

Česká zemědělská univerzita v Praze
Provozně ekonomická fakulta
Katedra ekonomiky



Bakalářská práce
Fotovoltaika a její aplikace pro nízkoenergetické stavby

Martina Hlaváčová

© 2012 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekonomiky

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hlaváčová Martina

Veřejná správa a regionální rozvoj

Název práce

Fotovoltaika a její aplikace pro nízkoenergetické stavby

Anglický název

Photovoltaics and its applications to low-energy building

Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce je provést ekonomické zhodnocení využití fotovoltaických panelů na vybraném objektu – typizovaný rodinný dům.

Díličí cíle:

- analýza dat
- specifikace objektu
- zhodnocení výkupních cen
- charakteristika obnovitelných zdrojů energie
- vymezení nízkoenergetických staveb

Metodika

První část bakalářské práce obsahuje tzv. literární rešerši k danému tématu, která je provedena na základě analýzy dokumentů, získaná z odborné literatury,

Druhá část je zaměřena na praktické aplikování na skutečném nízkoenergetickém objektu. Tyto informace byly získány na základě spolupráce s odborníkem z oboru. Pomocí výsledků zkoumání ukazatelů efektivity práce vyvodí závěry návratnosti investic do současných technologií.

- analýza dokumentů
- rozhovor
- ekonomická analýza
- ROI (Return of investment)

Harmonogram zpracování

Úvod: 05/2011

Cíl práce, metodika: 05/11

Teoretická východiska: 06/11- 07/11

Vlastní práce : 12/11

Zhodnocení a doporučení: 02/12

Závěr: 02/12

Rozsah textové části

30 - 40 stran

Klíčová slova

fotovoltaika, obnovitelné zdroje, sluneční energie, nízkoenergetický objekt, návratnost investice, zelený bonus, výkupní cena,

Doporučené zdroje informací

Kolektiv autorů: Vše o nízkoenergetickém domě, JAGA, 2008, ISBN: 977-1-359-1717-2

Bacher P.: Energie pro 21. století, KRIGL, 2003, ISBN: 80-902403-7-2

Lomborg B.: The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2001, ISBN: 0-521-80447-7

Techmagazín, TECH MEDIA PUBLISHING s. r. o., 3/2010, ISSN: 1804-5413

Murtinger K., Truxa J.: Solární energie pro váš dům, Computer Press, a. s., 2007, ISBN: 978-80-251-3241-8

Augusta P.: Velká kniha o energii, L.A. Consulting Agency, 2001, ISBN: 80-238-6578-1

Vedoucí práce

Malý Michal, Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

březen 2012

prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Jan Hron, DrSc., dr.h.c.

Děkan fakulty

V Praze dne 23.11.2011

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Fotovoltaika a její aplikace pro nízkoenergetické stavby" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Martina Hlaváčová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Michalovi Malému Ph.D. za vedení při tvorbě této práce, jeho ochotu, trpělivost a cenné rady i připomínky.

Fotovoltaika a její aplikace pro nízkoenergetické stavby

Photovoltaics and its applications to low-energy building

Souhrn

Předmětem bakalářské práce „Fotovoltaika a její aplikace pro nízkoenergetické stavby“ je ekonomické zhodnocení investic do současných technologií. Skládá se ze dvou částí, kdy první část je zaměřena na teoretické seznámení se sluneční energií a vymezení nízkoenergetických staveb.

Druhá část je zaměřena na konkrétní nízkoenergetickou stavbu, která využívá fotovoltaické články pro využití energie pro celý rodinný dům. Práce se zabývá ekonomickým zhodnocením ve dvou variantách a to principu Zeleného bonusu a Výkupní ceny. Závěrem je výběr ekonomicky výhodnější varianty, která by měla být aplikována na rodinný dům.

Summary

The subject of the thesis "Photovoltaics and its applications for low energy buildings" is an economic evaluation of investments in current technologies. It consists of two parts, the first part focuses on theoretical introduction to solar energy and the definition of low-energy buildings.

The second part focuses on a specific low-energy building that uses photovoltaic cells to use energy for the entire house. The work deals with the economic evaluation in two variants namely the principle of green bonus and purchase prices. The conclusion is the choice of the most cost-effective option that should be applied to the family house.

Klíčová slova: Fotovoltaika, obnovitelné zdroje, sluneční energie, nízkoenergetický objekt, návratnost investice, zelený bonus, výkupní cena

Keywords: Photovoltaics, renewable energy, solar energy, low-energy building, return of investment, Green bonus, purchase price

OBSAH

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ÚVOD | 8 |
| 2 | CÍL PRÁCE A METODIKA | 10 |
| 3 | LITERÁRNÍ REŠERŠE | 13 |
| 3.1 | Obnovitelné zdroje energie | 13 |
| 3.3 | Dostupnost solární energie | 15 |
| 3.4 | Energie z pohledu spotřebitele | 17 |
| 3.5 | Energeticky úsporný dům | 17 |
| 3.6 | Princip fotovoltaického článku | 19 |
| 3.7 | Princip výkupních cen | 22 |
| 4 | PRAKTICKÁ ČÁST | 26 |
| 4.1 | Popis použitého objektu | 26 |
| 4.2 | Průkaz energetické náročnosti budovy | 28 |
| 4.2.1 | Energetické vlastnosti objektu | 30 |
| 4.3 | Fotovoltaický modul CS6P-230 | 30 |
| 4.4 | Návrh fotovoltaické elektrárny | 31 |
| 4.4.1 | Zelený bonus | 33 |
| 4.4.2 | Výkupní cena | 36 |
| 4.5 | Stop stav | 38 |
| 5 | ZÁVĚR | 40 |
| 6 | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 40 |
| 7 | PŘÍLOHY | 44 |

1 ÚVOD

Pro zabývání se energetickými potřebami je nutné vzít v úvahu individuální chování lidí. V dnešní době energii potřebuje každý ke své každodenní činnosti, dokonce i naše tělo produkuje energii, která odpovídá stowattové žárovce. Už od pradávna se lidé pokoušeli ovládat a zdokonalovat formy energie, což se později zajistilo díky technické zdatnosti. Parní stroj byl důvodem průmyslové revoluce, která se během stovky let přeměnila na situaci, kdy se nejvýraznější část energie získává z fosilních paliv. Dále se ukázalo, že není možné se spoléhat na energii, která se získává ze spalování dřeva, když například Anglie byla rychle odlesněna. Z tohoto důvodu se začalo používat uhlí, které je dostupné ve větším množství a je lepším energetickým zdrojem. Na základě těchto poznatků byla v této době evidentní závislost na neobnovitelných zdrojích. Ve 20. století bylo na trhu nahrazeno uhlí ropou s lepší přepravou, skladováním a použitím.

Často řešenou otázkou v současné době je, zda je naše rostoucí potřeba energetických zdrojů udržitelná. Naše produkce je dlouhodobě závislá na uhlí a ropě. Mnozí tvrdí, že spotřebujeme zdroje tvořené miliony let pouze za několik měsíců. To je problém naší civilizace, jelikož budoucí generace má nárok využívat tyto zdroje stejně jako ta dnešní. Tento koncept není možný, a proto se musíme snažit budoucím lidem předat takové znalosti a kapitál, aby mohli žít se stejnou kvalitou života, jako generace současná. Musíme se tedy naučit úsporně energii využívat a zaměřit se více na kvalitu života než na neomezený růst.

Díky rostoucí závislosti na fosilních palivech, zdražování energií se objevuje téma obnovitelných zdrojů energie. Většina obnovitelných zdrojů má svůj původ v energii slunečního záření, které můžeme přímo využít k přeměně na teplo či elektřinu. V podmínkách ČR dopadá na 1m² povrchu asi 1100 kWh solární energie za rok. Proto při investování peněz do dnešních kvalitních fotovoltaických elektráren bude tato investice velmi prosperující.

V závislosti na stoupajících cenách za energie jsou v posledních letech přísnější požadavky na energetickou náročnost budov. Proto se veškeré domy kategorizují podle potřeby tepla na vytápění. Jedná se zejména o domy s velmi nízkou energetickou náročností, které mají výrazně nižší měrnou potřebu tepla na vytápění, než domy postavené tradiční technologií. Nízkoenergetické stavění je finančně náročné a technologicky složité.

V posledních letech se ale tato koncepce stala ekonomicky zajímavou a výhodnou investicí do budoucnosti. [2]

Tato bakalářská práce Fotovoltaika a její aplikace na nízkoenergetické objekty spojuje právě tyto dvě důležitá témata, která jsou v posledních letech velmi diskutovaným tématem. Cílem této bakalářské práce je porovnání efektivnosti investice do fotovoltaické elektrárny. Srovnává ekonomickou výhodnost varianty „výkupní ceny“ a varianty „zeleného bonusu“. První variantou je „výkupní cena“, kdy veškerou vyrobenou energii odkoupí distributor elektrické energie. Následně elektrickou energii odkoupíme od distributora zpět. Při tomto způsobu výkup probíhá za určenou cenu za daný rok a je vyplácena jako minimální, následujících dvacet let. Druhá varianta „zelený bonus“ spočívá ve spotřebování potřebné elektrické energie na objekt a následném prodeji přebytečné elektrické energie distributorovi za stanovenou cenu Energetickým regulačním úřadem. V bakalářské práci budou vypočteny ekonomické ukazatele jednotlivých variant, které slouží ke zhodnocení investic a následně bude vybrán ekonomicky nejvýhodnější způsob investice.

2 CÍL PRÁCE A METODIKA

Hlavním cílem bakalářské práce je provést ekonomické zhodnocení využití fotovoltaických panelů na vybraném objektu – typizovaný rodinný dům.

Díličními cíli jsou:

1. Analýza dat, z kterých získáme informace o současných zdrojích energie 21. století včetně současně řešených obnovitelných zdrojů, jako velmi aktuální téma pro celý svět.
2. Charakteristika a seznámení se sluneční energií a dostupností této energie v ČR.
3. Zhodnocení principů výkupních cen jako je garantovaná výkupní cena a tzv. zelený bonus. Jsou zde popsány hlavní charakteristiky těchto cen, které nám poukazují na rozdíly mezi nimi a zároveň jsou zde shrnuty jejich výhody a nevýhody, které nám vysvětlují jejich přednosti pro následné využití.
4. Vymezení energicky efektivních staveb a charakteristika jejich základních rozdílů od současných novostaveb. Je zde poukázáno na typy těchto staveb a prvky, bez kterých tyto stavby nemůžou být realizovány.
5. Představení konkrétního nízkoenergetického rodinného domu, na kterém proběhla výstavba fotovoltaické elektrárny. Na základě získaných údajů bude na tomto projektu probíhat ekonomické zhodnocení.

Bakalářská práce je členěna do dvou částí. První část obsahuje tzv. literární rešerši k danému tématu. Ta je provedena na základě analýzy dokumentů, získaná z odborné literatury a internetových zdrojů uvedených v kapitole 6 Seznam použité literatury. Analýza dokumentů se zabývá studiem a prací s odbornými knihami a webovými stránkami, které nám poskytují potřebné informace o daném tématu. Z hlediska metodiky se tedy jedná o kompilační práci využívající analytickou metodu.

Druhá část je zaměřena na praktické aplikování na skutečném nízkoenergetickém objektu, na kterém proběhla výstavba fotovoltaických článků, pro celoroční zásobování elektrickou energií. Tyto informace byly získány na základě spolupráce s odborníkem z oboru. Práce bude definovat současnou energetickou situaci v ČR a na základě konkrétních výsledků zkoumání pomocí ukazatelů efektivity vyvodí závěry návratnosti investic do současných technologií. Využití energie získané z fotovoltaických článků bude

zkoumáno v rámci dlouhodobé energetické strategie a pomocí ekonomické kalkulace budeme zjišťovat skutečný zisk.

Návratnost vložených investic

Při ekonomických analýzách investic do solárních soustav se podobně jako u jiných opatření na úsporu energie hodnotí prostá doba návratnosti a diskontovaná doba návratnosti.

Prostá návratnost

Prostá návratnost, jako jedna ze statických metod hodnocení investic, která nezohledňuje skutečnou časovou hodnotu peněz. Proto zkresluje pohled na efektivnost investice a slouží jen jako pomocné orientační kritérium pro investiční rozhodování. Kritérium určuje, za jak dlouho pokryjí nediskontované úspory energie instalací solární soustavy její investiční náklady [27].

$$Ts = \frac{IN}{RU} \quad (2.1)$$

IN investiční náklady na solární soustavu v Kč

RU roční úspora nákladů instalací solární soustavy v Kč/rok

Diskontovaná (reálná) návratnost

Reálná návratnost zohledňuje cenu peněz v průběhu let, a proto patří mezi metody dynamické. To znamená, že jedna koruna získaná za pět let bude mít jinou hodnotu než ta současná. Výsledky reálné návratnosti vycházejí vždy delší než u návratnosti prosté [28].

$$Tds = \frac{IN}{DRU} \quad DRU = \frac{RU}{(1+r)^t} \quad (2.2)$$

r diskont

t rok, ke kterému se DCF počítá

Rentabilita investic – Return of investment (ROI)

$$ROI(\%) = \frac{\text{výnosy}}{\text{investice}} * 100 \quad (2.3)$$

- ROI = 100 %, výnosy plně pokryly investice
- ROI > 100 %, projekt generuje zisk
- ROI < 100 %, je projekt ve ztrátě [29]

Úroková míra

$$[(100 + R) / (100 + i)] - 1 * 100 \quad (2.4)$$

R čistý úrok u vkladu

i inflace

Budoucí hodnota banky (Splatná částka)

$$S = P * (1 + i)^n \quad (2.5)$$

P základ

i úroková míra

n počet úrokovacích období

Čistá současná hodnota (ČSH)

$$ČSH = \sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+i)^n} - K \quad (2.6)$$

P_n peněžní příjem v jednotlivých letech životnosti

n jednotlivá léta životnosti

K kapitálový výdaj [30]

Další dynamická metoda vyhodnocování efektivnosti investic. Projekty, které mají negativní čistou současnou hodnotu, jsou nevýhodné a neměly by se realizovat. Při pozitivní hodnotě jsou projekty výhodné a rozhodujeme se pro projekt s nejvyšší hodnotou [30].

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Obnovitelné zdroje energie

Zákon Obnovitelné zdroje energie (OZE) charakterizuje takto:

"Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu."[5]

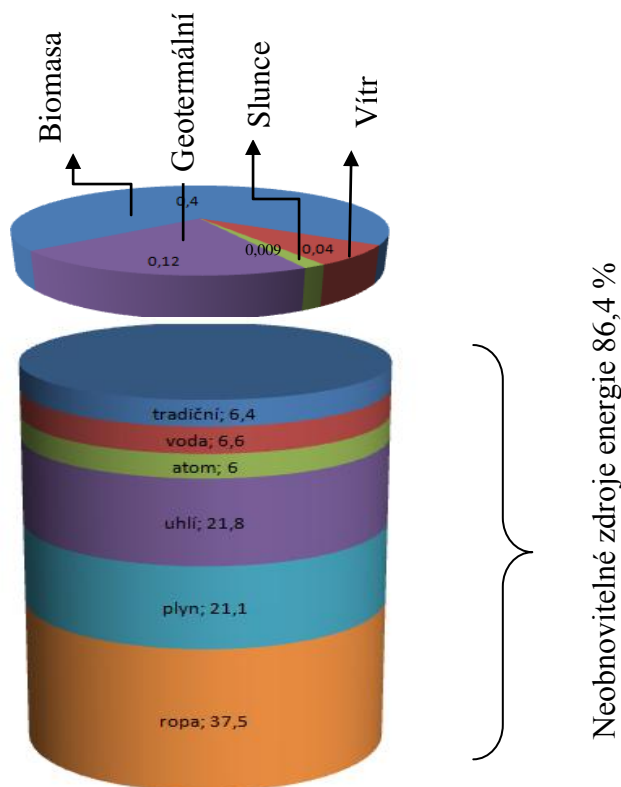
Energie z obnovitelných zdrojů neboli Zelené energie jsou čím dál více v zájmu společnosti. Myšlenka přechodu na úspornější a šetrnější výrobu energie, je stále více podporována státem a nadnárodními společnostmi. Přes tento vývoj je kladena otázka, zda jsme připraveni na nástup této technologie výroby energie [4].

Tyto zdroje jsou na rozdíl od těch fosilních charakteristické tím, že se mohou využívat, aniž by se vyčerpávali. Mezi obnovitelné zdroje se řadí pestrá škála zdrojů energie. Ke klasickým zdrojům patří energie vody a větru. Další energie se objevily s vývojem techniky, např. geotermální energie. Dále do této skupiny patří energie slapů, sluneční energie, tepelná energie oceánů a biochemická konverze [3].

Tyto zdroje energie mají velké výhody jak pro ovzduší, tak státy, které je využívají. Z prvního hlediska neznečišťují, protože nemají skoro žádné emise oxidu uhličitého a státy jsou mnohem méně závislé na dovozu paliv [2].

Pro život je přesto nejdůležitější sluneční energie. Při průchodu zemskou atmosférou se záření oslabuje. Asi 31% se od atmosféry odrazí zpět do vesmíru, 17,4 % je pohlceno atmosférou, 4,2 % se odrazí od zemského povrchu, 33 % pohltí oceány, 14,4 % pevniny a 0.1 % přijímají zelené rostliny. Tato energie se v konečné fázi změní v teplo a vyzáří zpět do vesmíru [3].

Graf 1: Podíl jednotlivých zdrojů na globální produkci energie



Zdroj: Lomborg B.: *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World*, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2001, ISBN: 0-521-80447-7

Na tomto grafu je zobrazen podíl jednotlivých zdrojů na globální produkci energie v roce 1998. Neobnovitelné zdroje tvoří až 86,4 %. Obnovitelné zdroje tvoří především výroba hydroelektrické energie a tradiční paliva, jako je palivové dříví, dřevěné uhlí. Skoro každoročně roste spotřeba obnovitelných zdrojů energie mnohem rychleji než spotřeba ropy. Přesto nynější nízký podíl těchto zdrojů na globální energetické produkci není schopný konkurovat fosilním palivům [2].

3.2.1 Energie slunce

Ze Slunce přichází nejvíce energie na Zemi. Slunce dává tolik energie, že by mohlo věčně udržet rozžaté 180wattové žárovky na každém m² zemského povrchu. Nepřetržitý tok slunečního záření, který dopadá na zemi, převyšuje energetické potřeby lidstva, proto patří mezi obnovitelné zdroje energie. Bohužel tato energie není rozdělována rovnoměrně, jako například u tropických a polárních oblastí. Je zřejmé, že dodávka sluneční energie vysoce překonává ostatní zdroje, což znamená, že i při současných solárních panelech by

všechnu spotřebu energie mohlo zabezpečit území v tropech ve tvaru čtverce se stranou dlouhou 469 km [2]. Bohužel Slunce má výpadky (den-noc, přechod mračen), proto se v praxi musí kombinovat s rezervními zdroji energie či akumulátory energie.

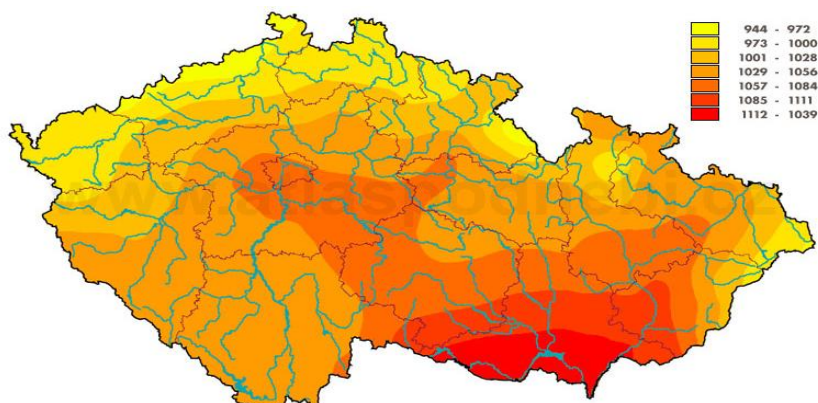
Rok 2010 byl pro český fotovoltaický trh velmi významný. Nicméně i přes úspěch se u solárních elektráren objevily záporné stránky. Hlavním důvodem je zabírání velkých ploch zemědělské půdy a ekonomické důsledky, které zapříčinilo jejich masové rozšíření. Zde máme na mysli státní podporu a dotované výkupní ceny. Stát výrobcům elektřiny z tohoto zdroje zajišťuje výkupní ceny a garantuje vykoupení elektřiny, kterou pak distributoři prodávají výrazně levněji, než za kolik vykupují. V ČR vzniklo více než 11 000 slunečních elektráren [4].

Celkově si česká energetika nevede špatně. Tomu nasvědčují výsledky hloubkového dlouhodobého auditu Mezinárodní energetické agentury OECD, kdy při zveřejnění výsledků v říjnu 2010 byla Česká republika oceněna za energetickou politiku. Především za zajištění energetické bezpečnosti, liberalizaci trhu a za energetickou koncepci, která se připravuje s výhledem na více let. Nedostatkem, který by se měl do budoucna vylepšit je prohloubení spolupráce se sousedy a více se zaměřit na efektivní využívání energií [4].

3.3 Dostupnost solární energie

Solární energie je na Zemi dostupná všude, ale ne každé lokalitě je přáno stejné množství [3]. V České republice je dostupnost solární energie ovlivněna mnoha faktory, mezi které patří zeměpisná šířka, roční doba, oblačnost, lokální podmínky a sklon plochy, které jsou v následujících odstavcích podrobněji popsány. Zajímavým faktem zůstává, že se údaje o slunečním záření v ČR od jednotlivých zdrojů v mnohém liší. Podle dosavadně publikovaných informací zjistíme, že v ČR dopadne na 1m^2 vodorovné plochy zhruba 950–1340 kWh energie. Roční množství slunečních hodin se v praxi pohybuje v rozmezí 1331–1844 hodin, odborná literatura uvádí rozmezí 1600–2100 hodin. Z hlediska praktického využití platí, že z jedné instalované kilowaty běžného systému, lze za rok získat průměrně 800–1100 kWh elektrické energie. Ročně však dopadne na plochu České republiky několikanásobně větší množství energie, než je schopna spotřebovat [10].

Obrázek 1: Průměrný roční úhrn slunečního záření [kWh/m²]



Zdroj: <http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/slunecni-energie> [cit. on-line 2011-05-23]

Faktory ovlivňující dostupnost solární energie

Zeměpisná šířka

Nejvíce záření dopadne na Zemi v oblastech okolo rovníku a nejméně u pólů.

Roční doba

Množství slunečního záření se mění v průběhu roku. V zimě je kratší den a slunce nízko, větší oblačnost a proto za slunečního dne dopadne na 1m² pouze 3 kWh, což snižuje energetický zisk solárních zařízení. Naopak v letním období za jasného dne dopadne na 1m² plochy až 8 kWh, při oblačném počasí jen 2 kWh.

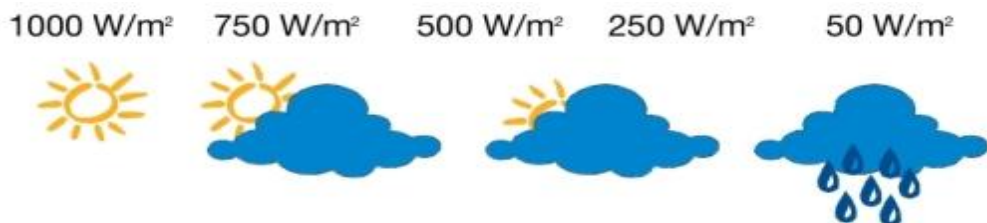
Místní klima, oblačnost

Zásadní vliv na průchod záření mají mraky. Při jasné obloze na zem dopadá přibližně 75 % záření, což je asi 1 kW/m². Při zatažené obloze je to 15 %. Kromě oblačnosti má na množství energie vliv znečištění atmosféry, výskyt přízemní mlhy aj.

Sklon a orientace plochy, na niž sluneční záření dopadá

Maximální výkon ze slunečního záření získáme na kolmé ploše k dopadajícím paprskům. V praxi je toto viděno zřídka, proto se články vystavují se sklonem 45° k jihu. Pro větší zisk v zimním období je optimální zvýšit sklon na 60° a v letních měsících lze použít sklon 30° [6].

Obrázek 2: Orientační množství dopadajícího slunečního svitu v závislosti na počasí



Zdroj: <http://www.solarhit.cz/index.asp?menu=563> [cit. on-line 2011-06-13]

3.4 Energie z pohledu spotřebitele

Energie, která se vyskytuje v přírodě v tzv. surové podobě, se nazývá energií primární. Hlavními zdroji jsou především již zmíněná uhelná ložiska, ropná a plynová pole, ložiska uranových rud, spády vodních toků a elektřina vodních, geotermálních a jaderných elektráren. V nich se kilowatthodiny energie udávají jako tuny ropného ekvivalentu (toe). Primární energie neslouží k přímé spotřebě. Přírodní paliva se musí chemicky upravit v plynárnách, koksárnách, rafinériích, a tak se primární mění v energii zušlechtěnou. Ta je dopravena ke spotřebitelům, kteří ji kupují jako energii spotřební a pak si jí mění ve spotřebičích na energii uživatkovou. V zařízeních upravující přírodní paliva odpadá spousta energie, kterou je dnešní technologie schopna stále více využívat. Tuto energii je možno nazvat energií sekundární neboli odpadní [3].

3.5 Energeticky úsporný dům

Energeticky úsporný dům je specifický nízkou energetickou náročností. Mezi dva hlavní koncepty, které charakterizují energeticky efektivní dům, je teplo, které neunikne z domu a proto ho není třeba doplňovat. Množství tepla, které z domu uniká, lze využít ve prospěch domu [7]. Zmenšují se tedy náklady na vytápění domu, větrání domu, chlazení domu, spotřeba elektrické energie a spotřeba vody. Domy s tepelně-technické kvality obvodového pláště se za poslední roky velice zvýšily, tudíž jsou tepelné úniky nepatrné a do místností se nemusí instalovat systém vytápění. Materiály pro stavbu tohoto typu domu mají konstrukce s lepšími parametry, než požaduje ČSN a jiné související předpisy [11].

3.5.1 Nízkoenergetický dům

O nízkoenergetické stavby, je čím dál víc větší poptávka, zejména díky rostoucím cenám energií. Jsou to budovy, které s roční potřebou tepla nepřekročí maximálně 50kWh/m². Ve své podstatě jde o zabránění tepelných ztrát a současné využití tepla, které se v klasické stavbě nevyužívá, jako je teplo z domácích spotřebičů nebo sluneční záření, které do domu jde okny a také teplo produkované lidskými těly.

Mezi další kritéria patří například tepelně-izolační standard, neprůvzdušnost obvodových konstrukcí, využívání obnovitelných zdrojů energie a účinný systém vytápění. Obecně se uvádí, že náklady na vytápění u tohoto typu domu klesnou na polovinu oproti klasické výstavbě. Mezi materiál s největší funkčností pro stavbu domu patří všeobecně dřevo, které má výborné tepelně-izolační vlastnosti. Stěny nepohlcují teplo a tak se vytápí pouze vnitřní objem místnosti [11].

3.5.2 Energeticky pasivní dům

Energeticky pasivní dům zastupuje nejnovější vývojový stupeň, který výrazněji snižuje energetickou potřebu budovy a jeho potřeba tepla na vytápění ročně nepřevyšuje 15 kWh/m². Oproti současným budovám spotřebuje o 85–90 % méně energie [12]. Koncepce pasivního domu je velmi jednoduchá. Kvalitní izolace nepropouští teplo ven z budovy a nepropouští ho ani dovnitř, tudíž využije co nejefektivněji tepelné zisky, které má objekt k dispozici [11]. Všechny tyto prvky zvyšují kvalitu života bydlení a hodnotu nemovitosti.

3.5.3 Energeticky nulový dům

Nulový dům neboli dům s nulovou potřebou energie představuje stavby, které mají potřebu pro vytápění maximálně 5 kWh/m² [7]. V tomto typu není instalován žádný systém aktivního vytápění, veškerou energii získává ze sluneční energie. Dosáhnutí těchto hodnot je podmíněno několika faktory jako je klimatická poloha stavby, orientace stavby vzhledem ke světovým stranám a zejména technologie konstrukce [13]. Vlastní výroby elektřiny bývá zajištěna obnovitelným způsobem. Kvůli vysoké investici do stavby nulového domu se objevuje velmi málo.

Tab. 1: Měrná potřeba tepla na vytápění

| Kategorie budovy | Potřeba tepla na vytápění (v kWh/m ² .a) |
|----------------------|--|
| Starší budovy | Často více než dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby |
| Současná novostavba | 80-130 |
| Nízkoenergetický dům | 15-50 |
| Pasivní dům | 5-15 |
| Nulový dům | 0-5 |

Zdroj: <http://www.ekonomicke-nizkoenergeticke-stavby.cz/> [cit. on-line 2011-06-27]

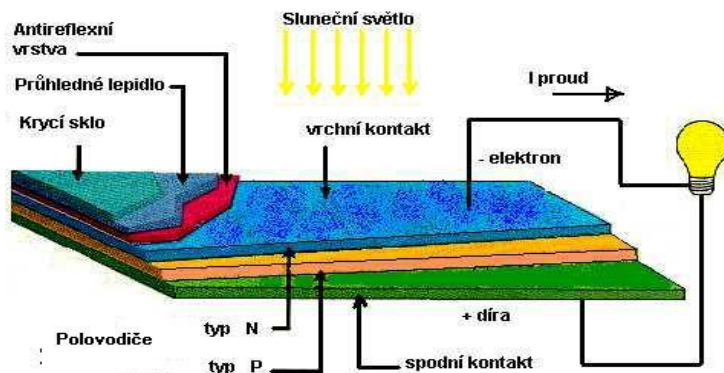
3.6 Princip fotovoltaického článku

Solární článek je složen ze dvou vrstev krystalického křemíku. Vrchní vrstva křemíkového plátku je sycena fosforem, který představuje polovodič typu N s přebytkem elektronů. Spodní vrstva se skládá z mřížky stříbra s příměsí hliníku. Při výrobním procesu hliník pronikne do křemíkového plátku a vytvoří vrstvu polovodiče typu P, kde je elektronů nedostatek. Mezi těmito dvěma vrstvami se vytvoří přechod NP tzv. elektrická bariéra, která brání přechodu elektronů z vrstvy N do vrstvy P.

Při dopadu světla na vrstvu N se uvolňují elektrony. Ty se zde hromadí, protože přes elektrickou bariéru nemohou přecházet do vrstvy P. Nahromaděním elektronů se vytvoří elektrický potenciál, který odpovídá napětí asi 0.6 V, v jednom solárním článku. Připojením elektrického obvodu na kontaktní plošky začnou elektrony procházet ze svrchní vrstvy P do vrstvy spodní N [18].

Pokud je článek připojen pomocí vodičů na spotřebič, kladné a záporné náboje se vyrovnají a obvodem prochází elektrický proud. Účinnost přeměny sluneční energie na energii elektrickou závisí na materiálu a způsobu výroby článku (10-40 %) [14].

Obrázek 3: Princip fotovoltaického článku



Zdroj: <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/slunce/slunce.htm> [cit. on-line 2011-06-13]

Technologie solárních článků

Fotovoltaické články se vyvíjí téměř 50 let, kdy byla vyrobena celá řada typů s různou konstrukcí a materiálem. Proto se tyto články rozdělují na tyto generace:

- 1) *První generace* – články vyráběné z destiček monokrystalického křemíku, ve kterých je vytvořen velkoplošný P-N přechod. Výhodou dobrá účinnost a dlouhodobá stabilita výkonu. Mezi nevýhody patří spotřeba čistého křemíku, který je nákladný a náročnost pro výrobu.
- 2) *Druhá generace* – po zmíněné první generaci zde přetrvává snaha snížit množství potřebného křemíku a používání tenkovrstvých článků, což celkově zlevní výrobu. Nevýhodou je nízká účinnost, která u těchto článků postupem času klesá. Tato generace se používá například při výrobě článků jako součást oblečení či napájení přenosných zařízení.
- 3) *Třetí generace* – tyto články se vyznačují svou odlišností, kdy používají jiný přechod než p-n a často i jiné materiály.
- 4) *Čtvrtá generace* – články, které jsou složeny z jednotlivých vrstev, díky čemuž využívají velkou část slunečního záření. To co propustí horní vrstva využijí vrstvy hlubší [8].

Fotovoltaické zařízení zaujímá velkou řadu ekologických i provozních výhod, ale na druhou stranu se musí vzít v úvahu určité nevýhody, které plynou z klimatických podmínek, které mohou znepříjemnit efektivní využití fotovoltaických zařízení.

Výhody:

Je využíván nevyčerpatelný zdroj energie

Při provozu nevznikají žádné emise nebo jiné škodlivé látky

Provoz je nehlukný a téměř nevyžaduje obsluhu

Nevýhody:

Nižší roční intenzita slunečního záření s krátkou roční dobou slunečního svitu

Potřeba velké plochy na výstavbu článků

Vysoké investiční náklady na instalaci

Potřeba záložního zdroje elektřiny [16]

Sluneční článek je nejjednodušší zařízení k přímé přeměně slunečního záření na elektřinu. Základem fotovoltaického systému jsou fotovoltaické články seskupené do modulů různých velikostí a výkonů. V současné době jsou nejvíce používány křemíkové moduly. Různým zpracováním křemíku lze vyrobit monokrystalické, polykrystalické a amorfní fotovoltaické články. Rozdíl mezi prvními dvěma články je převážně vizuální. Monokrystalické články jsou více účinné, ale s jeho tvarem není jeho využití plochy dokonalé, proto v ohledu na účinnost jsou si oba druhy podobné a dosahují hodnot okolo 12-16 %.

Nejnovějším druhem jsou články z amorfního křemíku, který je nanesen na fólii nebo sklo s účinností okolo 9 %. Pro dosažení daného výkonu je potřeba 2,5x větší plochy, než v prvních dvou případech, ale celoroční výnos je až o 10 % vyšší. V ČR je nejvýhodnější panely umístit směrem na jih pod úhlem sklonu 30-40°.

U fotovoltaických zařízení se výkon vyjadřuje v kilowatt peak (kWp). Tato jednotka měří výkon solárního článku nebo panelu v bodě maximálního výkonu za standardních testovacích podmínek (1000 W/m², 25°C).

Životnost fotovoltaických panelů

O životnosti lze povídat, pokud jeho výkon klesne o 20%. Panely mohou být funkční, ale jejich účinnost bude stále klesat. V praxi na prvních instalacích poklesla účinnost po 25 letech kolem 6 až 8 %, proto skutečná životnost novějších instalací bude delší.

Staré panely nemusí být hned zlikvidovány, ale často jsou nabízeny dalším odběratelům, kteří dávají přednost nízké ceně panelů než účinnosti.

PV cycle

PV cycle je dobrovolně založená celoevropská aktivita výrobců a dodavatelů fotovoltaických panelů. Pracuje na základně správného nakládání s odpadem v souladu s rámcovou směrnicí o odpadech 2008/98/ES. Na každém sběrném místě PV Cycle jsou poskytnuty dva kontejnery s rozdělením na krystalické křemíkové fotovoltaické panely a na tenkovrstvé panely.

Krystalické panely se převážně skládají ze skla (60-70%), hliníkového rámu (20%). U tenkovrstvých panelů je podíl skla a hliníku přes 95%. Oba tyto materiály jsou zcela recyklovány. Kovové materiály se z tohoto odpadu získávají zpět a plastové části lze recyklovat pouze jen částečně či vůbec [24].

3.7 Princip výkupních cen

Fotovoltaické články se montují při instalaci do 5 kWh zejména na střechy rodinných domů. Při vyšších výkonech se panely instalují na konstrukce umístěné na volné ploše na zemi.

Fotovoltaické systémy pro přímou dodávku elektrické energie do veřejné distribuční sítě jsou dnes nejrozšířenější ze všech fotovoltaických systémů. Množství vyprodukované energie je měřeno elektroměrem a udáváno v kWh. Provozovatelé těchto sítí jsou povinny ze zákona č. 180/05 Sb. tuto energii vytvořenou obnovitelným zdrojem vykupovat za cenu, kterou stanovuje Energetický regulační úřad (ERÚ). Tato cena je označována jako ***garantovaná výkupní cena*** a je vyplácena jako minimální a navyšuje se o index PPI po dobu dvaceti let od uvedení zdroje do provozu. Investor je povinen podávat hlášení o naměřené výrobě každý půlrok. Po uplynutí této doby je možné systém stále využívat pro vlastní potřebu elektrické energie po dobu životnosti fotovoltaických modulů [15].

Výhody:

Zajištěný odbyt vyprodukované energie

Vyšší výkupní cena elektřiny a to 7,5 Kč

Nevýhody:

Nutnost platit za odebranou elektřinu [16]

Princip Zelených bonusů

Tzv. Zelený bonus, jako další možnost podpory, kterou si investor může zvolit. Toto schéma pracuje na principu, kdy většinu vyrobené elektrické energie spotřebováváme sami. Nespotřebovaný přebytek elektřiny je prodáván provozovateli přenosové soustavy. Zelený bonus se získá za veškerou vyrobenou energii, tedy i zahrnuje tu, co objekt spotřeboval. Nespotřebované přebytky se mohou volně prodat a tato částka je přičtená k zelenému bonusu. Není stanoveno, kolik energie je třeba spotřebovat ani kolik je nutno prodat distributorovi sítě.

Jde o systém, kdy si výrobce na trhu hledá obchodníka, kterému prodá elektřinu za tržní cenu. Při prodeji získá výrobce od provozovatele distribuční soustavy zmíněný zelený bonus neboli prémii, který stanoví regulační úřad. Majitel domu, který má na střeše fotovoltaické zařízení, se proto stává výrobcem elektrické energie. O podporu je nutné přihlášení u příslušného regionálního distributora, kterému se posílají měsíční výkazy o výrobě elektřiny [15]. V řadě zemí je tento model upřednostňován kvůli menší zátěži přenosové soustavy. V ČR je zelený bonus podporován pro instalace do 30 kW.

Výhody:

Neplatí se spotřebovaná energie v objektu.

Z finančního hlediska je tento způsob výhodnější, protože k zisku za zelený bonus je třeba připočíst cenu, která by se zaplatila dodavateli za odebranou energii.

Nevýhody:

Zelený bonus za 1kWh 6,5 Kč, což je nižší než u výkupní ceny.

Je třeba si samostatně najít odběratele, kterému je prodávána přebytečná energie.

Přebytečnou energii se nemusí podařit prodat [16].

Ostrovní provoz (Off-grid system)

U ostrovního provozu jde o systémy, které nejsou propojeny s elektrickou sítí. U těchto systémů je použití zejména tam, kde není možné zásobovat elektrickým proudem z veřejné napájecí sítě nebo na nepřístupných místech, kde by budování nové přípojky bylo ekonomicky náročné. Jedná se například o horské chaty, karavany, lodě. V autonomních zařízeních se používá solární akumulátor k ukládání energie, nabíjecí regulátor pro kontrolu nabíjení a vybíjení a fotovoltaický panel.

V tomto případě není možné využívat žádný způsob podpory výkupu. Nevýhodou tohoto systému je vysoká pořizovací cena a asi dvakrát dražší cena za vyrobenou 1kWh naproti kWh dodané z distribuční sítě [25].

Tab. 2: Cenové rozhodnutí ERÚ

| Datum uvedení do provozu | Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh | Zelené bonusy v Kč/MWh |
|--|--|------------------------|
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu po 1. lednu 2011 včetně | 7 500 | 6 500 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu po 1. lednu 2009 včetně | 12 890 | 11 910 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008 | 13 460 | 12 650 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007 | 13 800 | 12 990 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006 | 6 570 | 5760 |

Zdroj: http://www.enerfinplus.cz/fotovoltaika_uvod.php [cit. on-line 2011-06-19]

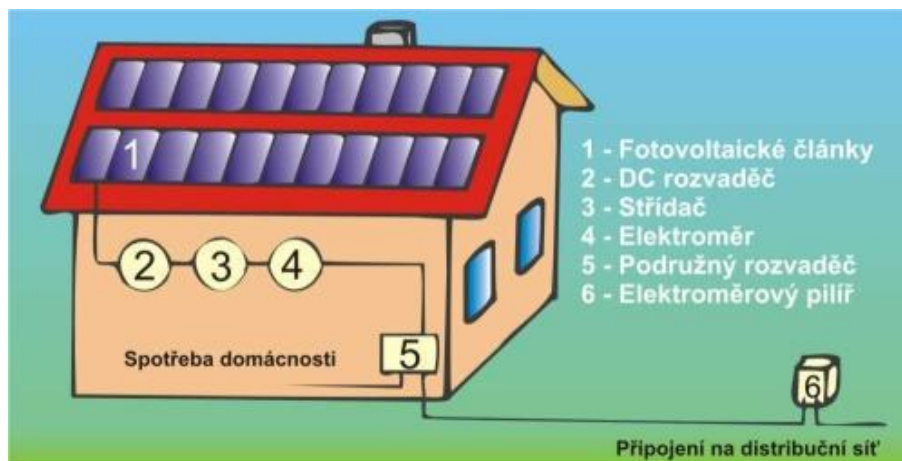
Zelené bonusy i výkupní ceny jsou podřízeny státní regulaci a proto je možné, že dojde k odchýlení od původně stanovených hodnot. Pokud cena energie vzroste, zvedne se i výše bonusu a výkupní ceny. Na rok 2011 je pro fotovoltaické elektrárny uvedené před začátkem roku stanoven maximální nárůst těchto cen na 104 %. Maximální snížení obou příspěvků je stanoven na 95 %.

Celkově tzv. Zelený bonus se vyplatí pro ty, kteří jsou schopni alespoň část vyrobené elektřiny spotřebovat, proto je výhodný pro objekty s vyšší spotřebou. Souběžně s tímto je důležitá cena elektřiny, proto čím dražší elektřina je, tím více se vyplatí tento bonus, protože za spotřebovanou energii se už neplatí. Forma výkupní ceny je tedy oproti tomu vhodná pro objekty s nižší spotřebou energie.

Pokud uživatel zjistí, že vybraná forma podpory není ideální, může ji jednou ročně změnit. Při přechodu uživatel zůstává stále ve stejné kategorii, která závisí na datu uvedení elektrárny do provozu. Změnu je nutné nahlásit do 30. listopadu kalendářního roku a bude platná od 1. ledna následujícího roku. Zelený bonus společně s garantovanou výkupní cenou není možno kombinovat [16].

Daňová úleva: Z hlediska investice do fotovoltaiky je důležitý také zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů. Ten říká, že příjmy z provozu obnovitelných zdrojů energie jsou osvobozeny od daně ze zisku, a to v roce uvedení do provozu a následujících 5 let (§ 4 písmeno e) [15].

Obr. 4: Schéma zapojení pro využití zelených bonusů



Zdroj: http://www.enerfinplus.cz/fotovoltaika_popis_technologie.php [cit. on-line 2011-06-19]

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Popis použitého objektu

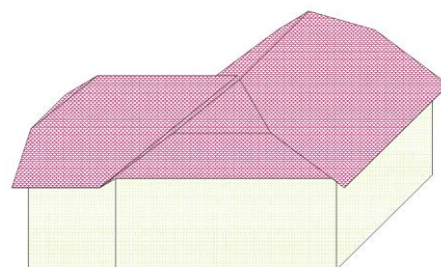
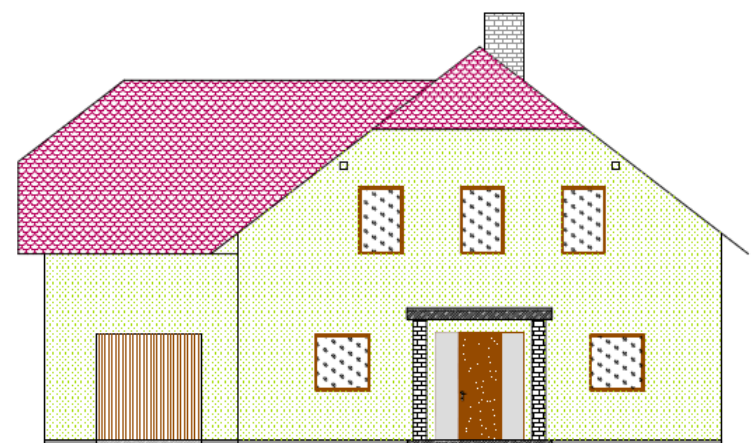
Novostavba rodinného domu, Moravské Budějovice, p. č. 368/183. Objekt k trvalému bydlení s jednou bytovou jednotkou, 4 -5 osob. Stavba je situována v obci Moravské Budějovice. Rodinný dům 7+1 je řešen jako nepodsklepený patrový, s obytným podkrovím se sedlovou střechou se sklonem střešních rovin 37° a přistavěnou provozně spojenou garáží. Dům má půdorysný tvar písmene L.

Do domu se vchází předsíní, ze které je přímý vstup do haly. Odtud vedou dveře do pracovny, garáže, chodby a na schodiště do 2. NP. Z chodby je přístup do komory, technické místnosti, studovny, koupelny, WC a obývacího pokoje, který je spojen s kuchyní a jídelnou. Z chodby v 2.NP je přístup do prostoru nad garáží, který slouží jako sklad. Dále se pokračuje do šatny, dětského pokoje, pokoje pro hosty, druhého dětského pokoje, koupelny, WC a ložnice.

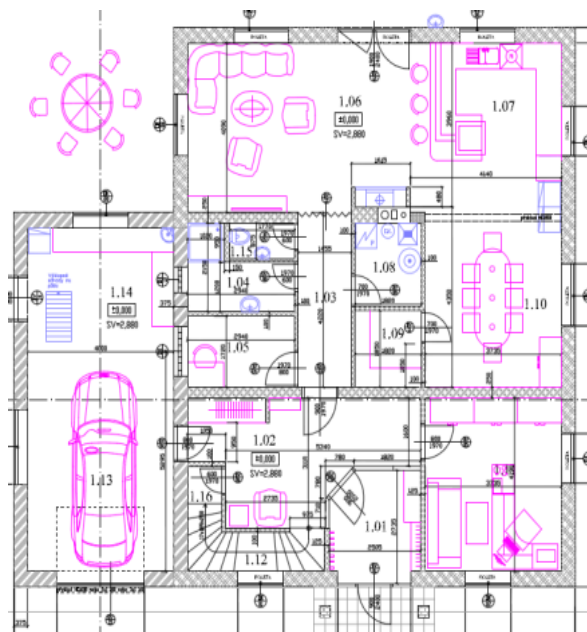
Obr. 5: Stavba domu, 1.NP, 2.NP

Pohled

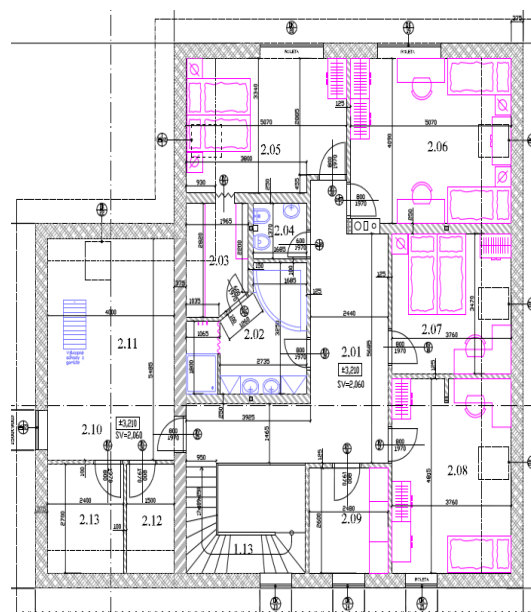
1.NP



1.NP



2.NP



Zdroj: Základní popis domu, vytvořený 17. 8. 2010 Ing. Petrem Křivánkem

Specifikace:

Základy:

Základové pasy – základová deska – bez podsklepení

Obvodové stěny - dům

Ytong Lambda 375 – bez dodatečného zateplení

Obvodové stěny - garáž

Ytong 375 – bez dodatečného zateplení

Příčky 1.NP

Ytong P2 - 500

Nosné stěny v 1.NP

Ytong P4 – 500 a P2 - 400

Strop nad 1.NP

bílý strop Ytong

Příčky 2.NP

SDK konstrukce

Podkroví

SDK podhledy a šikminy

Střecha – krov

Sedlový tvaru L + polovalby – bez půdního prostoru

Krytina

betonová taška KMB – Beta

Okna a venkovní dveře

plastová

Způsob vytápění

Podlahové vytápění v obou patrech.

Fasáda

silikonový fasádní systém bez zateplení (BAUMIT)

[31]

Výměry:

| | | | | |
|----------------------------|------------|---|------------|----------------------|
| Zastavěná plocha: | 149 (RD) | + | 40 (G) | = 189 m ² |
| Užitná plocha: | 150 (1.NP) | + | 146 (2.NP) | = 295 m ² |
| Obestavěný prostor: | 862 (1.NP) | + | 410 (2.NP) | =1273 m ³ |

* (RD= rodinný dům, G= garáž, 1.NP – první nadzemní patro, 2.NP – druhé nadzemní patro) [22]

4.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

Průkaz energetické náročnosti budovy je zcela nově definován zákonem č. 177/2006 Sb., jenž je novelou zákona č. 406/2000 Sb. Dále je forma a způsob zpracování průkazu energetické náročnosti rozepsána ve vyhlášce č. 148/2007 Sb. [22].

Průkaz energetické náročnosti budovy (ENB) hodnotí budovy z hlediska její energetické náročnosti, tzn. z hlediska tepelných ztrát, nákladů na vytápění, ohřev teplé užitkové vody, osvětlení budovy aj. Toto vše představuje hodnocení kvality objektu. Vypracováním Průkazu ENB získá stavitel podrobnou informaci o tepelně technických vlastnostech objektu. S nepříznivými výsledky je zde možnost upravit energetickou náročnost objektu na optimální hodnotu před zahájením samotné stavby, aby se snížily finanční prostředky, potřebné pro budoucí provoz objektu.

Pokud Průkaz ENB potvrdí, že budova vyhovuje požadavkům na energetickou náročnost dle ČSN 73 0540-2:2011, získá stavebník jistotu, že postaví objekt, který svými tepelně technickými vlastnostmi vytvoří příjemné a ekonomicky výhodné bydlení.

K posouzení tepelně technických vlastností konstrukcí obálky budovy, nám slouží Energetický štítek obálky budovy, vypracovaný dle ČSN 73 0540-2:2011. Dle výše spotřeby energií v kWh spotřebované energie na m² užitkové plochy za rok budovu zařazuje do jedné ze 7 tříd (A - G) podle spotřeby všech vstupujících energií, tj. energie na vytápění, ohřev vody, větrání, osvětlení. Za vyhovující jsou považovány budovy v kategoriích A - C. Klasifikační třída A odpovídá pasivním domům, třída B nízkoenergetickým domům.

A, B, C - třídy vyhovující













D, E, F, G - třídy nevyhovující

Povinnost stavebníkům a vlastníkům budov vypracovat průkaz energetické náročnosti budovy vyplývá z § 6a zákona č. 406/2006 Sb., směrnice EP 2002/91/ES a vyhlášky č. 148/2007 Sb. o energetickém posuzování budovy.

Průkaz ENB je podle novely energetického zákona 177/2006 Sb.) od 1. 1. 2009 povinnou součástí dokumentace při výstavbě nových budov, rekonstrukci či změnách dokončených budov s plochou nad 1000 m² a při prodeji nebo nájmu těchto objektů nebo jejich částí. [19]

Od roku 2012 bude průkaz energetické náročnosti budovy vyžadován ke všem objektům, které jsou určeny k bydlení, pronájmu či ke komerčním účelům [20].

Tab. 3: Průkaz energetické náročnosti budovy

| Typ budovy, místní označení: RD - Rodinný dům Adresa budovy: Moravské Budějovice, p.č. 369/186 Celková podlahová plocha Ac : 261.4 m2 | Hodnocení budovy | |
|---|--|--------------|
| | stávající stav | po realizaci |
| <51  | | |
| 51  |  | |
| 97  | | |
| 142  | | |
| 143  | | |
| 191  | | |
| 192  | | |
| 240  | | |
| 241  | | |
| 286  | | |
| >286  | | |
| Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/(m ² .rok) | 93 | 0 |
| Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ | 87,9 | 0 |

| Podíl dodané energie v % | | | | |
|--------------------------|----------|---------|------------|-----------|
| vytápění | chlazení | Větrání | Teplá voda | Osvětlení |
| 82 | 0 | 0 | 10,8 | 7,2 |

Zdroj: Comfort Space, a. s., Průkaz energetické náročnosti budovy

Z tohoto průkazu energetické náročnosti budovy vyplývá, že nový rodinný dům splňuje podmínky kategorie B, která patří mezi vyhovující kategorie a odpovídá nízkoenergetickým stavbám.

Energická náročnost budovy obsahuje potřebu energie na vytápění vztažená na celkovou podlahovou plochu, která činí 76,7 kWh/(m²/rok). Dále energie potřebná na přípravu teplé vody, která odpovídá 10,1 kWh/(m²/rok) a osvětlení rodinného domu, které spotřebuje 6,6 kWh/(m²/rok). Tyto součty nám dávají dohromady měrnou spotřebu energie na celkovou podlahovou plochu, která je 93.4 kWh/(m²/rok).

Celková měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_t = 201,9$ W/K. Z toho nejvíce propustí obvodová stěna domu, jejíž hodnota činí 54,8 W/K, dále podlaha na zemině a to 22,6 W/K a strop nad 2.NP 16,8 W/K. Ostatní hodnoty připadají oknům, dveřím, stěně do garáže a do skladů.

4.2.1 Energetické vlastnosti objektu

Objekt bude vytápěn pomocí elektrického kotle. Obě patra budou vytápěny pomocí podlahového vytápění. V obývacím pokoji bude umístěn krb, který bude sloužit jako sekundární zdroj topení.

Teplá voda bude připravována v zásobníku teplé vody přes elektrické topné těleso. Elektrická energie bude využívána pro osvětlení vnitřních a vnějších prostor a k zajištění provozu ostatních elektrických spotřebičů.

Tab. 4: Klimatické údaje a vnitřní výpočtová teplota

| Klimatické místo | Třebíč (Bítovánky) | |
|---|--------------------|-----|
| Venkovní návrhová teplota v topném období | °C | -15 |
| Převažující vnitřní výpočtová teplota v topném období | °C | 20 |

Zdroj: *Comfort Space, a. s. Průkaz energetické náročnosti budovy*

V klimatickém místě Třebíč a okolí jsou průměrné měsíční doby slunečního svitu 1715 hodin ročně.

4.3 Fotovoltaický modul CS6P-230

Modul CS6P-230 od výrobce Canadian Solar je polykrystalický modul, který se skládá z 60 křemíkových článků s vysoce transparentním a teplotně stabilním tvrzeným sklem. Tyto články jsou v prodeji se zárukou 10 let na výkon nad 90%, 25 let nad 80% a se

zárukou 6 let na materiál. Díky účinnosti cca 14 % poskytnou moduly vysokou efektivitu přeměny slunečního záření na energii.

Parametry:

| | |
|----------------------------------|------------------------------|
| Měrný výkon 143 W/m ² | Účinnost panelu 14,3 % |
| Jmenovité napětí 29,8V | Jmenovitý proud 7.71A |
| Pojistka stringu 15A | Napětí naprázdno 36,8V |
| Zkratový proud 8.34A | Teplotní rozsah -40 až 85 °C |

Další použití:

- Ostrovní a síťové energetické systémy
- Zajištění elektrického proudu v odlehlých oblastech
- Telekomunikace
- Navigační technologie
- Vodní pumpy, zavlažování [24]

4.4 Návrh fotovoltaické elektrárny

Nejvhodnější orientace pro umístění fotovoltaických panelů je jižní orientace a sklon mezi 30–35°. Množství elektřiny vyrobené fotovoltaickou elektrárnou závisí na počtu vystavených fotovoltaických panelů. Výkon elektrárny se uvádí v jednotkách kWp, který označuje maximální výkon elektrárny. Obecně platí, že 1 kWp zabere 8–10 m² plochy a dokáže vyrobit přibližně 1 kWh elektřiny ročně [23].

Z informací uvedených ve specifikaci objektu vyplývá, že sklon střešních rovin je 37°. Žádná část střechy není přímo směřovaná na jih, maximálně se však odklání o 30°. Tento fakt snižuje výnos z panelů na cca 85 % tedy o 15 %. Z důvodu malé plochy střechy je zde volena velikost elektrárny 5kW což odpovídá cca 40m². Jmenovitý výkon jednoho fotovoltaického modulu je 230 kW. Na střechu se tedy vejde 22 článků o rozměrech 1665 mm x 936 mm.

V souladu s odklonem střechy a sníženým výnosem z panelů je nutno snížení započítat do celkového ročního zisku. Proto celkový roční zisk se sníží na 4301 kWh.

Výpočet

$$230 \cdot 22 = 5060 \text{ W}$$

$$5060 \cdot 0,85 = 4301 \text{ W}$$

Celkové zatížení střechy

$$18 \cdot 22 = 396 \text{ Kg}$$

Tab. 5: Cenové rozhodnutí ČRÚ pro rok 2011

| Datum uvedení do provozu | Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/kWh | Zelené bonusy v Kč/kWh |
|--|--|------------------------|
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu po 1. lednu 2011 včetně | 7,5 | 6,5 |

Zdroj: http://www.enerfinplus.cz/fotovoltaika_uvod.php 2011-11-24

Tab. 6: Návrh fotovoltaické elektrárny pro rodinný dům

| | | |
|-----------------------------------|--------------|----|
| Návrh fotovoltaické elektrárny FV | 5060 | |
| Typ panelu | CSI 230 | |
| Jmenovitý výkon | 230 | Wp |
| Výška modulu | 1665 | mm |
| Šířka modulu | 936 | mm |
| Účinnost modulu | 14 | % |
| Typ měniče | Fronius, PWI | |
| Hmotnost panelu | 18 | Kg |
| Celkové zatížení střechy | 396 | Kg |
| Počet modulů | 22 | Ks |

Zdroj: autor

V této tabulce je udán souhrn údajů, které se týkají použité technologie na střeše rodinného domu. Celkový a nejvyšší dosažitelný výkon elektrárny je 5060 Wp, což je maximální výkon elektrárny. Na střechu bude nainstalováno 22 fotovoltaických panelů s výkonem 230 Wp, které se svojí hmotností 18kg zatíží střechu navíc o 396 kg.

4.4.1 Zelený bonus

Tab. 7: Fotovoltaika – Zelený bonus

| | | | |
|---|-----|-------------------------------------|-----------|
| PV maximální výkon | | 5060 | Wp |
| Účinnost v závislosti na sklonu a orientaci | | 85 | % |
| Roční energetický zisk | | 4301 | kWh |
| Výkupní cena - zelený bonus | | 6,5 | Kč/kWh |
| Celkem výkup | | 27 957 | Kč |
| | 20% | Využití – úspora elektrické energie | 1 000 kWh |
| průměrná cena společnosti ČEZ | | 4,5 | Kč/kWh |
| | 20% | využití - celková roční úspora | 4 500 Kč |
| Celkový roční zisk - maximálně dosažitelný | | 32 457 | Kč/ rok |

Zdroj: autor

Tabulka č. 7 zaznamenává údaje o zeleném bonusu již při snížení účinnosti v závislosti na sklonu a orientaci střechy rodinného domu. Zelený bonus pro rok 2011 činí 6,5 Kč/kWh. Výpočet dokazuje, že pro tento rok distributor vykoupí tuto vyprodukovanou energii za 27 957 Kč. Dále touto technologií vznikne úspora na vlastní spotřebě 4500 Kč, která by byla pravidelně placena společností ČEZ při odběru elektrické energie. Součtem těchto částek je získán maximálně dosažitelný roční zisk, který činí 32 457 Kč za 1 rok.

Pro vyčíslení nákladů na instalaci je vytvořena nabídka od stávající firmy Enerfinplus s. r. o., která se již řadu let zabývá výstavbou fotovoltaických elektráren. Tyto údaje jsou obsaženy v tabulce č. 8: Cenová nabídka firmy Enerfinplus – Zelený bonus.

Tab. 8: Cenová nabídka firmy Enerfinplus – Zelený bonus

| | | | |
|--|-----|----------------|-------------------|
| Náklady na instalaci FV zdroje a návratnost | | | |
| Technologie celkem bez DPH (s konstrukcí na šikmou střechu) | | 243 772 | Kč |
| Montáž, drobný spojovací materiál, elektromat | | 40 500 | Kč |
| Doprava montážní čety a materiálu do 100km | | 1 000 | Kč |
| Elektroinstalace pro připojení do elektrické sítě, revize, ERU | | 12 000 | Kč |
| Celkem bez DPH | | 297 272 | Kč |
| | 10% | s DPH | 326 999 Kč |

Zdroj: firma Enerfinplus s. r. o.

Výpočty:

Prostá návratnost (2.1)

$$\frac{326999}{32457} = 10,1\text{let}$$

Diskontovaná návratnost (2.2)

$$DN = \frac{326999}{26626,05} = 12,3\text{let} \qquad DCF = \frac{32457}{(1+0,02)^{10}} = 26626,05$$

Při strategicky zvolené diskontní sazbě 2 % diskontovaná neboli reálná doba návratnosti se od prosté návratnosti zvýšila. Tento výsledek znamená, že vložené prostředky se vrátí za 12,3 let, což v porovnání s životností fotovoltaických panelů stále vypovídá ve prospěch investice.

Return of investment (ROI) (2.3)

Průměrná rentabilita

$$\frac{32457}{326999} * 100 = 9,93\%$$

Rentabilita za 20 let

$$\frac{32457 * 20}{326999} * 100 = 198,5\%$$

Průměrná doba návratnosti je 10,1 roku. Za tuto dobu se investice zaplatí prostřednictvím dosahovaného průměrného zisku v jednotlivých letech a to 32 457 Kč. Každá investovaná koruna přináší 0,099 Kč (0,10 Kč) průměrného zisku. To znamená, že se každý rok splatí skoro 10 % investice. Kritérium efektivnosti je v tomto případě doba životnosti, která je u těchto zařízení předpokládána na větší než 20 let. Proto prostá návratnost splňuje podmínky pro efektivní investice.

Odúročený zisk (viz Příloha č. 1)

$$32457 * 1 / (1+0,02)^1 + 32457 * 1 / (1+0,02)^2 + \dots + 32457 * 1 / (1+0,02)^{20} = 530\,718 \text{ Kč}$$

Čistá současná hodnota (ČSH) (2.6)

$$\text{ČSH} = 530\,718 - 326\,999 = 203\,719 \text{ Kč}$$

Při výpočtu čisté současné hodnoty, jako důležitého ukazatele efektivnosti investic vyšla hodnota kladná, která dokazuje, že je vhodné investici realizovat. Čím vyšší je ČSH, tím je realizace výhodnější.

Výpočet úrokové míry (2.4)

$$R = 4\% \text{ (výnosy bezrizikových cenných papírů)}$$
$$i = 1,9\%$$

$$[(1 + 0,04) / (1 + 0,019)] - 1 = 0,0206084 * 100 = 2,0608\%$$

Budoucí hodnota u banky (2.5)

Za dobu návratnosti investice

$$S = 326999 * (1 + 0,020608)^{10} = 400\,992 \text{ Kč}$$

Pokud peníze naspořené na investici jsou vloženy na 10 let do banky při úrokové míře 2,0608%, bude budoucí naspořená hodnota 400 992 Kč. To znamená, že výnos bude 73 993 Kč za 10 let.

Za dobu 20 let

$$S = 326999 * (1 + 0,020608)^{20} = 491\,729 \text{ Kč}$$

Pokud jsou peníze naspořené na investici vloženy na 20 let do banky při úrokové míře 2,0608%, bude moje budoucí naspořená hodnota 491 729 Kč. Tento krok přinese výnos 164 730 Kč za 20 let. Z těchto výpočtů je patrné, že je výhodnější investice do fotovoltaické elektrárny se Zeleným bonusem. Odúročný zisk fotovoltaické elektrárny činní za 20 let 530 718 Kč, což je o 38 989 Kč více než při variantě vložení peněz do banky.

Tab. 9: Vypočítané údaje uspořádané do tabulky

| | | |
|--|---------|-----|
| Prostá návratnost (proti ceně s DPH) | 10,1 | let |
| Diskontovaná návratnost (proti ceně s DPH) | 12,3 | let |
| Roční zisk v % (proti ceně s DPH) | 9,93 | % |
| Čistá současná hodnota (za 20 let) | 203 719 | Kč |

Zdroj: autor

4.4.2 Výkupní cena

Tab. 10: Fotovoltaika – Výkupní cena

| | | |
|---|--------|----------------|
| PV maximální výkon | 5060 | W _p |
| Účinnost v závislosti na sklonu a orientaci | 85 | % |
| Roční energetický zisk | 4 301 | kWh/rok |
| výkupní cena | 7,5 | Kč/kWh |
| Celkem výkup | 32 258 | Kč/rok |
| Celkem nákup energie (4301kWh) | 19 355 | Kč/rok |
| Celkem výnos | 12 903 | Kč/rok |

Zdroj: autor

Z principu výkupní ceny, která vychází z kapitoly literární rešerše, vyplývá, že veškerou vyprodukovaná energie se prodá distribuční společnosti za stanovenou výkupní cenu, která je pro rok 2011 stanovena Českým statistickým úřadem na částku 7,5 Kč/kWh. Poté potřebnou energii pro rodinný dům je nutné zpětně nakoupit od distribuční společnosti. Proto je celkový výkup snížen o zpětný nákup energie, který v tomto případě byl použit ve velikosti výkonu fotovoltaické elektrárny instalované na střeše rodinného domu v průměrné ceně společnosti ČEZ 4,5 Kč. Celkový výnos se proto sníží na 12 903 Kč/rok.

Tab. 11: Cenová nabídka firmy EnerfinPlus, s. r. o – výkupní cena

| | | |
|---|----------------|----|
| Náklady na instalaci FV zdroje a návratnost | | |
| Technologie celkem bez DPH | 243 772 | Kč |
| Montáž, drobný spojovací materiál, elektromat | 60 500 | Kč |
| Doprava montážní čety a materiálu do 100km | 1 000 | Kč |
| Elektroinstalace pro připojení do el. sítě, revize, ERU | 12 000 | Kč |
| Celkem bez DPH | 317 272 | Kč |
| DPH 10% | 348 999 | Kč |

Zdroj: firma EnerfinPlus s. r. o.

Výpočty:

Prostá návratnost (2.1)

$$\frac{348999}{12903} = 27let$$

Diskontovaná doba návratnosti (2.2)

$$DN = \frac{348999}{7559,38} = 46let \qquad DCF = \frac{12903}{(1+0,02)^{27}} = 7559,38$$

Z hlediska nepříznivých výsledků u prosté návratnosti, je nutné očekávat u diskontované neboli reálné návratnosti výsledky horší a to s delší dobou návratnosti peněžních prostředků. Při stanovené úrokové míře 2 % se prodlouží doba návratnosti na 46 let, což mluví v neprospěch investice.

Return of investment (ROI) (2.3)

Průměrná rentabilita

$$\frac{12903}{348999} * 100 = 3,697\%$$

Rentabilita za 20 let

$$\frac{12903 * 20}{348999} * 100 = 74\%$$

Za dobu návratnosti 46 let se investice zaplatí prostřednictvím dosahovaného průměrného zisku v jednotlivých letech a to 12 903 Kč. Každá investovaná koruna přináší 0,037 Kč (0,4 Kč) průměrného zisku. Každý rok se splatí 3,7 % investice. Kritérium efektivnosti je v tomto případě doba životnosti, která je u těchto zařízení stanovená na větší než 20 let. Při předpokladu, že největší účinnost solárních článků je menší než 20 let, se tato investice není schopná efektivně vrátit. Stejný výsledek dokazuje i rentabilita investic, která je nižší než 100 %.

Odúročený zisk (viz Příloha č. 1)

$$12903 * 1 / (1+0,02)^1 + 12903 * 1 / (1+0,02)^2 + \dots + 12903 * 1 / (1+0,02)^{20} = 210\,983 \text{ Kč}$$

Čistá současná hodnota

$$\text{ČSH} = 210983 - 348\,999 = -346\,889 \text{ Kč}$$

Ve variantě výkupních cen Čistá současná hodnota, jako dynamický ukazatel hodnocení investic, vyšla záporně. Tento výsledek dokazuje, že tuto investici není výhodné realizovat.

Výpočet úrokové míry (2.4)

$R = 4\%$ (výnosy bezrizikových cenných papírů)

$i = 1,9\%$

$$[(1 + 0,04) / (1 + 0,019)] - 1 = 0,0206084 * 100 = 2,0608\%$$

Budoucí hodnota u banky (2.5)

Za 20 let

$$S = 348999 * (1 + 0,020608)^{20} = 524\,812 \text{ Kč}$$

Pokud se peníze naspořené na investici vloží na 20 let do banky při úrokové míře 2,0608% bude budoucí naspořená hodnota 524 812 Kč. Za 20 let bude výnos v bance 175 813 Kč. V souladu s odúročeným ziskem fotovoltaické elektrárny, který činí 210 983 Kč je jednoznačné, že větší zisk se získá vložением peněz do banky.

Tab. 12: Vypočítané údaje uspořádané do tabulky

| | | |
|--|----------|-----|
| Prostá návratnost (proti ceně s DPH) | 27 | let |
| Diskontovaná návratnost (proti ceně s DPH) | 43 | let |
| Roční zisk (proti ceně s DPH) | 3,697 | % |
| Čistá současná hodnota (za 20 let) | -346 889 | Kč |

Zdroj: autor

4.5 Stop stav

Rok 2011 způsobil majitelům fotovoltaických elektráren velký rozruch. Provozovatel přenosové soustavy ČEPS vyzvala distributory energie, aby vydaly stop stav novým žádostem o připojení z důvodu neovladnutí náporu nových zdrojů.

Zástupci České Fotovoltaické Průmyslové asociace se dozvěděli, že tyto důvody pro zamítní žádostí o připojení do sítě nejsou již aktuální. Rezervovaná kapacita je o něco vyšší, než odpovídá skutečnosti dané lokality. Znamená to tedy, že pokud je objekt připojen do sítě Pražské energetiky (PRE), nebude problém s připojením, jelikož tato síť je nejméně obsazená. Pokud je ale objekt připojený k distribuční soustavě ČEZ Distribuce a. s., či e-ON distribuce, je zde větší problém. Společnost ČEZ prohlásila, že je otevřena kapacita pro uzavírání nových smluv o připojení fotovoltaických elektráren k distribuční soustavě. Nicméně každá žádost o připojení se bude individuálně posuzovat [26].

5 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce „Fotovoltaika a její aplikace pro nízkoenergetické objekty“ bylo ekonomické zhodnocení investice do fotovoltaické elektrárny vystavěné na nízkoenergetickém rodinném domě. Následně pak porovnání těchto ukazatelů při použití dvou způsobů zapojení a to formou „Zeleného bonusu“ a „Výkupní cenou“. V obou případech byla počítána budoucí hodnota u banky, která dokazuje, zda je výhodnější uložit peníze do banky na určitou dobu při stanoveném úroku.

„Zelený bonus“, je forma výroby elektrické energie, kdy je část elektřiny rovnou spotřebovávaná přímo z měniče do domácích spotřebičů. Z kalkulace je zřejmé, že každý rok tato elektrárna přinese průměrný zisk 32 457 Kč, přičemž náklady na pořízení činí 326 999 Kč. Kvantifikace ekonomických ukazatelů dokazuje, že peníze investované do výstavby fotovoltaické elektrárny se vrátí za 12,3 let, což porovnáním s životností celé elektrárny mluví ve prospěch investice. Každý rok se splatí 9,93 % z investovaných prostředků a přinese 0,10 Kč zisku. Čistá současná hodnota v této variantě činí 203 719 Kč, což jako kladná hodnota dokazuje výhodnost investování do tohoto projektu.

Při kvantifikaci ekonomických ukazatelů u „výkupní ceny“ výsledky vyšly opačné. Průměrný roční zisk činí 12 903 Kč. Tento zisk je snížený o energii, která je potřeba na provoz rodinného domu. Celkové náklady na instalaci jsou 348 999 Kč. Reálná návratnost, jako první vypočítaný ekonomický ukazatel, vyšel 46 let. Z tohoto výsledku je zřejmé, že všechny investované peníze se nevrátí v požadovaných letech. Každý rok se splatí pouze 3,697 % investice a za stanovených 20 let se vrátí pouze 74 % investovaných prostředků. Čistá současná hodnota je v tomto případě záporná, a proto nelze uvažovat o realizaci tohoto projektu. V případě investice do fotovoltaické elektrárny formou výkupní ceny je efektivnější uložit peníze do banky. Při úrokové míře 2,0608 % bude cílová naspořená částka za dvacet let 524 812 Kč. Znamená to, že za 20 let stanovený úrok přinese 175 813 Kč zisku.

Při výstavbě fotovoltaické elektrárny je známo, že se jedná o velký rodinný dům, který je schopen spotřebovat část vyprodukované energie sám. Proto je možné uvažovat bez přesných výpočtů s výhodností Zeleného bonusu, který je vhodný pro velké objekty. Výsledky ekonomických ukazatelů pro hodnocení efektivnosti investic dokazují, že pro majitele vystavěného úsporného rodinného domu může být doporučená jediná možnost

investice, a to do způsobu Zeleného bonusu. Po uplynutí 20 let nejvyšší životnosti fotovoltaické elektrárny je možnost staré fotovoltaické panely prodat zájemcům, kteří tyto starší modely využijí, protože nemají na pořízení nových technologií a nižší účinnost pro ně bude dostačující. Druhou, preferovanou variantou je, že se panely mohou využívat až do jejich likvidace. Při snížení účinnosti fotovoltaická elektrárna stále vyprodukuje dostatečné množství energie pro chod úsporného domu a není nutné pořizovat další nákladnou investici, protože po celou dobu životnosti bude fotovoltaické elektrárna přinášet zisk.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Bacher P.: Energie pro 21.století, KRIGL, 2003, ISBN: 80-902403-7-2

- [2] Lomborg B.: The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2001, ISBN: 0-521-80447-7

- [3] Augusta P.: Velká kniha o energii, L.A. Consulting Agency, 2001, ISBN: 80-238-6578-1

- [4] Techmagazín, TECH MEDIA PUBLISHING s. r. o., 3/2010, ISSN: 1804-5413

- [5] Zákon č. 180/2005 Sb. O podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů

- [6] Murtinger K., Truxa J.: Solární energie pro váš dům, Computer Press, a. s., 2007, ISBN: 978-80-251-3241-8

- [7] Kolektiv autorů: Vše o nízkoenergetickém domě, JAGA, 2008, ISBN: 977-1-359-1717-2

- [8] Murtinger K., Beranovský J., Tomeš M.: Fotovoltaika – elektřina ze slunce, Era, 2008, ISBN:978-80-7366-100-7

Internetové zdroje

- [9] www.alternativni-zdroje.cz/vetne-elektrany.htm [cit. on-line 2011-06-19]

- [10] http://www.enerfinplus.cz/fotovoltaika_popis_technologie.php [cit. on-line 2011-06-03]

- [11] <http://www.nizkoenergetickeapasnidomy.cz/index.php?text=energeticky-usporny-dum> [cit. on-line 2011-06-25]

- [12] <http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/principy/zakladni-principy.html> [cit. on-line 2011-06-19]

- [13] <http://www.usporne-domy.info/nulovy-dum> [cit. on-line 2011-06-28]

- [14] <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltacickeho-clanku/view> [cit. on-line 2011-06-19]
- [15] http://www.enerfinplus.cz/fotovoltaika_uvod.php [cit. on-line 2011-06-3]
- [16] <http://www.zeleny-bonus.eu/statni-podpora/> [cit. on-line 2011-06-15]
- [17] <http://www.solarcenter.cz/ekologicka-solarni-energie/> [cit. on-line 2011-06-30]
- [18] <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/slunce/slunce.htm> [cit. on-line 2011-06-15]
- [19] <http://www.prukazybudov.cz/> [cit. on-line 2012-01-05]
- [20] <http://www.energeticke-prukazy.eu> [cit. on-line 2012-01-05]
- [22] <http://www.energeticky-prukaz.com/energeticky-prukaz.aspx> 2012-01-07
- [23] <http://www.nazeleno.cz/energie/fotovoltaika/> [cit. on-line 2011-08-15]
- [24] <http://energie.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltacickeh-panelu-na-konci-zivotnosti> [cit. on-line 2011-10-12]
- [25] www.czrea.org [cit. on-line 2012-01-01]
- [26] <http://www.tridas-tech.cz/news/fotovoltaika-opet-povolena/> [cit. on-line 2012-02-04]
- [27] <http://www.tzb-info.cz/2786-vypoctova-pomucka-ekonomicka-efektivnost-investic-ii> [cit. on-line 2012-03-28]
- [28] <http://home.zcu.cz/~friesl/hfim/diskdobanavr.html> [cit. on-line 2012-03-15]
- [29] <http://www.symbio.cz/slovník/roi-return-on-investment.html> [cit. on-line 2012-03-15]
- [30] <http://managementmania.com/cista-soucasna-hodnota> [cit. on-line 2012-03-20]
- [31] Technická zpráva rodinného domu vytvořená 17. 8. 2010, Ing. Petr Křivánek

7 PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Výpočet odúročeného zisku

| Zelený bonus | | | Výkupní cena | | |
|--------------|----------|-------------|--------------|----------|----------|
| 32457 | 0,980392 | 31820,58824 | 12903 | 0,980392 | 12650 |
| | 0,961169 | 31196,65513 | | 0,961169 | 12401,96 |
| | 0,942322 | 30584,95601 | | 0,942322 | 12158,79 |
| | 0,923845 | 29985,25099 | | 0,923845 | 11920,38 |
| | 0,905731 | 29397,30489 | | 0,905731 | 11686,64 |
| | 0,887971 | 28820,88715 | | 0,887971 | 11457,49 |
| | 0,87056 | 28255,77172 | | 0,87056 | 11232,84 |
| | 0,85349 | 27701,73698 | | 0,85349 | 11012,59 |
| | 0,836755 | 27158,56566 | | 0,836755 | 10796,65 |
| | 0,820348 | 26626,04477 | | 0,820348 | 10584,95 |
| | 0,804263 | 26103,96546 | | 0,804263 | 10377,41 |
| | 0,788493 | 25592,123 | | 0,788493 | 10173,93 |
| | 0,773033 | 25090,31667 | | 0,773033 | 9974,439 |
| | 0,757875 | 24598,34967 | | 0,757875 | 9778,861 |
| | 0,743015 | 24116,02909 | | 0,743015 | 9587,119 |
| | 0,728446 | 23643,16578 | | 0,728446 | 9399,136 |
| | 0,714163 | 23179,57429 | | 0,714163 | 9214,84 |
| | 0,700159 | 22725,07283 | | 0,700159 | 9034,156 |
| | 0,686431 | 22279,48317 | | 0,686431 | 8857,016 |
| | 0,672971 | 21842,63056 | | 0,672971 | 8683,349 |
| Celkem | | 530718,4721 | Celkem | | 210982,5 |