZE. ČEPS, a.s. [online]. 2010, [cit. 2011-03-25]. Dostupný z WWW: <www.ceps.cz>.

[20] Silektro s.r.o. [online]. 2000 – 2009 [cit. 2011-03-25]. Dostupné z WWW: <www.silektro.cz>.

[21] ČEZ, a.s. [online]. 2011 [cit. 2011-03-25]. Dostupné z WWW: <www.cez.cz>.

[22] HÁJEK, Petr. Cenová nabídka fotovoltaické elektrárny. Kroměříž : Ekosolaris, a.s., 2011, 18 s.
[23] Zelená úsporám [online]. 2009 [cit. 2011-04-07]. Bilance solárních systémů pro potřeby programu Zelená úsporám. Dostupné z WWW: <www.zelenausporam.cz>.
[24] HALLER, Andreas. HUMM, Othmar. VOSS, Karsten. Renovieren mit der Sonne: Solarenergirnutzung in Altbau, Freiburg : Verlag, 2000, 177 s.
[25] Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps [online]. 2011 [cit. 2011-04-09]. Dostupné z WWW: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php#>.
[26] Solární baterie [online]. 2011 [cit. 2011-04-09]. Akumulátory pro solární fotovoltaické systémy. Dostupné z WWW: < http://www.solarnibaterie.cz/>.
[27] Solarenvi [online]. 2011 [cit. 2011-04-09]. Fotovoltaika. Dostupné z WWW: <http://www.solarenvi.cz/slunecni-elektrarny/typy-instalaci/off-grid>.
[28] Mega Sunshine Solartechnik [online]. 2011 [cit. 2011-04-14]. Alfa Mix. Dostupné z WWW: <http://mega-sunshine.cz/download/alfa-mix.pdf>.
[29] ET Solar [online]. 2011 [cit. 2011-04-16]. ET Module Polycrystalline. Dostupné z WWW: < http://www.etsolar.com/upload/ET-P660.pdf >.
[30] PROPULS SOLAR s.r.o. Solární systémy SUNTIME. Padrubice : Propuls Solar s.r.o., 2009, 121 s.
[31] Solární laboratoř (SOLab) na Ústavu techniky prostředí , Fakulta strojní, ČVUT v Praze [online]. 2007 [cit. 2011-04-17]. Výsledný protokol o zkoušce účinnosti pro zasklené kolektory. Dostupné z WWW: <http://solab.fs.cvut.cz/Testy/2007/Propulus_zkraceny.pdf>.
[32] Propuls Solar s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2011-04-21]. Solární systémy na ohřev TUV a přitápění SUNTIME. Dostupné z WWW: <http://www.propuls.cz/solarni-systemy-ohrev-tuv-pritapeni.html>.
[33] HRŇA, L. Fotovoltaický systém pro ostrovní provoz. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Hejčík.
[34] Solární baterie [online]. 2011 [cit. 2011-04-22]. Dostupné z WWW: <www.solarnibaterie.cz>.
[35] JANÁČ, Stanislav. Indikativní nabídka na inženýrskou činnost a výstavbu fotovoltaické elektrárny s fototermickými kolektory na ohřev vody, na šikmou střechu. Brno : Energ-servis a.s., 2010, 8 s.
[36] EZV – ekologické zdroje vytápění. Katalog – ceník. Litoměřice : 2008, 20 s.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

I	intenzita slunečního záření
h/rok	jednotka počet hodin za rok, jednotka vyjadřující dobu slunečního svitu
kWh/m^2·rok	jednotka kilowatthodiny na metr čtvereční za rok, vyjadřující intenzitu slunečního záření
MJ/m^2	megajoul na metr čtvereční, jednotka úhrnu slunečního záření
$V_{TV,den,os}$	objem teplé vody na osobu a den v litrech na osobu a den
l/os·den	jednotka litry na osobu a den
PN přechod	dvouvrstvý systém obsahující polovodič s menším počtem valenčních elektronů než křemík a polovodič s větším počtem valenčních elektronů než křemík
cm	jednotka centimetr, jednotka délky
mm	jednotka milimetr, jednotka délky
např.	například
CIS	fotovoltaické články vyrobené z prvků měď, indium, selen
W_p	watt-peak, špičkový výkon fotovoltaických panelů
m	jednotka metr, jednotka délky
atd.	a tak dále
m^2	jednotka metr čtvereční, jednotka plochy
kWh	jednotka kilowatt, jednotka vyrobené elektrické energie
Sb.	sbírky
Kč/MWh	jednotka koruny české za megawatthodinu, velikost podpory ze strany státu
kW	jednotka kilowatt, jednotka výkonu
tzv.	takzvaný
a.s.	akciová společnost
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
5+kk	dům o velikosti 5 pokojů plus kuchyňský kout
°	jednotka stupeň, jednotka označující úhel
%	procenta
x	krát
4+kk	dům o velikosti 4 místnosti plus kuchyňský kout
I_{34}	úhrn dopadajícího slunečního záření v úhlu 34° vzhledem k vodorovné rovině
α_{opt}	optimální úhel dopadu slunečních paprsků pro nejlepší solární zisky
t_D	průměrná teplota ve dne
°C	jednotka stupně Celsia, jednotka teploty
P_t	spotřeba elektřiny
t	čas
P	příkon přístroje
kW	jednotka kilowatt, jednotka příkonu
kWh	jednotka kilowatthodina, jednotka spotřeby elektrické energie
h	jednotka hodina, jednotka času
ET-P66020	typ polykrystalických fotovoltaických panelů
P_{max}	maximální špičkový výkon fotovoltaického panelu
a, b	délka stran fotovoltaického panelu, solárního kolektoru

A_P	plocha fotovoltaického panelu
A_C	plocha fotovoltaického článku
n	počet článků v panelu
$A_{Úč}$	účinná plocha fotovoltaického panelu
U_{mp}	jmenovité napětí
I_{mp}	jmenovitý proud
U_{oc}	napětí naprázdno
I_{oc}	proud naprázdno
t_{norm}	normální provozní teplota fotovoltaického článku
V	jednotka volt, jednotka napětí
A	jednotka ampér, jednotka proudu
U_{max}	maximální napětí na regulátoru nabíjení
I_{max}	maximální proud na regulátoru nabíjení
$U_{výst}$	výstupní napětí
η_{reg}	účinnost regulátoru nabíjení
U_{vst}	vstupní napětí
$\eta_{stř}$	účinnost měniče napětí
Q_A	množství akumulované energie
C	kapacita akumulátorů
U_A	napětí na akumulátoru
Ah	jednotka ampérhodina, jednotka kapacity akumulátoru
ks	kus
Kč	koruna česká
DPH	daň z přidané hodnoty
A_{abs}	plocha absorbéru solárního kolektoru
A_{ap}	plocha solárního kolektoru
η_0	optická účinnost
a_1	lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru
a_2	kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru
$W/m^2 \cdot K$	jednotka watt na metr čtvereční a kelvin, jednotka lineárního součinitele tepelné ztráty kolektoru
$W/m^2 \cdot K^2$	jednotka watt na metr čtvereční a kelvin na druhou, jednotka kvadratického součinitele tepelné ztráty kolektoru
$A_{ap,c}$	celková plocha apertury kolektorů
t_{km}	střední denní teplota v solárních kolektorech
α	sklon kolektoru
l/den	jednotka litr na den, jednotka spotřeby vody
t_{sv}	teplota studené vody
t_{tv}	teplota teplé vody
p	srážka z tepelných zisků
z	přirážka na tepelné ztráty teplé vody
t_{iv}	vnitřní výpočtová teplota
t_{ev}	venkovní výpočtová teplota
v	přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy
t_{ep}	průměrná venkovní teplota
t_{es}	průměrná venkovní teplota kolektorů

I	úhrn dopadajícího slunečního záření
$V_{TV/DEN}$	potřeba teplé vody na den
$Q_{p,VYT}$	potřeba energie na vytápění
$Q_{100\%}$	energie vyrobená fotovoltaickými panely při 100% účinnosti
Q_{skut}	skutečná vyrobená energie fotovoltaickým systémem
Q_{den}	skutečná energie vyrobená za den
Q_{cel}	celková energie vyrobená fotovoltaickým systémem
$Q_{využ}$	celková využitá energie z fotovoltaického systému
T_N	prostá návratnost systému
IN	investiční náklady systému
CF_t	roční přínosy systému
$Q_{V,den}$	energie vyrobená solárním termickým systémem za den vztažená na metr čtvereční
$Q_{V,měsíc}$	energie vyrobená solárním termickým systémem za měsíc vztažená na metr čtvereční
$Q_{SSU,měs}$	celková energie vyrobená solárním termickým systémem
$Q_{p,TV}$	potřeba energie na ohřev teplé vody
$Q_{p,VYT}$	potřeba energie na vytápění
$Q_{p,c}$	celková energie potřebná na ohřev vody a vytápění
$Q_{ss,měs}$	celková energie využitá pro ohřev a vytápění
$q_{ss,u}$	měrný energetický zisk ze solárního termického systému
Q_{ss}	celkový energetický zisk ze solární soustavy
f	solární pokrytí
el.	elektřina