ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011 JANA KOFANOVA

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY

Expertní systém ekonomického a ekologického zhodnocení využití sluneční energie a nakládání s odpady z této výroby

Expert systems of economic and ecological analysis of solar energy use and handling wastes from the generation

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Ing. Ivan Landa, DrSc.

Bakalant: Jana Kofanova

2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Doc. RNDr. Ing. Ivana Landy, DrSc. a s použitím odborné literatury a jiných informačních zdrojů, které jsou všechny citovány a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Praze dne

Poděkování

Dekuji svému vedoucímu bakalářské práce Doc. RNDr. Ing. Ivanu Landovi, DrSc. za jeho odborné rady a čas, který mi věnoval při konzultacích bakalářské práce.

V Praze dne

Abstrakt:

Tato práce se zabývá využitím sluneční energie s dopadem na environmentální politiku. Především ukazuje množství slunečního záření, které dopadá na území České Republiky a jakým směrem lze tuto energie efektivně využít.

V práci se vyskytuje expertní systém, který obsahuje potřebné podklady pro správný návrh solární soustavy pro obytný dům. Praktickým výstupem je investiční návratnost a účinnost slunečních kolektorů.

Cílem práce je přenesení teoretických poznatků z této oblasti do praktického využití.

Abstract

This thesis is dealing with the usage of solar power with impact on environmental policy. First of all it shows the amount of solar power, which strikes upon the territory of the Czech republic and in which way this energy can be effectively used.

The thesis includes the expert system which includes necessary background documents for appropriate proposal of the solar system for the dwelling-house. Practical output is presented by investment return and effectivity of solar panels.

The purpose of the thesis is to transfer theoretical knowledges from this area to the practical use.

Klíčová slova:

Sluneční energie (solární energie), solární systém, solární kolektory, absorbér, environmentální politika, návratnost.

Key words:

Sun power (solar energy), solar system, solar panels, absorber, environmental policy, returnability.

Obsah

1. ÚVOD 9

2. CÍL PRÁCE 10

3. TEORETICKÁ ČÁST - SLUNEČNÍ ENERGIE 11

3.1. SLUNCE 11

3.2. SLUNEČNÍ ENERGIE NA ZEMI 11

3.3. ENERGETIKA ČR 12

3.4. SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ V ČR 12

3.5. VÝHODY SOLÁRNÍ ENERGIE 13

3.6. NEVÝHODY SOLÁRNÍ ENERGIE 14

3.7. SHRNUTÍ VYUŽITELNOSTI SLUNEČNÍ ENERGIE 14

4. SOLÁRNÍ KOLEKTORY A SOUSTAVY 14

4.1. ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ KOLEKTORŮ 15

4.1.1. Ploché deskové kolektory 15

4.1.2. Ploché deskové vakuové kolektory 15

4.1.3. Trubicové vakuové kolektory 16

4.2. UMÍSTĚNÍ KOLEKTORŮ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ 16

4.3. ÚČINNOST KOLEKTORŮ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ 18

4.4. ZHODNOCENÍ 18

5. PRAKTICKÁ ČÁST – EXPERTNÍ SYSTÉM 19

5.1. LEGISLATIVA 19

5.2. PLÁNOVÁNÍ A REALIZACE 19

6. METODIKA 20

6.1. DIMENZOVÁNÍ SOLÁRNÍCH SOUSTAV 21

6.2. POTŘEBA TEPLA 21

6.3. POTŘEBA TEPLA NA OHŘEV VODY 21

6.4. TEPELNÉ ZTRÁTY PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY 22

6.5. TEPELNÉ ZTRÁTY....22
6.6. POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ....22
6.7. CELKOVÁ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ....23
6.8. TEPELNÉ ZISKY SOLÁRNÍ SOUSTAVY....24
6.9. PRŮMĚRNÁ DENNÍ ÚČINNOST KOLEKTORU....25
7. NÁVRH SOLÁRNÍ SOUSTAVY....26
7.1. NÁVRH KOMBINOVANÉHO ZAŘÍZENÍ PRO OHŘEV TV A VYT....26
7.2. ZÁKLADNÍ PARAMETRY RD....27
7.2.1. Solární systém pro ohřev TV a vytápění....27
7.3. POPIS ZADÁNÍ HODNOT DO EXCELU....29
7.4. PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY....29
7.5. VYTÁPĚNÍ DOMU....29
7.6. PARAMETRY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ....30
8. POROVNÁVANÉ SOLÁRNÍ KOLEKTORY....31
8.1. KOLEKTOR Q7-CPC....31
8.1.1. Parametry kolektoru....31
8.1.2. Zhodnocení....31
8.1.3. Grafické zobrazení využití solárních zisků....32
8.1.4. Finanční zhodnocení....32
8.2. KOLEKTOR Q7-FKN....32
8.2.1. Parametry kolektoru....33
8.2.2. Zhodnocení....33
8.2.3. Grafické zobrazení využití solárních zisků....33
8.2.4. Finanční zhodnocení....34
8.3. KOLEKTOR Q7-EKS....34
8.3.1. Parametry kolektoru....35
8.3.2. Zhodnocení....35
8.3.3. Grafické zobrazení využití solárních zisků....35

8.3.4. Finanční zhodnocení 36

8.4. KOLEKTOR Q7-MTS..... 36

8.4.1. Parametry kolektoru.....37

8.4.2. Zhodnocení 37

8.4.3. Grafické zobrazení využití solárních zisků 37

GRAF Č. 7 - BILANCE SOLÁRNÍ SOUSTAVY 38

8.4.4. Finanční hodnocení 38

9. SOLÁRNÍ ENERGIE A ODPAD..... 38

10. EKONOMIKA PROVOZU 9

11. DISKUZE 10

12. ZÁVĚR 11

13. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ 12

1. QUASCHNING V., 2008: ERNEUERBARE ENERGIE UND KLIMASCHUTZ. PUBLISHER BY CARL HANSER VERLAG, MUNICH/FRG, 296 S. 12

2. LIBRA M., POULEK V., 2009: FOTOVOLTAIKA – TEORIE A PRAXE VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE. ILSA, PRAHA, 160 S. 12

3. ŠMÍD V., MICHALIČKA F., ADAMOVSKÝ R., HÁŠ S., CHYSKÝ J., KÁRA, MAŠEK A., 1988: VYUŽITÍ NETRADIČNÍCH ZDROJŮ ENERGIE VE VYTÁPĚNÍ. DŮM TECHNIKY ČSVTS, PRAHA, 135S. 12

4. HALLER A., HUMM O., VOSS K., 2001: SOLÁRNÍ ENERGIE – VYUŽITÍ PŘI OBNOVĚ BUDOV. GRAGA PUBLISHING, PRAHA, 180S. 12

5. BERANOVSKÝ J., TRUXA J., 2003: ALTERNATIVNÍ ENERGIE PRO VÁŠ DŮM. EKO WATT, ERA GROUP, BRNO, 125S. 12

6. BROŽ K., 2001: ZAŘÍZENÍ PRO VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE. CECH TOPENÁŘŮ A INSTALATÉRŮ ČR, BRNO, 65S 12

7. BOUČEK J., 1993: SLUNEČNÍ ENERGIE. AGROSPOJ, PRAHA, 32 S. 12

8. NOSKIEVIČ P., KAMINSKÝ J., 1996: VYUŽITÍ ENERGETICKÝCH ZDROJŮ. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 91 S. 12

9. PREGIZER D., 2007: GRUNDLAGEN UND BAU EINES PASSIVHAUSES. HÜTHIG JEHLE REHM GMBH, HEIDELBERG, 128 S. 12

10. ČSN EN ISO 13790 TEPELNÉ CHOVÁNÍ BUDOV – VÝPOČET POTŘEBY ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ. ČNI 2005 12

11. SCHERR H., 1993: SLUNEČNÍ STRATEGIE – POLITIKA BEZ ALTERNATIVY. R.PIPER GMBH AND CO. KG, MÜNCHEN, 284 S. 12

12. MITTERMAIR F., SAUER W., WEIßE G., 1992: SOLARANLAGEN – SELBST GEBAUT. VERLAG A.C. MÜLLER GMBH, KARLSRUHE, 90 S. 12

13. KÁRA J., ADAMOVSKÝ R., 1993: PRAKTICKÁ PŘÍRUČKA – OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE. AGROSPOJ, PRAHA, 208 S. 12

14. LIBRA M., POULEK V., 2006: SOLÁRNÍ ENERGIE – FOTOVOLTAIKA-PERSPEKTIVNÍ TREND SOUČASNOSTI I BLÍZKÉ BUDOUCNOSTI. ČZU, PRAHA, 149 S. 12

15. TYWONIAK J. A KOL., 2008: NÍZKOENERGETICKÉ DOMY 2. GRADA PUBLISHING, PRAHA, 204 S. 12

16. BROŽ K., ŠOUREK B., 2003: ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE. ČVUT, PRAHA, 213 S. 12

17. ŠOUREK, 2010: INFORMAČNÍ PŘÍRUČKA PRO PROJEKTANTY.PRAHA, 39 S. .. 13

18. MATUŠKA T., 2007: DIMENZOVÁNÍ SOLÁRNÍCH SOUSTAV. [ONLINE]: HTTP://TZB-INFO.CZ/4214-DIMENZOVANI-SOLARNICH-SOUSTAV-I, CIT. 10. 4. 2011 13

19. SOLARHIT: SOLÁRNÍ ZÁŘENÍ V ČR. [ONLINE]: HTTP://SOLATHIT.ANAWEB.CZ/INDEX.ASP?MENU=774, CIT. 10. 4. 2011 13

20. FVK GLOBAL: FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY. [ONLINE]: HTTP://WWW.FVK.CZ/RUBRIKY/FOTOVOLTAICKÉ-ELEKTRARNY, CIT 12. 4. 2011... 13

21. ENERGETICKÝ PORADCE PRE: SOLÁRNÍ KOLEKTORY. [ONLINE]: HTTP://WWW.ENERGETICKYPORADCE.CZ/OBNOVITELNE-ZDROJE/ENERGIE-SLINCE/SOLARNI-KOLEKTORY.HTML, CIT. 12. 4. 2011 13

22. SOLAR ENERGY SYSTEM: SOLÁRNÉ SYSTÉMY-PRODUKTY SES-TRUBICOVÉ KOLEKTORY. [ONLINE]:

HTTP://WWW.SOLARENERGY.SK/SK/STRANKA/SOLARNESYSTEMY/PRODUKTY-SES/TRUBICOVE-KOLEKTORY 13

23. CZECH NATUR ENERGY: TERMICKÉ SYSTÉMY NA OHŘEV VODY A PODPORU VYTÁPĚNÍ. [ONLINE]: HTTP://WWW.CNE.CZ/SOLARNI-OHREV-VODY/UVOD-DO-TERMICKYCH-SYSTEMU/, CIT. 12. 4. 2011 13

24. QUANTUM, 2010: SOLÁRNÍ SYSTÉMY- CHYTÍME VÁM SLUNCE (PŘÍRUČKA), PRAHA. 13

14. PŘÍLOHY 14

1. Úvod

V posledních letech prudce vzrůstá zájem o sluneční energii. Předpokládá se, že sluneční energie patří ke zdrojům nevyčerpatelným, a proto je velký trend v jejím využití.

Z celosvětového hlediska jsou obnovitelné zdroje energie velkým potenciálem. Populace lidí stále roste a s ní i jejich požadavky a každodenní potřeby.

Dnes je jedním z hlavních problémů neustálé se zvyšující ceny energie, zejména v důsledku postupného vyčerpávání neobnovitelných zdrojů, především fosilních paliv. To je také jedním z důvodu, proč stále častěji lidé využívají sluneční energii a jiné obnovitelné zdroje energie (voda, vítr, biomasa).

Sluneční energie patří k nejvýznamnějším zdrojům energie, která má velké přednosti především v bezodpadovosti, ekologické čistotě a praktické nevyčerpatelnosti.

Využití solární energie v české republice není tak výhodné, jako v jiných zemích, které se nacházejí blíže k rovníku. I přesto zmiňovaná energie patří mezi oblíbené alternativní zdroje v naší republice.

V této práci se zabývám jak teoretickou části, tak i praktickou. Teorie je zaměřena na popis využití sluneční energii, principů a funkcí solárních kolektorů. V praktické části zpracovávám výpočty a návrhy solárních systému s ohledem na její návratnost.

Dále popisuji využití sluneční energie s dopadem na ekologickou stránku životního prostředí.

2. Cíl práce

Cílem této práce je popsat problematiku solárních systémů v České Republice při využití sluneční energie.

Přesněji řečeno popisuji využití sluneční energie v ČR s použitím solárních systémů.

Zhodnotit jejich funkci a ekonomické výhody či nevýhody. Využití této energie i z hlediska ekologického a především, jak se nakládá s odpady z této výroby.

Porovnat zvolené čtyři kolektory a poukázat na jejich rozdíly. Přiblížit jejich efektivitu a šetrnost vůči životnímu prostředí. Vyzvednout přednosti každého porovnávaného vzorku a konstatovat tak, pro jakou cílovou skupinu jsou cílené. Zhodnotit a doporučit pomocí výpočtů nejvýhodnější soustavu vhodnou pro vybraný rodinný dům.

3. Teoretická část - Sluneční energie

3.1. Slunce

Slunce je hvězdou, které vzniklo z mlhoviny řídkých plynů a prachu před cca 5 miliardami let. Působením gravitačních sil se tyto mlhoviny smršťovaly a s postupem času docházelo k zahřívání. „Když teplota v centru dosáhla hranice, kdy může docházet k termonukleárním reakcím, nebo-li jaderné fúzi jader vodíku, začala se v jádru Slunce *„uvolňovat jaderná energie a Slunce se tak stalo gigantickým přírodním termonukleárním reaktorem*“ (Libra, Poulek, 2006). Tímto vzniklá rovnováha mezi energii v samotném jádru Slunce a vyzářenou z jeho povrchu.

Ve sluneční soustavě považujeme Slunce za největší zdroj energie a téměř veškerá energie pochází z tohoto zdroje. Na Zemi dopadá tato energie nepřetržitě, avšak její rovnoměrnost závisí na čase a místě dopadu.

Veličina	Střední hodnota
poloměr Sunce	$r_S \approx 6{,}96.10^8$ m
hmotnost Slunce	$m_S = 1{,}99.10^{30}$ kg
výkon Slunce	$P_S \approx 3{,}91.10^{26}$ W
efektivní teplota fotosféry	$T_S \approx 5800$ K
tíhové zrychlení na povrchu	$g_S = 274$ m.s^{-2}
vzdálenost Země od Slunce	$R_{SZ} \approx 1{,}49.10^{11}$ m
solární konstanta	$I = 1367$ W.m^{-2}

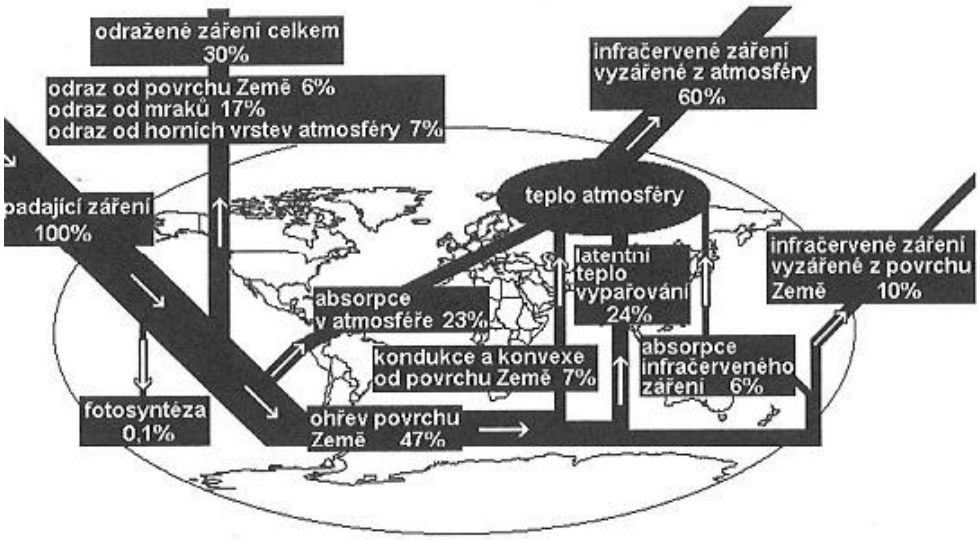
Tab. č. 1 – Základní parametry Slunce (Libra, Poulek, 2006)

3.2. Sluneční energie na Zemi

Podle Boučka (1993) sluneční energii je ekologicky čistý a prakticky nevyčerpatelný energetický zdroj. Při technickém využití dochází k proměnlivosti slunečního záření, které dopadá na určité místo během dne, a jeho absence v noci. Během dne se mění směr slunečního záření, sklon paprsků a intenzita dopadajícího slunečního záření. Musíme brát i v úvahu sezonní proměnlivost a nahodilé vlivy, zejména vítr, sníh, oblačnost, mlha, prach, kouř, prach.

Slunce každý rok poskytuje Zemi energetický objem 1,5 triliard kilowatthodin. Jelikož atmosféra slouží jako částečný filtr, který zachytí 30% energie. Na povrch Země tak dopadne něco přes 1 triliardu kWh.

Celková naše spotřeba je cca 125 bilionů KWh energie. Země ročně obdrží 8000 krát více energie, než je primární spotřeba na celém světě, proto potřebujeme sluneční energii, která se dostane na Zemi v průběhu něco více než jedné hodiny, abychom zajistili energie pro celé lidstvo (Quaschning, 2008).



Obr. č. 1. – Přibližná bilance energie dopadající na Zemi (Libra, Poulek, 2006)

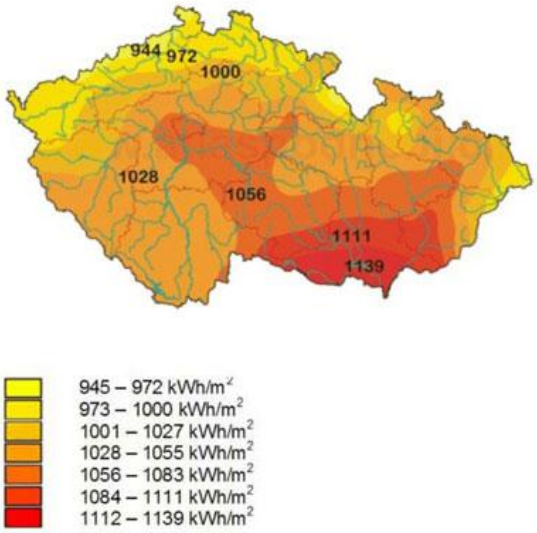
3.3. Energetika ČR

ČR je závislá na uranu a fosilních palivech, má však nevýrazné zastoupení biomasy. Některou část naši elektrické energie získáváme také z hydroelektráren. Poměr užité elektřiny ke spotřebě primární energie činila v roce 1998 pro ČR 10,6%, USA 14,8%, Finsko 25,0% , Kanada 40,0% (Anonym, 1996).

Energie u nás vyrábí především České energetické závody a. s. (ČEZ), jednotlivé městské teplárny či výtopny, závodní elektrárny, krajské energetické podniky a též soukromí výrobci.

3.4. Sluneční záření v ČR

Na *Obr. č. 2* jsou znázorněny hodnoty slunečního záření, které dopadají na území ČR během roku. Tyto roční hodnoty záření dopadajícího na 1 m^2 vodorovné plochy se pohybují od 945 do kWh/m^2 (solarhit.anaweb.cz).



Obr. č. 2 – Roční hodnoty dopadajícího slunečního záření na území ČR (www.fvk.cz)

I přesto, že se Česká Republika nenachází v blízkosti rovníku, podmínky pro využití solární energie jsou dobré. Výnosnost projektu závisí na celé řadě faktorů – výběr lokality (zeměpisná šířka, nadmořská výška, místní podmínky), roční doba, znečištění ovzduší, oblačnost a jiné (www.fvk.cz).

V síti radiačních stanic, je měřeno globální záření. V *Tab. č. 2* jsou uvedené dlouholeté průměrné roční sumy globálního záření na vybraných stanicích ČR. Jsou zde uvedeny stanice v různých geografických polohách a je vidět, že rozdíly jsou velmi malé a ukazuje nám, že intenzita slunečního záření v nížinách a na vrchovinách nemají téměř žádné rozdíly a podporuje možnost využívání kolektorů na celém území ČR (solarhit.anaweb.cz).

Svratouch (Žďárské vrchy)	737 m n.m.	1032 kWh/m^2	100%
Luka u Litovle (Drahanská vrchovina)	510 m n.n.	1049 kWh/m^2	102%
Košetice u Pelhřimova (Českomor. vrch.)	470 m n.m.	1054 kWh/m^2	102%
Kuchařovice u Znojma (Dyjsko-svr. úval)	334 m n.m.	1115 kWh/m^2	108%
Hradec Králové (Česká tabule - Polabí)	285 m n.m.	1073 kWh/m^2	104%

Tab. č. 2 – Porovnání vybraných stanic v ČR (solarhit.anaweb.cz).

3.5. Výhody solární energie

- Vlastní výroba elektřiny šetří životní prostředí
- Snižuje závislost na fosilních palivech

- Východisko vlastní cesty k postupnému snižování spotřeby energie
- Solární energie šetří náklady za energii a přírodní zdroje
- Fotovoltaické záření vyrábí vysoce hodnotnou elektřinu

3.6. Nevýhody solární energie

- Zde je pořád neznalost a nedůvěra ve využití sluneční energie
- Nalezení vhodného objektu pro aplikaci tohoto systému
- Vyšší pořizovací cena
- Poměrně velká loby jiných dodavatelů

3.7. Shrnutí využitelnosti sluneční energie

Výkon solárních panelů je závislý na intenzitě slunečního záření, proto není možné na našem území pokrývat 100% spotřebu tepla ze Slunce. V průběhu roku je záření rozdílné, především v letním období je solární energie nadbytek a v zimním období nedostatek.

Roční zisk této energie v ČR se pohybuje od 945 do 1240 kWh/m2, avšak tuto energii nelze získávat celou. Proto musíme brát pouze skutečnou účinnost solárních panelů, která se uvádí kolem 50%. Z toho vyplývá, že průměrný využitelný zisk energie za rok je 550 kWh/m2.

Letní období (IV.-IX. měs.)	3,5 kWh/m2/den
Přechodné období	2,5 kWh/m2/den
Zima	1,2 kWh/m2/den
Průměrná účinnost solárního systému	50%

Tab. č. 3 – Průměrný denní využitelný zisk sluneční energie (solarhit.anaweb.cz).

4. Solární kolektory a soustavy

Sluneční kolektory jsou určeny k získávání tepla ze slunečního záření a využívají se zejména k přípravě teplé vody, ohřevu bazénové vody a k přitápění budov prostřednictvím ústředního teplovzdušného nebo teplovodního vytápění.

Srdcem kolektoru je solární absorbér, který absorbuje sluneční záření a přeměňuje jej na teplo.

4.1. Základní rozdělení kolektorů

V dnešní době je velká škála solárních kolektorů. Liší se od sebe provedením, cenou a účinnosti jakým způsobem s nimi lze pracovat.

4.1.1. Ploché deskové kolektory

Kolektor se skládá z pevného kovového rámu (1 x 2 m), ve kterém je plošně umístěna tenkostěnná měděná trubička, která prochází celou svou plochou od vstupu k výstupu. Vzduch nám zde slouží jako izolace. Kolektor je z vrchní strany pokryt sklem s nanesenou selektivní vrstvou absorpční látky snižující tepelné ztráty. Tímto se vytváří skleníkový efekt a tepelná energie se v kolektoru začne koncentrovat. Teplo je předáno teplonosné kapalině, která je po ohřevu pomocí oběhového čerpadla vedena do tepelného výměníku, kde se voda ohřívá v akumulačním zásobníku (www.energetickyporadce.cz).

Obr. č. 3 – Ploché deskové kolektory (www.cne.cz)

4.1.2. Ploché deskové vakuové kolektory

Tyto kolektory jsou z velké části shodné s klasickými deskovými kolektory, aby se však zlepšily tepelněizolační vlastnosti celého kolektoru, je řešen jako vakuový, tzn., že v celém objemu kolektoru se nachází vakuum. Díky tomu se podstatně zmenší ztráta tepelné energie do okolního prostředí. U některých druhů

kolektorů jsme schopni obnovit vakuum uvnitř kolektorů připojením na vývěvu přes přírubovou spojku uprostřed kolektoru (Brož, Šourek, 2003).

4.1.3. Trubicové vakuové kolektory

Tyto kolektory se skládají ze skleněných trubek, ve kterých vzniká vakuum. Uvnitř těchto trubek je absorbér s trubičkou, kolem které je též vakuum. Díky tomu jsou konvenční tepelné ztráty absorbéru minimální. Tímto umožňujeme, aby kolektory získávaly teplo i při velmi slabém slunečním záření, které je především v zimě, na rozdíl od plochých kolektorů (Pregizer, 2009).

Obr. č. 4 - Trubicové vakuové kolektory (www.solarenergy.sk)

4.2. Umístění kolektorů slunečního záření

Sluneční systém nejlépe pracuje, když je navržen pro místní podmínky, musíme zohlednit typ solárního kolektorů, který použijeme a kde ho umístíme:

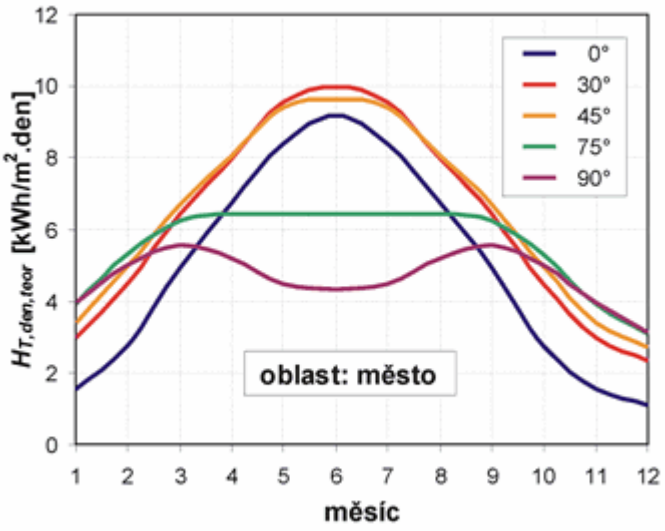
a) Orientace je ideální na jih (Beranovský, Truxa, 2003). Abychom mohli využít maximální dopad slunečního záření, musíme kolektor orientovat směrem na jih (γ=0%). Tento směr nejlépe odpovídá maximu slunečního svitu, když otočíme kolektor mírně na západ, vzniknou nám optimální tepelné podmínky (Brož, 2001). Nejvyšší výkon nastává okolo 14. hodiny, v době, kdy jsou v důsledku nejvyšší denní teploty, tím zajistíme minimální tepelné ztráty z kolektoru do okolí (Beranovský, Truxa, 2003). Existují soustavy otáčející se za Sluncem, ale jsou neekonomické: jejích cena, menší spolehlivost a složitost převyšuje nad jejími výhodami.

b) Podle (Brože, 2001) je cena sluneční energie dána podílem fixních nákladů k množství vyrobené energie. Snahou je, aby v průběhu životnosti soustavy

bylo této energie vyrobeno co možná největší množství. Když kolektor jakýmkoliv způsobem zastíníme, zmenšíme jeho výkon a zvyšujeme jeho cenu, která je i tak dost vysoká. Není-li možné zastínění odstranit či jej alespoň snížit, je doporučováno omezení činnosti soustavy v dopoledních hodinách.

c) Sklon solárního kolektorů. Ideální sklon úhlu je pro každou soustavu jiný, je důležité vědět, v jakém období potřebujeme maximální výkon soustavy. Tato hodnota se může pohybovat od 25° do 50°. Jak zmiňují Beranovský a Truxy pro celoroční provoz je potřeba, aby sklon kolektorů pro jeho optimálnost byl 45°. Ten nám zajišťuje vyváženost mezi maximálním využitím záření v zimě, kdy je Slunce nízko nad obzorem, a snížení výkonu v létě, kdy je Slunce vysoko. Převážně v obdobích podzimu a jara je výkon kolektoru se sklonem 45° maximální a je tedy možné se správně navrženou soustavou zajistit celé pokrytí požadavků na tepelnou energii. Preferujeme-li pouze letní provoz, zvolíme sklon 30°, u zimního provozu je doporučován sklon do 60-90° (Brož, 2001).

d) Délka soustavy má být co nejkratší, stejně, jako kterákoliv soustava, která zařizuje přenos tepla prostřednictvím teplonosné látky, měla by mít i STS[1] co nejmenší ztráty. Toto dosáhneme zkrácením vzdálenosti vedení od kolektoru k výměníku. Přijatelnost velké vzdálenosti je závislá nepodmíněně na materiálu vedení, který se použije na tepelnou izolaci (Brož, 2001).



Graf č. 1 – Roční průběh denní dávky slunečního záření na různé sklony ploch (jižní směr) (www.casopisstavebnictvi.cz)

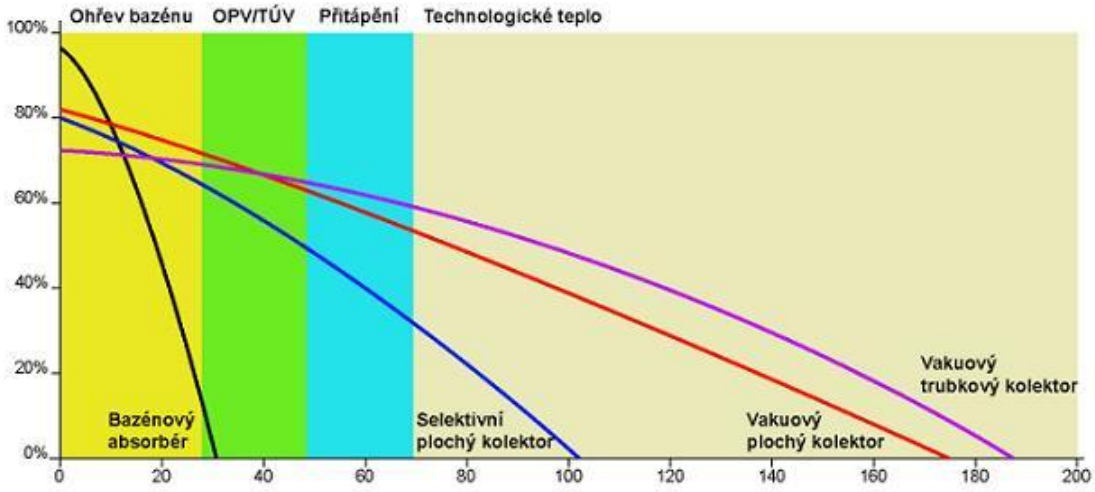
[1] STS = solární tepelná soustava

4.3. Účinnost kolektorů slunečního záření

Energetická účinnost kolektoru je dána poměrem získané energii k celkové energii, která na Zemi dopadá. (Adamovský, Kára, 1993). Účinnost lze získat fyzikálními vlastnostmi částí kolektoru. Vypočítáme ji dle níže uvedené *rovnice, kde F'* představuje účinnostní součinitel, který vyjadřuje schopnost absorbéru odvádět teplo z povrchu do teplonosné látky. τ znázorňuje propustnost slunečního zářením zasklením, *α* znamená pohltivost slunečního záření absorbérem, *U* je součinitel postupu tepla kolektoru, ve W/(m^2. K) (www.tzb-info.cz).

$$\eta = F'.[\tau.\alpha - U.\frac{t_m - t_e}{G}]$$

Z toho lze říci, že vývoj a výzkum účinných kolektorů se zaměří především na dva základní prvky kolektoru - zasklení a absorbér. Trendy vývoje směrují jednak k pokročilým materiálům budoucnosti a jednak k levnějším materiálům a způsobům výroby tak, aby nemuseli snižovat parametry (www.tzb-info.cz).



Graf č. 2 – Účinnost jednotlivých typů kolektorů (www.econet2012.cz)

4.4. Zhodnocení

Jelikož se vyrábí několik druhů solárních kolektorů, musíme zvážit výběr kolektoru dle systémů, ve kterých budou pracovat. Každý z nich má své výhody a nevýhody. Pro celoroční provoz těchto systémů v ČR, se nejčastěji doporučují vakuové trubicové kolektory, jejichž cena za 1m^2 je v průměru kolem 10 000 Kč. Ale

pokud chceme využívat kolektory pouze v letní sezóně, jsou dokročovány ploché deskové, kde cena za je 1m^2 se pohybuje v průměru 5 000 Kč.

5. Praktická část – Expertní systém

5.1. Legislativa

Oblasti fotovoltaiky v ČR se zaobírá *zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů).*

Mezi ostatní právní normy, které jsou pro ČR významné, řadíme tyto dokumenty:

- *Bílá kniha o obnovitelných zdrojích energie (1997)*
- *Směrnice 2001/77/EC Evropského parlamentu a Rady EU ze dne 27. září 2001 „o podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu“*
- *Vyhláška č. 475/2005 (novelizovaná vyhláškou č.364/2007 Sb.), kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů*
- *Vyhláška č. 150/07 Sb.*
- *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 7/2007*

Výkupní ceny pro elektrárny instalované v roce 2010 jsou dány *Cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu č. 5/2009* (Quaschning, 2008).

5.2. Plánování a realizace

K tomu, abychom mohli hodnotit solární soustavu z hlediska ekologického nebo ekonomického, musíme nejdříve správně vyhodnotit energetické výnosy solárních kolektorů daným výpočtem. Solární zisky jsou závislé na navržení správné plochy solárních kolektorů vzhledem k potřebě tepla, na kvalitě kolektorů, tepelných ztrátách soustavy a na orientaci a sklonu kolektorů. Ukázkou je zjednodušený výpočet solárních soustav z hlediska využitelných tepelných zisků na základě měsíční bilance. Vlastní výpočet je detailněji popsán v bodě *6. Metodika*. Tento výpočet však nemůže nahradit výpočty v pokročilých komerčních softwarových

nástrojích, které pracují se shodnými vzorci, avšak s daleko přesnějšími vstupními parametry.

6. Metodika

Cílem metodiky je ukázat postup k určení energetických zisků, které se blíží skutečnosti. Tato bakalářská práce je zaměřena zejména na vytvoření expertního systému pro zhodnocení využití sluneční energie vybraných kolektorů z ekonomického a ekologického hlediska.

Pro hodnocení těchto soustav lze použít ruční výpočet, nebo software. V našem případě jsem použila Microsoft Excel, kde jsem se pokusila vytvořit zjednodušený výpočtový postup energetického zhodnocení solárních soustav. Tato práce je rozdělena na dvě části. Teoretickou, kde jejím obsahem jsou teoretické informace a data získané od autorů, kteří danou problematiku řeší. Druhou částí je praktické využití solární energie a doporučení nejvhodnější solární soustavy pro zvolený typ domu investora. Detailu výpočtu se věnuji na dalších stránkách mé práce.

Pomocí odborné literatury jsem získala postup energetického zhodnocení solárních soustav. Z možné nabídky kolektorů na trhu, jsem zvolila 4 typy kolektorů k jejich porovnání. Jedná se o kolektory Q7-500-MTS, Q7-3000-EKS, Q7-3000-FKN/V a Q7-5000-CPC/S1. Tyto kolektory jsem se snažila porovnat v mém expertním systému.

V MS Excel jsem vytvořila výpočtové vzorce pro vybrané typy kolektorů. Excel je rozdělen do několika listů (Úvod, Formulář_1, Vyhodnocení_1, Formulář_2, Vyhodnocení_2, Formulář_3, Vyhodnocení_3, Formulář_4, Vyhodnocení_4, data úhlu sklonu, data cenové srovnání). Pro každý typ kolektoru je vytvořen úvodní formulář, do kterého zadáváme vstupní parametry domu a vybraného typu kolektorů. Rovněž je pro každý typ kolektorů vytvořen list Vyhodnocení, ve kterém jsou vytvořené patřičné vzorce plněné daty z úvodního Formuláře, ale i z listu data a data úhlu sklonu. Výpočtem těchto vzorců vzešli výsledky, které rovněž zobrazuji ve spodní části listu Formulář v sekci VYHODNOCENÍ.

6.1. Dimenzování solárních soustav

Brož (2001) definuje dimenzování solárních soustav jako určení velikosti absorpční plochy kolektorů a počtu solárních kolektorů. To jsou základní prvky pro projektování, od kterých se odvíjí návrh dalších prvků. V následující práci se věnuji návrhu solárních soustav pro tuto aplikace:

- Příprava teplé vody a vytápění

6.2. Potřeba tepla

Využití sluneční energie pro přípravu teplé vody má velký potenciál, jelikož během roku spotřeba teplé vody je téměř rovnoměrná a díky tomu má možnost dosáhnout dobrých ekonomických parametrů (Šourek, 2010).

Proto, abych mohla udělat bilanci solárních soustav, musíme získat hodnoty dlouhodobého měření. Ty však nejsou téměř dostupné, ale pokud chceme vytvořit větší solární soustavu, která je plánována na dlouho doby, se instalace měření spotřeby vody doporučuje.

Bohužel tyto hodnotu nejsou k dispozici, tak je nutné potřebu vody určit výpočtem. (Brož, Šourek, 2003). První krok pro bilancování solární soustavy je zapotřebí si stanovit potřebu tepla.

6.3. Potřeba tepla na ohřev vody

Pro přípravu teplé vody musíme zjistit údaje o celkové potřebě tepla na přípravu teplé vody. Zjistíme to změřením, nebo výpočtem. V jednotlivém měsíci se celková potřebu tepla na TV $Q_{p,TV}$ (kWh/měs) stanovuje výpočtem jako potřeba tepla na ohřev vody, kde zahrnujeme i ztráty tepla soustavy

$$Q_{p,TV} = (1+z)\frac{nV_{TV,den}\rho c(t_{TV} - t_{SV})}{3.6x10^{6}}$$

z přirážká na tepelné ztráty související s přípravou teplé vody;

n počet dní v měsíci;

$V_{TV,\,den}$ je průměrná denní spotřeba vody (při teplotním spádu 60/15°) v m^3/den (*Tab. č. 4*, viz Příloha 2);

ρ je hustota vody (kg/m^{-3});

c je měřená tepelná kapacita vody v J (kg/K);

t_{sv} teplota studené vody, úvaha po celý rok 15°;

t_{tv} teplota teplé vody, úvaha po celý rok 60°.

Denní potřeba teplé vody na osobu stanovíme dle *Tab. č. 4* – Měrná denní potřeba teplé vody při teplotním spádu 60/15° C (viz Příloha 2).

V bytových a rodinných domech v průběhu letních měsíců klesá spotřeba teplé vody o cca 25%. Může to být způsobeno školními prázdninami, dovolenou, vyšší spotřebou studené vody.

6.4. Tepelné ztráty přípravy teplé vody

Tepelné ztráty jsou dány přirážkou dle následující tabulky:

Typ přípravy TV	***z***
Rodinný dům, průtokový ohřev	0,00
Zásobníkový ohřev bez cirkulace	0,15
Centrální zásobníkový ohřev s řízenou cirkulací	0,30
Centrální zásobníkový ohřev s neřízenou cirkulací	1,00

Tab. č. 5 – Přirážka na tepelné ztráty

Celková měsíční potřeba tepla na přípravu teplé vody (TV) $Q_{p,c}$ (kWh/měs) při návrhu solární soustavy se použije vzorec:

$$Q_{p,c} = Q_{p,TV}$$

6.5. Tepelné ztráty

Tepelné ztráty $Q_{z,VYT}$ jsou stanoveny tepelnými ztrátami vlastního ohřevu a rozvodu otopné vody. K těmto ztrátám se připočítávají tepelné ztráty, které jsou spojeny s provozem akumulačního zásobníku pro vytápění přirážkou v = 5%.

6.6. Potřeba tepla na vytápění

Pro měsíční stanovení potřeby tepla na vytápění Q_{VYT} je možné stanovit podle výpočtu dle normy ČSN EN ISO 13790. Potřeba tepla se vypočítává pro jednotlivé měsíce. Metodika se považuje za kvalitní výstup a výpočty ukazují dobrou shodou s dynamickými simulačními metodami.

Mezi nevýhody této metody patří velké množství informací, které jsou zapotřebí (o zasklenění, o stínění oken, konstrukci kolektorů). Pokud nejsou hodnoty dle normy ČSN EN ISO 13790 z předchozího hodnocení, je nutné použít vzorec pro měsíční potřebu tepla na vytápění:

$$Q_{VYT} = 24.n.\varepsilon.Q_z.\frac{(t_{ip} - t_{ep})}{(t_{iv} - t_{ev})}$$

Q_z tepelná ztráta domů v (stanovena 4,5 kW)
t_{iv} výpočtová vnitřní teplota (použije se 20° C)
t_{ip} střední vnitřní teplota v daném měsíci (použije se 20° C)
t_{ev} výpočtová venkovní teplota (použije se hodnota -12° C)
t_{ep} střední venkovní teplota v daném měsíci (*Tab. č. 6,* viz Příloha 2)
n počet dní v měsíci
ε korekční hodnota dle *Tab. č. 7*

Energetická náročnost vytápění domu	*ε*
běžný standard	0,75
nízkoenergetický standard	0,60
pasivní standard	0,50

Tab. č. 7 – Korekční součinitel

6.7. Celková potřeba tepla na vytápění

Celková měsíční potřeba tepla na vytápění včetně tepelných ztrát otopné soustavy se vypočítá dle vzorce:

$$Q_{p,VYT} = (1+v).24.n.\varepsilon.Q_z.\frac{(t_{ip} - t_{ep})}{(t_{iv} - t_{ev})}$$

Q_z tepelná ztráta domů (stanovena 4,5 kW)
t_{iv} výpočtová vnitřní teplota (použije se hodnota 20 C)
t_{ip} střední vnitřní teplota v daném měsíci (použije se hodnota 20)
t_{ev} výpočtová venkovní teplota (použije se hodnota -12)
t_{ep} střední venkovní teplota v daném měsíci (*Tab. č. 5,* viz Příloha 2)
n počet dní v měsíci

ε korekční hodnota dle *Tab. č. 7*

v přirážka na tepelné ztráty (stanovena 5%)

Celková měsíční potřeba tepla na přípravu teplé vody a vytápění $Q_{p,c}$ (kWh/měs) při bilancování kombinované solární soustavy je:

$$Q_{p,c} = Q_{p,TV} + Q_{p,VYT}$$

6.8. Tepelné zisky solární soustavy

Teoretické měsíční tepelný zisk, který lze využít ze solárního kolektorů $Q_{k,u}$ (kWh/měs) je určen vzorcem:

$$Q_{k,u} = 0{,}9.\eta_k.n.H_{T,den}.A_k.(1-p)$$

η_k průměrná měsíční (denní) účinnost solárních kolektorů

$H_{T,den}$ skutečná denní dávka slunečního ozáření

p hodnota srážky tepelných zisků z kolektoru vlivem tepelných ztrát solární soustavy (*Tab. č. 8*)

A_k plocha apertury solárních kolektorů (m^2)

Typ solární soustavy	***p***
Příprava teplé vody, do 10 m^2	0,20
Příprava teplé vody, od 10 do 50 m2	0,10
Příprava teplé vody, od 50 do 200 m2	0,05
Příprava teplé vody, nad 200 m2	0,03
Příprava teplé vody a vytápění, do 10 m2	0,30
Příprava teplé vody a vytápění, od 10 do 50 m2	0,20
Příprava teplé vody a vytápění, od 50 do 200 m2	0,10
Příprava teplé vody a vytápění, nad 200 m2	0,06

Tab. č. 8 - Srážky tepelných zisků

6.9. Průměrná denní účinnost kolektoru

Musíme zjistit průměrnou denní účinnost kolektoru, která se vypočítává z technických parametrů solárního kolektoru a klimatických údajů, kde se tato soustava nachází:

$$\eta_k = \eta_0 - a_1\left(\frac{t_{k,m} - t_{es}}{G_{T,m}}\right) - a_2\frac{(t_{k,m} - t_{es})^2}{G_{T,m}}$$

$G_{T,m}$ je střední denní sluneční ozáření plochy solárních kolektorů (*Tab č. 9*, viz Příloha 2)

t_{km} průměrná teplota teplonosné kapaliny v solárním kolektoru během dne (*Tab. č. 10*)

t_{es} průměrná venkovní teplota v době slunečního svitu (*Tab. č. 11*, viz Příloha 2)

η_o je optická účinnost solárního kolektoru

a_1 lineární součinitel tepelné ztráty (W/m^2K)

a_2 kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru (W/m^2K^2)

Průměrná teplota v solárních kolektorech	$t_{k,m}$
Předehřev tv, pokrytí < 35 %	35
Příprava tv, 35 % < pokrytí < 70 %	40
Příprava tv, pokrytí > 70 %	50
Příprava tv a vytápění, pokrytí < 25 %	50
Příprava tv a vytápění, pokrytí > 25 %	60

Tab. č. 10 - Průměrná teplota v solárních kolektorech

Využitelný zisk solárních soustav $Q_{ss,u}$ (kWh/měs) je znázorněn jako průnik křivky potřeby tepla a teoreticky využitelný zisk:

$$Q_{SS,u} = \min(Q_{k,u}; Q_{p,c})$$

Celoroční využitelný zisk solární soustavy $q_{ss,u}$ (kWh/m^2.rok) se stanoví dle vzorce:

$$q_{SS,u} = \sum_{A_k}^{XII} Q_{SS,u}$$

Tyto roční zisky se používají k hodnocení z hlediska ekonomického, energetického nebo ekologického pro posouzení úspory energie, provozních nákladů nebo emisí z 1m2 solárních kolektorů.

Z tepelných zisků $Q_{ss,u}$ můžeme určit solární pokrytí f (%). Vyplývá z toho procentuální pokrytí potřeba tepla v daném typu domu a období:

$$f = 100 \frac{Q_{SS,u}}{Q_{p,c}}$$

Tato metodika, podle které jsem postupovala při vytvoření expertního systému v programu MS Excel je zjednodušený bilanční výpočet. Slouží nám k jednoduchému výpočtu energetických přínosu jednotlivých solárních soustav.

7. Návrh solární soustavy

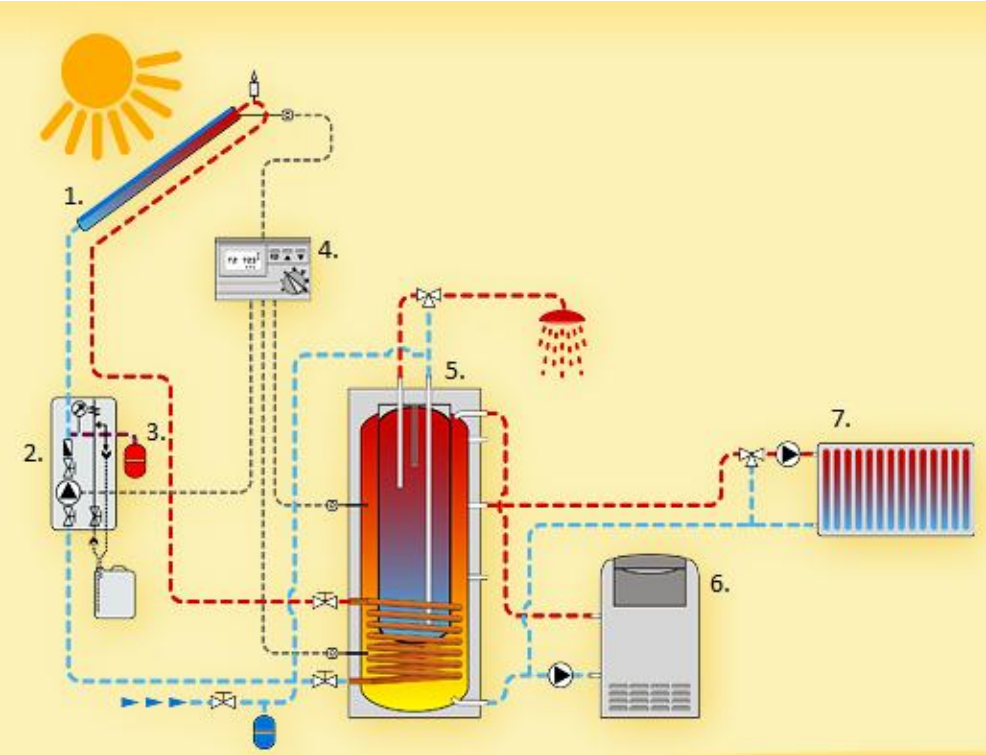
7.1. Návrh kombinovaného zařízení pro ohřev TV a VYT

Pro svůj výpočet jsem použila program MS Excel, kde jsem vytvořila jednotlivé tabulky. Excel se skládá z 12 listů, jelikož je vytvořen pro výpočet 4 druhů solárních kolektorů. Ve čtyřech listech se vyplňují požadavky a parametry daných typů solárních kolektorů. Další 4 listy obsahují tabulkové výpočty, graf a výsledky o konkrétním systému. V následujících 2 listech jsou uvedeny stanovené údaje, které jsou potřebné k výpočtu. A v neposlední řadě je list s cenovým zhodnocením solárních kolektorů.

7.2. Základní parametry RD

Rodinný dům se nachází v Praze, jehož rozměr je 12x15 (m). Orientace domu je jižní a střechu má sedlovou pod úhlem 15°. V domě žije rodina s čtyřmi členy. Tepelná ztráta tohoto domů byla zjištěna a odpovídá hodnotě 4,5 kW.

7.2.1. Solární systém pro ohřev TV a vytápění



Obr. č. 5 – Schéma solárního systému

1. Solární kolektor
2. Čerpadlová skupina
3. Expanzní nádoba
4. Regulátor systému
5. Akumulační nádrž s průtočným ohřevem teplé vody
6. Kotel na vytápění
7. Tepelné těleso (radiátor)

7.3. Popis zadání hodnot do Excelu

V prvním listů mé expertního systému je uvedeno zhodnocení vybraného solárního kolektoru. Ve Formuláři_1,2,3 se vyplňují pole, která jsou znázorněna bílé. Oranžové hodnoty jsou dané předem nebo se dopočítávají. Zbývající modrá poje jsou výsledky výpočtu.

7.4. Příprava teplé vody.

Zvolíme nejprve počet osob v domácnosti a spotřebu vody na jednu osobu. Dále je potřeba zadat teplotu studené vody (od 8° do 15°) a teplotu teplé vody (od 45°do 60°). Mezi standardní hodnoty, které se při výpočtech používají, jsou 15° a 60°. Nesmíme zapomenout na přirážku na tepelné ztráty při přípravě teplé vody.

Počet osob	4	
Spotřeba na osobu	60	l/osob den
Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den}$ (15°C / 60°C)	300	l/den
Studená voda t_{SV}	15	°C
Teplá voda t_{TV}	60	°C
Přirážka na tep. ztráty při přípravě teplé vody z	0	RD

Tab. č. 12 – Příprava teplé vody

7.5. Vytápění domu

Jedním ze základních parametrů pro výpočet potřeby tepla na vytápění je tepelná ztráta domů. Tato hodnota je součásti projektů při zateplená domů. Pro staré domy je nutno tuto hodnotu spočítat. Jelikož je dům nový, nepotřebujeme dělat výpočet a tuto hodnotu máme vypočtenou.

Další důležitou hodnotou je vnitřní výpočtová teplota, která se pohybuje od 15° do 24° C. Avšak nejčastěji se používá hodnota 20°C .

Venkovní výpočtová teplota se pohybuje od -21° do -12°C, a v tomto případě je standardní hodnota -12°C.

Střední vnitřní teplota se udává v daném měsíci na 20°C a přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy je 5%.

Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tepelných ztrát a předpokládaná energetická náročnost budovy si zvolíme v programu Excel.

Tepelná ztráta domu Q_z	4,5	kW
Vnitřní výpočtová teplota t_{iv}	20	°C
Venkovní výpočtová teplota t_{ev}	-12	°C
Předpokládaná energetická náročnost budovy (vytápění) ε	0,6	-
Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy *v*	5	%
Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát p	0,3	-

Tab. č. 13 – Vytápění domů

7.6. Parametry solárních kolektorů

V této kapitole popíšu parametry solárních kolektorů, které zadáváme do programu Excel. Optická účinnost kolektoru, lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru udává výrobce nebo dovozce kolektorů. Dále si můžeme zvolit počet kolektorů, podle toho lze zvolit optimální výsledné pokrytí spotřeby energie solárním systémem. Tady je dobré pracovat s grafem v listu Vyhodnocení, kde je vidět kolik je využito energie.

Střední denní teplotu v solárních kolektorech a následující parametry, které souvisejí s kolektory v programu Excel ve Formuláři. Následující související parametry kolektorů, jsou vypsány v Excelu na listu Vyhodnocení.

Zde jsou uvedeny výpočty skutečné denní dávky slunečního záření $H_{t,den}$ a střední denní sluneční záření $G_{T,m.}$ Tyto hodnoty jsou především závislé na území, ve kterém se nachází a na různé sklony a orientaci plochy kolektorů.

Pro můj expertní systém byla zvolena lokalita Praha, kde sklon kolektorů na domě je 45° a dům je orientovaný na jih.

Do této tabulky můžeme zadávat různé typy solárních kolektorů a pak je zhodnotit a vybrat si ten, který nám nejvíce vyhovuje.

Optická účinnost η_o		-
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1		$W/m^2.K$
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2		$W/m^2.K^2$
Počet kolektorů		ks
Plocha apertury solárního kolektoru A_{k1}		m^2
Celková plocha apertury kolektorů		m^2
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$		°C

Tab. č. 14 - Parametry solárních kolektorů

8. Porovnávané solární kolektory

8.1. Kolektor Q7-CPC

Tento typ kolektoru je plochy vakuový kolektor, která není vhodný jen na léto. Svoji technologii především umožňuje využívat sluneční záření dopadající na kolektor pod malým úhlem. To je podstatné v období jaro, podzim, kdy takto dopadá 80% záření. Od běžného panelu se liší odrazovou plochou paprsku ve tvaru žlábku. Tyto paprsky se soustřeďují do absorbéru, který se nachází uprostřed v ohniskové linii. Mezi velkou výhodnou tohoto kolektoru je optimální využívání slunečního záření, které dopadá pod různými úhly, díky tomu se soustřeďují paprsky do středu.

Kompaktní povrch kolektoru nám umožňuje snadné držení čistoty kolektoru a absorbéru, tím nám napomáhá chránit prostor ve vnitř a zajišťuje tak dlouhou životnost kolektoru (Quantumas, 2010).

Prvním porovnávaným byl kolektor typu ***Q7-5000-CPC/S1*** (*Obr. č. 6*, viz Příloha 1).

8.1.1. Parametry kolektoru

Tyto parametry uvádí dovozce kolektorů

Optická účinnost η_o	0,727	-
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1	3,948	$W/m^2.K$
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2	0,022	$W/m^2.K^2$
Počet kolektorů	15	ks
Plocha apertury solárního kolektoru A_{k1}	2,523	m^2
Celková plocha apertury kolektorů	37,8	m^2

Tab. č. 15 – Parametry kolektoru Q7-5000-CPC/S1

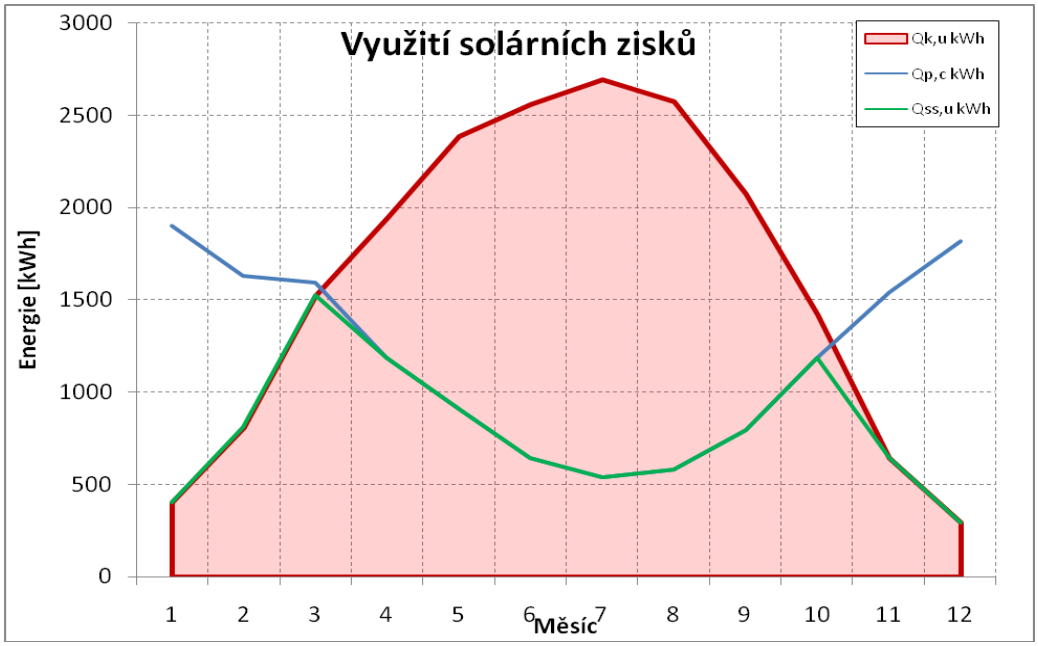
8.1.2. Zhodnocení

Podle vzorců a údajů, které jsou uvedeny v programu Excel, jsem dospěla k těmto výsledkům:

Měrný využitelný zisk solární soustavy qss,u	228	$kWh/m^2.rok$
Celkový využitelný zisk solární soustavy Qss,u	8619	kWh/rok
Solární podíl (pokrytí potřeby tepla) f	66	%

Tab. č. 16 – Zisk kolektoru Q7-5000-CPC/S1

8.1.3. Grafické zobrazení využití solárních zisků



Graf. č. 3. – Bilance solární soustavy

8.1.4. Finanční zhodnocení

Kolektor Q7-5000-CPC/S1	
Celková cena kolektoru (cena za jeden kolektor 28792)	431880
Celková cena montážní sady (cena pro 3 kolektory 17666)	88330
Zásobníkový ohřívač vody (Q7-800-ZBV)	45400
Solární jednotka, solární regulace, kapalina pro solární systémy 200l	37000
Příslušenství (lišty, tepelná izolace, ruční plnicí pumpa, montáž, atd.)	55000
Celkem	**657610**

Tab. č. 17 – Finanční nákladovost kolektoru Q7-5000-CPC/S1

8.2. Kolektor Q7-FKN

Tento kolektor je plochy velkoformátový solární kolektor, který vyrábí firma GREENone TEC. Tato firma patří mezi největší výrobce kolektorů v Evropě. Zvolila jsem tento kolektor kvůli vysokým výkonům těchto panelů. Kolektor je opatřen absorbérem typu H se spodním i horním sběrným potrubím, hliníkovou lisovanou vanou, spodní i boční izolací a kaleným solárním bezpečnostním sklem. Tyto kolektory jsou určeny k celoročnímu ohřevu TV, bazénů a přitápění. Tyto kolektory mají vysokou životnost, která je stanovena na 30-35 let (Quantum, 2010).

Dalším porovnávaným kolektorem byl typ ***Q7-3000-FKN/V*** (*Obr. č. 7*, viz Příloha 1)

8.2.1. Parametry kolektoru

Tyto parametry uvádí dovozce kolektorů

Optická účinnost η_o	0,77	-
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1	3,494	W/m^2.K
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2	0,017	W/m^2.K^2
Počet kolektorů	15	ks
Plocha apertury solárního kolektoru A_{k1}	2,157	m^2
Celková plocha apertury kolektorů	32,3	m^2

Tab. č. 18 – Parametry kolektoru Q7-3000-FKN/V

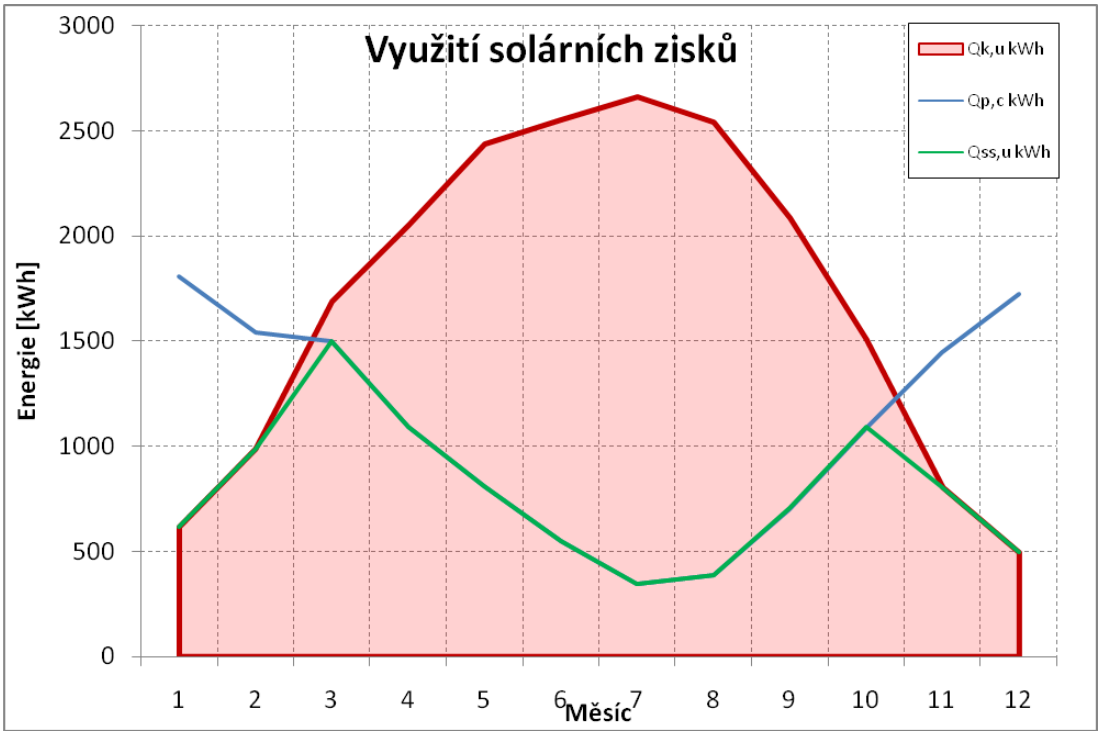
8.2.2. Zhodnocení

Podle vzorců a údajů, které jsou uvedeny v programu Excel, jsem dospěla k těmto výsledkům:

Měrný využitelný zisk solární soustavy $q_{ss,u}$	290	kWh/m^2.rok
Celkový využitelný zisk solární soustavy $Q_{ss,u}$	9373	kWh/rok
Solární podíl (pokrytí potřeby tepla) f	72	%

Tab. č. 19 – Zisk kolektoru Q7-3000-FKN/V

8.2.3. Grafické zobrazení využití solárních zisků



Graf č. 5 – Bilance solární soustavy

8.2.4. Finanční zhodnocení

Kolektor Q7-3000-FKN/V	
Celková cena kolektoru(cena za jeden kolektor 28792)	256950
Celková cena montážní sady (cena pro 3 kolektory 17666)	20200
Zásobníkový ohřívač vody (Q7-800-ZBV)	45400
Solární jednotka, solární regulace, kapalina pro solární systémy 200l	37000
Příslušenství (lišty, tepelná izolace, ruční plnicí pumpa, montáž, atd.)	55000
Celkem	**414550**

Tab. č. 20 – Finanční nákladovost kolektoru Q7-3000-FKN/V

8.3. Kolektor Q7-EKS

Tento plochý solární kolektor je dobrý k celoročnímu čerpání přímého i difuzního záření ze Slunce. Základní konstrukce je převzatá z Rakouska, kde se vyrábí. Tato konstrukce prošla modernizací a dosáhla velmi dobré kvality a účinnosti kolektoru. Tento kolektor má dlouhou životnost je ověřený, jelikož ho používají vyspělé země.

Solární kolektor je dán k nepřímému ohřevu vody, nádrží a bazénů, k vytápění, přitápění a temperování budov, objektů, místnosti.

Kolektor je stavěn pro provoz v celém roce a splňuje podmínky na instalaci kolektoru do novostaveb i volné instalace. Je vyroben jak ve vodorovné, tak i ve svislé poloze, kde se i shodují technické parametry.

Kolektory a krycí lišty můžeme získat ve dvou provedeních. Buď jako hnědý eloxovaný hliník, nebo přírodní hliník (Quantum, 2010).

Třetím porovnávaným kolektorem byl typ ***Q7-3000-EKS*** (*Obr. č. 8*, viz Příloha 1)

8.3.1. Parametry kolektoru

Tyto parametry uvádí dovozce kolektorů:

Optická účinnost η_o	0,82	-
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1	3,48	W/m^2.K
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2	0,03	W/m^2.K^2
Počet kolektorů	15	ks
Plocha apertury solárního kolektoru A_{k1}	2,28	m^2
Celková plocha apertury kolektorů	34,1	m^2

Tab. č. 21 - Parametry kolektoru Q7-3000-EKS

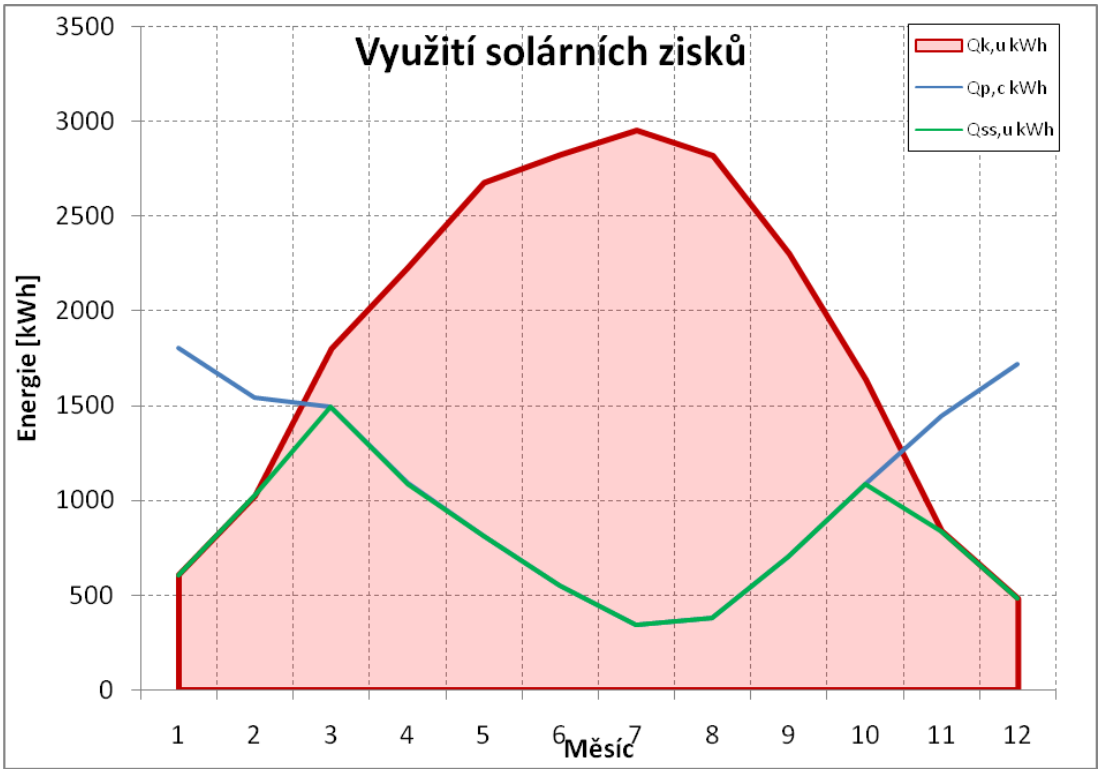
8.3.2. Zhodnocení

Podle vzorců a údajů, které jsou uvedeny v programu Excel, jsem dospěla k těmto výsledkům:

Měrný využitelný zisk solární soustavy qss,u	276	kWh/m2.rok
Celkový využitelný zisk solární soustavy Qss,u	9423	kWh/rok
Solární podíl (pokrytí potřeby tepla) f	73	%

Tab. č. 22 – Zisk kolektoru Q7-3000- EKS

8.3.3. Grafické zobrazení využití solárních zisků



Graf č. 6 - Bilance solární soustavy

8.3.4. Finanční zhodnocení

Kolektor Q7-3000-FKN/V	
Celková cena kolektoru(cena za jeden kolektor 28792)	229455
Celková cena montážní sady (cena pro 3 kolektory 17666)	33327
Zásobníkový ohřívač vody (Q7-800-ZBV)	45400
Solární jednotka, solární regulace, kapalina pro solární systémy 200l	37000
Příslušenství (lišty, tepelná izolace, ruční plnicí pumpa, montáž, atd.)	55000
Celkem	**400182**

Tab. č. 23 – Finanční nákladovost kolektoru Q7-3000-EKS

8.4. Kolektor Q7-MTS

Tento solární kolektor je univerzální rámový kolektor, který je vhodný pro ohřev bazénové vody, vytápění a ohřev TUV. Díky jeho konstrukci je odolný před atmosférickými vlivy. Kolektor je vybaven selektivní vrstvou, která pomáhá účinnosti kolektoru.

Životnost výrobku a její schopnost je dána dobře zvolených materiálů. Díky materiálům odolávají mechanickému zařízení a UV záření. Jsou též odolné vůči

napětí, které vzniká klimatickými podmínkami (déšť, kroupy, vítr, sníh). Tento kolektor lze zvolit ze dvou typů.

Posledním z vybraných kolektorů, které jsem porovnávala, byl typ ***Q7-500-MTS*** (*Obr. č. 9*, viz Příloha 1)

8.4.1. Parametry kolektoru

Tyto parametry uvádí dovozce kolektorů:

Optická účinnost η_o	0,72	-
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1	6,3	$W/m^2.K$
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2	0,04	$W/m^2.K^2$
Počet kolektorů	15	ks
Plocha apertury solárního kolektoru A_{k1}	1,82	m^2
Celková plocha apertury kolektorů	27,3	m^2

Tab. č. 24 - Parametry kolektoru Q7-500-MTS

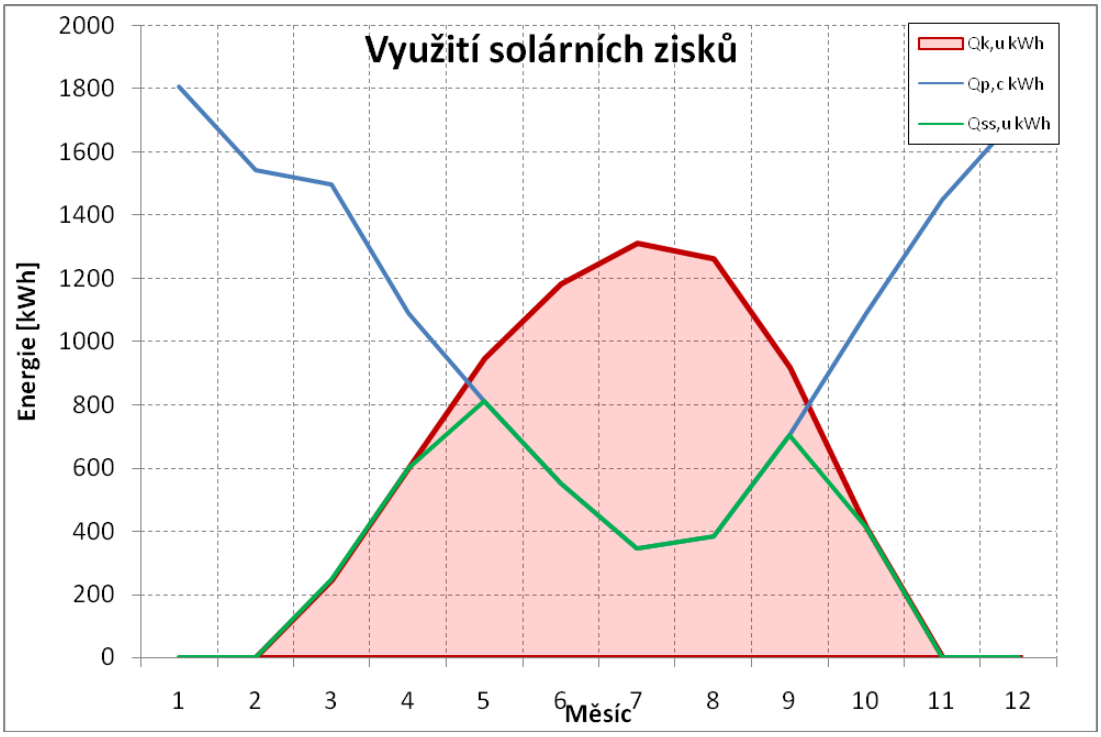
8.4.2. Zhodnocení

Podle vzorců a údajů, které jsou uvedeny v programu Excel, jsem dospěla k těmto výsledkům:

Měrný využitelný zisk solární soustavy qss,u	148	kWh/m2.rok
Celkový využitelný zisk solární soustavy Qss,u	4048	kWh/rok
Solární podíl (pokrytí potřeby tepla) f	31	%

Tab. č. 25 - Zisk kolektoru Q7-500-MTS

8.4.3. Grafické zobrazení využití solárních zisků



Graf č. 7 - Bilance solární soustavy

8.4.4. Finanční hodnocení

Kolektor Q7-3000-FKN/V	
Celková cena kolektoru(cena za jeden kolektor 28792)	160560
Celková cena montážní sady (cena pro 3 kolektory 17666)	33327
Zásobníkový ohřívač vody (Q7-800-ZBV)	45400
Solární jednotka, solární regulace, kapalina pro solární systémy 200l	37000
Příslušenství (lišty, tepelná izolace, ruční plnicí pumpa, montáž, atd.)	55000
Celkem	**331287**

Tab. č. 26 – Finanční nákladovost kolektoru Q7-500-MTS

9. Solární energie a odpad

Jednou z velkých výhod solárních panelů je, že pracují bez jakéhokoliv paliva a přímo sluneční energie nám přeměňují na energii elektrickou. Velmi důležitou složkou fotovoltaiky je, že nevytváří žádná emise, odpad ani hluk. Považuje se za ekologicky čistou energii a je také prakticky nevyčerpatelná.

V ČR i ve světě solární energie má velkou perspektivu a její využitelnost vzrostla za posledních desítek let až o 30%.

10. Ekonomika provozu

Velkou výhodou provozu solárních systému je nevyčerpatelnost sluneční energie a její snadné získávání. Pro získání energie nejsou nutné žádné investice, proto je tato energie žádaná. Jedná se o tzv. čistou energii, která je ekologická a bezpečná. Bohužel bez dotací, které získáváme z Fondu EU, by měl solární systém dlouho návratnost. Tato dotace nám vypomáhá snižovat cenu solárního tepla cca na polovinu. U rodinného domu se návratnost odhaduje na 10-15 let a u bytových domů dokáže být kratší. Je jisté, že snahou bude neustále modernizovat systémy a vytvářet takové, kde nebude potřeba dotací. V tomto technologickém směru můžeme očekávat další posun k efektivnějšímu a levnějšímu získávání sluneční energie. Využitím této energie snižujeme zároveň znečišťování životního prostředí a zvyšujeme tak životní úroveň celé populace.

11. Diskuze

Měla jsem zhodnotit vybrané typy solárních kolektoru a doporučit nejvhodnější pro daný typ budovy. Vybrala jsem čtyři různé solární kolektory, které měli odlišné parametry, které jsem v mé práci zkoumala.

Zvolila jsem plochý velkoformátový solární kolektor Q7-3000-FKN/N, který vyrábí firma GREENone TEC. Tato firma patří mezi největší výrobce a dodavatelů kolektorů v Evropě. Zvolila jsem tento kolektor kvůli vysokým výkonům těchto panelů. Kolektor je opatřen absorbérem typu H se spodním i horním sběrným potrubím, hliníkovou lisovanou vanou, spodní i boční izolací a kaleným solárním bezpečnostním sklem. Tyto kolektory jsou určeny k celoročnímu ohřevu TV, bazénů a přitápění. Jsou spíše pro náročné investory, kteří požadují vysokou kvalitu. Životnost je stanovena na 30-35 let.

Solární kolektor jsem vybírala na základě porovnání ceny soustavy a ročních zisků kolektorů. Velkou roli hrála i plocha celkové soustavy, kterou vybraný solární kolektor splňuje.

Celkové vyhodnocení mnou doporučovaného solárního kolektoru:

Potřeba tepla na přípravu teplé vody (TV) je 4390 kWh/rok

Potřeba tepla pro vytápění je 8596 kWh/rok

Měrný využitelný zisk solární soustavy ($q_{SS,u}$) je 290 kWhm^2/rok

Celkový využitelný zisk solární soustavy ($_{QSS,u}$) je 9373 kWh/rok

Solární podíl je 72%

12. Závěr

Z mé práce vyplývá, že sluneční energie je zajímavou a do budoucna jednou z mála energií, která se bude využívat častěji a ve větším množství. V dnešní době fotovoltaika je velmi populárním tématem. Vývoj a výzkum solárních panelů bude aktuálním tématem příštích let. Trendem budou nové materiály, které budou jednak levné a především výkonnější.

Mám-li zhodnotit srovnání jednotlivých panelů, pak lze říci, že žádný z kolektorů nedosahuje stoprocentní pokrytí potřeb domů. Lze shrnout, že zisk energie zkoumaných kolektorů dosahují cca 70%.

13. Přehled literatury a použitých zdrojů

1. Quaschning V., 2008: Erneuerbare Energie und Klimaschutz. Publisher by Carl Hanser Verlag, Munich/FRG, 296 s.
2. Libra M., Poulek V., 2009: Fotovoltaika – Teorie a praxe využití solární energie. ILSA, Praha, 160 s.
3. Šmíd V., Michalička F., Adamovský R., Háš S., Chyský J., Kára, Mašek A., 1988: Využití netradičních zdrojů energie ve vytápění. Dům techniky ČSVTS, Praha, 135s.
4. Haller A., Humm O., Voss K., 2001: Solární energie – Využití při obnově budov. Graga Publishing, Praha, 180s.
5. Beranovský J., Truxa J., 2003: Alternativní energie pro váš dům. Eko WATT, ERA group, Brno, 125s.
6. Brož K., 2001: Zařízení pro využití sluneční energie. Cech topenářů a instalatérů ČR, Brno, 65s.
7. Bouček J., 1993: Sluneční energie. AGROSPOJ, Praha, 32 s.
8. Noskievič P., Kaminský J., 1996: Využití energetických zdrojů. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 91 s.
9. Pregizer D., 2007: Grundlagen und Bau eines Passivhauses. Hüthig Jehle Rehm GmbH, Heidelberg, 128 s.
10. ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění. ČNI 2005
11. Scherr H., 1993: Sluneční strategie – Politika bez alternativy. R.Piper GmbH and Co. KG, München, 284 s.
12. Mittermair F., Sauer W., Weiße G., 1992: Solaranlagen – selbst gebaut. Verlag A.C. Müller GmbH, Karlsruhe, 90 s.
13. Kára J., Adamovský R., 1993: Praktická příručka – Obnovitelné zdroje energie. Agrospoj, Praha, 208 s.
14. Libra M., Poulek V., 2006: Solární energie – Fotovoltaika-perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti. ČZU, Praha, 149 s.
15. Tywoniak J. a kol., 2008: Nízkoenergetické domy 2. Grada Publishing, Praha, 204 s.
16. Brož K., Šourek B., 2003: Alternativní zdroje energie. ČVUT, Praha, 213 s.

17. Šourek, 2010: Informační příručka pro projektanty.Praha, 39 s.
18. Matuška T., 2007: Dimenzování solárních soustav. [online]: http://tzb-info.cz/4214-dimenzovani-solarnich-soustav-i, cit. 10. 4. 2011
19. SolarHit: Solární záření v ČR. [online]: http://solathit.anaweb.cz/index.asp?menu=774, cit. 10. 4. 2011
20. FVK Global: Fotovoltaické elektrárny. [online]: http://www.fvk.cz/rubriky/fotovoltaické-elektrarny, cit 12. 4. 2011
21. Energetický poradce PRE: Solární kolektory. [online]: http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-slince/solarni-kolektory.html, cit. 12. 4. 2011
22. Solar Energy System: Solárné systémy-Produkty SES-Trubicové kolektory. [online]: http://www.solarenergy.sk/sk/stranka/solarnesystemy/produkty-ses/trubicove-kolektory
23. Czech Natur Energy: Termické systémy na ohřev vody a podporu vytápění. [online]: http://www.cne.cz/solarni-ohrev-vody/uvod-do-termickych-systemu/, cit. 12. 4. 2011
24. Quantum, 2010: Solární systémy- Chytíme Vám Slunce (příručka), Praha.
25. ECONET: Účinnost termosolárních kolektorů, [online]: http://www.econet2012.cz/ThermoSolarSystems_CollectorEfficiency.htm, cit. 15. 4. 2011

14. Přílohy

Příloha č. ´1 – Obrázky

Obr. č. 6 - Kolektor Q7-3000-CPC/S1

Obr. č. 7 - Kolektor Q7-3000-FKN/V

Obr. č. 8 - Kolektor Q7-3000-EKS

Obr. č. 9 - Kolektor Q7-500-MTS

Příloha č. 2 – Tabulky

Typ budovy	Typ spotřeby	m.j.	$V_{TV,mj,den}$ [l/mj.den]
Obytné budovy	Nízký standard	os	10 - 20
	Střední standard	os	20 - 40
	Vysoký standard	os	40 - 80
	Nízké (letní) vytížení		0,75 x V_{TV}
Nemocnice	Nízké (letní) vytížení	os	30 - 35
	Zbylá část roku	os	30 - 60
Domovy důchodců	Nízké (letní) vytížení	os	30 - 35
	Zbylá část roku	os	30 - 60
Studentské domovy, koleje	Nízké (letní) vytížení	os	20 - 25
	Zbylá část roku	os	25 - 50
Školy	Nízké (letní) vytížení	os	0
	Zbylá část roku	os	5 - 10
Hostince, restaurace	Nízký standard	místo	5
	Střední standard	místo	15
	Vysoký standard	místo	30
Ubytovací zařízení**	Nízký standard	lůžko	20
	Střední standard	lůžko	35
	Vysoký standard	lůžko	70
Sportovní zařízení***	Nízký standard	sprcha	30
	Střední standard	sprcha	60
	Vysoký standard	sprcha	100

Tab. č. 4 – Měrná denní potřeba teplé vody při teplotním spádu 60/15°C

Místo	Střední teplota t_{ep} v jednotlivých měsících [°C]											
	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Praha	-1,5	0,0	3,2	8,8	13,6	17,3	19,2	18,6	14,9	9,4	3,2	-0,2
České Bud.	-2,0	-0,9	3,0	7,4	12,7	15,7	17,5	16,6	12,9	7,7	2,8	-0,4
Hradec K.	-2,1	-1,0	2,7	7,4	12,8	15,6	17,4	16,8	13,5	8,3	3,1	-0,4
Brno	-2,0	-0,6	3,7	8,7	14,1	16,9	18,8	17,8	14,0	8,7	3,1	-0,4

Tab. č. 6 – Střední venkovní teplota v jednotlivých měsících

Střední intenzita slunečního záření GTm [kWh/m2] na různě orientovanou a skloněnou plochu - pro město												
úhel sklonu osluněné plochy β	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Azimutový úhel osluněné plochy γ = ± 0° (orientace na jih)											
0	175	253	365	446	498	514	501	462	388	285	195	150
15	273	353	448	501	535	545	534	508	457	375	290	245
30	356	434	506	529	543	546	538	526	501	444	369	325
45	418	489	535	527	521	517	512	515	516	488	427	387
60	454	514	533	496	470	460	459	476	503	502	458	424
75	463	509	500	437	394	379	381	411	461	488	462	436
90	443	473	438	355	299	279	285	325	393	444	438	421
Azimutový úhel osluněné plochy γ = ± 15°												
15	270	350	445	499	534	543	533	506	454	372	287	241
30	349	427	500	525	540	543	535	522	496	438	363	319
45	408	479	526	521	516	512	508	509	509	479	417	377
60	442	502	522	488	464	455	453	469	494	491	447	413
75	449	495	488	428	388	373	375	403	451	475	449	423
90	429	459	426	346	292	273	279	317	383	431	425	408
Azimutový úhel osluněné plochy γ = ± 30°												
15	259	339	435	492	529	539	528	500	446	362	277	232
30	329	406	482	512	530	534	526	511	480	419	343	300
45	380	449	501	502	502	500	495	494	487	452	390	351
60	408	466	491	465	447	440	438	449	467	459	413	380
75	411	455	453	403	369	356	358	382	421	439	412	387
90	390	418	390	320	273	256	261	294	352	394	386	370
Azimutový úhel osluněné plochy γ = ± 45°												
15	243	322	421	482	521	532	521	491	434	347	261	216
30	298	373	453	491	514	520	512	493	456	389	313	270
45	336	403	460	473	480	481	475	468	453	410	346	308
60	353	409	442	430	420	416	413	419	425	407	360	328
75	350	392	398	363	339	330	331	347	374	381	353	329
90	327	352	333	279	242	229	233	259	303	334	325	310

Tab. č.9 – Střední denní sluneční ozáření plochy kolektorů

Místo	Střední teplota v době slunečního svitu t_{es} v jednotlivých měsících [°C]											
	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Praha	2,2	3,4	6,5	12,1	16,6	20,6	22,5	22,6	19,4	13,8	7,3	3,5
České Bud.	1,7	2,4	6,2	10,7	15,8	18,6	20,8	20,6	17,4	12,1	6,9	3,3
Hradec K.	1,6	2,4	6,0	10,7	15,9	18,9	20,7	20,8	18,0	12,7	7,2	3,3
Brno	1,7	2,8	7,0	12,0	17,2	20,2	22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	3,5

Tab. č. 11 – Střední teplota venkovního vzduchu v době slunečného svitu