

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra ekologie**



**Návrh nízkoenergetického domu s kombinovaným solárním  
systémem**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*

Ing. Jan Sander, Ph.D.

*Autor práce:*

Stejskalová Michaela

Praha 2016

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michaela Stejskalová

Ochrana přírody

Název práce

**Návrh nízkoenergetického domu s kombinovaným solárním systémem**

Název anglicky

**Proposal for a low-energy house with a combined solar system**

---

### **Cíle práce**

Vytvořit ideový návrh a podklady pro projekt nízkoenergetického domu.

### **Metodika**

Úvod do problematiky nízkoenergetických budov

Systémy solárních kolektorů

Systémy solárních voltaických panelů

Výpočty

Defice podmínek pro stavební projekt

Zhodnocení a trendy

## **Doporučený rozsah práce**

45-55

## **Klíčová slova**

Nízkoenergetický dům, solární kolektory, voltaické solární panely, tepelné ztráty

---

## **Doporučené zdroje informací**

Haller, A., Humm, O., Voss, K.: Solární energie – využití při obnově budov. Grada, 2001.

Macholda, F., Srdečný, K.: Úspory energie v domě. Grada, Praha, 2004.

Nagy, E.: Nízkoenergetický ekologický dům. Jaga Group, 2002.

Počinková, M., Čuprová, D.: Úsporný dům, ERA, Brno, 2004.

Srdečný, K.: Energeticky soběstačný dům. ERA, Brno, 2006, dotisk 2007.

Šála, J.: Zateplování budov. Grada 2000.

Šubrt, R.: Tepelné izolace v otázkách a odpovědích, BEN, Praha, 2005.

---

## **Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FŽP

## **Vedoucí práce**

Ing. Jan Sander, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 4. 5. 2015

**doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 4. 5. 2015

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2016

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh nízkoenergetického domu vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury.

Diplomová práce je školním dílem a může být použita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana fakulty Životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze.

Brno, dne.....

Podpis.....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji panu Dr. Ing. Janu Sanderovi za velmi cenné rady a odborné vedení, které mi během zpracování této diplomové práce vždy ochotně poskytnul.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je na téma Návrh nízkoenergetického domu s kombinovaným solárním systémem a popisuje možnost využití slunečního záření v podobě tepelné energie, kterou využíváme pro ohřev teplé užitkové vody. Poukazuje na možnost přitápění a využití slunečního záření i pro výrobu elektrické energie a jaké komponenty jsou k tomu zapotřebí. Praktická část je zaměřena na konkrétní stavbu v Nebovidech, které leží nedaleko od Brna. Výsledkem této práce je, včetně výpočtu tepelných ztrát daného objektu, zhodnocení fototermického systému a fotovoltaické elektrárny, jejich náklady, zisky a návratnost této investice.

### **Klíčová slova**

Nízkoenergetický dům, solární kolektory, voltaické solární panely, tepelné ztráty

## **ABSTRACT**

The topic of this thesis is Design of low-energy house with combined solar system. It describes the possibility of using solar radiation in the form of heat energy that we use for heating hot water. Thesis points to the possibility of using of solar radiation for the production of electrical energy. The practical part of thesis is focused on a particular house in Nebovidy, which lies not far from Brno. The result of this work is, including the calculation of the heat loss of the object, the evaluation of phototermic system and photovoltaic power plant, their costs, profits and return on this investment.

### **Keywords**

Low-energy house, solar collectors, voltaic solar panels, heat losses

## OBSAH

1	ÚVOD .....	9
2	CÍL .....	11
3	ÚVOD DO PROBLEMATIKY NÍZKOENERGETICKÝCH BUDOV .....	12
3.1	Historie energeticky úsporných domů .....	12
3.2	Charakteristika nízkoenergetických domů.....	13
3.3	Rozdělení rodinných domů podle energetické náročnosti.....	14
4	DEFINICE PODMÍNEK PRO STAVEBNÍ PROJEKT .....	17
5	PŘÍRODNÍ ZDROJE ENERGIE A JEJICH VYUŽITÍ .....	21
6	SOLÁRNÍ ENERGIE .....	24
6.1	Sluneční záření.....	24
6.2	Spektrum slunečního záření.....	25
6.2.1	Sluneční záření v České republice .....	25
7	SYSTÉMY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ .....	27
7.1	Využití solární energie pro vytápění.....	27
7.1.1	Pasivní solární systémy .....	27
7.1.2	Aktivní solární systémy .....	29
7.2	Fototermické solární články.....	32
7.2.1	Využití solárního systému pro ohřev vody .....	32
7.2.2	Základní komponenty solárního systému.....	33
7.2.2.1	Popis solárního systému.....	36
8	SYSTÉMY SOLÁRNÍCH VOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ.....	37
8.1	Fotovoltaický jev .....	37
8.2	Princip polovodičového fotovoltaického článku .....	37
8.2.1	Základní typy fotovoltaických článků.....	38
8.3	Systémy pro výrobu elektřiny.....	39
8.3.1	Ostrovní systémy (autonomní systémy).....	40
8.3.2	Síťový provoz.....	40
8.3.2.1	Režim vlastní spotřeby a prodeje přebytků.....	41
8.3.2.2	Režim přímého prodeje elektrické energie do sítě.....	41
8.3.3	Zelený bonus .....	41
8.4	Instalace fotovoltaické elektrárny .....	42
8.4.1	Posouzení budovy a stanoviště .....	42
8.4.1.1	Zastínění fotovoltaických panelů.....	42
8.4.1.2	Stín a jeho řešení.....	43
8.4.2	Montážní systém .....	43
8.4.2.1	Montáž ve střeše .....	43

8.4.2.2	Montáž nad střechou.....	44
8.4.2.3	Montáž na plochých střechách.....	44
8.4.2.4	Montáž na fasádě .....	44
8.4.3	Další montážní řešení.....	44
9	TEPELNÉ ČERPADLO .....	46
9.1	Princip tepelného čerpadla.....	46
9.2	Zdroje tepla a druhy tepelných čerpadel.....	46
9.2.1	Zdroj tepla – vzduch.....	46
9.2.2	Zdroj tepla – podzemní voda.....	47
9.2.3	Zdroj tepla – zemský povrch.....	48
10	NÁVRH PROJEKTU S KOMBINOVANÝM SOLÁRNÍM SYSTÉMEM .....	49
10.1	Geografické podmínky a charakteristika objektu .....	49
10.2	Popis stavebních materiálů .....	49
11	VÝPOČTY A VÝSLEDKY .....	51
11.1	Výpočet tepelných ztrát .....	51
11.2	Výběr fototermického systému.....	58
11.3	Ekonomika provozu fototermického systému .....	60
11.4	Výběr fotovoltaické elektrárny .....	62
11.5	Ekonomika fotovoltaické elektrárny.....	63
11.6	Alternativní zdroj – Tepelné čerpadlo .....	64
12	DISKUSE.....	65
13	ZÁVĚR .....	67
14	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	69
15	SEZNAM OBRÁZKŮ A PŘÍLOH.....	72



# 1 ÚVOD

V posledních desetiletích se naše populace zabývá hlavně energií, kolik se jí spotřebovává, jaké jsou zdroje energie a její úspora. Jedná se o celosvětovou problematiku a řeší se stále globální oteplování a jeho důsledky.

Je zcela jisté, že klasické zdroje (uhlí, ropa atd.) nejsou nevyčerpatelné a jejich využívání je čím dál více technicky komplikovanější a užívání obnovitelných zdrojů energie není ještě zdaleka natolik rozvinuté, aby to zásadním způsobem ovlivňovalo celosvětovou energetickou spotřebu (Kulhánek F., 2009).

První pokusy o řešení energetické problematiky začaly v 70. letech 20. století. Od té doby se zvýšil tlak na redukci spotřeby energie a na šetrnější využívání klasických dostupných zdrojů, a to díky environmentálnímu hledisku a hledisku udržitelného rozvoje (Kulhánek, 2009).

Na globální energetické spotřebě se podílejí až z jedné poloviny stavby a jejich provoz, a proto je snaha o energetické zefektivnění provozu budov a jejich výstavby na jednom z prvních míst (Brož. K. & Šourek B.).

Je důležité uvědomit si, že snahou o docílení zvýšení energetické efektivity staveb a snahou ušetřit spotřebu energií, neřešíme jen úsporu energetických zdrojů (a jejich postupné vyčerpávání), se kterou je spojena i ekonomická problematika, ale na úsporu energie se váže několik dalších problémů, a to především z oblasti environmentální. V dnešní době se stále používají technologie, jež mají negativní dopad na naše životní prostředí. Škodliviny vznikající díky našim technologiím jsou hlavně emise (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), dále prachové částice nebo nadměrná produkce vodní páry a kyselých dešťů. Tyto škodliviny a mnoho dalších poškozují nejen naši krajinu, ovzduší, globální oteplování, ale jejich působení má významný vliv na náš zdravotní stav (Kulhánek F., 2009; Brož. K. & Šourek B.).

Pokud by se v dlouhodobém časovém horizontu nepodařilo v dostatečné míře vyřešit celosvětovou energetickou bilanci, včetně zajištění přijatelných energetických zdrojů, mohlo by to mít pro lidskou populaci velmi negativní důsledky.

Cílem energetické optimalizace rekonstrukce budov je hlavně zlepšit stávající spotřebu energie daného objektu a dosáhnout takových hodnot, abychom ji mohli označit jako optimální. Výslednému návrhu předchází spousta průzkumů zjišťujících technický stav konstrukcí a zařízení objektu a jejich zbývající životnost.

Návrh projektu nového objektu i návrh energetické optimalizace stávající budovy by měl být společným dílem specialistů z oblasti stavebních konstrukcí, architektury, stavební fyziky, technického zařízení objektu a ekonomiky.

Samozřejmě cílem projektu je dosáhnout energetické náročnosti budovy na úroveň nízkoenergetického, dokonce i pasivního standardu. Jistě si musíme uvědomit, že existuje i řada objektů, u kterých není možné předpokládané energetické úrovně dosáhnout, z důvodu např. konstrukčních, architektonických i ekonomických. V takových případech se hledá kompromis a následné nejlepší varianty řešení (Brož. K. & Šourek B.).

V současnosti máme technologie umožňující nám výstavbu nízkoenergetického a pasivního domu, jež spotřebují asi desetinu procenta celoroční spotřeby běžných domů. Dokonce nulové či plusové domy nepotřebují dodávat žádnou energii z rozvodných sítí, ale tyto domy však u nás nebyly dosud postaveny (Kulhánek F., 2009).

## **2 CÍL**

Cílem mé diplomové práce je navrhnout a zhodnotit solární systém pro rodinný dům v Nebovidech. Z výsledných výpočtů zhodnotit efektivitu, návratnost daného systému a zjistit, zda-li je z ekologického pohledu přínosem pro naše životní prostředí.

### **3 ÚVOD DO PROBLEMATIKY NÍZKOENERGETICKÝCH BUDOV**

#### **3.1 Historie energeticky úsporných domů**

V dnešní době využíváme pro stavbu energeticky méně náročných domků také částečně technologii, která je stará stovky let. Po celém světě v různých klimatických pásmech platí pravidlo, že pokud jsou obývané budovy postaveny kvalitně, tedy dostatečně zaizolovány, nepotřebují další zdroje na vytápění nebo k chlazení obydlí.

Předchůdci nízkoenergetických staveb vyvíjeli technologie i v chladných oblastech, kde konstruovali stavby pomocí hlíny, trávy a mechu, díky nimž byly tepelné ztráty minimální. Jen tyto objekty postrádaly okna či větrání (Centrum pasivního domu, 2013).

Zajímavým příkladem, jak využít principu stavby s energetickou nenáročností je výzkumná loď s názvem Fram polárníka Fridtjofa Nansena, jejíž boky a stropy byly zatepleny minimálně 40 cm odlišných izolačních materiálů (korkem a dehtovou plstí). Okna této lodi byla vyrobena s trojitým zasklením. Dle zápisků Nansena stačila k vyhřátí vnitřního prostoru petrolejová lampa, i přes venkovní teploty pohybující se od minus 5 do 30°C. Větrání bylo řešeno pomocí ventilátoru, na který byl směřován vítr z menších plachet a poté vháněn do vnitřních prostor (Hudec M., 2008).

Veliký rozmach ve výzkumu domů s nízkoenergetickou náročností náleží období 70. let, kdy docházelo k energetickým krizím a hlavně uvědomění si závislosti na ropě. Zvyšoval se tlak na úsporu energie a hledalo se v jiných oblastech. Hlavní oblastí se stalo stavebnictví, kde se zahájily první experimenty na výstavbu úsporných domů za použití solárních systémů. První pokusy v tomto období probíhaly na univerzitě v Kodani, kde se podařilo poprvé postavit opravdu nulový dům. V dnešní době je dům využíván pro ubytování hostů, ale díky poruše solárních panelů funguje jen jako nízkoenergetický dům. Mnoho experimentů probíhalo hlavně v severní Americe a velmi zajímavým projektem se stala stavba úsporného domu ve Skalistých horách ve výši 2000 m. n. m. V roce 2011 tato stavba získala ocenění od Institutu pasivního domu, jakožto průlomová stavba, jež umožnila vzniku pasivního energetického standardu (Centrum pasivního domu, 2013).

V období 70.let probíhal výzkum energeticky šetrných domů i v Německu. Zdejší projekty využívaly potenciálu zemního tepelného výměníku, řízeného větrání a dalších prvků využívajících se i v současnosti. V 80. letech se pracovalo na projektu nulového domu, který se na základě své energetické náročnosti na fungování svých systému, zcela neosvědčil. Řada takových nově vzniklých budov se potýkala s řadou problémů, protože nebyl kladen důraz na jejich vzduchotěsnost. K dispozici nebyla kvalitní okna, tudíž docházelo k tepelným ztrátám a především byly často vybaveny pouze experimentální technikou se sklony k poruchovosti (Smola J., 2011)

Při řešení těchto problémů přišlo Švédsko s významným pokrokem, kde byly stavěny domy s nízkou energetickou náročností, za pomoci kvalitních oken, velmi dobré úrovně zateplení a mechanickou ventilací. Výsledek tohoto projektu byl znamenitý, vznikla série čtyř testovacích domů v Hessensku, které byly od roku 1991 obývány. Pozorováním těchto staveb a postupným získáváním dat a informací, včetně pomoci obyvatel v domech žijících, byla definována podoba základu standardu pasivních domů, jak je známe v současnosti (Hudec M., 2008).

### **3.2 Charakteristika nízkoenergetických domů**

Nízkoenergetické domy jsou stavby vyznačující se výbornými izolačními schopnostmi. Potřeba tepla na vytápění nejvíce ovlivňuje zateplení budovy, tedy fasády domu, stěn pod úrovní terénu, podlahy v nejnižším vytápěném podlaží, střechy a dále pak kvalita oken a dveří. Správné izolační schopnosti a jejich vzduchotěsnost, tzn. „vzduchovou neprůvzdušnost“, zkoumá speciální ventilátor umístěný ve vchodových dveřích domu. Ventilátor v domě postupně vytváří podtlak a přetlak, a díky tomu je sledována těsnost v obvodu domu. Abychom dosáhli co nejnižší potřeby tepelné energie na vytápění, je třeba správná orientace domu vůči světovým stranám a jeho umístění na pozemku. Nejvhodnějším způsobem je orientovat prosklené plochy domu na jih, kde můžeme využívat solární energii v otopném období a v neposlední řadě také fotovoltaických a fototermických systémů umístěných na střeše nebo stěně domu. Dosahování parametrů nízkoenergetického domu, při znalostech a dostupnosti vhodných stavebních materiálů, není v dnešní době nic složitějšího, např. při rekonstrukci a revitalizaci bytových domů, zejména panelových. Při takových rekonstrukcích je však nezbytná

i nová regulace otopné soustavy, využití alternativních topných zdrojů (např. kondenzační kotle, tepelná čerpadla) (Ekowatt, 2008).

### 3.3 Rozdělení rodinných domů podle energetické náročnosti

Globální oteplování je dnes velmi známým faktem a více než 40 % energie se spotřebovává v budovách. Na počátku 21. století se zvýšil zájem politiků a veřejnosti snížit energetickou náročnost budov. Tento zájem na snižování spotřeby energie vyústil ve vytvoření Směrnice 91/2002/EC o energetické náročnosti budov. Na základě vytvořené směrnice má každý členský stát povinnost vytvořit nástroje pro snižování energetické náročnosti budov, mezi něž patří i energetická certifikace budov, která je určována průkazy energetické náročnosti budov (Kabele K., 2009).








Termín „energetická náročnost budovy“ a jeho původ nalezneme v anglickém překladu „energy performance of buildings“, který vyjadřuje doslovný překlad „energetické chování budovy.“ Energetická náročnost znázorňuje množství energie skutečně spotřebované nebo odhadované pro potřeby splňující standardizované užívání budovy (vytápění, chlazení, větrání, příprava teplé vody a osvětlení).

**Tab. č. 1 Kategorizace rodinných domů podle energetické náročnosti**

KATEGORIE	POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Nulový dům, dům s přebytkem tepla	0 – 5
Pasivní dům	5 – 15
Nízkoenergetický dům	15 – 50
Současná novostavba	80 – 140 v závislosti na faktoru A/V
Běžné domy v 70. - 80. letech	Často dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby

(zdroj: Ekowatt, 2009)

**Obr. 1 Třída energetické náročnosti budovy**

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy	Měrná spotřeba energie (kWh/m <sup>2</sup> .rok)
 <b>Velmi úsporná</b> <b>A</b>	Velmi úsporná	< 51
 <b>Úsporná</b> <b>B</b>	Úsporná	51 - 97
 <b>Vyhovující</b> <b>C</b>	Vyhovující	98 - 142
 <b>Nevyhovující</b> <b>D</b>	Nevyhovující	143 - 191
 <b>Nehospodárná</b> <b>E</b>	Nehospodárná	192 - 240
 <b>Velmi nehospodárná</b> <b>F</b>	Velmi nehospodárná	241 - 286
 <b>Mimořádně nehospodárná</b> <b>G</b>	Mimořádně nehospodárná	> 292

(zdroj: *Nová zelená úsporám*, 2013)

### **Nulový dům, dům s přebytkem tepla**

Nulový dům je energeticky nejméně náročný. Je koncipován tak, že je téměř nezávislý na externích zdrojích vyrábějících energii. Potřeba tepla na vytápění je téměř nulová, tedy konkrétně je to 0 - 5 kWh/m<sup>2</sup>. Velmi důležitá je tepelná izolace s využitím moderních technologií- např. fotovoltaických panelů, jež vyrábí energii. V případě, že solární panely vyrobí více energie, než tento dům spotřebuje, je označován jako aktivní, nebo plusový dům. Nadbytek energetických zisků z fotovoltaických panelů lze uchovat v akumulacích zásobnících, které se využijí v zimním období. Pro tento dům jsou využity nejnovější poznatky v oblasti omezení tepelných ztrát obvodové konstrukce domu, eliminace tepelných mostů a také nejúčinnější tepelně technická a energetická zařízení s nejvyšším možným výkonem, jež je dosažený s nejnižší spotřebou vstupní energie (Nagy E., 2002; Dřevostavby, 2012).

### **Pasivní dům (PD)**

Pasivní dům nelze vytvořit z jakéhokoliv rodinného domu postaveného na libovolném místě. Nestačí pouhé zateplení obvodové konstrukce bytového objektu, kvalitních oken a dveří. Při návrhu pasivního domu je nezbytné respektovat kompaktnost domu na vhodně orientovaném pozemku, s vynikající tepelnou izolací bez tepelných mostů. Důležitou složkou je využití větracího systému s vysokou účinností rekuperace tepla, který nám zajistí nízké tepelné ztráty domu. Čerstvý

vzduch je zahříván na potřebnou teplotu a poté vháněn do místnosti a naopak vydýchaný vzduch je odsáván a vypouštěn z domu ven. Ohřátý odpadní vzduch prochází rekuperátorem (tepelným výměníkem) a pomáhá ohřívat čerstvý vzduch, tudíž je tento systém i energeticky značně úsporný. Díky výměně vzduchu v domě vzniká zdravé prostředí, které nepodporuje vznik bakterií a plísní. Systém udržuje relativně i stabilní úroveň vlhkosti vzduchu a lépe se v domě dýchá. Tepelné energie se ročně spotřebuje 5 až 15 kWh/m<sup>2</sup> a primární energie do 47 kWh/m<sup>2</sup>. (Nagy E., 2002; Dřevostavby, 2012).

### **Nízkoenergetický dům (NED)**

Při výstavbě takového domu je nutné dodržet několik zásadních opatření, zejména je kladen důraz, jako u předchozích staveb, na vysoký tepelný odpor obvodové stěny budovy a jednotlivých konstrukcí (střecha, řešení tepelných mostů, výplně otvorů atd.), dále na koncepci topného systému a doplňujících alternativních zdrojů energií. U těchto domů se využívá podlahové vytápění (topný systém s nízkým teplotním spádem). V topných systémech se teplota vody pohybuje okolo 35 – 55 °C. Jako tepelný zdroj se využívá přednostně tepelné čerpadlo, dále kondenzační kotel nebo kombinace několika zařízení. Roční spotřeba tepelné energie je 15 – 50 kWh/m<sup>2</sup> a primární energie do 120 kWh/m<sup>2</sup> (Nagy E., 2002; Dřevostavby, 2012).

### **Současná novostavba a běžné domy v 70. – 80. letech**

Domy postavené v současné době mají spotřebu tepla na vytápění 80 – 140 kWh/m<sup>2</sup>. Dům se vytápí pomocí plynového kotle o velmi vysokém výkonu a větrání je prováděno otevíráním oken, jejichž konstrukce musí souhlasit na úrovni požadavků normy. Běžné domy ze 70. – 80. let se v budoucnu pravděpodobně nevyhnou rekonstrukci vzhledem k rostoucí ceně za energii. U těchto domů díky konstrukci dochází i k přetápění (Nagy E., 2002; Dřevostavby, 2012).



## 4 DEFINICE PODMÍNEK PRO STAVEBNÍ PROJEKT

Aby stavba splňovala základní parametry nízkoenergetického domu, je třeba držet se jistých zásad.

### ➤ **Komplexní přístup**

Je třeba mít na paměti, že teplo, které z domu unikne, je třeba znovu doplnit. Pokud z domu unikne pouze zanedbatelná část tepla, doplníme toto teplo pomocí alternativních zdrojů.

Do úvahy je třeba vzít správný výběr pozemku, orientace domu ke světovým stranám, stavební materiál, konstrukce nebo technologie s tepelně technickými parametry pro tuto stavbu a hlavně kvalitní realizaci (Srdečný K., 2006).

### ➤ **Lokální klimatické podmínky a orientace**

Je potřeba počítat s výstavbou energeticky úsporného domu v severní oblasti s nižším počtem slunných dnů a s nižší venkovní teplotou než v jižních oblastech. Nesmíme zapomínat na samotné osazení domu na konkrétním pozemku. Energetická bilance domu se dá ovlivnit správnou orientací (na jih, jihozápad, jihovýchod). Sluneční paprsky se tímto umístěním využijí co nejvíce, ať už přímým světlem přes transparentní konstrukce, nebo akumulací v konstrukcích. Obslužné prostory se nejvhodněji orientují na sever, aby se tak vytvořila přirozená bariéra proti chladu v obytné části. Při energetických výpočtech se bere do úvahy i vliv okolní stavby a vysoké zeleně (Srdečný K., 2006).

### ➤ **Tvar budovy**

Budovy s nízkou energetickou náročností jsou tvarově velmi jednoduché, bez zbytečných výklenků, zalomení atd. Jednoduše můžeme říct, že čím je tvar složitější, tím je ochlazovaná plocha v poměru k obestavěnému prostoru větší, a tím roste i spotřeba energie na vytápění dané stavby. Vzniká i větší riziko tepelných mostů a zvyšují se i pořizovací náklady. Chceme – li dostat spotřebu energie na vytápění domu pod  $50 \text{ kWh/m}^2$ , je důležité, aby hodnota s faktorem tvaru se dostala pod hodnotu 0,7, což nám udává, že přes nízké hodnoty součinitele prostupu tepla ( $U$ ) všemi použitými stavebními materiály a konstrukcemi, tak energetická náročnost domu může být vyšší právě díky velkým ochlazovaným plochám daných obvodových konstrukcí. Faktor tvaru ztrácí vliv na energetickou bilanci budovy jen u masivně zaizolovaných konstrukcí, kdy je podíl tepelných ztrát prostupující obvodovými konstrukcemi minimální (Srdečný K., 2006).

### ➤ **Kvalita tepelná izolace**

Velice důležitou technickou složkou je obvodový plášť domu, kde by stěny, okna, dveře, střecha a podlahy měly mít vynikající tepelné vlastnosti. Pokud není fasáda dobře zateplena, může z domu unikat až 35 % tepla. S kvalitním zateplením se mohou tepelné ztráty snížit až o 50 % (Petráš D., 2005).

Mezi nepoužívanější pláště obvodových zdí u nás patří kontaktní zateplení. Předpokladem kvalitního zateplení domu je výběr výhradně z certifikovaných stavebních systémů. Pokud má někdo snahu ušetřit finance na stavebních systémech, mohou se po prvních mrazících vyskytnout praskliny a navlhnutá omítka může začít opadávat a vznikají i další závažné komplikace. Velmi důležitý technický prvek tvoří střecha, která musí odolávat přímým klimatickým vlivům a musí splňovat požadované technické parametry. Je velmi důležité mít na paměti, že čím je menší sklon střešní roviny, tím by měla být tepelná izolace silnější. Například u pultové střechy, jejíž sklon je 10°, by izolace neměla být tenčí než 30 cm a u pasivních domů by se izolace měla pohybovat od minimální tloušťky 40 cm (Petráš D., 2005).

### ➤ **Vytápěcí systém**

Jednotný všeobecný systém, který by se mohl aplikovat do nízkoenergetického domu, neexistuje. Celkový způsob ohřevu vody a vzduchu a vytápěcí systém by měl být souhrnem těch nejlepších zhodnocených možností a ty jsou v každém případě odlišné. Nejvhodnější způsob je kombinace aktivního a pasivního užívání sluneční energie, vhodně zvolený vytápěcí systém (nejlépe teplovzdušný nebo nízkoteplotní), regulované větrání s následně zpětným získáváním tepla (Petráš D., 2005).

V současnosti se nám dostává technologií, které mohou být i zbytečně předražené, a proto je důležité správně navrhnout systém, jež bude odpovídat kvalitě a ceně. Sluneční kolektory se například dobře využijí ve větších rodinných domech s větší spotřebou teplé vody a v některých případech i využití přebytku ohřáté vody třeba do bazénu. Nabídka energeticky soběstačného domu je v současnosti velmi lákavá, z pohledu ekologického a i finančního hlediska (Srdečný K., 2006; Petráš D., 2005).

### ➤ **Větrání**

Systém vzduchotechniky je z úsporných systémů velmi důležitou složkou, a pokud se investuje do kvalitní izolace a obvodového pláště domu, nucené větrání by mělo být samozřejmostí. Pokud se větrá jen okny, je to velice neefektivní a málo větraný prostor s kvalitním těsněným obvodovým pláštěm by mohl přinést několik problémů. Jestliže dům splňuje dle výpočtů pasivního domu, může se díky nerealizování větracího systému posunout na úroveň nízkoenergetického domu. Bez větracího systému se i nízkoenergetický dům může posunout na úroveň nízkoenergetického standardu. Kvalitně realizované větrací zařízení zlepšuje i kvalitu vzduchu a jeho provoz je velmi tichý a hygienický. Nejvýhodnějším způsobem je využít řízené větrání i se zpětným získáváním tepla (Srdečný K., 2006).

### ➤ **Tepelné mosty**

Tepelný most se definuje jako místo v konstrukci, v němž dochází k větším tepelným tokům než v bezprostředním okolí tohoto místa. Cílem je co nejvíce eliminovat tyto tepelné ztráty a pokud to v některých případech není možné, zahrnují se tyto ztráty do výpočtů. Při měření se užívá i termovizních kamer, která případně zobrazí tyto problematická místa a využívají se v mrazivých dnech, kde je únik tepla viditelný (Petráš D., 2005).

### ➤ **Soulad člověka a NED**

Člověk by si měl zjistit před stavbou takového domu, jestli bude pro něj opravdu tím nejvhodnějším domem. Je spousta technických zařízení, která se musí správně ovládat. Důležité je respektovat roční období a střídání dne a noci, jen tak jej můžeme využívat naplno. Je – li člověk zvyklý na přetopené prostory, bude mu trvat si zvyknout na zdravějších 20 – max. 22°C. Pokud je člověk zvyklý spát při otevřeném okně, je třeba to přehodnotit, protože řízené větrání je schopné udržet v místnosti příjemných 20°C. Jestliže člověk chce mít vyšší teploty vnitřního vzduchu, je důležité tento požadavek promítnout do celkového konceptu domu hned na začátku. Je nutné vědět, že při udržování vnitřní teploty domu 20°C je potřeba vytápěcího tepla nejnížší. Pokud je náš požadavek o 1°C vyšší, zvyšuje se nám tím i potřeba na vytápění o 6 %, pokud bychom chtěli mít doma 26°C, zvýší se nám potřeba tepla až o 500%. Je nutností řešit i rozdílné teploty v místnostech již při přípravě konceptu domu, protože tento požadavek potřebuje specifická opatření (např. lokální vytápěcí tělesa). Nesmíme zapomínat na efektivní využívání elektrické

energie v podobě domácích zařízení, spotřebičů, osvětlení atd. (Petráš D., 2005; Srdečný K., 2006).

## 5 PŘÍRODNÍ ZDROJE ENERGIE A JEJICH VYUŽITÍ

Přírodní zdroje tvoří nepostradatelnou složku pro náš život a vývoj lidstva. Člověk využívá přírodní zdroje, jež odebírá z přírody a přetváří je v různé produkty. Energetické zdroje naší planety se rozdělují na **obnovitelné** a **neobnovitelné** zdroje energie (Mastný a spol., 2011).

### Neobnovitelné zdroje energie

Neobnovitelné zdroje energie jsou takové zdroje energie, jež jsou vyčerpatelné v časovém horizontu maximálně stovek let, a jejich obnovení by trvalo mnohonásobně déle. Avšak vznikají nová ložiska ropy hlavně u ústí tropických řek např. u ústí Orinoka, které se za několik tisíc let stane těžebním místem. Mezi neobnovitelné zdroje patří uhlí, ropa, zemní plyn a jaderná paliva (Mastný a spol., 2011).

### Obnovitelné zdroje energie

Definice obnovitelného zdroje podle českého zákona o životním prostředí zní: „*Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně, nebo úplně obnovovat, a to samy, nebo za přispění člověka.*“ Definice podle **zákona č. 180/2005 Sb.** o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů): „*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.*“ (Zákon pro lidi, 2010).

### Solární energie

Energii dopadající na Zemi ve formě slunečního záření označujeme jako solární energii. Solární energie je nejvýznamnějším primárním zdrojem pro veškerý život na naší planetě. Tato energie je dostupná všude na naší planetě, avšak kolik se získá energie slunečního záření, závisí na několika faktorech dané lokality: zeměpisná šířka, roční doba, místní klima a oblačnost, dále pak sklon, orientace plochy, na níž dopadá sluneční záření. Největší množství slunečního záření dopadá v oblastech okolo rovníků a nejméně u severního a jižního pólu (Mastný a spol., 2011).

Solární energii v praxi rozdělujeme na aktivní a pasivní využití energie. U pasivního využívání energie se uplatňuje tzv. principu solární architektury, díky

kteře ušetříme značné množství energie. Do základních principů solární architektury zařazujeme obzvláště vhodnou orientaci prosklených ploch a tepelně akumulací stěny a hlavně kvalitní tepelnou izolaci dané stavby. U aktivního využívání je třeba přídatných technických zařízení, jež jsou dvojího typu: termické a fotovoltaické kolektory. Termické kolektory slouží zejména k přitápění, ohřevu vody, naopak fotovoltaické kolektory přeměňují solární energii přímo na elektrickou energii pomocí fotovoltaického jevu (Mastný a spol., 2011).

### **Větrná energie**

Žádný zdroj není tak všudypřítomný a vydatný jako je vítr. Lidstvo může tuto energii využívat prostřednictvím větrných elektráren, bohužel tento zdroj je velmi nestálý a nevypočitatelný. Za vítr můžeme být vděční Slunci, jehož tepelné záření zahřívá zemský povrch a nad ním stoupající vzduchové vrstvy. Největší problém při využívání tohoto zdroje je kolísání jeho výkonu (ČEZ, 2016).

### **Vodní energie**

Vodní energie je využívána pro výrobu elektrické energie za pomoci vodních elektráren. U nás v ČR nejsou nejvhodnější podmínky pro využívání vodního potenciálu a stavby vodních děl. Naše vodní toky nemají dostatečné množství vody a potřebný spád, a proto je podíl výroby elektřiny pomocí vodních elektráren poměrně nízký. Nejvíce energeticky využívanou řekou je Vltava, na níž byla vybudována kaskáda vodních elektráren s instalovaným výkonem zhruba 750 MW (ČEZ, 2016).

### **Geotermální energie**

Geotermální energie se řadí mezi nejstarší energii na naší planetě. Využíváme právě tuto energii uvolňující se z nitra naší planety, která vzniká díky pohybům litosférických desek a dalším jaderným pochodům probíhajícím v jádru naší Země. Tuto energii jsme schopni využívat pouze omezenými způsoby. Typy tepelných čerpadel se rozdělují podle druhu nízkopotenciální energie a dále dle média, kterému se předává teplo využitelné pro vytápění. Nejrozšířenějším způsobem získávání energie jsou systémy právě založené na využití nízkopotenciální energie (ČEZ, 2016).

## **Energie biomasy**

Biomasa je významný obnovitelný zdroj energie, v němž je uložena sluneční energie. Biomasa označuje substanci biologického původu, jako je živočišná a rostlinná biomasa. Definice dle evropské směrnice: „*Biomasa*“ se rozumí *biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví, a rovněž biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu.* (Mastný a spol., 2011).

## **Energie bioplynu**

Bioplyn je směs plynů vzniklých anaerobní fermentací a je převážně tvořen z methanu ( $\text{CH}_4$ ), oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ), v menších koncentracích je sirovodík, kyslík či vodík. Pro výrobu bioplynu je výborným materiálem kejda a hnůj z volného ustájení. Bioplynová stanice je technologické zařízení, které využíváme k výrobě bioplynu. Toto zařízení zpracovává biomasu v reaktoru (fermentoru) prostřednictvím řízeného procesu anaerobní fermentace, při kterém, bez přístupu vzduchu, mikroorganismy rozkládají organický materiál. Produktem tohoto procesu je právě bioplyn (Mastný a spol., 2011).

Bioplyn lze pro energetické účely využívat několika způsoby:

- k výrobě tepla
- k výrobě tepla, elektrické energie (kogenerace)
- k výrobě tepla, elektrické energie, chladu (trigenerace)
- pohon spalovacích motorů nebo turbín
- využití bioplynu v palivových článcích

## 6 SOLÁRNÍ ENERGIE

V naší galaxii je nejbližší hvězdou Slunce, které naši planetu zásobuje teplem a světlem. Bez Slunce by nebyl život na naší planetě možný. Světelný paprsek dosáhne na povrch Země za 8 minut a 19 sekund. Stáří Slunce se odhaduje na 4,6 miliardy let a odhaduje se, že bude svítit ještě dalších 5 miliard let. Například bez Slunce by na Zemi byla teplota pouze  $-263^{\circ}\text{C}$  (bez geotermální energie jen  $-270^{\circ}\text{C}$ ). Téměř veškeré množství energie je vyzařováno ve formě elektromagnetického záření, které je výsledkem termonukleární reakce pp řetězce, kdy se přeměňuje vodík na helium za současného uvolňování energie. Slunce tvoří základní prvky 70 % vodík, 28 % helium a 2 % ostatní prvky. Sluneční zářivost (tzv. výkon Slunce) je  $P = 3,8 \times 10^{26} \text{ W}$ , avšak na povrch naší Země dopadá pouhá dvoumiliardtina, tj. 180 000 TW. Další parametry jsou uvedeny níže v tabulce (Solární energie, 2008).

**Tab. č. 2: Parametry Slunce**

VELIČINA	HODNOTA
Střední vzdálenost Země od Slunce	$149,6 \times 10 \text{ km}$
Hmotnost	$1,9891 \times 10^{30} \text{ kg}$
Sluneční konstanta	$1367 \text{ W/m}^2$
Poloměr	696 000 km
Povrch	$6,09 \times 10^{12} \text{ km}^2$
Povrchová teplota	5 780 K
Teplota jádra	$13,6 \times 10^6 \text{ K}$

(Zdroj: Hughes J., 1999)

### 6.1 Sluneční záření

Sluneční záření je energetickým zdrojem téměř pro všechny procesy v atmosféře na zemském povrchu. Velký význam má především v biosféře, kde je základním předpokladem koloběhu a přeměny energie (Zemánek R., 2008).

Sluneční záření se rozděluje na dvě části, a to záření přímé a rozptýlené (difúzní). Vzhledem k velké vzdálenosti Země od Slunce tvoří přímé záření svazek prakticky rovnoběžných paprsků. Sluneční záření, jež při průchodu atmosférou není odraženo ani pohlceno a znovu vyzářeno. Rozptýlené sluneční záření přichází ze všech směrů a osvětluje stejnoměrně povrch celého objektu. Záření vzniká rozptylem slunečního záření na molekulách vzduchu, na krystalcích ledu, vodních kapičkách a na dalších



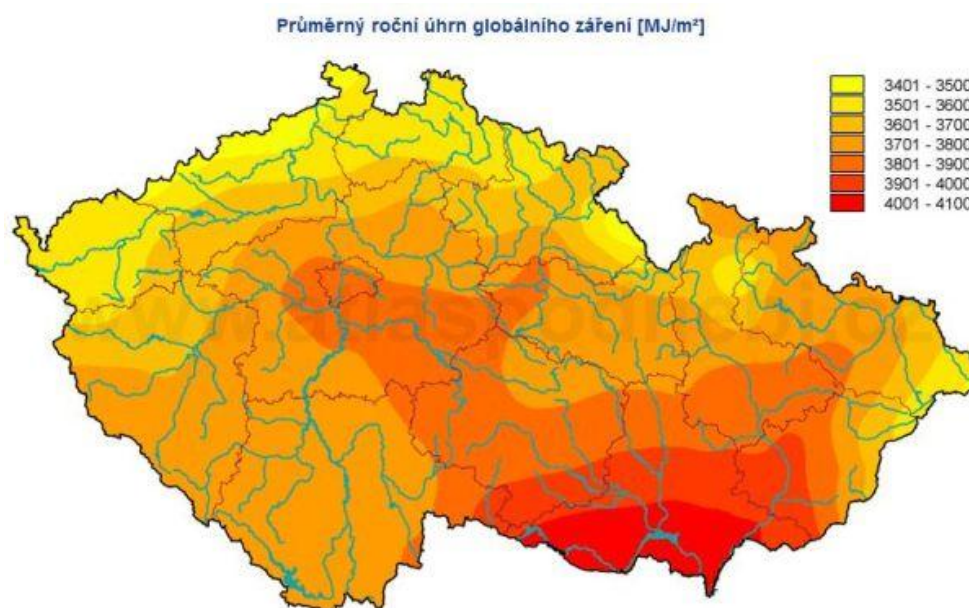
prachových částicích zemské atmosféry. Množství dopadajícího difúzního záření závisí na oblačnosti a znečištění atmosféry. Tyto jevy naopak zmenšují množství dopadajícího přímého záření (Kalas L., 2011; Nazeleno, 2008).

## 6.2 Spektrum slunečního záření

Spektrum elektromagnetického záření označujeme jako záření všech existujících délek. Toto spektrum je v rozmezí vlnových délek rentgenového a ultrafialového záření až po vlnové délky radiového záření. Záření rozdělujeme na tři hlavní skupiny: ultrafialové, infračervené a viditelné sluneční záření (Flexon, 2009).

### 6.2.1 Sluneční záření v České republice

Množství dopadajícího slunečního záření na naše území je ovlivňováno především roční dobou, zeměpisnou šířkou, oblačností a dobou svitu. Rozloha České republiky činí 78 864 km<sup>2</sup> a nadmořská výška z 67 % jejího celkového povrchu není vyšší než 500 m. n.m. V oblasti s největším znečištěním atmosféry musíme počítat i s poklesem globálního záření o cca 5 až 10 %, v krajních případech i o 20 %. Naopak v oblastech s nadmořskou výškou 700 až 2 000 m. n.m. se zvyšuje množství globálního záření o cca 5 %. Na základě studií Ministerstva pro místní rozvoj byl stanoven teoretický potenciál pro výrobu elektrické energie ze Slunce kolem 80 000 TWh. Množství dopadajícího slunečního záření na vodorovnou plochu, jehož velikost činí 1 m<sup>2</sup>/rok, je znázorněn na následujícím obrázku níže (Nazeleno, 2008)



Obr. 2: Roční průměrný úhrn slunečního záření (CHMÚ, 2012)

Většinou se údaje o době svitu i průměrném množství dopadajícího slunečního záření na určité území, mohou z několika zdrojů lišit. Můžeme uvést ze zjištěných zdrojů přibližné hodnoty:

- Na území České republiky dopadne na 1 m<sup>2</sup> vodorovné plochy asi 950 až 1000 kWh energie.
- Množství slunečních hodin za rok se pohybuje mezi 1 331 až 1 792 hod.
- V ČR činí celkový objem potenciálního množství využitelné energie asi 80 000 TWh.

## 7 SYSTÉMY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ

Formy využívání solární energie rozdělujeme do dvou základních skupin: **Pasivní využívání**- jež vede k úsporám energie za využívání principu „Solární architektury“. Využívá se především vhodné orientace prosklených ploch a tepelně akumulacních stěn, využití kvalitní tepelné izolace a využívání obnovitelných zdrojů energie. **Aktivní využívání**- je uskutečňováno za pomoci přídavných technických zařízení (termických a fotovoltaických kolektorů) (EON, 2013).

### 7.1 Využití solární energie pro vytápění

Na vytápění domu je potřeba cca 40 až 70 % z celkové spotřeby energie v domě. Solární energie je nejdostupnější v létě, kdy je její spotřeba nulová, zatímco v zimě, kdy je třeba na vytápění energie nejvíce, je nabídka solární energie nejmenší. Při stavbě domu se snažíme dosáhnout co nejnižší potřeby tepla na vytápění pomocí tepelných izolací stěn, podlah, stropů, použití kvalitních oken atd. (Murtinger K., Truxa J., 2010).

#### 7.1.1 Pasivní solární systémy

Ohřívání místností pomocí slunečního záření není nic nového. Již ve starém Řecku byl navržený tzv. „Sokratův dům“, kde v letním období byl velmi dobře chráněn vnitřní prostor domu před slunečním zářením a v zimním období je co nejvíce otevřen, aby umožnil slunečním paprskům co nejvíce vniknout do prostoru domu. Stavitelé vycházeli ze znalostí geometrie slunečních paprsků (Murtinger K., Truxa J., 2010).

#### Systém s přímým ziskem – okno

Okno v místnosti směřované na jih je vlastně tím nejjednodušším solárním vytápěcím systémem. Část slunečního záření se od okna odrazí, nebo pohltí ve skle a větší část projde do místnosti, kde dopadne na stěnu a zařízení a změní se v teplo. Jedná se o velmi jednoduchý systém, u něhož závisí na vlastnostech zasklení, tj. *na součiniteli celkové tepelné propustnosti pro sluneční záření  $g$  a na součiniteli prostupu tepla  $U$* . Tento systém snižuje roční spotřebu o cca 10 až 15 % (Murtinger K., Truxa J., 2010).

### **Akumulační solární stěna - Trombeho stěna**

Během 50. let 20. století zkoumal toto zařízení francouzský inženýr Felix Trombe, po němž bylo toto zařízení pojmenováno. Trombeho stěna je silná 20 až 40 cm, tvořená z těžkého, dobře tepelně vodivého materiálu (plné cihly, beton). Povrch stěny je natřený tmavou barvou a zvenku je zakryta eventuálně jednoduchým dvojitým zasklením. Fungování tohoto systému je poměrně jednoduché – dopadající sluneční záření zahřívá tmavý povrch stěny a teplo je vedeno do místnosti. Stěna působí zároveň jako zásobník tepla a kolektor slunečního záření.

### **Nezasklený solární vzduchový kolektor**

V nízkoenergetických a pasivních domech je nejvíce využíváno vzduchových kolektorů, jež jsou vhodné pro zabudování do stávajících větracích systémů. Základem tohoto systému je tmavý děrovaný trapézový plech umístěný na fasádě ve vzdálenosti 2 až 4 cm od zateplené obvodové stěny. Mezi plechem a fasádou se vytváří ventilátorem podtlak a tím dochází k nasávání vzduchu do dutiny přes děrování (Murtinger K., Truxa J., 2010).

### **Energetické fasády**

Energetické fasády jsou jednoduché vzduchové kolektory, jejichž transparentní vrstvu tvoří skleněná deska a absorpční povrch normální fasáda. Za pomoci těchto kolektorů můžeme zásobovat teplem celou budovu. V letních měsících odvádí energetická fasáda větší část tepelné zátěže, která dopadá na osluněnou stranu budovy a v zimních měsících se teplo zachycené fasádou využije pro vytápění. Energetická fasáda pracuje jako šachta s přirozenou cirkulací vzduchu.

### **Dvojité transparentní fasády**

Jedná se o vzduchový kolektor tvořený skleněnými deskami předsazenými před obvodovou prosklenou konstrukcí. Ve vzniklé dutině jsou umístěny stínící prvky umožňující regulaci vzduchu ve vnějším plášti. Tyto fasády účinně chrání proti pouličnímu hluku při vhodné koncepci větrání, dále zlepšují funkci tepelné izolace a využívají se i k ohřívání čerstvého vzduchu % (Murtinger K., Truxa J., 2010).

### **Energetická střecha**

Energetická střecha je také vzduchový kolektor zabudovaný do roviny střešní konstrukce. Tento systém se nejčastěji kombinuje se vzduchovým kolektorem umístěným na stěně. Při letním provozu s přirozenou cirkulací vzduchu je důležitý určitý výškový rozdíl mezi vstupem a výstupem vzduchu k tomu, aby se dosáhlo

dostatečného účinného vztlaku. Tento systém je nejvhodnější pro střechy s úhlem sklonu minimálně 30° (Murtinger K., Truxa J., 2010).

### **Transparentní tepelná izolace**

Jsou to materiály s tepelně izolačními schopnostmi srovnatelné se základními tepelně izolačními materiály (polystyren, minerální vata), které mají nízkou tepelnou ztrátu a výbornou propustnost slunečního záření. Jsou vyráběny ze skla nebo plastů. Tepelné ztráty můžeme omezit spojením tohoto materiálu s Trombeho stěnou. Pro tento druh tepelné izolace se nejvíce využívá voštinových struktur, křemičitého aerogelu a akrylátové pěny tepla (Murtinger K., Truxa J., 2010).

### **Zimní zahrada**

Zimní zahrada je v podstatě přistavěný skleník k jižní straně domu. Využívá se slunečního záření, které zahřívá skleník a teplo prostupuje do domu. Pro výrazně lepší rozvedení tepla využíváme ventilátoru a rozvodného potrubí (vzduchotechniky). Vzduchotechnika je velmi důležitý prvek, díky němuž nedochází v letních měsících k přehřívání domu. Výhodou této zimní zahrady je možnost jejího využití během letních dnů jako obytný prostor.

### **7.1.2 Aktivní solární systémy**

Využívání aktivních systémů je daleko flexibilnější než pasivní systémy. Tento systém pro vytápění využívá solární energii k ohřevu teplotnosného média (kapaliny, vzduchu). Jestliže solární systém dostatečně nevytopí daný prostor, použije se přídatného zálohového zdroje, který nám potřebné teplo poskytne. Nejvíce využívané jsou kapalně systémy, jež jsou součástí topného systému pro sálavé vytápění, ohřev teplé vody v kotlích, rozvod tepla radiátory a dokonce se uplatňují pro tepelná čerpadla (Murtinger K., Truxa J., 2010).

#### **Vytápěcí solární systémy se vzduchovými kolektory**

Pro vytápění domu lze využít teplotnosného média, kterým je vzduch. Tento solární systém je složen ze vzduchových kolektorů umístěných na střeše nebo fasádě domu, které mají schopnost vytápět jednotlivé místnosti, ohřívají dodávaný vzduch do ventilátoru, nebo být zdrojem vzduchu pro tepelné čerpadlo pomocí cívky. Systém vzduchových kolektorů je jednodušší než kapalinový systém zpravidla proto, že nemusí být dokonale těsné a pracují i při nižší teplotě než kolektory pro ohřev vody. Jako absorbér kolektoru se zpravidla využívá zvlněný plech nebo plech opatřený žebry pro zlepšení prostupu tepla z jeho povrchu do vzduchu. Tento systém

je na rozdíl od kapalinových systémů chráněn před mrazem a možné drobné úniky z potrubí nebo kolektoru nezpůsobují vážné problémy.

### **Ohříváče vzduchu v místnosti**

Hlavní částí vzduchového kolektoru je izolovaný rám a černá kovová deska absorbující teplo přes průhledné zasklení. Sluneční záření ohřívá desku a tím se ohřívá vzduch v kolektoru. Vzduch je pomocí ventilátoru vháněn z místnosti do kolektoru a poté zpět do místnosti. Kolektory se umísťují především na jižní zeď domu a jsou vytvořeny ve stěně otvory pro přísun vzduchu do kolektoru a dodávku tepla do místnosti (Murtinger K., Truxa J., 2010).

Můžeme využít tohoto systému i bez použití ventilátoru. Vzduch vstupuje do spodní části kolektoru a jeho zahříváním stoupá a proudí do místnosti. V době, kdy nesvíti slunce, brání zpětnému proudění z místnosti do kolektorů klapka nebo přepážka. Tyto systémy nejsou tak využívány a mají poměrně malou plochu a poskytují jen menší množství tepla.

### **Absorbující vzduchové kolektory**

Využívá se jednoduché technologie zachycující sluneční teplo na vyhrátých budovách. Kolektory jsou složeny z tmavých perforovaných plechů, jež se instalují na jižní stranu zdi budovy. Mezi starou zdí a novou fasádou je vytvořen vzdušný prostor. Vnější tmavá fasáda absorbuje sluneční záření, a tím se ohřívá vzdušný prostor, přestože je venkovní vzduch chladnější. Venkovní vzduch je vháněn ventilátorem do budovy přes otvory v kolektorech a ze vzdušných prostorů na jižní zdi mezi kolektory. Ve vzduchových kolektorech je vzduch ohříván o více než 4,5°C. Tento systém kolektorů nevyžaduje drahé zasklení a nejvíce se využívá u velkých staveb s větším počtem větracích zařízení, proto systémy nejsou vhodné pro dobře izolované stavby. Je možné využít malých vzduchových kolektorů k předeřtí vzduchu proudícího do ventilátoru, dále k ohřívání vzduchu v cívce, jež je zdrojem tepla pro vzduchové čerpadlo (Murtinger K., Truxa J., 2010).

### **Kapalinové aktivní solární vytápění**

Kapalinové kolektory se využívají převážně pro ohřev vody a vytápění obytných prostor je jen doplňkové využití. Nejčastějšími typy jsou ploché kolektory, vakuové trubice a také koncentrované kolektory. Obíhající kapalina kolektorem protéká poměrně rychle a její teplota se zvyšuje jen o 5,6 až 11°C. Kapalina je odváděna do skladovací nádrže, anebo přímo do výměníku pro okamžité použití.

## **Nejpoužívanější typy kolektorů:**

### **1) Trubicové vakuové**

Principem trubicových vakuových kolektorů je řada skleněných trubic uspořádaných vedle sebe. Uvnitř každé trubky je měděná trubička, kterou protéká teplonosná kapalina. Trubičky jsou uzavřeny ve skleněných dvoustěnných vakuových trubicích. Díky vakuu jsou tepelné ztráty velmi malé a účinnost získávání tepla maximální i při slabém slunečním záření, nebo při nízkých teplotách. Výhodou je vysoký energetický zisk. Naopak nevýhodami jsou: vyšší hmotnost, vyšší pořizovací náklady, vyšší náchylnost k mechanickému poškození.

### **2) Ploché deskové**

Kolektor je tvořen kovovým rámem s rozměrem většinou 1x2m. V rámu je umístěna měděná trubička procházející celou plochou kolektoru. Izolace je tvořena vzduchem. Horní stranu kolektoru tvoří sklo s vrstvou vysoce absorpční látky, která zaručuje maximální pohlcování sluneční energie a minimální vyzařování zpět. Tím je tvořen skleníkový efekt, kde se kumuluje tepelná energie ohřívající kapalinu proudící v měděném řečišti vedenou do akumulčního zásobníku

### **3) Ploché deskové – vakuové**

Kolektor je prakticky totožný s klasickým plochým deskovým. Jediným rozdílem mezi kolektory je využití vakua pro zvýšení izolačních vlastností. Tím pádem do okolí uniká mnohem nižší množství tepelné energie.

## **Akumulace tepla v kapalinových systémech**

Některé systémy pro vytápění akumulaci tepla vůbec nepoužívají, na rozdíl od ohřevu vody, kdy se akumulace používá vždy. Solární systém bývá většinou propojen na topení deskového výměníku, tím předejde ohřevu vody před vstupem do kotle. Nevýhoda takového uspořádání je, že do domu lze dodávat tolik množství tepla, kolik potřebují momentální tepelné ztráty. Jestliže se využívá akumulace tepla pro vytápění, je nutné mít objem zásobníku minimálně 1000 litrů; využívá se tzv. akumulčních nádrží, jež umožňují i ohřev teplé vody a zároveň i akumulaci tepla pro kotel na dřevo či elektrické akumulční vytápění (Cihelka J., 1994)

Podle konstrukce systému se používají nádrže beztlaké nebo tlakové. Při výběru nádrže se zvažují veškeré náklady, odolnost a její umístění, protože nádrže mají určité limity pro tlak a teplotu, které musí budova splňovat. Základem je izolace a druh ochranného povrchu, který je třeba proti korozi nebo úniku. Speciální nádrže

jsou pravidelně z nerezové oceli, sklolaminátu nebo vysoko tepelného plastu. Využívá se nádrží i dřevěných nebo betonových (Cihelka J., 1994).

### **Distribuce tepla v kapalinových systémech**

Pro distribuci tepla získávaného ze slunce se využívá podlahového vytápění, radiátory, teplovodní podlahové lišty nebo ústřední systém cirkulace vzduchu. Podlahové vytápění je systém, kde cirkuluje ohřátá kapalina, jež je umístěná v tenké betonové desce podlahy a vzniklé teplo vyhřívá danou místnost. U podlahového vytápění by se nemělo používat koberec, protože snižují účinnost tohoto systému. Pokud je systém dobře navržen, nepotřebuje samostatný zásobník tepla. Jako zálohy tepla se instalují konvekční kotle nebo standardní ohříváče vody. Pro vysokou účinnost se vyžaduje, aby měla teplota vody mezi podlahovými lištami kolem 70 a 80°C. Existuje zde několik možností, jak zapojit kapalinové systémy do topné soustavy cirkulací vzduchu. Záměrem je umístit výměník tepla nebo ohříváč do hlavní místnosti, kde vzduch vracející se z obytných prostor se ohřívá prouděním ve výměníku tepla. Musí být dostatečně velká spirála, aby mohla přenést co největší množství tepla do vzduchu (Murtinger K., Truxa J., 2010).

## **7.2. Fototermické solární články**

Fototermické solární články se hlavně využívají k ohřevu vody užitkové, bazénové či topné vody. Nejvhodnější uplatnění fototermických systémů je během letního období. Získat teplo ze slunečního záření je poměrně jednoduché, postačí k tomu kterýkoliv černý matný povrch. Základním problémem je, jak zabránit tepelným ztrátám a jak získané teplo akumulovat a využít pro pozdější potřebu. Princip fototermických kolektorů spočívá na pomalém průtoku kapaliny solárním kolektorem, kde dochází k ohřevu a následnému přenosu této získané energie do zásobníku teplé vody (EON, 2013).

### **7.2.1 Využití solárního systému pro ohřev vody**

Jak už bylo zmíněno, využití solární energie pro ohřev vody je nejvyužívanějším systémem v našich podmínkách.

#### **Pasivní systémy pro ohřev vody**

Akumulační kolektor – je černě natřená nádoba umístěná přímo na slunci. Má však značné nevýhody:



- Velké tepelné ztráty, tím se sníží jeho účinnost a není možná akumulace ohřáté vody po delší dobu.
- Zařízení musí být umístěno na přímém slunci (není tedy na místě, kde bychom jej potřebovali).
- Voda nemá potřebný tlak.
- V zimním období tento kolektorový systém není možné užívat z důvodu zamrznutí systému.

Tento systém je možné vylepšit za použití tlakové nádoby a umístit jí do izolovaného boxu s transparentním zasklením. Velmi často se využívají dvě vrstvy zasklení a selektivní povrch na kovovém zásobníku. Je-li zařízení umístěno na přístupném místě, můžeme vylepšit vlastnosti zařízení za použití tepelně izolujícího víka, které omezí noční tepelné ztráty jeho přiklopením. Tento systém se využívá i jako předehřev do existující soustavy pro ohřev teplé vody (Murtinger K., Truxa J., 2010).

### **Aktivní systémy pro ohřev vody**

Pro větší flexibilitu systému se využívá tepelného čerpadla pro oběh kapaliny v kolektoru. Díky tomu je možné umístit kolektor na střechu, kde nedochází ke stínění systému a solární zásobník umístit např. do sklepa, kde nevadí jeho váha a rozměry, nebo do koupelny, což minimalizuje tepelné ztráty v rozvodech teplé vody. Potrubí vedené od kolektorů může mít menší průměr a na délce rozvodů také až tak nezáleží (Cihelka J., 1994).

### **7.2.2 Základní komponenty solárního systému**

Solární systém je vcelku jednoduchý a dobře navržený systém dokáže ušetřit až 75 % ročních nákladů na přípravu užitkové teplé vody. Účinnost systému je kolem 80 % a jeho výkon ovlivňuje hlavně výběr vhodného solárního výměníku (EON, 2013).

#### **Solární kolektory**

Patří mezi základní a nejdůležitější části aktivní solární soustavy. Solární kolektory, jak už bylo zmíněno v předchozí kapitole, máme kapalinové (teplonosné médium - kapalina), teplovzdušné (teplonosné médium - vzduch), kombinované (kombinace obou případů). Solární kolektor je tvořen z ocelové vany, solárního skla a trubkového registru (Variosol, 2010).

### **Solární sklo**

Je pro sluneční záření propustné až z 92 %. Kvalitní skla jsou bezbarvá, s velmi nízkým obsahem železa. Z bezpečnostních důvodů se vyrábí jako kalená a jejich tloušťka se pohybuje kolem 3 až 4 mm. Solární sklo je vyrobené tak, aby bylo odolné vůči poškození, způsobenému např. napadáním sněhu, větví. Sklo by mělo vydržet tlak i vyšší jak 300 kg/m<sup>2</sup>. Větší nebezpečí hrozí v místech největšího pnutí v rozích kolektoru, kde škody mohou být napáchány menšími ostrými předměty. Sklo je z bezpečnostních důvodů vyrobeno tak, aby při možné destrukci se rozpadlo na drobné neostré úlomky (Variosol, 2010).

### **Absorbér**

Je nejčastěji vyráběn ze speciálních měděných či hliníkových lamel. Vrstva absorbéru je u kvalitních kolektorů opatřena spektrálně selektivním povrchem, který zajišťuje využívání jak přímého, tak difúzního záření. Tuto selektivní vrstvu nelze ničím nahradit (Variosol, 2010).

### **Trubkový registr**

V registru se ohřívá a cirkuluje solární kapalina a je součástí absorbéru. Trubkový registr bývá typu „H“ a „U“, anebo různých meandrů. Registr se většinou vyrábí z měděných trubek a jejich spojení se řeší nalisováním, připájením, přetlačáním různými spojkami, popř. opláštěným absorbérem (Variosol, 2010).

### **Solární zásobník**

Solární systémy využívají zásobníku pro uchování ohřáté vody na dobu, kdy ji budeme potřebovat. Zásobník se užívá stojatý (stojí na zemi) nebo závěsný (zavěšen na stěně či stropě). V letních měsících je výkon solárního systému dostatečný a máme tedy užitkové vody dostatek. V zimních měsících je třeba využít přídatný zdroj ohřevu (plynovou spirálu, nebo elektrickou vložku), jež dohřeje vodu na potřebných cca 50°C. Je-li v létě nadbytek teplé vody, využívá se bivalentního zásobníku pro její umístění (Variosol, 2010).

Množství tepla uloženého v zásobníku je vyjádřeno vztahem:

$$Q = c \times m \times (t_2 - t_1)$$

Q ...akumulované teplo

c... měrné teplo vody (4,2 kJ/kg)

$t_2 - t_1$ ...rozdíl mezi teplotou vody v zásobníku a teplotou vody z vodovodního řádu, která do zásobníku přichází

### **Regulační zařízení**

Využívá se pro spínání čerpadla v čase, kdy teplota v místě výstupu z kolektorů převyšuje teplotu ve spodní části solárního zásobníku. Tedy v tu chvíli sepne oběhové čerpadlo a teplotné médium se dopravuje do místa, kde předává získanou tepelnou energii (solární zásobník). Oběhové čerpadlo se automaticky zastaví ve chvíli, kdy se teploty vyrovnají (Variosol, 2010).

### **Solární čerpadlo**

Čerpadlo zajišťuje oběh teplotného média solární soustavou. U menších systémů lze využít vibračního čerpadla, jehož nevýhodou je nemožnost regulace. Využívá se u systému s plochou kolektorů do 20 m<sup>2</sup>. Velmi zajímavým řešením je využití hnacího čerpadla s motorem na stejnosměrný proud, jež může být napájen z vhodně dimenzovaného fotovoltaického systému.

Regulované čerpadlo musí být na základě požadovaného průtoku a tlakové ztráty v potrubí správně dimenzováno. Neoptimálnějšího průtoku u větších systémů lze dosáhnout využitím čerpadla s frekvenčním měničem, jenž nám umožňuje měnit rychlost, vibrace a využít tak plynulé změny solárního média. Běžně se nastavuje optimální průtok teplotné kapaliny přes kolektory 1 až 2 l/min (Variosol, 2010).

### **Expanzní nádoba**

Je zařízení k vyrovnávání tlaku měnícího se vlivem změny teploty kapaliny v primárním okruhu solárního systému, a díky tomu se zabrání možnému poškození rozvodů či jiných částí systému. Expanzní nádoba se nastavuje na 3,5 bar (Variosol, 2010).

### **Pojistný ventil**

Využívá se k možnému přetlakování zařízení v primárním okruhu solárního systému. Optimální nastavení ventilu je na 6 bar a při jeho překročení se ventil otevře a vypustí se dané médium ze zařízení, aby se nepoškodily důležité části v systému.

### **Odvzdušňovací ventil**

Je umístěn na nejvyšší části v systému a využívá se v primárním uzavřeném okruhu k uvolňování vzduchu obsaženého v kapalině, jež probíhá automaticky. Je nutné v pravidelných intervalech kontrolovat tlak, protože vlivem odvzdušňování systému dochází k jeho poklesu a je třeba jej dotlakovávat (Variosol, 2010).

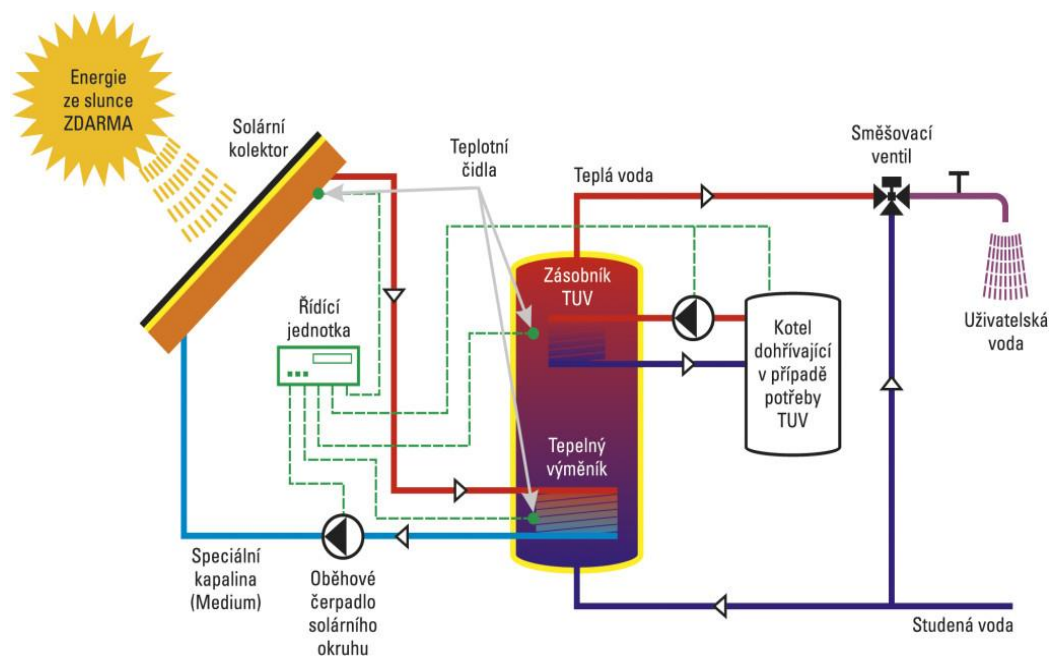
### **Teplotné médium (nemrznoucí směs)**

Je určené pro přenos tepelné energie mezi kolektorem a místem využití (zásobník, bazén). Bod tuhnutí této nemrznoucí směsi je -30°C, při dosažení této teploty

nedochází k poškození rozvodů, ale vytvoří se pouze emulze a je tedy možný celoroční provoz.

### **Rozvody**

Rozvody (potrubí) vedou od kolektorů do zásobníku a jsou vyráběny z mědi. Jiného materiálu se nevyužívá z důvodu koroze.



Obr. 3 Popis solárního systému (Variosol, 2010)

#### **7.2.2.1 Popis solárního systému**

Teplonosné médium ohřáté v solárním kolektoru je vedeno rozvodním potrubím do zásobníku tepla. V tepelném zásobníku teplonosné médium předá získanou tepelnou energii (přes stěny měděné spirály) užitkové vodě. Celý solární systém řídí automatická regulace na základě údajů získávaných pomocí čidel, jež jsou umístěny v různých částech systému (Cihelka J., 1994).

## 8 SYSTÉMY SOLÁRNÍCH VOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ

Na výrobu elektrické energie nám slouží technologické zařízení umožňující přeměny z různých forem energie na energii elektrickou. Nejvíce používaný materiál pro fotovoltaické články je křemík (Murtinger, K., J. Beranovský a M. Tomeš, 2008).

### 8.1 Fotovoltaický jev

Fotovoltaický jev objevil A. Becquerel (dědeček objevitele radioaktivity Henriho Becquerela). Podstatou tohoto jevu je, že na rozhraní dvou materiálů, na něž dopadá sluneční energie, vzniká elektrické napětí a uzavřením obvodu lze získat elektrický proud. Je možné využít selenových článků, které se dodnes používají v expozimetrech u fotoaparátů, nicméně pro výrobu elektrické energie se prakticky využívají křemíkové články vyrobené ve výzkumných Bellových laboratořích v USA (v roce 1954) (Haselhuhn R., 2011).

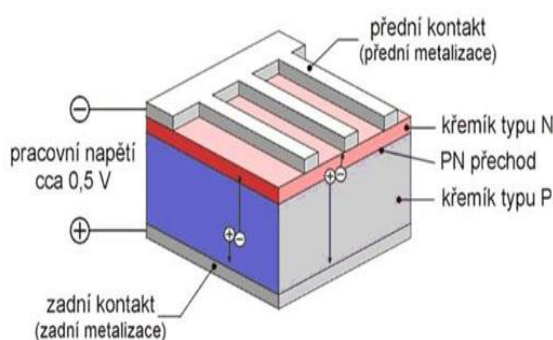
### 8.2 Princip polovodičového fotovoltaického článku

V současnosti pro výrobu polovodičových součástek se nejčastěji využívá křemík a různé slitiny galia. Křemík je schopen absorbovat část slunečního záření a má vlastnost polovodiče (při jeho zahřátí nebo osvětlení dochází ke zvýšení jeho vodivosti). (Murtinger, K., J. Beranovský a M. Tomeš, 2008).

Při absorpci fotonu ze slunečního záření dochází k přenosu jeho energie na elektron ve valenční vrstvě některého atomu křemíku. Uvolní se elektron a v krystalické mřížce po něm zůstane přebytečný kladný náboj, tzv. „díra“. Elektrony z jiného atomu křemíku tedy mohou přejít do této, tzv. „díry“, a tak se může díra v této vrstvě pohybovat. Z důvodů absorpcí fotonů se ve struktuře polovodičů generují nosiče náboje. Pokud chceme donutit elektrony a díry, aby prošly přes nějaký vnější elektrický obvod, musíme je od sebe nejdříve oddělit (jinak zapadnou zpět do děr a získanou energii budou vydávat ve formě tepla) (Haselhuhn R., 2011).

Fotovoltaický článek se proto nevyrábí pouze z čistého křemíku, ale je složen ze dvou vrstev – v jedné je příměs prvku s menším počtem valenčních elektronů a ve druhé vrstvě obsahuje příměs prvku větší počet valenčních elektronů (např. fosfor, jež má pět elektronů). Vrstva s menším počtem elektronů se nazývá polovodič typu p a vrstva s nadbytkem elektronů je polovodič typu n. Spojení těchto dvou

vrstev se nazývá přechod p-n a tvoří základ pro usměrňovací diody, tranzistory a vlastně většinu elektronických částí. Na rozhraní těchto vrstev dochází k přechodu elektronů z té vrstvy, kde je jejich nadbytečné množství do vrstvy, kde je jich naopak méně. Důsledkem toho je vytvoření elektrického pole, které zastaví další přechod elektronů (dochází k ustavení dynamické rovnováhy). Elektrické pole dokáže oddělit elektrony a díry vzniklé působením absorpcí fotonů a pošle elektrony do polovodiče - n a díry zase do polovodiče typu p (Murtinger, K., J. Beranovský a M. Tomeš, 2008).



Obr. 4 Přechod p-n (PROFIT SOLAR, s.r.o., 2009)

Fotovoltaické články jsou poměrně tenké a mají zpravidla antireflexní vrstvu, která snižuje odraz slunečních paprsků. Na jedné i druhé straně je dvojice kontaktů, odvádějící a sbírající elektrický proud. Na přední straně je ve formě mřížky, aby nebránila průchodu slunečního

záření a na zadní straně je ve formě jednotného povlaku. Přechod p-n musí být chráněn před vlhkostí a různým znečištěním, a proto zajistíme potřebnou mechanickou odolnost článku (Haselhuhn R., 2011; ČEZ, 2013).

### 8.2.1 Základní typy fotovoltaických článků

V současnosti máme několik typů voltaických panelů lišící se tvarem, barvou, vlastnostmi a výkonnostními parametry.

Velikost proudu je závislá na intenzitě slunečního záření dopadajícího na plochu kolektoru a záleží i na tom, kolik je zachyceno fotonů dopadajících na plochu článku. Největší světoví výrobci jsou Sharp, BP Solar, Shell a Kyocera a u nás v České republice je hlavní dodavatel křemíkových článků firma Solartec (Haselhuhn R., 2011).

Fotovoltaické panely lze rozdělit dle použitých materiálů a technologií na:

**Monokrystalické články-** jsou nejstarším a základním typem využívaných článků. Krystaly jsou obvykle větší než 10 cm a vyrábí se pomalým tažením z roztaveného křemíku. Články jsou většinou čtvercové a se zaoblenými rohy a rozměr hrany je 10, 12,5 a 15 cm. Jelikož je materiál článku složen z jediného krystalu, jejich barva

povrchu je tmavomodrý až černý. Průměrná účinnost monokrystalických článků je 15 až 17 %. Tvar článku udává proces výroby (Haselhuhn R., 2011).

**Polykrystalické články** – Dnes nejběžnější typ článků. Články jsou čtvercové a délka hrany je 10, 12,5, 15, 15,6 nebo 21 cm. Výroba polykrystalického křemíku je jednodušší a levnější než monokrystalický křemík. Při výrobě se využívá metody blokového lití, při které se odlévá čistý křemík do vhodných forem a nevýhodou tohoto zpracování křemíku je, že články mají horší elektrické vlastnosti. Účinnost polykrystalických článků se pohybuje kolem 13 až 16 % (Haselhuhn R., 2011).

**Křemíkové amorfní články** – Jedná se o křemík, který má sklovitou strukturu, nikoliv krystalickou. Obsahuje určité procento vodíku a zhotovuje se napařováním na vhodný substrát. Značnou nevýhodou těchto článků je jeho menší stabilita a postupně se zhoršují jeho vlastnosti. Účinnost článků je kolem 5 až 7 % (Haselhuhn R., 2011).

**Vysoce výkonné solární články** – Na zhotovení těchto článků je třeba polovodičových materiálů s vysokou čistotou. Pomocí metody zonální tavby lze vyrobit kvazi – monokrystalický křemík s velmi vysokou čistotou. Účinnost článků se tak zvýší o 1 až 2 %, ale je nutné počítat s vyšší cenou a výroba je také o mnoho pracnější než u zmíněných předchozích článků (Haselhuhn R., 2011).

**Články CIS (CuInSe<sub>2</sub>)** – Jedná se o články skládající se z mědi, india a selenidu. Tyto látky se využívají pro své schopnosti, a to pro vysokou absorpci záření, a proto mohou být velmi tenké. Jejich účinnost se může pohybovat kolem 18 %.

**Články z teluridu kadmennatého (CdTe)** – Jedná se o typ polykrystalického článku velmi tenké vrstvy. Velkou problematikou článku jsou tepelné ztráty, které vznikají na základě jeho schopnosti elektrického odporu (Murtinger, K., J. Beranovský a M. Tomeš, 2008).

**Články z galiumarsenidu (GaAs)** – Jedná se o tenkovrstvé monokrystalické články, jež můžeme vyrobit s mírně odlišnými vlastnostmi dle našich optimálních potřeb. Vyznačují se schopností vysoké absorpce záření, jsou velmi málo citlivé na vyšší teploty a velmi odolné proti poškození kosmickým nebo radioaktivním zářením. Články z GaAs se užívají hlavně ke zhotovení vícepřechodových fotovoltaických článků. Jejich nevýhodou je cena, která je vyšší, a proto je jejich dostupnost nižší.

### 8.3 Systémy pro výrobu elektřiny

Pro výrobu elektřiny ze slunečního záření jsou nepochybně základní součástí fotovoltaické panely, nicméně je třeba dalších technických komponentů.

V praxi se setkáváme se dvěma způsoby provozu fotovoltaických systémů:

- Ostrovní systémy (autonomní systémy) – bez připojení k rozvodné síti
- Síťový provoz – připojené k rozvodné síti

### **8.3.1 Ostrovní systémy (autonomní systémy)**

Je systém zajišťující dodávání elektřiny bez připojení k rozvodné síti. Tento systém musí být vybaven akumulátory uchovávajícími energii po dobu, kdy nesvítí slunce, dále regulační systém zajišťující správné nabíjení a vybíjení. Díky akumulátoru budeme mít energii kdykoliv bez ohledu na přítomnost elektrické sítě. Skoro vždy se vyplatí přidat do systému další zdroj elektrického proudu – např. motorgenerátor na benzin nebo kapalný propan. Takový systém můžeme nazývat hybridní (Solareni, 2013).

Tyto systémy najdou uplatnění třeba i na jachtách či v obytných přívěsech. Využívá se třeba i při přestavbě chatek k trvalému bydlení, kdy vybudování elektrické přípojky by bylo daleko dražší než instalace fotovoltaické elektrárny.

V dnešní době jsou velice oblíbené i malé fotovoltaické panely, které se využívají při cestování k dobíjení mobilních telefonů, digitálních fotoaparátů, kamer a podobně (Solareni, 2013).

### **8.3.2 Síťový provoz**

Tento systém se připojuje k rozvodné síti. Hlavní motiv pro stavbu fotovoltaické elektrárny je samozřejmě úspora a zisk, jež z této investice mohou plynout. Systémy připojené k rozvodné síti jsou budovány převážně na rodinných domech a průmyslových objektech. Fotovoltaické články jsou schopny produkovat jen stejnosměrný proud poměrně malého napětí (12 nebo 24 V), a proto je nutné použít měnič, který dokáže vyrobit z 12 V stejnosměrného proudu 230 V střídavého napětí o frekvenci až 50 Hz. Díky tomuto systému je možné přebytky vyrobené energie prodávat do distribuční sítě. Jestliže je vyrobená energie spotřebována přímo tam, kde byla vyrobena, tak se ušetří cena energie, kterou by musel investor jinak nakoupit a navíc za tuto energii inkasuje od distributora tzv. ZELENÝ BONUS.

Hlavním důvodem, proč využívat tak nákladných technologií pro získávání elektrické energie, je snaha zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie (OZE) na celkové energetické bilanci ČR a také EU (závazky z Kjótského protokolu, snižování skleníkových plynů) (Solareni, 2013).



K tomu, aby člověk mohl investovat do takového systému své peníze, je zapotřebí kompenzovat nějakým způsobem podstatně vyšší cenu takto vyprodukované elektřiny (oproti běžným výkupním cenám). Výkup energie je tedy podporován dotací výkupní ceny. Poskytuje se na základě zákona o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie č. 180/2005 Sb. Výši výkupní elektřiny každý rok stanovuje Energetický regulační úřad (Solareni, 2013).

### **8.3.2.1 Režim vlastní spotřeby a prodeje přebytků**

Zde jsou fotovoltaické články připojené na napěťový měnič, jehož úkolem je přeměnit stejnosměrný proud na střídavé napětí. Celý okruh systému je připojen na jistič a přepěťovou ochranu do rozvaděče našeho objektu. Solární systém se připojuje za hlavní elektroměr, a to nám umožňuje dodávat elektřinu spotřebičům v objektu a také šetřit náklady na odebranou elektřinu. Jestliže máme přebytek energie, lze ji automaticky předávat pomocí hlavního čtyř- kvadrantního elektroměru do sítě.

Fotovoltaické systémy s možností prodeje přebytků energie je nejvýhodnější variantou. Zelený bonus garantuje Energetický regulační úřad po dobu 20 let od uvedení systému do jeho provozu (Solareni, 2013).

### **8.3.2.2 Režim přímého prodeje elektrické energie do sítě**

U solárního systému, který produkuje elektřinu jen pro výkup, jsou fotovoltaické články připojené na napěťový měnič a elektroměr pro potřebný odpočet energie vyrobené elektrárnou. Solární systém je připojený přes hlavní jistič a přepěťovou ochranu na hlavní elektroměr a veškerá vyrobená elektrická energie je dodávána do distribuční sítě za výkupní cenu (Haselhuhn R., 2011; Solareni, 2013).

### **8.3.3 Zelený bonus**

Zelený bonus je finanční cena navyšující tržní cenu vyrobené elektrické energie, která zohledňuje životní prostředí využitím obnovitelných zdrojů energie. Za spotřebovanou energii, kterou jsme si sami vyrobili, dostaneme zelený bonus. Přebytečnou energii, jak už bylo zmíněno, můžeme prodávat a tato částka je pak přičtena k zelenému bonusu. Není udána hranice, kolik energie musíme spotřebovat nebo prodávat distributorovi (ERU, 2009)

## **8.4 Instalace fotovoltaické elektrárny**

Fotovoltaický systém je možné integrovat nejen na novostavby, ale i instalovat na starší stavby. Většinou je fotovoltaická elektrárna zřizována na budovách v průběhu sanace nebo modernizace.

K dosažení neoptimálnějšího výnosu z fotovoltaického systému je nutné toto zařízení profesionálně vyprojektovat a technicky zrealizovat. Při stavbě nové budovy by se mělo co nejdříve jednat s architektem a odborným projektantem fotovoltaického zařízení. Jestliže není projektant zapojen do projektování ihned z začátku, mohou se vyskytnout technické problémy a jejich následná řešení (např. zbytečné náklady, příliš nízké energetické výnosy) (Haselhuhn R., 2011).

Do potřebných výpočtů k instalaci fotovoltaické elektrárny vstupuje mnoho faktorů, které je zapotřebí zohlednit, a to intenzitu slunečního záření dané lokality, sklon a případné zastínění střechy, orientaci střechy vůči jihu, nosnost střechy, síla větru apod..Fotovoltaické panely lze instalovat na jakoukoliv střechu, pokud není nějak výrazně zastíněná. Pro projektování fotovoltaických elektráren bylo vyvinuto nespočetné množství výpočetních programů (Haselhuhn R., 2011).

### **8.4.1 Posouzení budovy a stanoviště**

Nejdříve se hlavně zjišťují potřebné informace a podmínky pro výstavbu fotovoltaické elektrárny. Při projektování se samozřejmě využívá situačního plánu domu pro zjištění orientace a dále stavebních plánů pro zjištění v jakém sklonu je střecha, využitelné plochy a délek vedení, statiky střechy a fotografie budovy, střechy a předběžného místa instalace. Postavení Slunce se během dne mění, tím se tedy mění i úhel záření a k posuzování střechy je vhodné brát v úvahu hodnoty záření z celého roku (Murtinger, K., J. Beranovský a M. Tomeš, 2008).

Pro celou Českou republiku je optimální sklon  $35^\circ$  a optimální orientace je na jih (až jihozápad). Je to dáno tím, že v odpoledních hodinách většinou zaznamenáváme větší oblačnost, takže dopadající energie je menší (Haselhuhn R., 2011).

#### **8.4.1.1 Zastínění fotovoltaických panelů**

Díky zastínění fotovoltaických panelů mohou naše energetické výnosy klesnout až o 5 až 10 %, proto je důležité dbát na jejich umístění. Významné faktory ovlivňující produkci FVE jsou zdroje stínění od lokálního až po horizontální stínění.

Lokálním zdrojem jsou myšleny komíny, vikýře, antény nebo jiné elementy vystupující nad střešní krytinou, mohou snižovat výkon fotovoltaického systému, a dokonce i zapříčinit jeho nulový výkon. Další možné zastínění mohou způsobit mladé stromky, které nám v budoucnu můžou právě způsobit tyto problémy. Co se týče horizontálního zastínění, tak dopad slunečního záření může v ranních a večerních hodinách omezovat např. blízký les, okolní kopce, sousední vyšší objekt.

K určování možných ztrát slunečního záření se provádí analýza zastínění. Je zaznamenávána linie horizontu v úhlu 180° od východní strany přes jih po západní stranu ve vztahu k určitému bodu zařízení, zpravidla středu generátoru. Jestliže se požaduje co nejpřesnějších výsledků nebo v případě větších zařízení, provádí se analýza zastínění pro více bodů. Pro určení linie horizontu se využívá situačního plánu dráhy slunce a diagramu (Murtinger, K., J. Beranovský a M. Tomeš, 2008).

#### **8.4.1.2 Stín a jeho řešení**

U většiny standardních modulů se zapojuje větší množství článků do série (větve s 36 nebo 72 články). Jestliže je zastíněn pouze jediný článek systému, např. listím, nevyrábí žádný proud a stane se spotřebičem. Ostatní články jsou aktivní a předají proud skrze postižený článek a dojde tak k velkým ztrátám. Dokonce může dojít k zahřívání, což může systém velmi vážně ohrozit, a dokonce i zničit. Předchází se tomu využitím obtokových metod (bypass) diodami, jež vedou proud mimo neaktivní článek (Haselhuhn R., 2011).

V oblastech bohatých na sníh nebo při vodorovném zastínění, ke kterému může dojít u řad standardních modulů na plochých střechách, lze minimalizovat ztráty až o polovinu díky vodorovnému uspořádání modulů (Haselhuhn R., 2011).

#### **8.4.2 Montážní systém**

Fotovoltaické zařízení lze umístit na jakoukoliv střechu. Při výběru montáže, jak už bylo zmíněno, hrají roli včetně vhodné orientace a sklonu také architektonické a optické aspekty. Zkušenému odborníkovi na fotovoltaická zařízení trvá instalace jednoho zařízení zhruba dva dny (SMA-Solar-Technology, 2013).

##### **8.4.2.1 Montáž ve střechě**

Fotovoltaický panel je tady při této montáži přímo součástí střechy. Tato montáž je nejvhodnější zejména pro šikmé střechy. V současnosti nabízí některé firmy

fotovoltaické panely zapuštěné do rámu, jež lze opticky a mechanicky integrovat do okolní plochy střechy. Mezi nejmodernější techniky patří fotovoltaická střešní krytina a systémy Solar – Roof. U tohoto technického zařízení je celá plocha střechy pokryta fotovoltaickými články („energetické střechy“). Z vizuálního hlediska je neoptimálnější právě tato varianta montáže (SMA-Solar-Technology, 2013).

#### **8.4.2.2 Montáž nad střechou**

Nejběžnější variantou u malé fotovoltaické elektrárny je právě montáž nad střechou. Panely jsou umístěny a připevněny k montážním prvkům nad střešní krytinou. Jestliže jsou instalovány panely na budovu se šikmou střechou, je montáž o mnoho výhodnější než montáž článků zapuštěných do střechy.

#### **8.4.2.3 Montáž na plochých střechách**

Jako ploché střechy označujeme střechy, které mají sklon menší než 12°. Na tyto střechy můžeme instalovat solární elektrárny větších rozměrů. Těsnění u tohoto typu střechy je na rozdíl od šikmých střech absolutně vodotěsné, a to díky pomoci pásů nebo zalitím celé plochy střechy. Je nutné pracovat velmi opatrně z důvodu možného poškození pláště, což by vedlo ke značným škodám (Haselhuhn R., 2011).

#### **8.4.2.4 Montáž na fasádě**

Je nejideálnější pro větší budovy s dostatečně velkou plochou fasády pro instalaci FV článků. Začlenění solárního zařízení do fasády je ideální především u velkých průmyslových a administrativních budov, i u bytových domů („energetické fasády“). Rozeznáváme fasády teplé a studené fasády. Fotovoltaická elektrárna má u teplých fasád navíc i funkci pláště budovy. U studených fasád se články instalují dodatečně před fasádu a slouží nejen k výrobě energie, tak i k úpravě a zateplení fasády. V oblasti fotovoltaiky se nabízí speciální moduly z izolačního skla, jež mají i zvukově izolační schopnosti (SMA-Solar-Technology, 2013).

### **8.4.3 Další montážní řešení**

Jedna z dalších možností je umístit fotovoltaické panely na pozemek. Jde o velmi jednoduchou variantu, kde se panely přišroubují k podstavci a je nutné dbát na dostatečně velkou vzdálenost od země, aby nebyly spodní panely zastíněny rostlinami. Náklady za montáž systému jsou poměrně levné, ovšem úhrada za

elektřinu vyrobenou fotovoltaickými panely instalovanými na volné ploše jsou nejnižší. U nás v České republice bohužel nejsou tyto montáže na volných plochách podporovány od března roku 2011. Velký potenciál k integraci fotovoltaické elektrárny nabízejí stavební zařízení, jako jsou zastávky, čekárny, protihlukové stěny, hromadné parkovací garáže. Několik protihlukových stěn už existuje a zastřešení zastávek a nástupišť jsou využívána jen výjimečně, přesto nabízejí skvělé možnosti (Murtinger, K., J. Beranovský a M. Tomeš, 2008).

## 9 TEPELNÉ ČERPADLO

### 9.1 Princip tepelného čerpadla

Na vstupní straně tepelného čerpadla (TČ) je vždy výměník (tzv. výparník). Do výměníku se pomocí vhodného teponosného média (voda, vzduch, nemrznoucí směs) přivádí nízkopotencionální teplo z okolí a do jeho druhé poloviny se pomocí trysky termostatického expanzního ventilu vstříkují kapalné chladivo pod velkým tlakem. Tlak ve výparníku je nižší a kapalné chladivo se díky tomu rychleji odpařuje. Výparník dosahuje nižší teploty než je teplota okolí, ze které dané teplo odebíráme. Tím dosahujeme toho, že teplo z výparníku ohřívá podchlazený plyn a tento plyn se nasává kompresorem a po jeho stlačení se plyn zahřeje. Plyn se stlačením v kompresoru velmi silně zahřeje. V kompresoru dochází ještě k dalšímu vzniku tepelné energie způsobené třením pohyblivých částí elektromotoru. Stlačený plyn na výtlaku kompresoru dosáhne vyšší teploty než voda vyskytující se v topném systému a je přiváděn do sekundárního výměníku (tzv. kondenzátoru), ve kterém topná voda proudí. Horký plyn zde zkapalní a teplo předává teplo topné vodě. Kapalina je vedena zpět do expanzního ventilu. Cyklus probíhá stále dokola (Karlík R., 2009).

### 9.2 Zdroje tepla a druhy tepelných čerpadel

Máme několik způsobů, na základě kterých můžeme získávání tepla rozdělit do skupin TČ. Jak zvolíme primární zdroj tepla má vliv na konstrukci TČ a jeho vlastnosti. Systémy, kterými se budeme zabývat, jsou: vzduch – voda; voda – voda; země – voda (Žeravík A., 2003).

#### 9.2.1 Zdroj tepla – vzduch

Na primární straně tohoto typu čerpadla je zapojen lamelový trubkový výparník, který je doplněn ventilátorem pro lepší přenos tepla ze vzduchu. Konstrukce a tvar TČ je podle výrobce rozdílná, výparník pravidelně tvoří část krytu celého systému TČ. Velmi často je konstrukce TČ dvoudílná (tzv. split). Vnitřní a venkovní část jsou propojeny měděnými trubkami, kterými proudí chladivo. Ve venkovních částech je v některých případech jen výparník (výměník), ventilátor a expanzní ventil. Zbývající díly i části kompresoru se ukládají do vnitřní jednotky. V některých

případech je venku i kompresor a ve vnitřní jednotce je jenom sekundární výměník. Ventilátory mají výkon pohybující se v rozmezí 100 až 300 W a dle provedení výparníku mají svislou či vodorovnou osu. U venkovních jednotek se snažíme co nejvíce minimalizovat hluk ventilátoru a kompresoru, a proto se montují v místech, kde daný hluk nebude vadit. U tzv. split systémů se dané chladivo plní na místě až po instalaci a po zhotovení tlakovému testu. Pokud délka měděných izolovaných trubek bude delší, než bylo předpokládáno, odrazí se na daném projektu i vyšší cena oproti původnímu rozpočtu (Karlík R., 2009).

U některých konstrukcí split systémů se kompresor řadí mezi součásti vnitřní jednotky, což je výhodné z důvodu snížení hluku a kompresor je uzavřen v objektu.

Máme ještě další provedení TČ, které nazýváme kompaktní. Celý systém TČ je vcelku a je výrobcem naplněn chladivem. Topná voda proudí sekundárním výměníkem TČ a potrubí je vedeno od TČ umístěném venku do domu. Tato jednodušší instalace se komplikuje tím, že se musí zabezpečit ochrana potrubí a sekundárního výměníku před zamrznutím při výpadku elektřiny nebo se v celém systému použije nemrznoucí směs. Topný systém můžeme oddělit dalším výměníkem, ale vyžaduje to další oběhové čerpadlo a ještě expanzní nádobu a tím se sníží COP (coefficient of performance, účinnost jednotky tepelného čerpadla, neboli kolik kW tepelné energie je vyrobeno oproti jedné kW spotřebované energie), protože TČ dodává tepelnou energii do výměníku přes nemrznoucí směs s vyšší teplotou. Je možné tento typ tepelného čerpadla instalovat i dovnitř budovy.

U všech uvedených systémů TČ vzduch – voda se musí počítat s tím, že se na výparníku (výměníku) sráží vodní pára nebo vytváří námraza, kterou musíme průběžně odstraňovat (Karlík R., 2009).

### **9.2.2 Zdroj tepla – podzemní voda**

Z hlediska dosahované výše COP může být voda ze správného dimenzovaného podzemního zdroje (např. ze studny – pro TČ je to nejvhodnější způsob). Spodní voda je relativně během celého roku teplotně stálá (pohybuje se v mezích hodnotách od +10 do +8). Předpokládá se tedy, že výkon TČ bude relativně stálý po celý rok a velikost COP bude trvale v mezích  $e = (4 - 5)$ . Průtok, který potřebujeme, se stanoví velmi lehce, na základě požadovaného výkonu. U TČ se předpokládá ochlazení vody o zhruba  $(3 - 5)^{\circ}\text{C}$ . Průtok primární vody se musí hlídat a v případě nějakého omezení nebo přerušení oběhu se TČ musí ihned vypnout, aby

nedošlo k zamrznutí vody ve výparníku, což by způsobilo jeho poškození (Žeravík A., 2003).

### **9.2.3 Zdroj tepla – zemský povrch**

V praxi se využívají dva způsoby odběru tepelné energie: odběr nahromaděného tepla slunečním zářením z povrchu a z hloubky. Využívá se uzavřených výměníků na primární straně TČ, které jsou naplněné nemrznoucí směsí. V tomto systému stačí oběhové čerpadlo s velmi malým výkonem a stálá čistota směsi, díky tomu nevznikají problémy se zanášením výměníků a filtrů (Žeravík A., 2003).

#### **Plošné kolektory a slinky**

Do země v hloubce (cca 1,2 – 1,5 m) ve vzdálenosti od sebe asi (60 – 80 cm) jsou uloženy PE hadice, které jsou naplněny solankou. Délka jednotlivých okruhů by neměla přesahovat 200 m. Plošné kolektory dosahují výkonu kolem 20 až 25 W/m<sup>2</sup>.

Existuje i jiná varianta instalace za využití spirálových kolektorů (slinky). Tento typ se ukládá do větší hloubky než plošné kolektory, a to do hloubky cca 2 m. Šířka vykopané jámy, do které se kolektory ukládají je cca 1 m (u horizontálního provedení) nebo svisle do úzkého hlubšího výkopu (u vertikálního provedení). Vše se poté zahrne zeminou. U jedné sekce horizontálního provedení je odebíraný výkon kolem 1,5 kW a u vertikálního se výkon pohybuje mezi 1,8 až 2 kW (Karlík R., 2009; Žeravík A., 2003).

#### **Vertikální zemní kolektor**

Jedná se o plastový výměník, jenž je vložený do hlubokého vrtu. Tento systém se u nás tak často nepoužívá a je více využíván v zahraničí. Vrty dosahují hloubky 50 až 120 m. Orientační tepelný zisk v našich podmínkách je z jílovitých podloží 40 – 50 W/m, v případě velmi silného pohybu spodní vody 60 – 70 W/m (Žeravík A., 2003).



## **10 NÁVRH PROJEKTU S KOMBINOVANÝM SOLÁRNÍM SYSTÉMEM**

### **10.1 Geografické podmínky a charakteristika objektu**

Jedná se o novostavbu rodinného domu v obci Nebovidy, k.ú.Nebovidy u Brna, na pozemku č.kat. 148/6, 148/5 a 144/1 (orná).

Stavba leží na svažitém pozemku a úroveň podlahy přízemí je 50 cm nad úrovní upraveného terénu. Tento objekt se nachází v nadmořské výšce 280 metrů. Pozemek dle informací se nenachází v žádném záplavovém území ani v žádných jiných chráněných územích či pásmech. Stavba leží v zastavěném území obce.

Dům je částečně podsklepen, přičemž suterén tvoří druhé vytápěné podlaží. Střecha nad přízemím je sedlová s taškovou krytinou a její sklon je 22°. Orientace hřebene nad hlavní částí domu je situován kolmo k pozemku místní komunikace (SZ – JV). Výška hřebene dosahuje do výšky 5 m.

Dům je obdélníkového půdorysu a jeho rozměry jsou 15,90 × 9,65 m + venkovní terasa s pergolou 6,25 × 9,65 a závětrí s pergolou 6,2, × 1,53 m. Jeho celková podlahová plocha činí 186,4 m<sup>2</sup>.

Stavba je v souladu s požadavky dle zákona o hospodaření s energiemi a vyhlášky, které stanovují podrobnosti týkající se užívání energií při spotřebě tepla v budovách. Obvodová konstrukce domu a výplně oken a jejich provedení jsou v souladu s platnou ČSN „zateplení budov“.

Podle umístění domu a orientace střechy je tato stavba vhodná pro umístění fototerických kolektorů a stavbu fotovoltaické elektrárny. Díky této orientaci využívá stavba v době slunečního svitu od východu Slunce po jeho zapadnutí cca 80 %. Stavba není stíněna žádným objektem ani vegetací (Projektová dokumentace, 2011)

### **10.2 Popis stavebních materiálů**

Základy domu jsou provedeny z betonu B 15 a v přízemí jsou obvodové stěny zhotoveny z keramických tvárnic Heluz family o tloušťce 440 mm a v suterénu jsou obvodové stěny zhotoveny ze stejných tvárnic tloušťky 380 mm. Nad terénem jsou obvodové stěny omítnuty vápno-cementovou omítkou, dále stěny pod úrovní terénu jsou omítnuty jen zevnitř. Podlaha v suterénu je zhotovena z betonu a tepelná izolace i izolace proti spodní vodě je tvořena z polystyrénu EPS 100 Z o tloušťce 100 mm.

Podlaha v přízemí nad suterénem je vyrobena pomocí stropního systému MIAKO, betonu a tepelná izolace je tvořena stejně jako v suterénu z polystyrénu EPS 100 Z o tloušťce 100 mm. Strop nad přízemím je tvořen ze sádkokartonu a tepelné izolace orsil. Okna jsou dvojitá a umělohmotná, vyplněna skelní výplní Di – therm.

Veškeré prostory jsou přirozeně odvětrávány a přirozeně osvětlovány (kromě skladů v suterénu, kde jsou odvětrávány větracími mřížkami na fasádu, resp. Nad střechu a WC v přízemí je odvětráváno pomocným ventilátorem s odtahem nad střechu. Všechny prostory v domě jsou vybaveny umělým osvětlením.

## 11 VÝPOČTY A VÝSLEDKY

### 11.1 Výpočet tepelných ztrát

Tepelná ztráta je teplo, jehož množství se udává v kWh (kilowatthodina). Jedná se o množství tepla unikající z domu, proto tepelná ztráta v jedné hodině při průměrné teplotě  $-15^{\circ}\text{C}$ . Největší množství tepla z domu uniká nejčastěji skrze dveře, okna a stěny domu, střechou a nakonec i větrání se započítává mezi tyto ztráty.

Pro výpočet tepelných ztrát daného objektu je nutné znát objem vytápěného prostoru, nikoliv neobytných nebo nevytápěných částí domu. Prostor domu a jeho objem se počítá v  $\text{m}^3$  a ten je pak násoben koeficientem měrné spotřeby při vytápění. Tento koeficient ovlivňuje materiál, ze kterého jsou tvořeny obvodové stěny domu, dále také typy oken a venkovní dveře objektu. Jaký je poměr prosklených částí budovy oproti zdivu, dále výška a plocha budovy, jelikož větší členitost půdorysu způsobuje větší tepelnou ztrátu.

- Tepelné ztráty byly zpracovány podle ČSN EN 12831.

**Tab. č. 3 Tepelné ztráty - Neprůsvitné konstrukce**

OK	ZZ	U $\text{W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$	KC	Z/P	VRSTVA	d mm	$\lambda$ $\text{W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$	$Z_{\text{TM}}$	$R_v$ $\text{m}^2 \times (\text{K}/\text{W})$
<b>HELUZ FAMILY 44</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami: $R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{WR}_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{W}$ $\text{DU} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
<b>SO<sub>1</sub></b>	Z	0,203	105-01	Z vr.	Omítka vápenná	20	0,880		0,023
			499c-001	Z vr.	FAMILY 44	440	0,085		5,240
			105-02	Z vr.	Omítka vápenocem.	20	0,990		0,020
				$\Sigma$		480			5,283
<b>HELUZ FAMILY 38 k zemině</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami: $R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{W}$ $R_{\text{se}} = 0,00 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{W}$ $\text{DU} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
<b>SO<sub>2</sub></b>	Z	0,205	105-01	Z vr.	Omítka vápenná	20	0,700		0,029
			499c-001	Z vr.	FAMILY 44	440	0,085		5,240
			116-01	Z vr.	Asfaltové pásy a lepenky	5	0,210		0,024
				$\Sigma$		465			5,292

<b>Vnitřní stěna 125</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami:									
$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $DU = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
SN <sub>1</sub>	Z	1,507	105-01	Z vr.	Omítka vápenná	20	0,700		0,029
			494-004	Z vr.	SUPERTHERM	115	0,319		0,360
			105-02	Z vr.	11,5/49,7 P + D LI				
				Z vr.	Omítka vápenná	20	0,700		0,029
				Σ		155			0,417
<b>Vnitřní stěna 250</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami:									
$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $DU = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
SN <sub>2</sub>	Z	0,958	105-01	Z vr.	Omítka vápenná	20	0,700		0,029
			494-004	Z vr.	SUPERTHERM	240	0,316		0,760
			105-02	Z vr.	24/37,2 P + D DB				
				Z vr.	Omítka vápenná	20	0,700		0,029
				Σ		280			0,817
<b>Podlaha v přízemí na terénu</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami:									
$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $R_{se} = 0,65 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $DU = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
PDL <sub>1</sub>	Z	0,296	130-03	Z vr.	Keram.dlažba	10	1,010		0,010
			101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	70	1,050		0,067
			256-003	Z vr.	EPS 100 Z	100	0,037		2,703
			116-01		Asfaltové pásy a lepenky	5	0,210		0,024
				Σ		185			2,803
<b>Podlaha v přízemí nad suterénem</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami:									
$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $DU = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
PDL <sub>2</sub>	Z	0,336	105-01	Z vr.	Omítka vápenná	20	0,700		0,029
			154-02	Z vr.	Tvarovky MIAKO	190	0,800		0,237
			101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	30	1,050		0,029
			256-003	Z vr.	EPS 100 Z	100	0,037		2,703
			101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	60	1,050		0,057
				Σ		400			3,054
<b>Podlaha v přízemí nad venkovním protonem</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami:									
$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $DU = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
PDL <sub>3</sub>	Z	0,212	105-01	Z vr.	Omítka vápenná	20	0,880		0,023
			603-002	Z vr.	Polystyren EPS 70F	80	0,039	0,02	2,011
			154-02	Z vr.	Tvarovky MIAKO	190	0,830		0,229
			101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	30	1,230		0,024
			256-003	Z vr.	EPS 100 Z	100	0,037	0,02	2,650
			101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	60	1,230		0,049
				Σ		480			4,986

<b>Podlaha v suterénu</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami:									
$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $R_{se} = 0,65 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $DU = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
PDL <sub>4</sub>	Z	0,425	101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	70	1,050		0,067
			256-003	Z vr.	EPS 100 Z	60	0,037		1,622
			116-01	Z vr.	Asfaltové pásy a lepenky	5	0,210		0,024
				<b>Σ</b>		<b>135</b>			<b>1,712</b>
<b>Strop nad přízemím</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami:									
$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $R_{se} = 0,10 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $DU = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
STR <sub>1</sub>	Z	0,141	110-02	Z vr.	Sádrokarton	15			0,078
			367-001	Z vr.	Deska ORSIL T - P	200	0,25		4,103
			367-001	Z vr.	Deska ORSIL T - P	160	0,10		3,730
			109-021		Dřevo měkké kolmo k vláknům	25			0,145
				<b>Σ</b>		<b>400</b>			<b>8,055</b>
<b>Strop v suterénu</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami:									
$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $R_{se} = 0,10 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $DU = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
STR <sub>3</sub>	Z	0,337	105-01	Z vr.	Omítka vápenná	20	0,700		0,029
			154-02	Z vr.	Tvarovky MIAKO	190	0,800		0,237
			101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	30	1,050		0,029
			256-003	Z vr.	EPS 100 Z	100	0,037		2,703
			101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	60	1,050		0,057
				<b>Σ</b>		<b>400</b>			<b>3,054</b>
<b>Střecha</b>									
Výpočet byl proveden s těmito hodnotami:									
$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ $DU = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$									
SCH <sub>1</sub>	Z	6,355	151-012	Z vr.	CP 290/140/65 (1800)	15	0,840		0,018
				<b>Σ</b>		<b>15</b>			<b>0,018</b>

### ZTM – činitel tepelných mostů

Koriguje součinitel tepelné vodivosti o vliv kotvení, přerušení izolační vrstvy krokvemi, rámovou konstrukcí atp.

**Tab. č. 4 Tepelné ztráty – výplně otvorů**

OK	Var	ZZ	U W×K <sup>-1</sup> ×m <sup>-2</sup>	x m	Y m	i <sub>LV</sub> m <sup>-2</sup> ×s <sup>-1</sup> × Pa×10 <sup>4</sup>	LS m	q	FF %
<b>Vstupní dveře 90/195</b>									
DO1	V1	0	1,500	0,90	1,95	1,200	5,70	0,67	90,0
<b>Vrata 300/212,5</b>									
DO2	V1	0	1,500	3,00	2,13	1,200	10,25	0,67	90,0
<b>Vnitřní dveře 80/197</b>									
DN1	V1	0	1,800	0,80	1,97	0,000	5,54	0,67	90
<b>Vnitřní dveře 70/197</b>									
DN2	V1	0	1,800	0,70	1,97	0,000	5,34	0,67	90,0
<b>Vnitřní dveře 60/197</b>									
DN3	V1	0	1,800	0,60	1,97	0,000	5,14	0,67	90,0
<b>Dveře na terasu 250/230</b>									
DB1	V1	0	1,200	2,50	2,30	0,870	9,60	0,67	19,2
<b>Okno 62,5/150</b>									
OD1	V1	0	1,200	0,63	1,50	0,870	4,25	0,67	29,6
<b>Okno 175/150</b>									
OD2	V1	0	1,200	1,75	1,50	0,870	8,00	0,67	23,8
<b>Okno 220/150</b>									
OD3	V1	0	1,200	2,20	1,50	0,870	8,90	0,67	20,9
<b>Okno 145/150</b>									
OD4	V1	0	1,200	1,45	1,50	0,870	5,90	0,67	18,1
<b>Okno 112,5/150</b>									
OD5	V1	0	1,200	1,13	1,50	0,870	5,25	0,67	20,6
<b>Okno 150/62,5</b>									
OD6	V1	0	1,200	1,50	0,63	0,870	4,25	0,67	29,6
<b>Okno 62,5/137,5</b>									
OD7	V1	0	1,200	0,63	1,38	0,870	4,01	0,67	30,1
<b>Okno 125,62,5</b>									
OD8	V1	0	1,200	1,25	0,63	0,870	3,75	0,67	31,1

**Rekapitulace výsledků výpočtu:**

Vnější výpočtová teplota  $t_e$ : -15 °C  
 Roční průměrná teplota  $t_{me}$ : 5,1 °C  
 Nadmořská výška objektu: 280 m

Intenzita výměny vzduchu  $n_{50}$ : 4 hod<sup>-1</sup>  
 Zátopový součinitel  $f_{RH}$ : 4 W/m<sup>2</sup>  
 Okres: Brno - venkov

**Tab. č. 5 Výsledné výpočty tepelných ztrát**

podlaží	Číslo místnosti	účel	úsek	T <sub>i</sub> °C	n <sub>p</sub>	V <sub>np</sub> M <sup>3</sup> ×h <sup>-1</sup>	V <sub>n50</sub> M <sup>3</sup> ×h <sup>-1</sup>	V <sub>mech</sub> M <sup>3</sup> ×h <sup>-1</sup>	F <sub>RH</sub>
ÚSEK 0									
0	003	sklad	N	8	0,5	11,9	0,0	0,0	0
0	004	sklad	N	14	0,5	2,9	0,0	0,0	0
ÚSEK 1									
0	001	prádelna	1	20	0,5	15,8	5,1	0,0	4
0	002	garáž	1	15	0,5	32,4	15,6	0,0	4
1	101	zádveří	1	20	0,5	7,0	2,3	0,0	4
1	103	šatna	1	20	0,5	6,7	2,1	0,0	4
1	104	pokoj	1	20	0,5	13,3	4,2	0,0	4
1	105	pokoj	1	20	0,5	16,3	7,8	0,0	4
1	106	ložnice	1	20	0,5	17,4	5,6	0,0	4
1	107	koupelna	1	20	0,5	11,6	3,7	0,0	4
1	108	WC	1	20	0,5	4,9	0,0	0,0	4
1	109	schody	1	20	0,5	7,5	2,4	0,0	4
1	110	obytný prostor	1	20	0,5	70,8	34,0	0,0	4

Číslo místnosti	Úsek	V <sub>mi</sub> m <sup>3</sup>	A <sub>p</sub> m <sup>2</sup>	H <sub>Tm</sub> W/K	H <sub>Vm</sub> W/K	□ <sub>Tm</sub> W	□ <sub>Vm</sub> W	□ <sub>RHm</sub> W	□ <sub>HLm</sub> W	Q <sub>cm</sub> W	Q <sub>z</sub> W
ÚSEK 0											
003	N	23,8	10,0	-4	4	-95	97	0	2	2	0
004	N	5,8	2,5	-0	1	-11	30	0	19	19	0
Σ úsek N		29,6	12,5	-4	5	-106	127	0	21	21	0
ÚSEK 1											
001	1	31,6	13,3	18	5	645	188	53	886	886	0
002	1	64,8	27,3	29	11	872	330	109	1311	1311	0
101	1	14,1	5,6	7	2	259	84	22	365	365	0
103	1	13,3	5,3	5	2	187	79	24	288	288	0
104	1	26,5	10,6	10	5	352	158	42	552	552	0
104	1	32,6	13,0	19	6	674	194	52	920	920	0
106	1	34,8	13,9	12	6	424	207	55	687	687	0
107	1	23,1	9,2	13	4	493	153	37	683	683	0
108	1	9,8	3,9	-1	2	-35	58	16	39	39	0
109	1	14,9	5,9	5	3	167	89	24	280	280	0
110	1	141,5	56,4	49	24	1725	842	226	2793	2793	0
Σ ÚSEK 1		407,0	164,3	167	69	5763	2382	657	8802	8802	0
Σ BUDOVOY		436,6	176,8	163	74	5657	2509	657	8823	8823	0

## LEGENDA

$Q_{cm}$  – celkové ztráty

$\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti v W/(mK)

R – Tepelný odpor v m<sup>2</sup>K/W

U – součinitel prostupu tepla ve W/(m<sup>2</sup>K)

$R_k$  – tepelný odpor konstrukce ve m<sup>2</sup>K/W

$R_N$  – 0,13 m<sup>2</sup>K/W obvyklý normovaný odpor při prostupu tepla na povrchu konstrukce

$r_N$  – 0,04m<sup>2</sup>K/W obvyklý normovaný odpor při prostupu tepla na povrchu konstrukce

d – tloušťka konstrukce

$t_p$  – povrchová teplota v °C

$t_i$  – teplota v interiéru v °C

H ( $\varphi$ ) – součinitel tepelné ztráty prostupem v W/K

$\Psi$  – součinitel lineárního tepelného mostu

## Indexy:

Int – vnitřní prostor

i – vytápěný prostor

e – vnější, venkovní

u – nevytápěný prostor

g – zemina, půda

j – vytápění na výrazně jinou teplotu

Tab. č. 6/1 Potřeba energie na vytápění v jednotlivých měsících

Potřeba energie	Leden	Únor	březen	Duben	Květen	Červen	Červenec
Vytápění [MJ]	15 321,9	12 384,6	9 908,3	5 685,6	1 700,7	267,5	103,5
Ohřev TUV [MJ]	906,4	906,4	906,4	906,4	906,4	906,4	906,4
<b>Celkem</b>	16 228,3	13 291	10 814,7	6591,9	2607,1	1173,9	1 009,9

(zdroj: Průkaz energetické náročnosti budovy)

Tab. č. 6/2 Potřeba energie na vytápění v jednotlivých měsících

Potřeba energie	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Rok	Měrná potřeba [kWh/m <sup>2</sup> *rok]
Vytápění [MJ]	221,9	1 922,2	5 710,6	10 041,80	13 745,5	77014,2	114,8
Ohřev TUV [MJ]	906,4	906,4	906,4	906,4	906,4	10876,8	16,2
<b>Celkem</b>	1 128,3	2 828,6	6 617	10 948,2	14 651,9	87890,8	130,9

(zdroj: Průkaz energetické náročnosti budovy)

## Výpočet měrné potřeby energie:

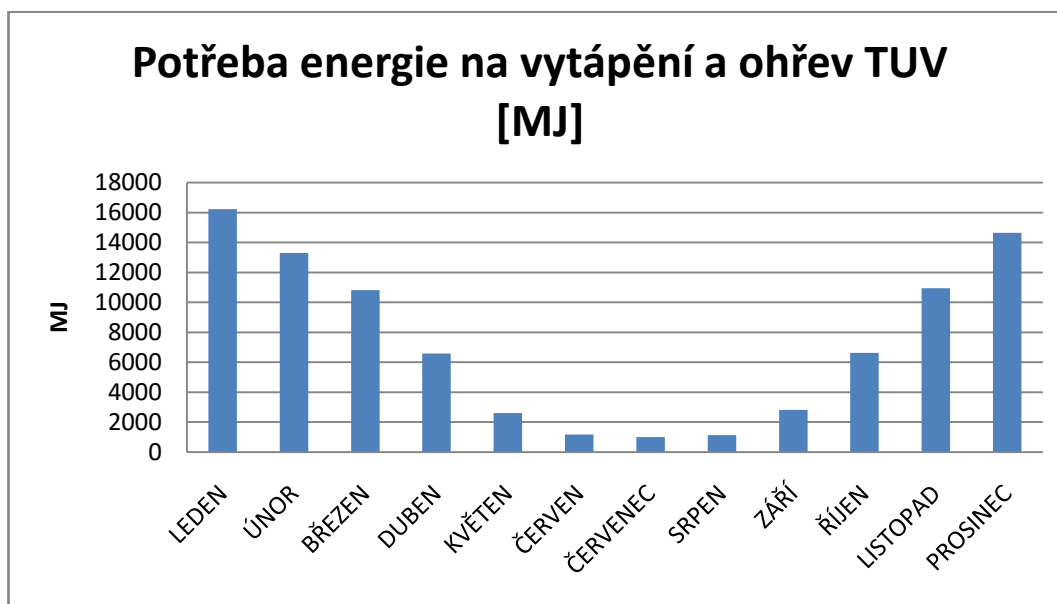
Vytápění: 77 014,2 MJ = 21 392 kWh/rok = 21 392/186,4 [m<sup>2</sup>] = **114,8 kWh/m<sup>2</sup>\*rok**

Ohřev TUV: 10 876,8 MJ = 3 021,33 kWh/rok = 3 021,33/186,4 = **16,2 kWh/m<sup>2</sup>\*rok**

**Celkem za vytápění a ohřev vody: 87890,8 MJ = 24 414,11 kWh/rok = 130,9 kWh/m<sup>2</sup>\*rok**



**Graf č. 1 Potřeba energie na vytápění a ohřev TUV [MJ]**



(zdroj:vlastní, Průkaz energetické náročnosti budovy)

- **Potřeba energie pro přípravu TUV**

Spotřeba TUV na osobu je 40 až 50 l za den. Teplá užitková voda se připravuje v externím zásobníku ohříváném plynovým kotlem. Spotřeba TUV dle vypočtených výsledků pro 4 osoby v daném objektu je ve výši 3021,2 kWh/rok.

- **Celková potřeba energie na vytápění**

Pro vytápění objektu je třeba tepelná energie 21 392 kWh/rok.

- **Celková potřeba paliva pro vytápění a přípravu TUV**

Jako topné médium se využívá zemního plynu a jeho spotřeba pro vytápění a přípravu TV je cca 24 414 kWh/rok.

### **Technické řešení vytápění a příprava TUV**

Tepelné ztráty rodinného domu jsou kryty radiátory s regulací, které jsou umístěny v jednotlivých místnostech pod okny kombinované s teplovodním podlahovým topením o výkonu dle výpočtu tepelných ztrát. V současné době je využíván kotel PROTHERM RAY 24 K s výkonem 14 kW. Účinnost kotle je 99,5%. Provozní teploty ohřevu vody jsou 25 – 85 °C. Maximální výkon oběhového čerpadla činí 50 kPa s objemem expanzní nádoby 7 l. Kotel je umístěn

v prádelně v suterénu. Přípojka zemního plynu je vedena z veřejného rozvodu plynu. Ohřev TUV je zajištěný v zásobníku plynového kotle.

## **11.2 Výběr fototermického systému**

### **Návrh řešení fototermického systému na RD**

Na základě potřeby energie na ohřev TUV a vytápění jsem se rozhodla pro výběr solárního systému od firmy Geminox konkrétně „Solární sestava Varisol (TMAX) 20 HP/DF“ s vakuovým trubicovým kolektorem. Pro tento kolektor jsem se rozhodla z důvodu vyšší efektivity vzhledem ke geografickým a dispozičním podmínkám. Hrozí minimální mechanické poškození. V zimě má vyšší účinnost než ploché kolektory.

Sada obsahuje kotel THR<sub>s</sub> 1-10 C (2 – 17 C, 5 – 20 C); solární smaltovaný zásobník Aqualios 300; solární sestava VARISOL TMAX 20 HP/DF.

Zdrojem tepla je Sada THR<sub>s</sub> ve dvouokruhovém provedení DC vzhledem k využívání dvou systémů vytápění domu (radiátory a podlahové topení).

### **Komponenty systému**

#### **Sada THR<sub>s</sub>:**

##### **Kotel THR<sub>s</sub> 1-10 C (2 – 17 C)**

Vzhledem k nízkým tepelným ztrátám je tento kotel ideální pro jeho nízký ideální výkon s energeticky nenáročným cyklováním. Proto se po důkladném prozkoumání nabídky kotlů s možností připojení na solární panely stal nejlepší možností. Jeho výkon můžeme regulovat od 3,9 kW do 16,9 kW. Účinnost kotle je výrobcem uvedena hodnota 109% v celém modulovaném rozsahu.

##### **Prostorový přístroj QAA 75.611/501**

Jedná se o přístroj pro parametrování regulátorů jednotlivých okruhů topení. Jeho součástí je teplotní čidlo.

##### **Venkovní čidlo QAC34**

Měří venkovní teplotu, sluneční záření, sílu větru a teplotu zdi.

##### **Solární regulátor integrovaný v LMS**

Zařízení pro regulaci teploty TUV, kterou požadujeme.

**Cena sady THR<sub>s</sub>:** 62 990 Kč bez DPH; (76 218 Kč s DPH)

## Solární nerezový zásobník AQUALIOS

### Trivalentní zásobník Aqualios 300

Jedná se o zásobník s objemem 300 l. Výkon horního výměníku při 60 °C TV a vstupní teplotě topné vody 85 °C je 26,7 kW. Ve spodním zásobníku výměníku při 45 °C TV a vstupní topné vody 90 °C je 51,0 kW.

### Propojovací sada kotel/zásobník

Jedná se o tepelně izolované potrubí.

**Cena sady:** 42 990 Kč bez DPH (52 018 Kč s DPH)

## Solární sestava Varisol (TMAX) 20 HP/DF

20 vakuových trubec včetně sběrače – 2 ×

Účinnost jedné trubice je 0,75

Čerpadlová skupina 2 až 12 l

**Expanzní nádrž s 18 l s příslušenstvím** - Vyrovnává rozdíly objemu vody v soustavě, které nastanou teplotní změnou.

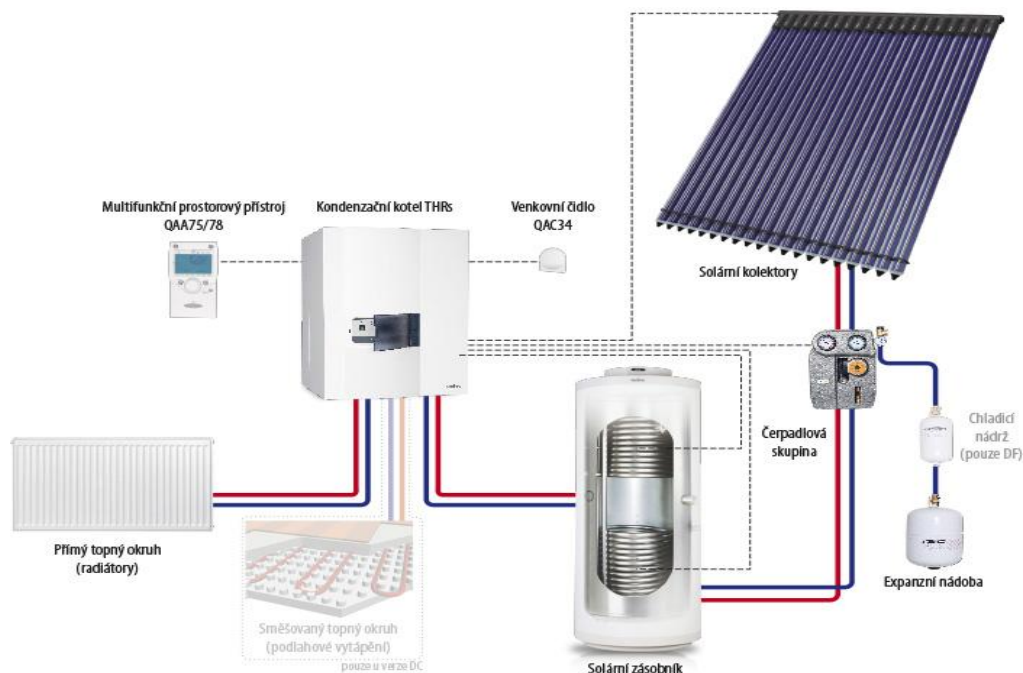
Teplonosná kapalina 20 l

Termostatický směšovač 3/4

Sada pro instalaci pro šikmou střechu

Sada pro hydraulické připojení

**Cena:** 79 950 Kč bez DPH (96 740 Kč s DPH)



Obr. 5 Solární sestava – Varisol (Geminox, 2016)

**Cena celého systému činí 224 976 Kč s DPH.**

### 11.3 Ekonomika provozu fototerického systému

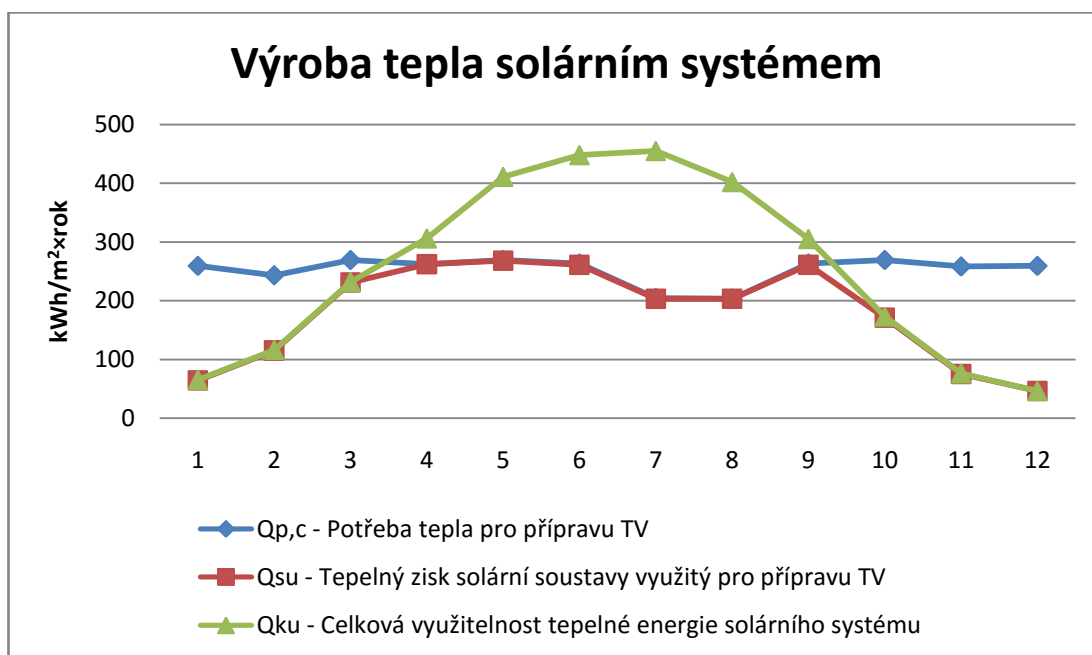
Celkový využitelný zisk solárního systému jsem si vypočítala díky programu staženému z oficiálních stránek Nová zelená úsporám, „Bilance solárních systémů pro potřeby programu Zelená úsporám“, který činí 71 % pokrytí potřeby tepelné energie.

**Tab. č. 7 Data provozu solárního systému**

<b>Příprava teplé vody a vytápění</b>	
Studená voda $t_{sv}$	12 °C
Teplá voda $t_{TV}$	55 °C
Srážka z tep. zisků kolektorů vlivem tepelných ztrát $p$	0,2
Přirážka na tepelné ztráty při přípravě teplé vody $z$	0,15
<b>Vytápění objektu</b>	
Tepelná ztráta domu $Q_z$	8,823 kW
Vnitřní výpočtová teplota $t_{iv}$	21 °C
Venkovní výpočtová teplota $t_{ev}$	-15 °C
Předpokládaná energet. náročnost budovy (vytápění)	Běžný standard
Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy $v$	5 %
<b>Parametry solárních kolektorů</b>	
Optická účinnost	0,75
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru $a_1$	1,18 W/m <sup>2</sup> ×K
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru $a_2$	0,0095 W/m <sup>2</sup> ×K
Počet kolektorů	40 ks
Plocha apertury kolektoru $A_{k1}$	0,14 m <sup>2</sup>
Celková plocha apertury kolektorů	5,6 m <sup>2</sup>
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$	50 °C
Sklon kolektoru	30°
Azimut kolektoru	15°
<b>Vyhodnocení</b>	
Potřeba tepla pro přípravu TV	3021,2 kWh/rok
Potřeba tepla pro vytápění	0 kWh/rok
Měrný využitelný zisk solární soustavy $q_{ss,u}$	385,7 kWh/m <sup>2</sup> ×rok
Celkový využitelný zisk solární soustavy $Q_{ss,u}$	2160 kWh/rok
Tepelný zisk solární soustavy využitý pro přípravu TV	2160 kWh/rok
Tepelný zisk solární soustavy využitý pro vytápění	0
Solární podíl (pokrytí potřeby tepla) $f$	71 %

(zdroj: Vlastní pro výpočetní tabulku Bilance solárních systémů programu Nová zelená úsporám)

**Graf č. 2: Porovnání výroby tepla solárním systémem**



(zdroj: vlastní)

**Provozní náklady solárního systému za rok činí cca 3 000 Kč**, do kterých se započítávají: náklady na spotřebu elektrické energie oběhovým čerpadlem a řídicí jednotkou; náklady na výměnu teplonosné kapaliny; servisní náklady; poměrné náklady na oběhové čerpadlo.

#### Doba návratnosti systému

$$T_s = (T_z \times N_p + N) / c \times E = (25 \times 3000 + 224\,976) / 3,83 \times 2160 = \mathbf{36,26 \text{ let}}$$

N investiční náklady (Kč)

$N_p$  provozní náklady (Kč/rok)

E množství vyrobené energie (kWh/rok)

c stávající cena energie (Kč/kWh)

$T_z$  doba životnosti (roky)

$T_s$  prostá doba splácení

Při stálé ceně 3,83 Kč/kWh během roku ušetříme 8 272 Kč bez odpočtu nákladu za provoz zařízení.

Z porovnání životnosti panelů (25 let) a návratností investic (36 let) plyne, že se do tohoto systému nevyplatí investovat s úmyslem úpory financí.

## 11.4 Výběr fotovoltaické elektrárny

Pro výpočet fotovoltaické úspory jsem se rozhodla využít solární systém elektrárny 4,5 kW na klíč „TNS a Fronius“. Jedná se o systém s výkonem 4,5 kW připojený na polykrystalické panely TNS 250Wp a střídačem Fronius Symo. Montáž osmnácti fotovoltaických panelů bude provedena na střeše domu se sklonem 22° pomocí hliníkové konstrukce pro šikmou střechu. Propojení mezi FV panely a se střídači elektrického proudu je realizováno typizovaným kabelem H07RNF. Veškerá kabeláž bude vedena chrániči k tomu specializovanými.

Stejnoseměrný proud tvořený panely se převádí na střídavý měnič Fronius Symo. Měnič je doplněn rozhraním umožňujícím propojení k PC.

### **Sestava obsahuje:**

18x fotovoltaický panel TNS 250Wp,

1x třífázový střídač Fronius SYMO 4.5-3 M,

1x set hliníková konstrukce pro šikmou střechu (taška, plech, atd.) včetně úchytů pro panely; elektromateriál; kompletní montáž; doprava; revize; administrativa od A do Z; vedení měsíčních výkazů za zvýhodněnou cenu.

- Roční předpokládaný výkon 4911 kWh jsem zvolila úmyslně k vyššímu pokrytí vytápění domu.
- Výrobu TUV mi pokryje solární systém z 71%, tzn. 3021,2 kWh – 2160 kWh = 861,2 kWh potřeba pro doohřev TUV.

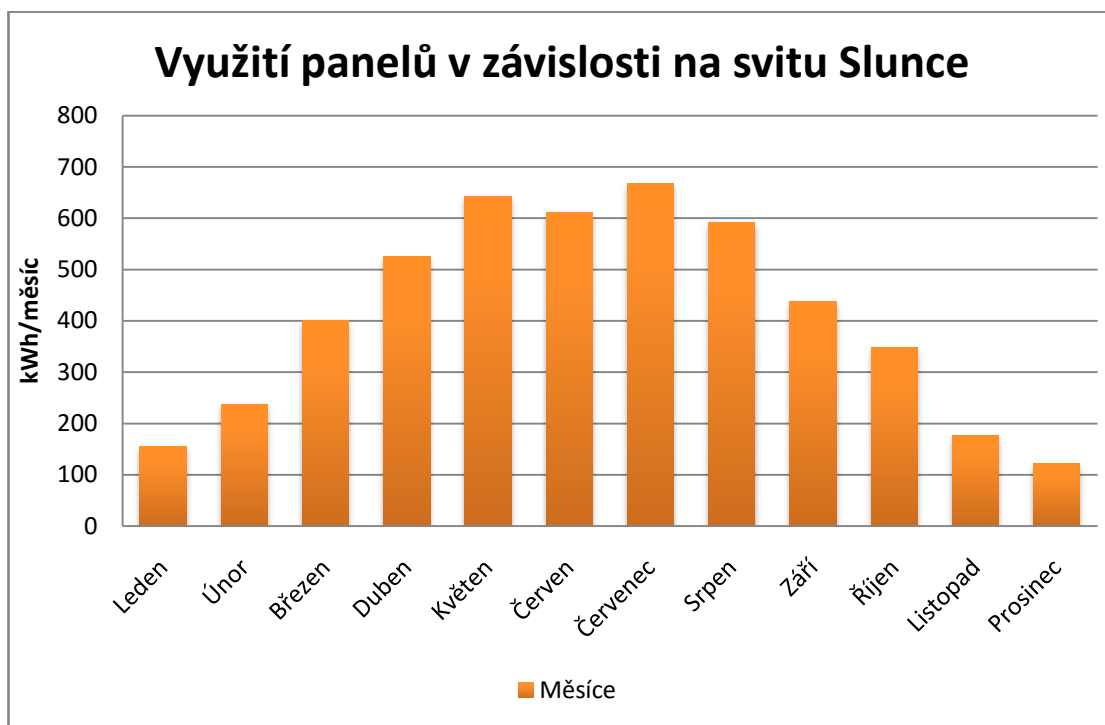
Tabulka je sestavena z dat zaslanych firmou pro konkrétní případ mého návrhu v Nebovidech s maximálním využitím výkonu panelů.

### **Tab.č.8.: Předpokládaná výroba tepelné energie za rok**

Měsíc	Výroba za měsíc (kWh/měsíčně)	Výroba za den (kWh/den)
Leden	122	5,0
Únor	234	8,1
Březen	401	12,9
Duben	525	17,5
Květen	643	20,7
Červen	611	20,4
Červenec	667	21,5
Srpen	591	19,1
Září	437	14,6
Říjen	348	11,2
Listopad	176	5,9
Prosinec	122	3,9
<b>Průměr</b>	<b>409</b>	<b>13,4</b>
<b>Celková roční výroba (kWh/rok)</b>	<b>4911</b>	

(zdroj: TNS a Fronius)

Graf č. 3 Využití panelů v závislosti na svitu Slunce



(zdroj: TNS a Fronius)

### 11.5 Ekonomika fotovoltaické elektrárny

Celková potřeba energie pro vytápění domu je 21 392,8 kWh. Tu mohou snížit díky výkonu elektrárny o 4049,8 kWh (při využití maximálního možného výkonu elektrárny) což je 18,9 % nutné energie pro vytápění.

Při stálé ceně 3,83 Kč/kWh nám fotovoltaická elektrárna ušetří během roku 18 809 Kč bez odpočtu nákladů za provoz zařízení ( $3,83 \times 4911 = 18\,809$  Kč).

#### **Návratnost:**

Cena fotovoltaické elektrárny „TNS a Fronitus“: **201 250 Kč.**

Návratnost investice, při stálé ceně 1kWh je tedy 13,1 roku.

### Doba návratnosti systému

$$T_s = (T_z \times N_p + N) / c \times E = (25 \times 2000 + 201\,250) / 3,83 \times 4911 = \mathbf{13,1 \text{ let}}$$

N investiční náklady (Kč)

$N_p$  provozní náklady (Kč/rok)

E množství vyrobené energie (kWh/rok)

c stávající cena energie (Kč/kWh)

$T_z$  doba životnosti (roky)

$T_s$  prostá doba splácení

## 11.6 Alternativní zdroj – Tepelné čerpadlo

### Tepelné čerpadlo (vzduch – voda)

Při návrhu kombinovaného solárního systému jsem chtěla využít i tepelného čerpadla (vzduch – voda), ale při detailnějším zkoumání cenových nabídek jsem došla k závěru, že tato cesta není příliš hospodárná. Čerpadlo s pořizovací cenou 159 990 Kč (Panasonic Aquarea HT KIT-WHF09F3E5 9 kW) sice patří do nižší cenové kategorie tepelných čerpadel, ale s instalací se jeho cena dostane až na cca 195 000 Kč s DPH. Návratnost tohoto systému je kolem 7 až 10 let.

Systém Aquarea HT dokáže ohřát při vstupní teplotě  $-20^\circ\text{C}$  na výstupní teplotu  $65^\circ\text{C}$  pouze pomocí tepelného čerpadla.

Provoz tohoto tepelného čerpadla je hlučnější než jiné typy čerpadel, díky ventilátoru a kompresoru. I když jsou kompresory instalovány na antivibrační rámy, které snižují hlučnost systému, pořád zůstává hlučnost na 41 dB (decibel). Hlučnost čerpadla je podobná jako u myčky na nádobí v domácnosti.

Instalace tohoto systému je o mnoho snazší než solární systémy, k zprovoznění není třeba přípojka plynu, komín ani topný olej, stačí pouze elektrická přípojka. Jejich životnost se pohybuje kolem 15 až 20 let.



## 12 DISKUSE

Mým počátečním úmyslem bylo navržení způsobu, jak snížit energetickou náročnost domu za současného snížení výdajů za potřebnou dodávku energií, což by se odrazilo v nižším negativním vlivu na životní prostředí. V průběhu práce na mém projektu jsem propočítala energetický přínos solárních systémů a z výsledků jsem dospěla k názoru, že systémy mají vyšší vstupní náklady, které snižují výhodnost a návratnost těchto investic. Každý z nás si může vypočítat, za jakou dobu se mu investice do těchto zařízení asi vrátí. Nicméně výpočty jsou pouze relativní, a to především z důvodu neočekávaných výdajů, které se v průběhu provozu mohou naskytnout (mechanické poškození, výměna kotle, prasklé potrubí atd.). Návratnost investic solárních systémů je v mém případě nedosažitelnou záležitostí, pokud započítávám fotovoltaický i fototermický systém.

Sluneční energie je čistá a ekologicky nezávadná a věřím, že využití solárních systémů, jakožto nevyčerpatelného zdroje energie, bude mít v budoucnosti určitě vyšší smysl. Nicméně v současné době nemá tento druh energie z ekonomického pohledu až takový význam.

Využití solárních voltaických článků má velký smysl především u chatek, kde není možné zavést elektřinu. Solární panely v dnešní době bohužel dosahují účinnosti pouhých 13 % a termické kolektory průměrně kolem 40 %, samozřejmě záleží na typu kolektoru a kvalitě. Vědci stále pracují na tom, aby se vylepšily materiály, které dnes využíváme, například pomocí kompozitních nebo organických nátěrů.

Česká republika leží ve střední Evropě a průměrná teplota je 11,39°C (statistika HMÚ pro rok 2015), tudíž není možné plně využívat solární systémy, a proto se musí čerpat energie z přídatného zařízení (kotle, biomasy atd.).

Mnoho autorů jako K. Srdečný, K. Murtinger, se zabývá solární energií a tím, jak ji efektivně využívat. Karel Murtinger patří i mezi známé energetické poradce a solárními systémy se zabývá už přes 30 let a své zkušenosti zveřejňuje i ve svých článcích. Dle jejich výsledků z výpočtů, praxe a zkušeností došli k závěru, že tyto systémy se z čistě ekonomického hlediska nevyplatí, protože návratnost solárních systémů je obecně dlouhodobá záležitost. Mezi okamžitou nabídkou a spotřebou energie existuje výrazný časový a množstevní nepoměr, protože nejvíce dostupné energie je samozřejmě v létě, naopak nejvíce topíme v zimním období. Pro

maximální využití bohužel zatím nemáme možnost dlouhodobě ukládat získané teplo a energii.

Každý dům má jinou spotřebu energie, která je právě závislá na konstrukci domu a izolačních schopnostech pláště, velikosti a tvaru budovy. Člověk by se měl zaměřit při výstavbě rodinného domu hlavně na jeho tepelnou izolaci a celkové zateplení, aby tepelné ztráty byly co nejnižší. Nejvíce tepla uniká z oken a stropů, tudíž jejich důkladné zateplení eliminuje tuto energetickou ztrátu (např. použití trojskel, zvýšení tepelné izolace stropů zdvojnásobením izolačního materiálu). Pokud mají domy velmi kvalitní tepelnou izolaci, je třeba zajistit nucené větrání, jinak hrozí problémy s vlhkostí a může docházet k vzniku plísní. Hovoříme spíše o nízkoenergetických a pasivních domech.

Díky úsporám energie zmírňujeme i dopady na životní prostředí. Je však zapotřebí komplexní přístup, promyslet si všechna jednotlivá opatření. Před výstavbou rodinného domu nebo při zateplování budovy je vhodné se poradit s odborníkem dané profese, který navrhne ideální možné řešení.

## 13 ZÁVĚR

V poslední době se využívání solárních systémů hlavně k ohřevu teplé užitkové vody mnohonásobně zvýšilo. Hlavní výhodou takových systémů je především šetrnost k životnímu prostředí, nezávislost na vnějším zdroji a snížení emisí škodlivých látek do ovzduší.

Samozřejmě musíme mít na paměti, že využívání solárních systémů si klade i určité podmínky a nároky včetně finančních nákladů. Za sluneční záření sice neplatíme, ale za technologie umožňující nám převádět toto záření na využitelné teplo nebo elektrickou energii, už ano. V současné době dotace na solární systémy nejsou, ale během nadcházejících dvou let by měl vzniknout Nový program zelená úsporám právě pro podporu financování těchto systémů. Nyní probíhají dotace pouze pro výstavbu rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností, které přijímají žádosti o dotace do 31. prosince 2021.

Pro návrh fototermického a fotovoltaického systému byly počítány tepelné ztráty s výsledkem 8,823 kW rodinného domu v Nebovidech, který se zařazuje mezi budovy v energetické náročnosti do skupiny C (od 98 do 142 kWh/m<sup>2</sup>×rok). Jeho měrná vypočtená roční spotřeba energie činí 139 kWh/m<sup>2</sup>×rok. Na základě těchto výpočtů jsem navrhla solární systém od firmy Geminox, která působí na trhu více než 30 let a vyrábí zařízení šetrné k životnímu prostředí. Cena celého systému činí 224 976 Kč a jeho návratnost je 36 let. Tento systém je v porovnání s jinými systémy na našem trhu dražší, ale přináší nám i jisté kvality díky několikaleté působnosti na trhu a získanými zkušenostmi. Tento systém si však z finančních důvodů nemůže dovolit každý, a proto spousta lidí volí jiné a levnější alternativy. Příkladem jsou solární systémy na klíč, které se pohybují kolem 90 000 Kč s návratností této investice kolem 12 let ([www.solarni-system.eu](http://www.solarni-system.eu)).

Fototermický systém se zde využívá jen pro ohřev TUV, protože pro přitápění domu jeho výkon nedosahoval takových hodnot. Při tomto navrženém systému pokryje 71 % energie pro ohřev TUV a v případě přitápění domu by systém pokryl jen 8,8 % potřebné energie. Potřebná energie pro přípravu TUV je 3021 kWh/rok a s vytápěním domu je to 21 392 kWh/rok.

Pro výběr fotovoltaické elektrárny „TNS a Fronitus“ jsem se rozhodovala na základě poměru jeho ceny a výkonu. Jeho výkon dosahuje až 5 000 kWh/rok, díky němuž nám pokryje zbývající potřebu energie pro ohřev TUV a sníží i spotřebu

nutnou pro vytápění o 19,3 %. Cena této FV elektrárny činí 201 250 Kč a její návratnost činí 12,7 let při stálé ceně 3,83 Kč/kWh.

Návrh tohoto kombinovaného systému se řadí mezi poměrně drahé systémy a s délkou návratnosti je na uvážení každého z nás, zdali si tento systém pořídí. Solární technologie jsou šetrné vůči životnímu prostředí, jen z ekonomického pohledu si jej prozatím nemůže dovolit každý z nás.

Při počáteční úvaze využití tepelného čerpadla jako dodatkového zdroje, jsem od této myšlenky odstoupila z důvodu finanční nevýhodnosti a nenávratnosti. Tento systém by byl vhodný v případě nevyužití kombinovaného solárního systému a energeticky náročnější budovy.

Řešený rodinný dům měl před návrhem fototermického a fotovoltaického systému roční spotřebu energie 139 kWh/m<sup>2</sup>×rok. Po provedení instalace solárních systémů se tato hodnota snižuje na 101,07 kWh/m<sup>2</sup>×rok, ale tato opatření nestačí na to, aby se dům zařadil mezi kategorii nízkoenergetických domů. Jestliže v budoucnosti mají nahradit náš energetický průmysl, využívající jaderná a uhelná paliva, solární systémy, je otázkou. Naše Země je čím dál tím více znečištěna díky přibývajícimu smogu, továrnami, automobilovými prostředky atd., a proto bychom se měli zamyslet nad tím, jak snížit tyto negativní dopady. Využitím solárních systémů právě můžeme přispět k ochraně životního prostředí.

## 14 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

### Knihy

SMOLA, J. *Stavba a užívání nízkoenergetických domů*. 1. vyd., Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-2995-4.

KULHÁNEK, F. *Nízkoenergetické a pasivní domy: návrh a realizace: komplexní zpracování problematiky se zaměřením na moderní a ekologická řešení*. Praha: Dashöfer, 2009. ISSN 1803-6821.

HUDEC, M.: *Pasivní rodinný dům*. 1. vyd., Praha, Grada Publishing a.s., 2008. ISBN 978-80-247-2555-0.

NAGY, E.: *Nízkoenergetický ekologický dům*. Jaga Group, 2002., 1. Vyd., 2002 ISBN 80-88905-74-5

PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2005, 246 s. Vytápění. ISBN 80-807-6020-9.

PETRÁŠ, Dušan. *Nízkotepelné vykurovanie a obnoviteľné zdroje energie*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2001, 271 s. ISBN 80-889-0512-5.

MURTINGER, K., J. BERANOVSKÝ a M. TOMEŠ. *Fotovoltaika: elektřina ze slunce*. 2. vyd. Brno: Era, 2008. ISBN 978-80-7366-133-5.

MURTINGER, K., TRUXA, J., *Solární energie pro váš dům*, 1.vyd., 2010, Computer press., ISBN 978-80-251-3241-8

BROŽ. K., ŠOUREK B. *Alternativní zdroje energie*, Praha: ČVUT 2003. 213s. ISBN 80-01-02802-X

SRDEČNÝ K. *Energeticky soběstačný dům*. ERA, Brno, 2006, dotisk 2007., ISBN 8073661038.

HASELHUHN, R. *Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu*. Ostrava: HEL, 2011, 176 s. ISBN 978-80-86167-33-6.

CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. 1. vyd. Praha: T. Malina, 1994, 203 s. ISBN 80-900-7595-9.

KARLÍK R., *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, 1. vyd., 2009, Grada publishing, spol. s r. o., ISBN 978-80-247-2720-2

ŽERAVÍK A., *Stavíme tepelné čerpadlo*, 1.vyd., 2003 na vlastní náklady, ISBN – 80-239-0275

## Seznam internetových zdrojů

CENTRUM PASIVNÍHO DOMU. Nezisková organizace. Z historie pasivních domů. *pasivnidomy.cz* [online] 2015 a [cit. 2015-08-22]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/z-historie-pasivnich-domu/t1083>.

EKOWATT. Úsporná opatření v rodinných domech. *Ekowatt.cz*[online] 2015 a [cit. 2015-08-25]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/usporna-opatreni-v-rodinnych-domech>.

KABELE. K., Časopis stavebnictví. Hodnocení energetické náročnosti budov. *casopis.stavebnictvi.cz* [online] 2015 a [cit. 2015-09-22]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-otazky-a-odpovedi\\_N1861](http://www.casopisstavebnictvi.cz/hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-otazky-a-odpovedi_N1861).

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Atlas podnebí Česka. *Chmu.cz* [online]. 2010 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://old.chmi.cz/meteo/ok/atlas/uvod.html>

ČEZ. Solární energie: O záření - Přeměny energie. *Cez.cz* [online]. 2013a [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k13.htm>

ČEZ. Elektrina: Polovodiče - fyzikální základy. *Cez.cz* [online]. 2013b [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/elektrina/fyz9.htm>

ZEMÁNEK, R. Fotovoltaika: Elektromagnetické záření. *Fotovoltaika.falconis.cz* [online]. 2009 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://fotovoltaika.falconis.cz/slunce/elektromagneticke-zareni.php>

SOLÁRNÍ ENERGIE - INFO. Využití solární energie. *Solarni-energie.info* [online]. 2013 [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.solarni-energie.info/vyuziti.php>

KALAS, L. *Simulátor slunečního záření* [online]. Brno, 2011 [cit. 2015-07-12]. Dostupné z: [https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/8350/solarni\\_final\\_standard.pdf?sequence=1](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/8350/solarni_final_standard.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. VUT FEKT. Vedoucí práce Jiří Vaněk.

FLEXON. Slunce (rozsahy slunečního spektra). *Flexoncz.cz* [online]. 2009 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.flexoncz.cz/cze/zajimavosti/detail/uvod/slunce---rozsahy-slunecniho-spektra/>

GES. Solární elektrárny. *Ges.cz* [online]. 2013 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.ges.cz/cz/solarni-elektrarny/>

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Návrh fotovoltaického systému. *Solar-is-future.cz* [online]. 2013 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://www.solar-is-future.cz/fv-energie-pro-vas-dum/navrh-vaseho-fv-zarizeni/typy-montaze/index.html>

EON. Fototermika: Slunce ohřívá vodu zdarma. *Eon.energieplus.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: <http://eon.energieplus.cz/ekologicka-energie/slunecni-energie/fototermika-slunce-ohriva-vodu-zdarma>

NAZELENO. Energie. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/>

SOLARENVI. Systémy připojené na síť. *Solarenvi.cz* [online]. 2013a [cit. 2015-02-2]. Dostupné z: <http://www.solarenvi.cz/slunecni-elektrarny/typy-instalaci/fve-pripojene-na-sit>

ZÁKON PRO LIDI. Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů. *Zakonyprolidi.cz* [online]. 2013a [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-180>

DREVOSTAVBY. Standardní, nízkoenergetické, pasivní a nulové domy. *Efel-drevostavby.cz*[online]. 2013a [cit. 2015-06-21]. Dostupné z:<http://www.efel-drevostavby.cz/standardni-nizkoenergeticke-pasivni-a-nulove-domy/>

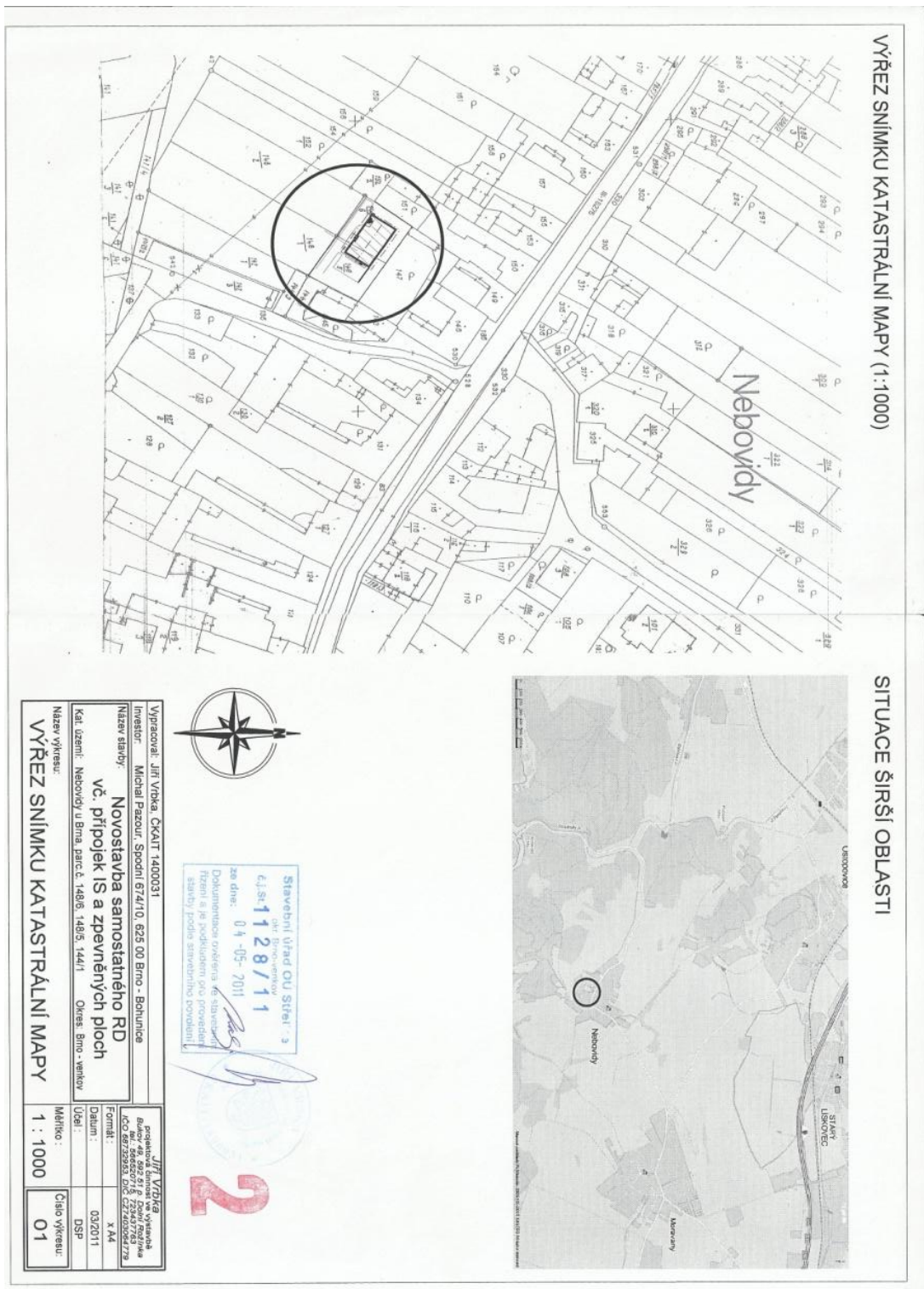
## 15 SEZNAM OBRÁZKŮ A PŘÍLOH

<i>Obr. 1 Třída energetické náročnosti budovy (Nová zelená úsporám, 2013).....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 2 Roční průměrný úhrn slunečního záření (CHMÚ, 2012 .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 3 Popis solárního systému (Variosol, 2010).....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 4 Přechod p – n (PROFIT SOLAR, s.r.o., 2009).....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 5 Solární sestava – Varisol (Geminox, 2016).....</i>	<i>59</i>
<i>Příloha č. 1 Výřez snímku katastrální mapy (Výkresová dokumentace).....</i>	<i>74</i>
<i>Příloha č. 2: Dispozice suterénu (Výkresová dokumentace) .....</i>	<i>75</i>
<i>Příloha č. 3 Dispozice přízemí (Výkresová dokumentace) .....</i>	<i>76</i>
<i>Příloha č. 4 Technické pohledy (Výkresová dokumentace).....</i>	<i>77</i>



## **PŘÍLOHY**

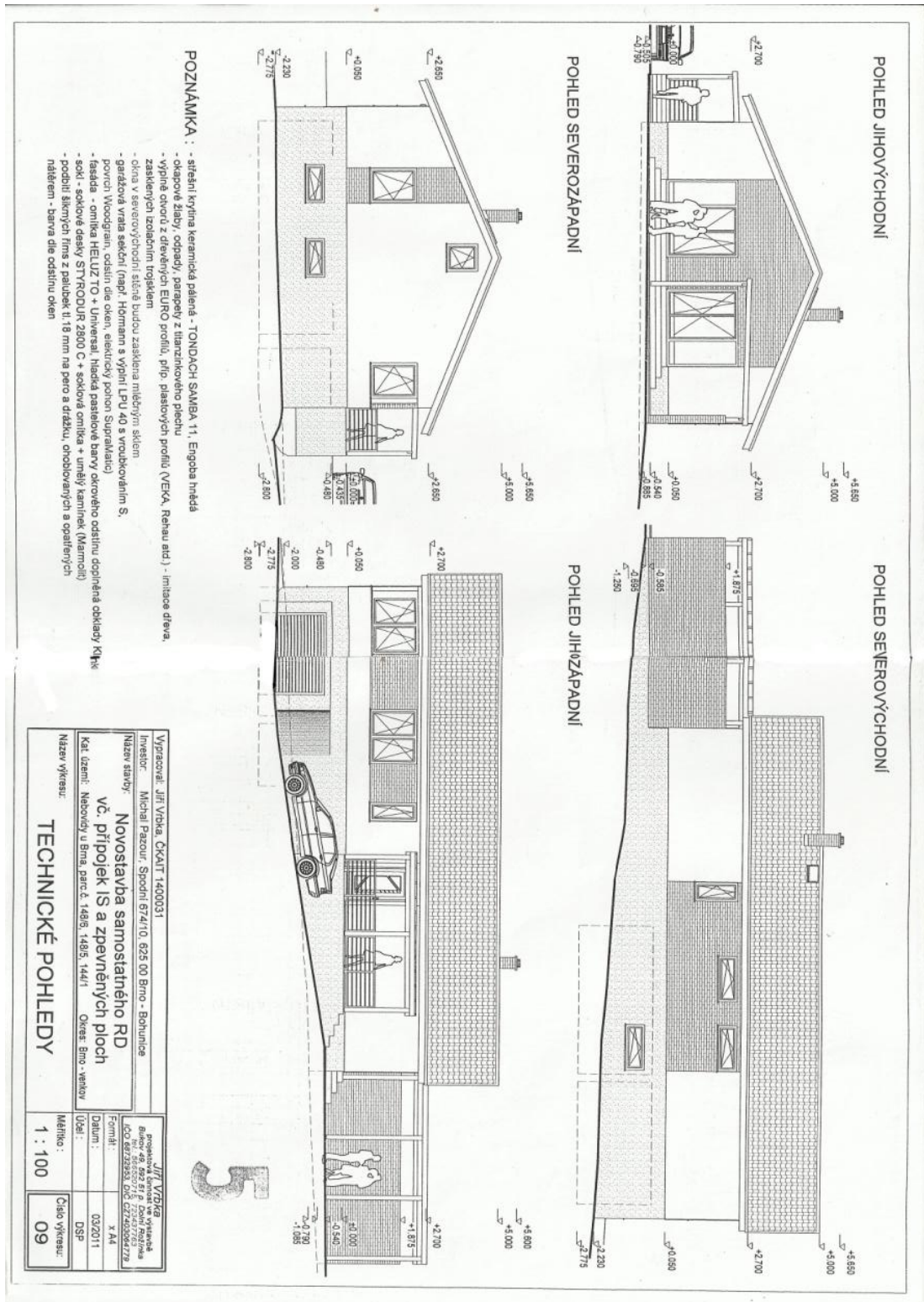
Príloha č. 1 Výřez snímku katastrální mapy (Výkresová dokumentace)







Příloha č. 4 Technické pohledy (Výkresová dokumentace)



- POZNÁMKA :**
- střešní krytina keramická pálená - TONDACH SAMBA 11, Engoba hrdá
  - okapové žlaby, odpad, parapety z titanizovaného plechu
  - výplně otvorů z dřevěných EURO profilů, příp. plastových profilů (VEKA, Rehau atd.) - imitace dřeva,
  - zasklení tvrdým sklem
  - okna v severovýchodní stěně budou zasklena mléčným sklem
  - garážová vrata sekcí (např. Homann s výplní LPU 40 s vrobkováním S,
  - povrch Woodgran, odstín dle oken, elektrický pohon Supraklativ)
  - fasáda - omítka HELUZ TO + Universal, hadka pasíkové barvy okrového odstínu doplněná obklady Křko
  - sokl - soklové desky STYRODUR 2800 C + soklová omítka + uněný kámen (Marmolit)
  - podbití šikmých říms z palubek tl. 18 mm na pero a drážku, oboblovaných a opatřených náletem - barva dle odstínu oken

Výpracoval:	Jiří Vrbka, CKKAT 1400031	Jiří Vrbka	Průmyslová zóna
Investor:	Michal Pazour, Spodní 674/10, 625 00 Brno - Bohunice	Brno	602 001
Název stavby:	<b>Novostavba samostatného RD</b>	Novostavba	02/2011
Kat. území:	Nebovody u Brna, parc.č. 1485, 1485, 144/1	Nebovody	02/2011
Název výkresu:	<b>TECHNICKÉ POHLEDY</b>	09	