

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ JAKO ENERGETICKÝ ZDROJ  
PRO TEPELNÁ ČERPADLA**

Autor: **Robert Netrval**

Vedoucí práce: **Ing. Hana Benešová**



ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2011/2012

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Robert NETRVAL**  
Osobní číslo: **E08B0028P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Sluneční záření jako energetický zdroj pro tepelná čerpadla**  
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište princip tepelného čerpadla (TČ).
2. Uveďte způsoby získávání tepla pro TČ a typy TČ.
3. Analyzujte možnosti využívání slunečního záření jako zdroje tepla pro TČ.
4. Zhodnoťte kombinovaný provoz TČ/solární systémy po stránce ekologické, energetické a ekonomické.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

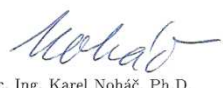
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Hana Benešová**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

## **Anotace**

Cílem předložené práce bylo popsat princip tepelného čerpadla, způsoby získávání tepla pro TČ a typy TČ. Dále analyzovat možnosti využívání slunečního záření jako zdroje pro TČ a zhodnotit kombinovaný provoz TČ/solární systémy po stránce ekologické, energetické a ekonomické.

## **Klíčová slova**

tepelné čerpadlo, kompresor, kolektor, topný faktor, fotovoltaický panel, solární kolektor, nízkopotenciální teplo, energie

## **Abstract**

The aim of this bachelor thesis is to describe principle of heat pump, ways of obtaining heat for heat pumps and kinds of heat pumps. Further, to analyse options of using solar radiation as a source for heat pumps and to evaluate combined running of heat pump/solar systems from ecological, energetical and economical point of view.

## **Key words**

heat pump, compressor, collector, coefficient of performance, photovoltaic panel, solar collector, low potential heat, energy

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne 6.6.2012

.....

podpis diplomanta

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce Ing. Haně Benešové za cenné rady a informace, které mi poskytla během zpracování mé práce, a svým konzultantům Martinu Krúsovi a Ing. Pavlu Michalovi za pomoc při řešení problémů.





## Obsah

Úvod.....	11
1 Princip TČ.....	12
1.1 Princip přečerpávání tepla .....	12
1.2 Tepelné oběhy .....	12
1.3 Princip kompresorového TČ.....	13
1.3.1 Dělení kompresorových TČ.....	14
1.3.2 Hlavní části kompresorového tepelného čerpadla .....	14
1.4 Princip absorpčního TČ .....	15
1.5 Hybridní tepelná čerpadla.....	16
1.6 Tepelná čerpadla se Stirlingovým oběhem.....	17
1.7 Tepelná čerpadla s paroproudým oběhem .....	17
1.8 Způsoby provozu TČ .....	17
1.8.1 Monovalentní provoz.....	17
1.8.2 Bivalentní provoz.....	18
2 Typy kompresorových tepelných čerpadel.....	18
2.1 Typ vzduch-vzduch.....	18
2.1.1 Zdrojem tepla je odpadní oteplený vzduch.....	18
2.1.2 Zdrojem tepla je venkovní vzduch.....	18
2.2 Typ vzduch-voda .....	19
2.2.1 Typ vzduch-voda: venkovní instalace .....	19
2.2.2 Tepelné čerpadlo vzduch-voda: vnitřní instalace .....	20
2.3 Typ voda-voda .....	20
2.3.1 Typ voda-voda: hlubinný vrt .....	20
2.3.2 Typ voda-voda: povrchová voda .....	21
2.3.3 Typ voda-voda: geotermální vody.....	21
2.4 Typ země-voda .....	21
2.4.1 Typ země-voda: zemní kolektory .....	22
2.4.2 Typ země-voda: zemní sondy .....	22
3 Solární záření jako energetický zdroj pro tepelná čerpadla.....	23
3.1 Slunce - zdroj energie .....	23
3.2 Způsoby získávání energie.....	24
3.2.1 Přímé využití.....	24

3.2.2	Nepřímé využití .....	24
3.3	Sluneční záření - zdroj elektrické energie.....	24
3.4	Sluneční záření - zdroj tepelné energie .....	25
3.4.1	TČ vzduch-vzduch .....	25
3.4.2	TČ vzduch-voda.....	25
3.4.3	TČ s termodynamickým solárním panelem .....	25
3.5	Solární kolektor.....	27
4	Zhodnocení kombinovaného provozu TČ/solární systémy .....	28
4.1	Ekologické zhodnocení provozu.....	30
4.1.1	Plynový kotel .....	30
4.1.2	Elektrický kotel.....	30
4.1.3	Kombinace TČ a fotovoltaické elektrárny .....	31
4.1.4	Kombinace TČ a solárních kolektorů .....	31
4.2	Energetické zhodnocení provozu.....	33
4.3	Ekonomické zhodnocení provozu.....	35
4.3.1	Varianta č. 1 .....	35
4.3.2	Varianta č. 2 .....	36
	ZÁVĚR .....	38
	POUŽITÁ LITERATURA .....	40
	SEZNAM PŘÍLOH.....	41

## **Úvod**

V dnešní době je pro výrobu energie stále větším trendem využívání alternativních zdrojů. Důvody jsou jednoduché. Světové zásoby nejpoužívanějších zdrojů pro výrobu jak elektrické, tak tepelné energie se zmenšují a je potřeba nalézt zdroje nové. Díky snižujícím se zásobám zákonitě narůstá cena energií. Jednotliví investoři se pořízením alternativního zdroje energie snaží osvobodit ze závislosti na distribučních sítích, a tak i na jejich cenách energií.

V České republice se stále většina elektrické i tepelné energie vyrábí spalováním uhlí. Ačkoli se technologie čištění spalin zdokonalují, spalováním tuhých paliv se stále uvolňuje do ovzduší velké množství emisí. Ty pak způsobují například změny klimatu, smog nebo kyselé deště. Použitím takzvaných čistých zdrojů je možné tyto emise rapidně snížit nebo úplně omezit.

Mým cílem v této práci je analyzovat způsoby, jakými by mohlo tepelné čerpadlo využít energii slunečního záření pro svůj provoz. Dále se pokusím zhodnotit návratnost investice do systému kombinujícího provoz tepelného čerpadla s fotovoltaickou elektrárnou a provoz tepelného čerpadla se solárním kolektorem.

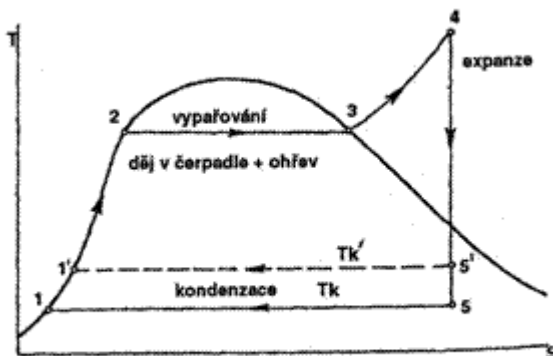
## 1 Princip TČ

### 1.1 Princip přečerpávání tepla

Tepelné čerpadlo pracuje zdánlivě proti druhému zákonu termodynamiky, který říká, že tepelná energie nemůže samovolně přecházet z prostředí o nižší teplotě do prostředí o teplotě vyšší. Tepelné čerpadlo přepravuje teplo z nižší teploty na vyšší. Tento proces ale neprobíhá samovolně. Nejprve je nutné přivést z venčí určité množství energie do vlastního tepelného oběhu. Tato získaná energie musí mít větší kvalitu (čímž rozumíme teplotu, potenciál a pod.), než má teplejší (vytápěné) prostředí, do něhož je přečerpané teplo odváděno. Všechny děje, samovolně v tepelném čerpadle probíhající, vyhovují druhému zákonu termodynamiky.

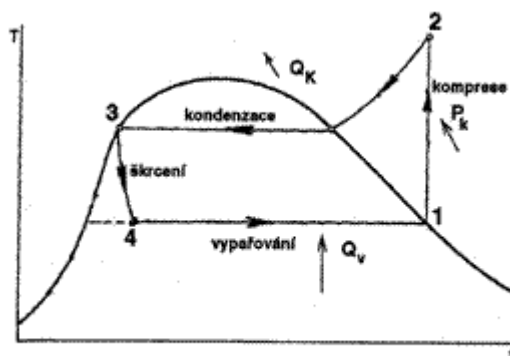
### 1.2 Tepelné oběhy

Tepelné oběhy motorů vyjádřené graficky v souřadnicích T-s jsou pravotočivé. Do oběhu je přiváděna energie paliva a získává se energie mechanická. Z cyklu je odváděno odpadní teplo, které má nižší teplotu, než při které se energie z paliva do něho přivádí. Příkladem je Clausius-Rankinův cyklus.



Obr. 1 Clausius - Rankinův cyklus [Zdroj: Alternativní zdroje energie].

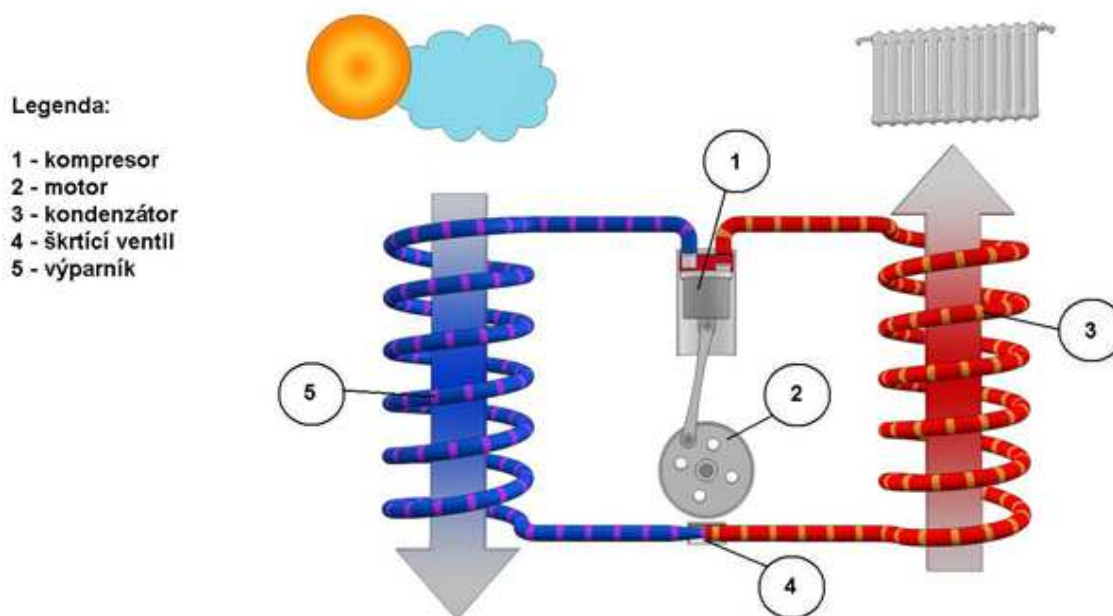
Obrácením smyslu tepelného oběhu tak, že se z něho stane cyklus levotočivý, je možné uskutečnit přečerpávání tepla. Místo toho, aby se odpadní teplo  $Q_v$  odvádělo, je do cyklu při nízké teplotě přiváděno. Expanze je nahrazena kompresí, tím se chladivo zahřívá a při vyšší teplotě energii předává teplejšímu prostředí.



Obr. 2 Obrácený Clausius - Rankinův cyklus [Zdroj: Alternativní zdroje energie].

### 1.3 Princip kompresorového TČ

Na vstupní (primární) straně TČ je vždy výměník (výparník) tepla. Sem se pomocí vhodného teponosného média (vzduch, voda, ...) přivede nízkopotenciální teplo zvenčí. Do druhé části se tryskou termostatického expanzního ventilu vstříkují pod velkým tlakem kapalné chladivo. Protože je tlak ve výparníku za termostatickým expanzním ventilem nižší, kapalné chladivo se rychle odpařuje. Dochází tak k podchlazování celého výparníku na teplotu nižší, než je teplota venkovního prostředí, ze kterého se odebírá teplo. Tím je dosaženo toho, že teplo ze studeného prostředí ohřívá podchlazený plyn. Takto zahřátý plyn (stále ještě studený) je nasáván kompresorem. Nasávaný plyn obsahuje zvenku získanou energii. Stlačením v kompresoru je plyn silně zahřán. Energie ve formě ztrátového tepla z elektromotoru kompresoru a tepla vzniklého třením jeho pohyblivých ploch se v kompresoru přidá k energii, která je již plynem nesena. Stlačený plyn na výtlaku kompresoru dosáhne vyšší teploty než voda v topném systému. Dále je tento stlačený plyn veden do sekundárního výměníku, tzv. kondenzátoru. Zde horký plyn zkapalní a předává teplo chladnější topné vodě proudící kondenzátorem. Kapalina je zpět vedena do expanzního ventilu. Celý cyklus se spojitě opakuje.



Obr. 3 Princip kompresorového TČ [Zdroj: Energetický poradce PRE].

### 1.3.1 Dělení kompresorových TČ

- Tepelná čerpadla s pístovými kompresory - mají horší topný faktor, vyšší hlučnost a nižší cenu. Životnost pístového kompresoru je cca 15 let.
- Tepelná čerpadla se spirálovými kompresory scroll - dosahují nejlepších topných faktorů, cena je vyšší. Životnost spirálového kompresoru je cca 20 let. V současné době jde o nejpoužívanější typ. Kompresory scroll mají až o 20% větší účinnost proti pístovým kompresorům.
- Tepelná čerpadla s rotačními kompresory - mají o něco nižší topný faktor než scroll. Můžeme se s nimi setkat u levnějších typů TČ a klimatizačních jednotek.

### 1.3.2 Hlavní části kompresorového tepelného čerpadla

Výparník - jde o výměník tepla sloužící k odebrání tepla z okolního prostředí. Dochází zde k odpaření chladiva. Výměníky tepla mohou být trubkové nebo deskové. Trubkové výměníky jsou vhodné pro chlazené vzduchem. Deskové výměníky jsou lisovány z nerezových plechů tak, aby jejich příčný profil při skládání na sebe tvořil malé komůrky. Po jedné straně desky pak proudí chladivo a po druhé teplotně výšící látka.

Kompresor - zařízení, nasávající páry chladicí kapaliny vzniklé ve výparníku, které je následně stlačuje. Pro běžně používaná chladiva se pracuje s tlakem max. do 2,6 MPa. Tomuto

tlaku odpovídají výstupní teploty 55 - 60°C. Pro vyšší požadovanou teplotu je nutné zvýšit tlaky, se kterými kompresor pracuje, čímž dochází k nárůstu spotřeby elektrické energie a zkrácení životnosti kompresoru.

Kondenzátor - jde o výměník tepla sloužící k výměně tepla mezi chladivem a teplotonosnou látkou v topném okruhu. Bývá konstruován stejně jako výparník.

Termostatický expanzní ventil (TEV) - je hlavním regulačním orgánem TČ a řídí množství chladiva proudící do výparníku. TEV je seřízen na garantovaný výkon v kW za hodinu, což znamená, že za konstantního tlaku propouští přesně takové množství, jaké je potřebné pro přepravu požadovaného tepelného výkonu.

Výparník, kompresor, kondenzátor a TEV jsou nejzákladnější součásti systému kompresorového TČ. Ve skutečnosti jsou tyto systémy značně složitější a to především o prvky zajišťující bezpečnost provozu, životnost a efektivnost provozu. Několik takových prvků si uvedeme v následujícím přehledu.

Sběrač - je tlaková nádoba s průhledítkem, která slouží k oddělení kapalně a plynně fáze chladiva. Kapalná fáze chladiva se nachází ve spodní části, odkud je odebírána. Kapacita sběrače musí být dostatečná, aby dokázal zachytit veškeré chladivo v oběhu.

Filtr/dehydrátor - je součástka, která zajišťuje čistotu chladiva a váže jeho vlhkost. Při překročení horní hranice absorbované vlhkosti dochází k signalizaci a je vyžadován servis.

Rozdělovač chladiva - se nachází mezi TEV a výparníkem. Zajišťuje rovnoměrné rozdělení proudu chladiva, skládá-li se výparník z více částí.

Odlučovač kapaliny - se nachází mezi výparníkem a kompresorem. Slouží k zachycení kapalně fáze chladiva před vstupem do kompresoru. Takto zachycená kapalná fáze je postupně odpařována.

Presostaty - jsou tlaková čidla, udržující pracovní tlak v požadovaných hodnotách. Při překročení maximálních a minimálních hodnot presostaty zajistí odstavení zařízení.

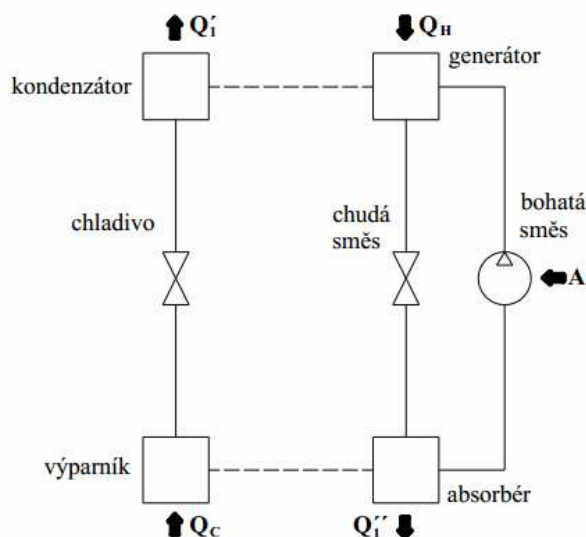
## **1.4 Princip absorpčního TČ**

U tohoto typu TČ zajišťuje transformaci tepla absorpční oběh. Ten jako hnací energii využívá teplo z integrovaných hořáků nebo teplosměnných ploch. Klasické kompresorové TČ jako hnací energii využívá energii elektrickou.

Základem absorpčního TČ je absorpční látka a kolující chladivo. Ve výparníku dochází k odpaření chladiva, které následně putuje do absorbéru, kde jsou páry absorbovány kapalnou absorpční látkou. Při tom dochází k uvolnění absorpčního tepla. Dále je tato kapalná směs v části oběhu s vyšším tlakem zahřáta, páry chladiva jsou vypuzeny z absorpční kapaliny a zkapalněny v kondenzátoru. Dále se chladivo vypouští přes škrťací ventil do výparníku, kde při nízkém tlaku dochází k varu, odpaření a přejímání tepla ze zdroje. Absorpční kapalina se vrací oddělenou větví se škrťacím ventilem z vysokotlaké části do nízkotlaké části.

Nejčastěji používané provozní náplně jsou například :

- $\text{NH}_3$  (chladio)-  $\text{H}_2\text{O}$  (absorbent)
- $\text{H}_2\text{O}$  -  $\text{NaOH}$



Obr. 4 Schéma absorpčního TČ [Zdroj: Vytápění rodinného domu s využitím tepelného čerpadla].

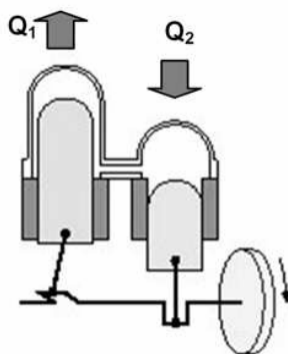
## 1.5 Hybridní tepelná čerpadla

Tento typ TČ spojuje vlastnosti absorpčního a parního oběhu, což umožňuje specifickou transformaci tepelné energie. Základem je spojení funkce kompresoru a absorpčního oběhu.



## 1.6 Tepelná čerpadla se Stirlingovým oběhem

Princip je založen na cyklické kompresi a expanzi pracovního plynu, který je uzavřen v prostoru dvou propojených válců. Válce jsou připojeny na společnou klikovou hřídel. Otáčením hřídele dojde ke stlačení plynu v kompresním válci a tak i k nárůstu teploty. Teplo je zde předáno ohřívané látce. Následně je plyn ochlazen v expanzním válci a je tak možné odebrat teplo z okolí. Energie potřebná pro provoz tohoto TČ je dodávána otáčením klikové hřídele.



Obr. 5 Princip TČ se Stirlingovým oběhem [Zdroj: Vytápění rodinného domu s využitím tepelného čerpadla].

## 1.7 Tepelná čerpadla s paroproudým oběhem

U tohoto typu TČ je kompresor nahrazen generátorem a ejektorem. Generátor vyvíjí páru, která je v trysce ejektoru urychlena a strhává páry z výparníku do difuzoru. V difuzoru se přeměňuje kinetická energie na tlakovou. Protože je efektivnost přenosu tepelné energie absorpčního i parního oběhu větší než u paroproudého oběhu, je tento typ TČ využíván jen tam, kde požadujeme jednoduchost, spolehlivost a absenci pohyblivých dílů.

## 1.8 Způsoby provozu TČ

### 1.8.1 Monovalentní provoz

Chceme-li, aby TČ pracovalo jako monovalentní zdroj, je nutné dimenzovat výkon TČ tak, aby pokryl celkovou tepelnou ztrátu objektu. Zároveň je nutné počítat se rezervou výkonu, který je nutný pro pokrytí ztrát v době, kdy TČ nepracuje.

### **1.8.2 Bivalentní provoz**

Protože TČ dimenzované na plnou tepelnou ztrátu objektu vyjde většinou draho a plný výkon TČ je využit jen málokdy, je často využíváno tzv. bivalentního/záložního zdroje. Tento bivalentní zdroj je využit tehdy, jsou-li venkovní teploty příliš nízké a výkon TČ je nedostačující. Bod bivalence (teplota venkovního prostředí, do které je TČ schopno plně pokrýt tepelnou ztrátu objektu) se pohybuje v rozmezí teplot -7 až -10°C. Jde o teploty nevyskytující se trvale během topné sezony, ale nejsou ani vyjímečné.

## **2 Typy kompresorových tepelných čerpadel**

Protože kompresorová tepelná čerpadla jsou v praxi nejpoužívanější, budeme se dále zabývat pouze tímto druhem TČ.

Tato tepelná čerpadla dělíme na několik typů. Označení daného typu je dáno zdrojem nízkopotencionálního tepla (první část) a látkou, které je toto teplo předáváno (druhá část). Jako příklad uvedu TČ typu země-voda. První část názvu říká, že zdrojem tepla je země. Druhá část říká, že je teplo předáváno vodě, která plní funkci teplonosné látky v topném systému.

### **2.1 Typ vzduch-vzduch**

Zdroj nízkopotencionálního tepla: odpadní oteplený vzduch nebo venkovní vzduch.

#### **2.1.1 Zdrojem tepla je odpadní oteplený vzduch**

Je-li zdrojem tepla odpadní oteplený vzduch, jedná se o využití odpadního tepla z různých technologických procesů. Nejčastějším případem je využití tepla v odváděném vzduchu z větraných a klimatizovaných objektů. Tento proces nazýváme rekuperace tepla. Běžně se dosahuje účinnosti 50%.

#### **2.1.2 Zdrojem tepla je venkovní vzduch**

Je-li zdrojem tepla venkovní vzduch, dodává mu teplo slunce. Tento způsob získávání tepla má tu nevýhodu, že vzduch je nejchladnější, když je potřeba nejvíce tepla pro vytápění. Tepelná čerpadla jsou schopna odebírat teplo ještě při teplotách -18°C, ale topný faktor při těchto teplotách značně klesá a je nutné část nebo celý výkon TČ nahradit jiným zdrojem tepla.

Chlazení vzduchu na výparníku je provázeno kondenzací vlhkosti obsažené ve vzduchu. Při vyšších teplotách kondenzát volně odtéká (odtok musí být zajištěn). Při nižších teplotách dochází k namrzání kondenzátu na ploše výparníku a vzniká tak námraza. Námrazu je nutné odstraňovat, aby nedošlo k selhání funkce výparníku. Odstraňování námrazy se provádí několika způsoby. Nejčastěji používaným je reverze chodu čerpadla, kdy je teplo odebíráno z vytápěného objektu a produkované teplo se využije pro ohřátí a odtání výparníku. Druhým, méně používaným způsobem je vnější ohřev, který zajišťuje elektricky napájené topné tělísko.



*Obr. 6 Venkovní instalace výparníku [Zdroj: TERMO s.r.o.].*

## **2.2 Typ vzduch-voda**

Zdroj nízkopotencionálního tepla: odpadní tepelný vzduch nebo venkovní vzduch.

Odnímání tepla je totožné jako u systému vzduch - vzduch. Získané teplo zde není předáváno vzduchu ve vytápěném objektu, ale je ve výměníku předáno kapalině (vodě), kterou je dále přeneseno do radiátoru nebo akumulární nádrže.

### **2.2.1 Typ vzduch-voda: venkovní instalace**

Tento typ TČ nevyžaduje žádné nákladné zemní práce. Díky tomu jsou jeho pořizovací náklady výrazně nižší, než u jiných typů TČ se srovnatelnými parametry. Tepelné čerpadlo je vhodně umístěno poblíž vytápěného objektu tak, aby bylo přístupné ze všech stran. Ostatní příslušenství je umístěno ve vytápěném objektu. U tohoto typu instalace je nutné zohlednit hlučnost zařízení. Základ TČ musí být navržen tak, aby byl vodorovný, pevný a nosný.

### **2.2.2 Tepelné čerpadlo vzduch-voda: vnitřní instalace**

Stejně jako u předešlého typu instalace odpadají nákladné zemní práce a pořizovací náklady jsou tak opět nižší. Tento typ TČ je možné instalovat i v objektech bez vlastního pozemku. TČ je umístěno ve sklepě, kotelně nebo garáži a vzduch je k němu zvenčí přiváděn vzduchotechnickým potrubím.

U obou čerpadel typu Vzduch-Vzduch a Vzduch-Voda je časté využívání takzvaného bivalentního provozu. Protože s klesající teplotou venkovního vzduchu klesá i výkon tepelného čerpadla, je nutné při nízkých teplotách použít sekundární zdroj tepla (obvykle elektrický), který z části nebo úplně pokryje potřebu tepla.

## **2.3 Typ voda-voda**

Zdroj nízkopotencionálního tepla :

- Oteplená voda z čističek nebo chadících procesů - teploty 20-25 °C
- Povrchová voda (říční toky, nádrže) – teploty 0 – 18 °C
- Podpovrchová voda (studny) – teploty 8 – 12 °C
- Hlubinná voda (vrty) – teploty 10 – 13 °C

### **2.3.1 Typ voda-voda: hlubinný vrt**

Značná výhoda využití spodní vody, jako zdroje tepla pro TČ je to, že se i v nejchladnějším období teplota vody pohybuje v rozmezí 8 - 12 °C. Tím je dosaženo vysokého topného faktoru po celý rok. Spodní voda ale není k dispozici všude v dostatečném množství a kvalitě, proto není možné tento typ instalovat ve všech lokalitách. Pro realizaci je nutné zřídit dvě studny. Jednu pro čerpání vody a druhou pro vsakování. Studny jsou nejčastěji vrtány do hloubky 5-15 metrů (záleží na hladině spodní vody) a vzdálenost mezi studnami je 15 metrů. Množství vody, které má studna poskytovat je dáno technickými parametry použitého TČ. Zda studna požadované množství vody poskytuje se zjistí několikadenním zkušebním čerpáním. Dále je nutné provést analýzu vody a zjistit, zda se její kvalita a množství nemění. Je nutné dbát na to, aby se ochlazená voda nevracela ze vsakovací studny v okruhu studny odčerpávací.



*Obr. 7 TČ země-voda: vrtané studny [Zdroj: TERMO s.r.o.].*

U hlubinných vrtů je dobré vědět, že do 3 metrů hloubky je teplota vody stále ovlivněna změnami podmínek ve vzduchu. V této hloubce se teplota pohybuje kolem 10°C. U hlubších vrtů pak teplota stoupá o 3°C na každých 100 metrů hloubky. V oblasti bez spodní vody lze použít suchý výměník.

### **2.3.2 Typ voda-voda: povrchová voda**

Jako zdroj tepla může být také použita voda z jezer, řek nebo rybníků.

Voda povrchová musí splňovat stejné nároky na složení, čistotu, teplotu i množství jako voda podzemní. Problémy jsou u tohoto typu s čistotou, ale také především s teplotou, která u říčních toků klesá v zimě i pod 4°C, tedy pod teplotu, kterou jsou běžná tepelná čerpadla schopna využít.

### **2.3.3 Typ voda-voda: geotermální vody**

Geotermální vody je možné k vytápění a ohřevu užitkové vody využívat přímo předáním tepla v rekuperačním výměníku (u teplot 50° a vyšších), nebo pomocí tepelných čerpadel.

## **2.4 Typ země-voda**

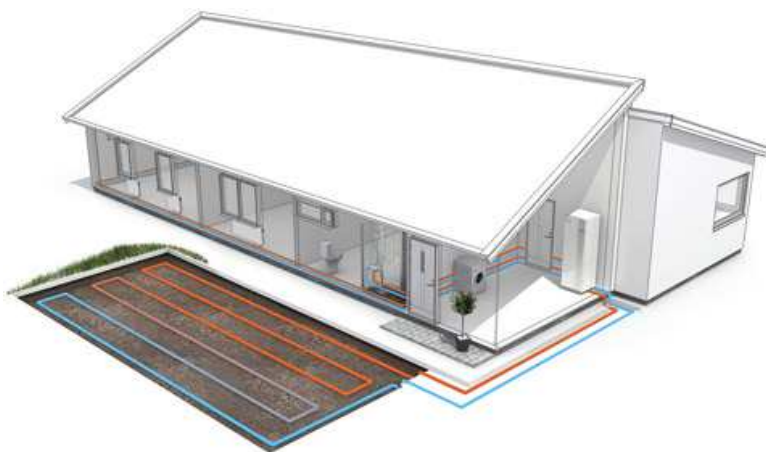
Získávání tepla pomocí zemních kolektorů a zemních sond.

### **2.4.1 Typ země-voda: zemní kolektory**

Tento typ TČ získává tepelnou energii ze země pomocí horizontálně uložených kolektorů, nebo hlubinných vrtů. Takto získanou energii transformují na vyšší teplotní úroveň využitelnou pro vytápění nebo ohřev užitkové vody. Protože tepelný výkon tohoto typu TČ je méně závislý na vlivu počasí, zachová si vysoký topný faktor po celý rok.

Zemní kolektory se ukládají do země do hloubky 1,5 - 2 metry. V této hloubce je země dostatečně teplá natolik, aby TČ mohla být provozována po celý rok. Pro provoz TČ se zemními kolektory je zapotřebí dostatečně velký pozemek (2x až 3x větší plocha než je plocha vytápěná) k uložení potrubního systému, který teplo ze země odvádí do výměníku. Tento systém je naplněn teplotonosnou látkou (solankou), která je nemrznoucí a zároveň nezávadná pro životní prostředí. Uložení může být meandrovité nebo s trubkami do šroubovice.

Půda a její termofyzikální vlastnosti spolu s klimatickými poměry určují využitelné množství tepla a tím i velikost potřebné plochy. Mezi termofyzikální vlastnosti patří například objemová tepelná kapacita a tepelná vodivost a jsou silně závislé na složení půdy. Rozhodující je obsah vody, podíl a velikost pórů a obsah minerálů. Akumulační schopnost a tepelná vodivost jsou tím větší, čím větší je obsah vody a podíl minerálů v půdě. Naopak větší podíl vzduchových pórů žádané vlastnosti půdy snižuje.

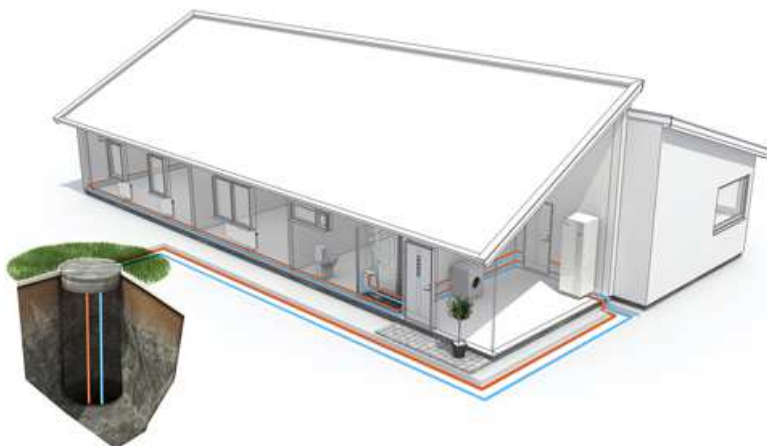


*Obr. 8 TČ země-voda: plošný kolektor [Zdroj: TERMO s.r.o.]*

### **2.4.2 Typ země-voda: zemní sondy**

Jedná se o svislé zemní sondy, které jsou pomocí vrtných zařízení umístěny do hloubky až 100 metrů. Tento způsob uložení vyžaduje jen málo místa, proto je možné ho použít i v hustěji zastavěné oblasti. Měrný výkon se pohybuje v rozmezí 30 až 100 W na metr sondy. Pro jedno vytápěcí zařízení je možné použít více sond (záleží na typu čerpadla, jakosti půdy).

Sondy se skládají z patky sondy a svislých polyetylenových trubek. Instalují se do předpřipravených vrtů o rozměrech 120 až 150mm. Vrt je následně zpevněn suspenzí, která po vytvrnutí zajišťuje trvalé a fyzikálně stabilní spojení sondy s horninou, čímž je zajištěn dobrý přestup tepla.



*Obr. 9 TČ země-voda: zemní sonda [Zdroj: TERMO s.r.o.].*

### **3 Solární záření jako energetický zdroj pro tepelná čerpadla**

#### **3.1 Slunce - zdroj energie**

Zdrojem solárního záření je Slunce. Je tvořeno z větší části atomárním vodíkem (70%), heliem (28%) a malým množstvím jiných prvků (2%). Prvky se zde vyskytují ve skupenství plasmy. V centrálních oblastech Slunce probíhá jaderná fúze, při které dochází k přeměně vodíku na helium. Protože je hmotnost jádra helia menší než hmotnost čtyř protonů vodíku vstupujících do reakce, je rozdíl hmoty při reakci přeměněn na energii. Ta je vyzářena do kosmického prostoru.

Protože mezi Sluncem a Zemí není nic, co by záření pohlcovalo, dopadá na hranici atmosféry v podobě, v níž opustilo slunce. Intenzita tohoto záření je však mnohem menší, a to proto, že se výkon s rostoucí vzdáleností rozptýlí na větší plochu. K Zemi tak dojde jen zlomek vyzářeného výkonu. Výkon slunečního záření procházející atmosférou Země je  $1390\text{W/m}^2$ . Tato hodnota je udávána jako solární konstanta (liší se podle použitého zdroje).

Z celkového toku energie dopadající na Zemi se přibližně 34% odrazí zpět do vesmíru od zemského povrchu, mraků a pevných částic v atmosféře. Atmosféra pohltí okolo 19%

a zbývajících 47% je pohlceno zemským povrchem. Energie dopadající na plochy oceánů je z části (23%) spotřebována na výpar vody.

## **3.2 Způsoby získávání energie**

### **3.2.1 Přímé využití**

- výroba el. energie (fotovoltaické články)
- ohřev vzduchu v budovách (skleník, pasivní architektura)
- ohřev, desinfekce a desalizace užitkové vody

### **3.2.2 Nepřímé využití**

(sluneční energie je v přírodě přeměněna na jiný druh energie)

- ohřev vody oceánů (vznik mořských proudů)
- kinetická energie vzdušných mas (větrné elektrárny)
- chemická energie biomasy (u fosilních paliv tato přeměna proběhla před dlouhou dobou)

## **3.3 Sluneční záření - zdroj elektrické energie**

Pro získávání energie ze slunečního záření a přeměně této energie na energii elektrickou jsou používány fotovoltaické články. Samotný fotovoltaický článek poskytuje při ozáření napětí přibližně 0,57 V. Protože výstupní napětí i výkon jednoho článku je příliš malý, má v praxi jen velice omezené využití. Proto se jednotlivé články spojují do modulů. Spojením více modulů vzniká fotovoltaické pole, které známe v praxi.

Jednotlivá pole se spojují podle potřeby, paralelně nebo sériově. Při paralelním zapojení se sčítá proud, při sériovém zapojení napětí. Napětí generované fotovoltaickým polem je stejnosměrné. Pro úpravu na napětí střídavé se používá střídač. Takto upravené napětí je možné pomocí transformátoru transformovat na požadovanou výstupní hodnotu.

Pokud bude fotovoltaická elektrárna provozována jako autonomní, bude elektrická energie takto vyrobená spotřebována přímo pro pohon tepelného čerpadla, nebo jiných spotřebičů. Provoz čerpadla pak nebude závislý na energii z elektrické rozvodové sítě.

Problém nastává v noci, kdy fotovoltaická elektrárna nevyrábí žádný proud. Existují různé druhy akumulátorů, které se dají použít za tímto účelem. Jedním takovým typem jsou



olověné gelové cyklické akumulátory (řada Deep cycle gel) nebo olověné gelové trakční akumulátory (řada PzV).

### **3.4 Sluneční záření - zdroj tepelné energie**

Sluneční záření dopadající na atmosféru Země je z 19% atmosférou pohlceno a přeměněno na teplo. Teplo ze vzduchu je možné čerpat hned několika typy tepelných čerpadel: vzduch-vzduch, vzduch-voda nebo termodynamickými panely. Jedná se o konstrukčně nejjednodušší systémy tepelných čerpadel.

#### **3.4.1 TČ vzduch-vzduch**

Čerpadla typu vzduch-vzduch mají své výhody, jako nízké pořizovací náklady, jednoduchost instalace a poměrně vysoký topný faktor i při nízkých teplotách. Vysokého topného faktoru dosahuje především proto, že ohřívá přímo vzduch v místnosti bez prostřednictví topného systému. Velkou výhodou je také funkce klimatizace.

Nevýhodou tohoto typu tepelného čerpadla je to, že má pouze jednu vnitřní jednotku a proto není vhodný pro domy nebo byty s větším počtem malých pokojů. Ideální je, když má objekt otevřenou dispozici, která umožňuje proudění vzduchu v celém objektu. Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch nelze použít k přípravě TUV.

#### **3.4.2 TČ vzduch-voda**

Druhou možností čerpání tepla ze vzduchu je TČ typu vzduch-voda, které má mnohem širší použití díky rozvodu tepla topným systémem a možností přípravy TUV.

Výhody tohoto typu TČ jsou opět nízké pořizovací náklady, jednoduchost instalace, malé nároky na prostor.

Velkou nevýhodou je snížení topného faktoru s klesající teplotou a tím i vyšší náklady na provoz a nižší teplota vody na výstupu. Díky velkému namáhání kompresoru mají tato TČ kratší životnost než například TČ typu země-voda.

Největší efektivnosti a úspor je dosaženo při použití nízkoteplotního podlahového vytápění.

#### **3.4.3 TČ s termodynamickým solárním panelem**

Jedná se o kombinaci solárního systému a tepelného čerpadla. Termodynamický solární panel zde plní funkci kolektoru a výparníku najednou. Kapalná teplotonosná látka R134a

## *Sluneční záření jako energetický zdroj pro tepelná čerpadla*

je vstříkována do termodynamického panelu, kde se zahřeje a odpaří. Změní se tak na plyn o teplotě 10 až 60°C. Plyn je následovně stlačen kompresorem a teplota se zvýší na 100 až 130°C. Teplo je předáno pomocí výměníku vodě v akumulární nádrži nebo topném systému. Protože bod varu této teplotosné látky se blíží -30°C, jsou vhodné pro použití v při venkovních teplotách do -5°C.

Termodynamický panel získává teplo několika způsoby.

Prvním zdrojem tepla je sluneční záření dopadající na plochu panelu. Černý selektivní povrch zaručuje optimální přeměnu slunečního záření na teplo.

Druhým zdrojem tepla je teplota okolního prostředí. Teplotosná látka má teplotu -15°C. Protože po většinu roku je venkovní teplota vyšší, je možné odebírat teplo nejen ve dne ale i v noci. Dobrým zdrojem tepla pro tento systém je i déšť nebo vítr.



*Obr. 10 Termodynamický panel [Zdroj: Ekologické bydlení].*

Použité TČ je možné napojit na většinu běžně používaných solárních kolektorů (ne však trubicových vakuovaných), nebo použít kombinaci vakuových kolektorů s termodynamickým panelem.

### 3.4.4 Solární kolektor

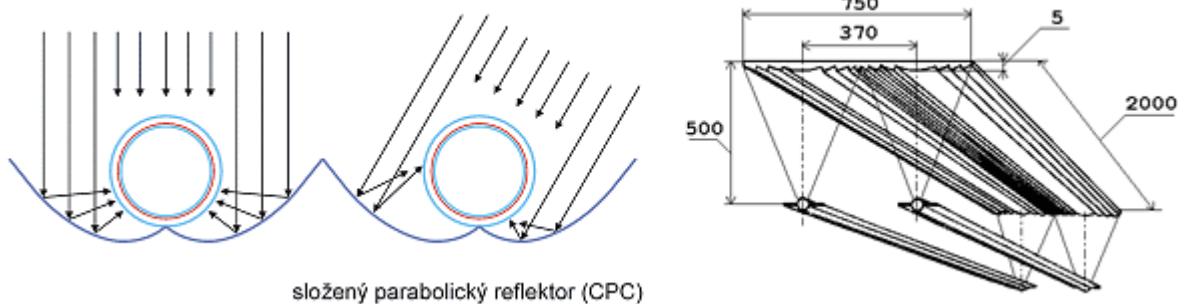
Jeden z nejjednodušších způsobů jak využít energii slunečního záření je fototermální přeměnou, absorpcí na povrchu pevných nebo kapalných látek.

Na tomto principu funguje solární tepelný kolektor. Zařízení pohlcující sluneční záření, které přemění na tepelnou energii a tu pak předává teplotonosné látce, protékající kolektorem.

Solární kolektory se vyrábí v mnoha provedeních, kde každý má své výhody a způsob využití. Nejrozšířenějším typem jsou dnes vakuové ploché a vakuové trubicové kolektory. Důvodem je jejich vysoká účinnost, zajištěná vysokým vakuem kolem absorberu. Tím jsou sníženy ztráty konvekcí do okolí téměř na nulu.

Podle místa instalace je pak nutné spočítat optimální orientaci vůči světovým stranám, sklon kolektoru a zajistit, aby během dne nedocházelo k zastínění kolektoru okolními stavbami nebo rostlinstvem. Orientaci volíme vždy na jih, sklon v rozmezí od 25 až 45°. To proto, abychom zajistili co nejdelší osvit kolektoru během dne a pokud možno kolmo dopadající paprsky. Pokud například konstrukce střechy nedovoluje orientovat kolektory jižním směrem, instalace je možné provést i s jinou orientací, ale zásadně tak klesá účinnost kolektoru.

Výkon kolektoru lze dále ovlivnit například konstrukcí s parabolickým zrcadlem, které soustřeďuje sluneční záření přímo na absorber. Jde o tzv. koncentrační kolektory.



Obr. 11 Koncentrační solární kolektor trubkový Sydney (vlevo) a solární kolektor s lineární Fresnelovou čočkou (vpravo) [Zdroj: Technická zařízení budov].

## **4 Zhodnocení kombinovaného provozu TČ/solární systémy**

Jako vstupní hodnoty pro výpočty je třeba znát celkovou tepelnou ztrátu objektu, energii potřebnou k pokrytí tepelných ztrát objektu a energii potřebnou pro ohřev teplé vody. K výpočtu těchto hodnot je nutné znát přesné rozměry objektu, konstrukci, použité materiály, průměrné teploty v létě a v zimě (teplotní oblast), nadmořskou výšku a další údaje.

Mým původním záměrem bylo provést tyto výpočty a zhodnotit provoz TČ/solárního systému na konkrétním objektu (rodinný dům v Mileticích, čp. 30, okres Klatovy). Protože se mi nepodařilo získat potřebné informace, týkající se objektu (důvodem je rozmanitost použitých stavebních materiálů), rozhodl jsem se použít již vypočtené hodnoty pro objekt s tepelnou ztrátou 8 kW od pana Martina Krůse, jednatele společnosti Enerfin plus s.r.o. .

Pro získání přibližných hodnot je možné použít tyto výpočty:

- Tepelná ztráta prostupem:

$$Q_p = \sum (U * A * b) * (q_{ai} - q_{ae}) [W]$$

kde  $U$  = součinitel tepelné vodivosti

$A$  = plocha konstrukce v  $m^2$

$b$  = součinitel vlivu exteriéru

$q_{ai}$  = teplota interiéru (pro obytné budovy  $21^\circ C$ )

$q_{ae}$  = teplota exteriéru (obvykle se rovná  $-15^\circ C$ )

- Tepelná ztráta tepelnými mosty:

$$Q_{pm} = \sum (y * l) * (q_{ai} - q_{ae}) + \sum c * (q_{ai} - q_{ae}) [W]$$

kde  $y [W/(m * K)]$  = lineární tepelný most a  $l$  je jeho délka

$c [W/K]$  = bodový tepelný most

- Tepelná ztráta větráním:

$$Q_{vv} = c_{vz} * n * V / 3600 * (q_{ai} - q_{ae}) [W]$$

kde  $c_{vz}$  = měrné teplo vzduchu ( $1250 J/(m^3 * K)$ )

## Sluneční záření jako energetický zdroj pro tepelná čerpadla

$V$  = objem objektu

- Celkovou tepelnou ztrátu pak spočteme :

$$Q = Q_p + Q_{pm} + Q_{vv} \text{ [W]}$$

- Roční potřeba energie pro krytí tepelných ztrát prostupem:

$$E_{vp} = [(Q_p + Q_{pm}) * (q_{ais} - q_{aes})] * T * d / (q_{ai} - q_{ae}) / 1000 \text{ [kWh]}$$

kde  $q_{ais}$  = střední hodnota interiéru během topného období

$q_{aie}$  = střední hodnota exteriéru během topného období

$T$  = počet hodin vytápění denně

$d$  = počet dnů vytápění

$(q_{ai} - q_{ae})$  = rozdíl vnitřní a vnější teploty

1000 = přepočítávací koeficient z wattů na kilowatty

- Roční potřeba energie na krytí tepelných ztrát větráním:

$$E_{vv} = [Q_{vv} * (q_{ais} - q_{aes})] * T * d / (q_{ai} - q_{ae}) / 1000 \text{ [kWh]}$$

- Roční tepelné zisky ze slunečního záření:

$$E_{zs} = 2,7 * V \text{ [kWh]}$$

kde  $V$  = objem objektu

- Roční tepelné zisky z vnitřního prostředí :

$$E_{vz} = 5,4 * V \text{ [kWh]}$$

- Potřeba tepelné energie za topné období je :

$$E_r = E_{vp} + E_{vv} - E_{zs} - E_{vz} \text{ [kWh]}$$

Protože výpočty jsou pouze přibližné, použiji hodnoty vypočtené softwarem společnosti Enerfin plus (tepelní ztráta objektu 8 kW, roční spotřeba energie na vytápění: 15 200 kWh a roční spotřeba energie na ohřev TUV: 4 000 kWh, ostatní spotřeba el. energie: 5 000 kWh).

Dále budou použity hodnoty navrženého fotovoltaického systému CSi CS6P 240, tepelného čerpadla IVT Premiumline EQ 6 a solárních kolektorů Stiebel Eltron SOL27 basic.

#### **4.1 Ekologické zhodnocení provozu**

Ekologičnost provozu kombinace TČ + solární kolektor a TČ + fotovoltaická elektrárna se pokusím ukázat na srovnání produkce CO<sub>2</sub> s běžně používanými tepelnými zdroji v domácnostech, jako je plynový kotel a elektrický kotel.

Z předem vypočtených hodnot víme, že na pokrytí tepelné ztráty objektu a ohřevu TUV je potřeba 19 200 kWh energie za rok.

##### **4.1.1 Plynový kotel**

Plynový kotel s účinností 80% tak k pokrytí 19 200 kWh musí spálit 24 000 kWh zemního plynu. To se rovná přibližně 2 275 m<sup>3</sup>.

Spálením 1 m<sup>3</sup> zemního plynu vzniká přibližně 3,2kg CO<sub>2</sub>.

Celkem tedy  $3,2 * 2275 = 7280$  kg CO<sub>2</sub> ročně.

##### **4.1.2 Elektrický kotel**

U elektrického kotle, kde účinnosti dosahují až 99% (pro jednoduchost výpočtu budeme uvažovat 100%) je tak potřeba 19 200 kWh elektrické energie. V ČR je el. energie převážně vyráběna v elektrárnách tepelných, proto budeme vycházet ze spalování uhlí.

Na výrobu 1kWh elektrické energie je třeba spálit přibližně 1kg uhlí, což znamená 19 200 kilogramů uhlí celkem.

Spálením 1 kg uhlí vzniká přibližně 2,56 kg CO<sub>2</sub>.

Celkem tedy  $19\,200 * 2,56 = 49\,152$  kg CO<sub>2</sub> ročně.

#### **4.1.3 Kombinace TČ a fotovoltaické elektrárny**

Navržené tepelné čerpadlo IVT Premiumline EQ 6 na pokrytí tepelných ztrát objektu a ohřev TUV spotřebuje celkem 5000 kWh elektrické energie za rok.

Fotovoltaická elektrárna CSi CS6P 240 za rok vyprodukuje průměrně 4596 kWh el. energie.

Budeme-li uvažovat, že všechnu elektrickou energii vyprodukovanou solární elektrárnou rovnou spotřebujeme na provoz tepelného čerpadla, pak z rozdílu potřebné a vyprodukované energie dostaneme:  $5000 - 4596 = 404$  kWh. To je množství elektrické energie, které je nutné odebrat ze sítě.

Při provozu fotovoltaické elektrárny nevznikají žádné emise. Zbylou el. energii je nutné vyrobit v elektrárně.

Výpočtem dostaneme :  $404 * 2,56 = 1\ 034$  kg CO<sub>2</sub> ročně.

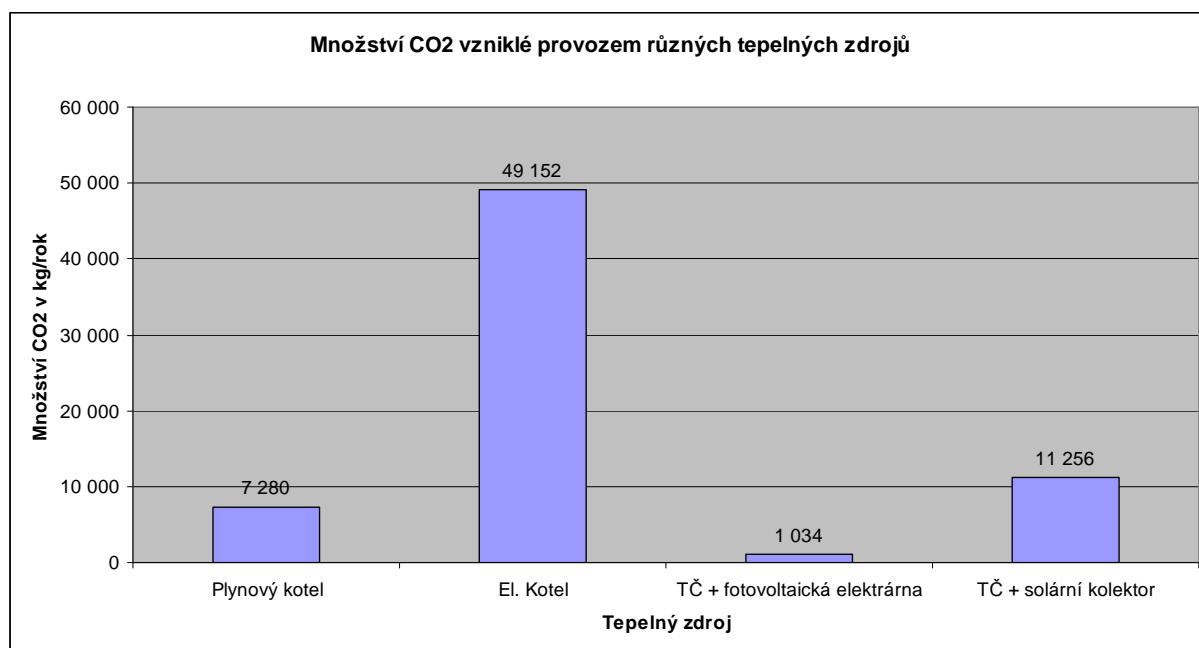
#### **4.1.4 Kombinace TČ a solárních kolektorů**

Navržené tepelné čerpadlo IVT Premiumline EQ 6 na pokrytí tepelných ztrát objektu spotřebuje celkem 3 713 kWh elektrické energie.

Pro ohřev vody použijeme navržený solární systém Stiebel Eltron SOL27 basic. Bylo by možné uvažovat 100% pokrytí potřebné energie na ohřev TUV. V praxi jsou ale solární systémy navrženy tak, aby pokrývaly asi 50 až 60 % nákladů na ohřev TUV, proto budeme počítat s tím, že přibližně 600 kWh bude muset dodat TČ. Oběhové čerpadlo solárního systému spotřebuje přibližně 84 kWh (podle typu čerpadla) el. energie za rok.

Dostaneme tedy :  $3\ 713 + 600 + 84 = 4\ 397$  kWh potřebné el. energie na provoz TČ.

Výpočtem dostaneme :  $4\ 397 * 2,56 = 11\ 256$  kg CO<sub>2</sub> ročně.



Obr. 12 Produkce CO<sub>2</sub> provozem různých tepelných zdrojů.

Z grafu je zřejmé, že spotřebujeme-li veškerou elektrickou energii vyrobenou fotovoltaickou elektrárnou na provoz tepelného čerpadla, produkce CO<sub>2</sub> a tedy i dalších emisí bude minimální. V porovnání s elektrickým kotlem až 50x menší. Emise zde nevznikají v místě výroby tepla, ale v místě výroby elektřiny potřebné k provozu tepelného zdroje. Teoreticky je možné dimenzovat výkon fotovoltaické elektrárny mnohonásobně vyšší, pokrýt tak celou spotřebu TČ a přebytek energie prodávat do sítě. Bylo by tak možné dosáhnout nulové produkce emisí provozem TČ.

Provoz TČ kombinovaného se solárním kolektorem nedosahuje tak nízkých hodnot, jako kombinace TČ a fotovoltaické elektrárny. To je způsobeno tím, že veškerá elektrická energie potřebná na provoz tohoto systému je vyráběna v elektrárně. Tedy většinou spalováním uhlí.

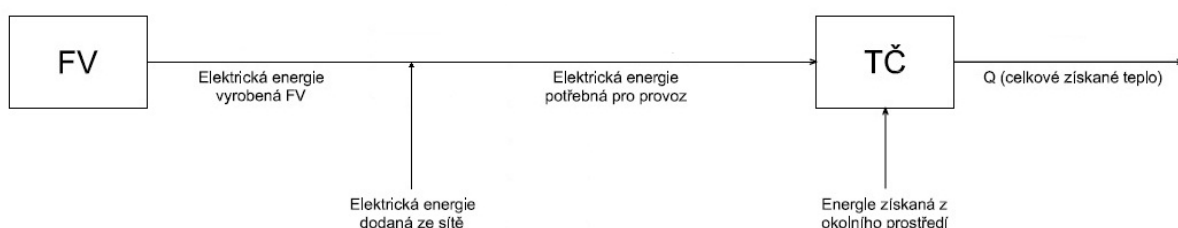
U tepelného čerpadla s plošnými kolektory by bylo možné uvažovat o podchlazování půdy, které má negativní vliv na faunu i floru. Při správném dimenzování a uložení kolektorů je však vliv kolektorů na okolní prostředí téměř nulový.



## 4.2 Energetické zhodnocení provozu

Energetické zhodnocení provozu provedu na třech různých kombinacích TČ a solárního systému.

V prvním případě se jedná o kombinaci TČ IVT Premium line EQ C6 a jednoho fotovoltaického systému CSi CS6P 240.



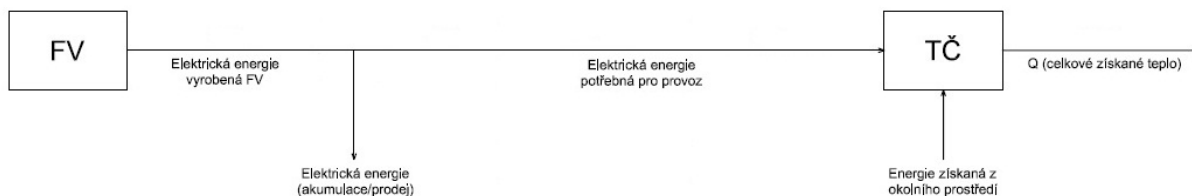
Obr. 13 Energetická bilance TČ+fotovoltaické elektrárny.

Zvolený fotovoltaický systém má roční energetický zisk 4 596 kWh. Budeme-li uvažovat, že veškerou vyrobenou elektrickou energii spotřebujeme na provoz TČ s roční spotřebou 5000 kWh elektrické energie, je zřejmé, že zbylých 404 kWh je třeba dodat ze sítě.

Zvolené tepelná čerpadlo má příkon 1,32 kW a topný výkon 5,8 kW. Pracuje tedy s topným faktorem 4,4. Pomocí 5000 kWh dodané elektrické energie na provoz TČ a tepelné energie odebrané ze země je tedy možné za ideálních podmínek získat až 22 000 kWh energie tepelné.

## Sluneční záření jako energetický zdroj pro tepelná čerpadla

Druhá kombinace se od prvních liší pouze tím, že počítáme s použitím dvakrát většího výkonu fotovoltaického systému. Typ požitého TČ i fotovoltaického systému zůstává stejný.

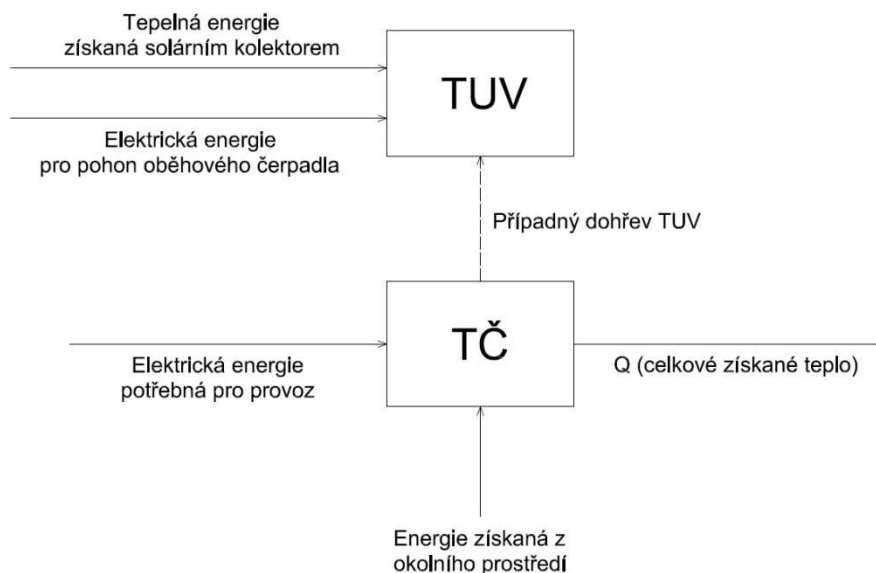


**Obr. 14** Energetická bilance TČ+fotovoltaické elektrárny (2 panely).

V tomto případě má fotovoltaický systém roční energetický zisk 9 192 kWh. Vyrobí tedy téměř 2x více elektrické energie, než je potřeba na provoz TČ. Přebytek vyrobené elektrické energie (asi 45%) je možné akumulovat nebo prodávat distribuční společnosti.

Provoz TČ, množství energie odebrané z okolí a množství získané tepelné energie zůstává stejné jako u prvního případu.

Třetí příklad uvažuje použití 2 kusů solárních kolektorů Stiebel Eltron SOL27 basic k ohřevu TUV a TČ IVT Premium line EQ C6 k vytápění a případnému dohřevu TUV.



**Obr. 15** Energetická bilance TČ+solárního kolektoru.

V tomto případě je nutné počítat s proměnlivou výkonností solárního kolektoru v závislosti na slunečním svitu a ročním období. V letních měsících bude solární kolektor schopný dodat dostatečné množství tepelné energie pro ohřev veškeré TUV. V zimních

## Sluneční záření jako energetický zdroj pro tepelná čerpadla

měsících se počítá s tím, že kolektor vodu neohřeje v dostatečném množství a na požadovanou teplotu. V tomto případě zbylou potřebnou tepelnou energii dodá TČ.

Spotřeba elektrické energie je zde větší o energii spotřebovanou na provoz oběhového čerpadla. Jedná se o 50 až 90 kWh za rok, což jsou asi 2% k celkové energetické spotřebě.

### 4.3 Ekonomické zhodnocení provozu

Ekonomické zhodnocení provozu provedu znovu ve dvou variantách. Obě varianty nahradí původní zdroj tepla a to plynový kotel. Náklady za roční vytápění, ohřev TUV a ostatní spotřebu el. energie s původním zdrojem tepla byly 66 660 Kč/rok.

#### 4.3.1 Varianta č. 1

První varianta - představuje instalaci TČ IVT Premiumline EQ C6 v kombinaci s fotovoltaickou elektrárnou CSi CS6P 240 a je zde počítáno s přímým prodejem elektrické energie provozovateli distribuční sítě.

Položka	Cena s DPH 14%
IVT Premiumline EQ C6 + kolektor	322 449 Kč
FV zdroj - CSi CS6P 240	267 138 Kč
<b>Celkem</b>	<b>589 587 Kč</b>

Zdroj: Vlastní zpracování.

Položka	Množství	Cena za jednotku	Náklady
El. energie - provoz TČ	5 000 kWh	2,61 Kč	13 050 Kč
El. energie - ostatní provoz (NT)	4 600 kWh	2,61 Kč	12 006 Kč
El. energie - ostatní provoz (VT)	400 kWh	2,95 Kč	1 180 Kč
Platba za jistič do 25 A	12	420 Kč	5 040 Kč
Přípravek pro regeneraci chladiva			20 Kč
Nový kompresor (po 20 letech)			1 000 Kč
El. energie - zisk FE	4596 kWh	6,16 Kč	-28 311 Kč
<b>Celkem</b>			<b>3 974 Kč</b>

Zdroj: Vlastní zpracování.

Po odečtení zisku z prodeje elektrické energie vyrobené fotovoltaickou elektrárnou od celkových nákladů na provoz objektu se dostaneme na částku 3 974 Kč/rok. V porovnání s původními náklady 66 660 Kč jsou náklady mnohonásobně menší.

Změnou tepelného zdroje se také mění sazba, za kterou je elektrická energie účtována. V tomto případě jde o distribuční sazbu s 22 hodinovým nízkým tarifem (NT) a 2 hodinovým vysokým tarifem (VT).

## Sluneční záření jako energetický zdroj pro tepelná čerpadla

Návratnost investice do této kombinace TČ a fotovoltaické elektrárny se tak pohybuje kolem devíti a půl roku.

### 4.3.2 Varianta č. 2

Druhá varianta - představuje instalaci TČ IVT Premiumline EQ C6 v kombinaci se dvěma solárními kolektory Stiebel Eltron SOL27 basic, navrženými tak, aby pokrývali asi 50 - 60 % energie potřebné pro ohřev TUV.

<b>Položka</b>	<b>Cena s DPH 14%</b>
IVT Premiumline EQ C6 + kolektor	322 449 Kč
Stiebel Eltron - SOL27 basic	150 739 Kč
<b>Celkem</b>	<b>473 188 Kč</b>

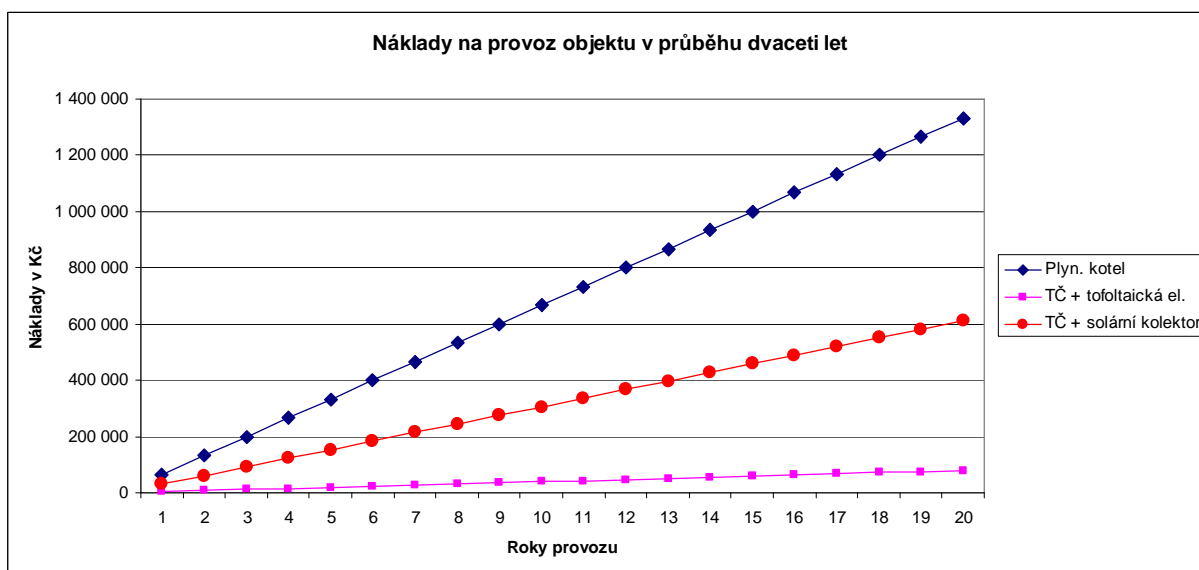
Zdroj: Vlastní zpracování.

<b>Položka</b>	<b>Množství</b>	<b>Cena za jednotku</b>	<b>Náklady</b>
El. energie - provoz TČ	3713 +560 kWh	2,61 Kč	11 152 Kč
El. energie - ostatní provoz (NT)	4 600 kWh	2,61 Kč	12 006 Kč
El. energie - ostatní provoz (VT)	400 kWh	2,95 Kč	1 180 Kč
Platba za jistič do 25 A	12	420 Kč	5 040 Kč
Přípravek pro regeneraci chladiva			20 Kč
Nový kompresor (po 20 letech)			1 000 Kč
El. energie - oběhové čerpadlo sol. k.	80 kWh	2,61 Kč	209 Kč
<b>Celkem</b>			<b>30 607 Kč</b>

Zdroj: Vlastní zpracování.

Po odečtení 55% energie potřebné pro ohřev TUV mi výslední náklady na provoz objektu vyšli 30 607 Kč. Ve srovnání s náklady s původním zdrojem tepla se jedná přibližně o 50% úsporu. Ve srovnání s první variantou je zřejmé, že tato kombinace není zas tak ekonomická, jak by se dalo očekávat.

Návratnost investice do této kombinace se přesahuje 13 let.



Obr. 16 Náklady na provoz objektu v průběhu dvaceti let.

Graf zobrazující náklady na provoz objektu v průběhu dvaceti let je lineární. Ve skutečnosti je ale třeba počítat s určitým nárůstem cen energií každý rok a s poklesem výkupních cen energií po určitém garantovaném období. Hodnoty uvedené v grafu tak ve skutečnosti budou vždy vyšší.

V kalkulaci obou kombinací nejsou zahrnuty náklady na zpracování projektové dokumentace topného systému, zajištění stavebního povolení pro vrty, hydrogeologického posudku a dalších dokumentací.

Podrobný seznam komponent a pracovních úkonů včetně souvisejících cen k oběma variantám je uveden v přílohách A, B a C.

## **ZÁVĚR**

Hlavním cílem této práce bylo zjistit, jakým způsobem může tepelné čerpadlo využít energii slunečního záření.

Na začátku své práce jsem se pokusil vysvětlit princip přečerpávání tepla z chladnějšího prostředí do prostředí teplejšího. Dále jsem popsal druhy tepelných čerpadel a zaměřil se na detailnější popis principu fungování kompresorového TČ a jeho nejpodstatnějších částí. To z toho důvodu, že tento druh je v praxi nejpoužívanější.

V další části jsem se zabýval jednotlivými zdroji nízkopotenciálního tepla, ze kterých kompresorová tepelná čerpadla odebírají energii a popsal jsem jednotlivé typy kompresorových TČ, používaných pro vytápění objektů a ohřev TUV.

Ve třetím bodě této práce zmiňuji fakt, že všechna TČ zmíněná v předchozí kapitole využívají energii slunečního záření, která je akumulovaná v podobě tepla v zemi, vodě i atmosféře. Zmíněny jsou zde dva typy TČ, které dokáží odebírat teplo ze vzduchu. Zmíněny jsou proto, že se jedná o konstrukčně nejjednodušší typ TČ a je možné jej instalovat i v hustě osídlených oblastech. Dále popisuji systém tepelného čerpadla využívající jako kolektor termodynamický panel. Jedná se o zajímavou kombinaci, která dokáže využívat jak přímého slunečního záření, tak tepla ze vzduchu. Podle mého názoru jde o způsob ohřevu TUV a případně i vytápění s velkým potenciálem. Na trhu v ČR je tento typ tepelného čerpadla novinkou a zatím není tolik rozšířený.

V poslední části hodnotím kombinovaný provoz TČ se solárním systémem z ekologického, energetického a ekonomického hlediska.

Energetickou bilanci systémů jsem uvedl pomocí schémat, která demonstrují tok energií u různých kombinací TČ se solárním systémem.

Zhodnocení provozu z hlediska ekologického jsem založil na srovnání produkce CO<sub>2</sub> při použití běžných zdrojů tepla a při použití kombinací TČ/fotovoltaická elektrárna nebo TČ/solární kolektor. Nejlépe mi tak vyšel systém, kde bylo instalováno tepelné čerpadlo a fotovoltaická elektrárna, která pokrývala většinu potřebné elektrické energie na provoz TČ a produkce CO<sub>2</sub> tak byla minimální.

Zhodnocení provozu kombinace TČ s fotovoltaickou elektrárnou nebo solárního kolektoru jsem založil na srovnání ročních nákladů na provoz s původním tepelným zdrojem.

Nejlépe mi tak znovu vyšla kombinace TČ s fotovoltaickou elektrárnou, kde jsem počítal s přímým prodejem vyrobené el. energie provozovateli distribuční sítě. Zisky z prodeje vyrobené el. energie tak pokryly téměř většinu nákladů na provoz TČ i domácnosti. Návratnost investice tak byla 9 let, což je pro investora ekonomicky výhodné.

Kombinace se solárním kolektorem již nebyla tak úsporná. Prvotní investice byla sice nižší, ale návratnost mi vyšla 15 -16 let. Tato investice se tak pohybuje na hranici, kdy je ještě pro investora zajímavá.

Myslím si, že tato bakalářská práce může být užitečná pro všechny potencionální investory uvažující o instalaci alternativního zdroje energie, především tepelného čerpadla, protože obsahuje základní informace o těchto systémech a také o možnostech využití kombinace těchto systémů se zdroji využívajícími slunečního záření. Také může být dobrým studijním materiálem pro toho, kdo se zajímá o možnosti vytápění a ohřevu TUV pomocí tepelných čerpadel.

## **POUŽITÁ LITERATURA**

- [1] CZ Biom - České sdružení pro biomasu [3.4.2012]  
<http://www.biom.cz>
- [2] Ševela s.r.o. [15.5.2012]  
<http://www.sevelasro.cz>
- [3] České energetické závody [27.5.2012]  
<http://www.cez.cz>
- [4] Technická zařízení budov [15.4.2012]  
<http://www.tzb-info.cz>
- [5] TERMO s.r.o. [15.4.2012]  
<http://www.termo-litvinov.cz>
- [6] Ekologické bydlení [15.4.2012]  
<http://www.ekobydleni.eu>
- [7] BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. *Alternativní zdroje energie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 213 s. ISBN 80-010-2802-X. []
- [8] VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU S VYUŽITÍM TEPELNÉHO ČERPADLA. Brno, 2008. Dostupné z:  
[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=5659](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5659).  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. JIŘÍ POSPÍŠIL, Ph.D.
- [9] Energetický poradce PRE [20.4.2012]  
<http://www.energetickyporadce.cz>
- [10] ŽERAVÍK, Antonín. *Stavíme tepelné čerpadlo: [návratnost i za jeden rok]*. 1. vyd. Přerov: Antonín Žeravík, 2003, 311 s. ISBN 80-239-0275-X



## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha A:** Technické údaje a cenová kalkulace navržených solárních kolektorů

**Příloha B:** Technické údaje a cenová kalkulace navrženého TČ s kolektorem

**Příloha C:** Technické údaje a cenová kalkulace navržené fotovoltaické elektrárny

**Příloha D:** Porovnání provozních nákladů navrženého objektu


## Příloha A

### **STIEBEL ELTRON**

název akce	Sol p. Netřval
specifikace číslo	123 000 SOM

STIEBEL ELTRON je prémiová značka v oboru TZB s tradiční německou výrobou technicky vyspělých a vysoce jakostních přístrojů. Dceřiná společnost v České republice úspěšně nabízí výrobky i služby v odpovídající úrovni již od r. 1991 a představuje ověřenou jistotu bezpečného zázemí pro zákazníky.

#### **STIEBEL ELTRON charakterizuje**

- výroba a vývoj přístrojů TZB od r. 1924
- čtřináct uznání odborných kruhů a řada udělených patentů a ocenění, např. prestižní značka SUPERBRAND  
zařazují STIEBEL ELTRON k nejlepším značkám na německém trhu 
- akcent na ekologicky šetrná a úsporná zařízení, využívání obnovitelných zdrojů energie
- tepelná čerpadla vlastní proveniencí již od r. 1976
- export do celého světa, zejména na nejnáročnější trhy
- nejširší oborová nabídka v České republice s výrobním programem značek
  - Stiebel Eltron
  - AEG
  - Tatramat
  - De Dietrich
- stabilní cenová politika a obchodní partnerství
- záruka dokonalého servisního zázemí

**AEG** HAUSTECHNIK

 **Tatramat**

**De Dietrich** 

**Ohřev teplé užitkové vody :****Typ střechy**

Solární systém je navržený tak , aby uspořil 50-60%nákladů na ohřev teplé užitkové vody

**TECHNICKÁ A CENOVÁ SPECIFIKACE**

položka	množství	jedn.	jedn. cena	celkem
plochý vakuový kolektor Stiebel Eltron - SOL27 basic	2 ks		15 610,00	31 220,00 Kč
Montážní rám pro dva solární kolektory + upevňovací sada na taškovcu střechu	1 kpl		4 608,00	4 608,00 Kč
Solární Zásobník SBB 300 Plus	1 ks		31 550,00	31 550,00 Kč
SOKI 6 Plus - kompaktní solární instalace s regulací	1 ks		12 602,00	12 602,00 Kč
Boční kolektorová jímka na teplotní čidlo	1 ks		592,00	592,00 Kč
Expanzní nádrž solární kapaliny o objemu 18 l	1 ks		1 676,00	1 676,00 Kč
teplonosná solární kapalina H-30 L	30 lt		97,20	2 916,00 Kč
napojení v kotelně na TUV-materiál	1 kpl		10 000,00	10 000,00 Kč
Solární flexibilní potrubí (předizolované potrubí včetně kabelu pro čidlo)	15 m		850,00	12 750,00 Kč
Montážní práce - montáž kolektorů a nádrže, propojení, napojení v kotelně, tlaková zkouška rozvodů - (odhad)	30 hod		300,00	9 000,00 Kč
Elektropřipojení - sílové připojení propojení čidel regulace, napájení regulace - (odhad)	5 hod		300,00	1 500,00 Kč
Eletromateriál - kabely, jistič, kryt, krabice, PE trubka ochranná - (odhad)	1 kpl		5 000,00	5 000,00 Kč
Doprava montážní čety	0 km		10,00	0,00 Kč
Doprava kolektorů a příslušenství	1 kpl		2 000,00	2 000,00 Kč
<b>CELKEM bez DPH</b>				<b>125 616 Kč</b>
<b>CELKEM s DPH 20%</b>				<b>150 739 Kč</b>

**Vytvořil**

firma: Enerfin Plus s.r.o.

jméno: Martin Krůs

telefon : 377 457 816

mobil : 775 132 826

e-mail: [krus@enerfinplus.cz](mailto:krus@enerfinplus.cz)

V Fraze dne 27.5.2012

Počet stran : 4

## Technická zpráva:

## SOL 27 basic



Kolektor využívá celoplošný hliníkový absorber s vysoce selektivním vakuovým povlakem (Miro-Therm). Přípojky jsou uspořádány bočně (levá strana G 3/4" vnější závit, pravá strana G 3/4" - převlečná matka). Kolektor chrání 4 mm silné vysoce transparentní bezpečnostní sklo. Provoz kolektorů s již připravenou směsí H-30 L zajišťuje nezámrznost systému.

- účinnost > 77%
- možnost zapojení až 5 kolektorů v řadě
- možnost svislé montáže
- možnost samostatné montáže

Příslušenství pro upevnění SOL 27 basic.

Montážní rámy SOL R 1 a SOL R 2 umožňují svislou instalaci kolektorů. Montáž kolektorů je možná ve spojení s upevňovací sadou COL DP (na taškovou střechu), SOL RW (na vlnitou střechu), SOL RF-S (na plochou střechu nebo stěnu), SOL BS (na šindelovou střechu), SOL BB (pozink. provedení na střechu z bobrovek) a SOL BB-Cu (měď. provedení na střechu z bobrovek). Pokud je spojeno vedle sebe více rámu pro taškovou nebo plochou střechu do kolektorové řady, je potřeba mezi každý přechod (stýcnou hranu) instalovat sadu na propojení rámu SOL RV. Podpěra rámu SOL RA umožňuje přizpůsobení úhlu sklonu kolektoru o 15,22 nebo 30°.

- Šest solárních panelů ve svislém provedení na šikmé taškové střeše. Solární panely jsou řízené regulací SOM 6 pro jedno odběrné místo.
- Tento set je určen k sestavě s tepelným čerpadlem.

## Příloha B



Enerfin plus s.r.o. Domažlická 116/223, 326 00 Plzeň

VARIANTA	Technické parametry tepelného čerpadla dle EN 14511
<b>Typ tepelného čerpadla</b>	IVT Premiumline EQ C6
Topný výkon při 0°C/35°C	5,8 kW
Příkon	1,32 kW
Topný faktor	4,4
Vestavěný elektrokotel	3-6-9 kW
Vestavěný zásobník TUV	185 l
Chladicí médium	Bezfreonové chladivo R 410A
Rozměry zařízení	600 x 645 x 1800 mm
Kompresor	Copeland Scroll
Maximální výstupní teplota	62°C
Regulace	Ekvitermní regulátor Rego 1000
Oběhové čerpadlo studené strany	ano
Oběhové čerpadlo teplé strany	ano
<b>Technické parametry jimače tepla</b>	
<b>Možnost odběru tepla z vrtu</b>	Ano
Délka sondy	95m
Materiál sondy	PC-100 40x3,7
<b>Možnost odběru tepla z plošného kolektoru</b>	ano
Potřebná plocha	300m v případě ohřevu bazénové vody (cca 30m²) + min. 30 m
Hloubka výkopu	120 – 150 cm
Materiál sondy	PE-100 40x3,7
<b>Odběr tepla ze vzduchu</b>	ne

IČ: 263 86 763, DIČ: CZ 263 86 763 tel. 377 457 816 fax. 377 457 816 e-mail: [enerfin@enerfinplus.cz](mailto:enerfin@enerfinplus.cz) <http://www.enerfinplus.cz>  
Firma zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Plzni, v oddílu C, vložka číslo 17064

4



Enerfin plus s.r.o. Domažlická 116/223, 326 00 Plzeň

### Cenová kalkulace – technologie

Položka	Cena	DPH
<b>Technologie vytápění</b>		
Tepelné čerpadlo 1 x IVT Premiumline EQ C6 Kompresor: Copeland Scroll, Oběhová čerpadla primárního i sekundárního okruhu, Ekvitermní regulátor REGO 1000 s komunikací v češtině, Venkovní číslko pro ekvitermní regulátor	219 000,- Kč	14%
<b>Cena celkem za technologii</b>	<b>219 000,- Kč</b>	<b>14%</b>
<b>Ostatní materiál, montáž</b>		
<b>Ostatní materiál</b>		
CU potrubí ( 18x1mm , 35x1,5mm, 28x1,5mm 35x1,5mm,.)	6 500,- Kč	
- tepelné izolace tl. min 13mm	1 750,- Kč	
- tepelné izolace primárního potrubí a armatur (syntetický kaučuk)	2 250,- Kč	
- armatury teplé strany (kulové ventily, šroubení, zpětný ventil, teploměr, tlakoměr, ...)	2 700,- Kč	
- potrubí PE studené strany	1 500,- Kč	
- elektroinstalační materiál	1 960,- Kč	
<b>Montážní práce, doprava</b>		
- doprava montážní čety	2 000,- Kč	
- montáž a přesun tepelného čerpadla	12 500,- Kč	
- izolační práce	1 500,- Kč	
- elektromontážní práce	2 000,- Kč	
<b>Spuštění tepelného čerpadla (ČSN 060310, odborné spuštění, seřízení hydrauliky)</b>		
- nastavení regulace		
- hydraulické vyregulování teplé a studené strany tepelného čerpadla		
- topná zkouška zdroje tepla		
- tlaková zkouška		
- zaškolení obsluhy	6 000,- Kč	
<b>Cena bez DPH – technologie, montáž</b>	<b>260 150,- Kč</b>	

IČ: 263 86 763, DIČ: CZ 263 86 763 tel. 377 457 816 fax. 377 457 816 e-mail: [enerfin@enerfinplus.cz](mailto:enerfin@enerfinplus.cz) <http://www.enerfinplus.cz>  
Firma zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Plzni, v oddílu C, vložka číslo 17064

5

### Cenová kalkulace – primární jímač kolektor

Studený okruh - kolektor	
Nemrznoucí náplň studeného okruhu 110 l	3 850,- Kč
Kolektor - zemní práce 300 m vč. vystrojení jímačem a pokládky á – výkop/ bagrem	0,- Kč
Jímač, přírodní potrubí - PE potrubí 300 m - 40x3.7 PE 100 PE-GT-RC, pro pokládání bez pískového lože 47,-Kč/m	14 100,- Kč
Izolace průchodu zdi + spojky mechanické + tlaková zkouška vodou z místního zdroje	4 750,- Kč
Doprava a přeprava bagru	00,- Kč
<b>Cena bez DPH – kolektor</b>	<b>22 700,- Kč</b>

*V nabídce není zahrnuto: průřez zdi pro přivedení kolektoru do technické místnosti, výkopové práce a pokládku plošného kolektoru.*

### Nabídková cena – rekapitulace – tepelné čerpadlo s kolektorem

• Tepelné čerpadlo	- cena bez DPH	260 150,- Kč
• Primární jímač - kolektor	- cena bez DPH	22 700,- Kč
• <b>Cena celkem bez DPH</b>		<b>282 850,- Kč</b>
• DPH 14%		39 599,- Kč
• <b>Celkem vč. 14 % DPH</b>		<b>322 449,- Kč</b>

# Příloha C



Enerfin plus s.r.o. Domažlická 116/223, 318 00 Pízeň

## Cenová nabídka

Předmětem cenové nabídky je kompletní dodávka fotovoltaického systému.

Návrh fotovoltaické elektrárny Zelený bonus	
Typ panelu	CSI CS6P 240
Jmenovitý výkon	240 Wp
Výška modulu	1638 mm
Šířka modulu	982 mm
Účinnost modulu	14,4 %
Typ měničů	Kostal Piko, Power One
Účinnost měničů	96 %
Hmotnost panelu	18,5 kg
Celkové zatížení střechy (pouze panely)	473 kg
Počet modulů	21 ks
PV maximální výkon	5 040 Wp
Účinnost v závislosti na sklonu a orientaci	95 %
Roční energetický zisk	4 596 kWh
výkupní cena	5,08 Kč/kWh
Celkem výkup	23 350 Kč
odhad úspory elektrické energie *	1 500 kWh
cena společnosti ČEZ	2,6 Kč/kWh
Celková roční úspora	3 900 Kč

Návrh fotovoltaické elektrárny Přímý prodej	
Typ panelu	CSI CS6P 240
Jmenovitý výkon	240 Wp
Výška modulu	1638 mm
Šířka modulu	982 mm
Účinnost modulu	14,4 %
Typ měničů	Kostal Piko, Power One
Účinnost měničů	96 %
Hmotnost panelu	18,5 kg
Celkové zatížení střechy (pouze panely)	473 kg
Počet modulů	21 ks
PV maximální výkon	5 040 Wp
Účinnost v závislosti na sklonu a orientaci	95 %
Roční energetický zisk	4 596 kWh
výkupní cena	6,16 Kč/kWh
Celkem výkup	28 314 Kč

<b>Celkový roční zisk</b>	<b>27 250 Kč/ 1 rok</b>
---------------------------	-------------------------

<b>Celkový roční zisk</b>	<b>28 314 Kč/ 1 rok</b>
---------------------------	-------------------------

Náklady na instalaci FV zdroje a návratnost	
Technologie celkem bez DPH - (včetně nosné konstrukce)	195 532 Kč
Montáž panelů, elektromontáž, elektromateriál, revize	37 800 Kč
Doprava montážní čety a materiálu	1 000 Kč
Instalace Fotovoltaického zdroje celkem bez DPH	234 332 Kč
Celkem s DPH 14%	267 138 Kč
Cena za 1 kWp bez DPH	46 494 Kč
Návratnost (proti ceně s DPH)	9,8 roku

Náklady na instalaci FV zdroje a návratnost	
Technologie celkem bez DPH - (včetně nosné konstrukce)	195 532 Kč
Montáž panelů, elektromontáž, elektromateriál, revize	36 298 Kč
Doprava montážní čety a materiálu	1 000 Kč
Instalace Fotovoltaického zdroje celkem bez DPH **	232 830 Kč
Celkem s DPH 14%	265 426 Kč
Cena za 1 kWp bez DPH	46 190 Kč
Návratnost (proti ceně s DPH)	3,4 roku

\* vlastní spotřeba vyrobené el. energie v rozsahu

15 %

\*\* bez nákladů na úpravu stávající nebo zřízení nové přípočky (cca 30 tis. Kč)

## Příloha D

### Porovnání provozních nákladů rodinného domu



Tepelné čerpadlo země - voda <b>IVT PremiumLine 6 EQ</b>	Výkon <b>6 kW</b>	zpracováno pro akci
Energetická bilance Tepelná ztráta objektu: <b>8,0 kW</b> Roční spotřeba energie na vytápění: <b>15 200 kWh</b> Roční spotřeba energie pro ohřev TUV: <b>4 000 kWh</b> Spotřeba energie pro ohřev bazénu: <b>0 kWh</b> Ostatní spotřeba elektrické energie: <b>5 000 kWh</b>	Zvolené parametry Topný systém: <b>Podlahový</b> Plynový kotel: <b>Nový, účinnost 90%</b> Růst cen energie: <b>Střední, + 7 % ročně</b> Aktuální ceny: <b>Leden 2012</b> Ceník energií: <b>ČEZ/RWE</b>	
Počklady zpracoval <b>Martin Krůs, Enerfin plus s.r.o. 775 132 826</b>		

#### Vytápění kotlem na propan

Odběr energie	Medium	Spotřeba	Jednotka	Cena	Náklady
Vytápění+TUV+bazén	Propan	1854 kg		25,20 Kč	41 974 Kč
Ostatní	Elektřina	6 000 kWh		4,83 Kč	24 150 Kč
Stálý plat -	Jistič 3 x 25 A	12		150,00 Kč	1 900 Kč
<b>Celkové provozní náklady objektu</b>					<b>67 624 Kč</b>

#### Vytápění elektrickým kotlem

Odběr energie	Medium	Spotřeba	Jednotka	Cena	Náklady
Vytápění+TUV+bazén	Elektřina	19 200 kWh		2,61 Kč	50 047 Kč
Ostatní - nízký tarif 20 hodin	Elektřina	4260 kWh		2,61 Kč	11 078 Kč
Ostatní - vysoký tarif 4 hodiny	Elektřina	750 kWh		3,19 Kč	2 387 Kč
Stálý plat -	Jistič do 32 A	12		520,80 Kč	6 250 Kč
<b>Celkové provozní náklady objektu</b>					<b>69 761 Kč</b>

#### Vytápění kotlem na peletky

Odběr energie	Medium	Spotřeba	Jednotka	Cena	Náklady
Vytápění+TUV+bazén	Peletky	4 385 kg		5,50 Kč	24 170 Kč
Ostatní	Elektřina	5 000 kWh		4,83 Kč	24 150 Kč
Stálý plat	Jistič 3 x 25 A	12		150,00 Kč	1 900 Kč
<b>Celkové provozní náklady objektu</b>					<b>50 120 Kč</b>

#### Vytápění kotlem na zemní plyn

Odběr energie	Medium	Spotřeba	Jednotka	Cena	Náklady
Vytápění + TUV	Zem. plyn	21 000 kWh		1,63 Kč	38 760 Kč
Bazén	Zem. plyn	0 kWh		1,63 Kč	0 Kč
Ostatní	Elektřina	5 000 kWh		4,83 Kč	24 150 Kč
Stálý plat	Jistič 3 x 25 A	12		150,00 Kč	1 900 Kč
Stálý plat	Zem. plyn	12		309,18 Kč	3 950 Kč
<b>Celkové provozní náklady objektu</b>					<b>66 660 Kč</b>

#### Vytápění tepelným čerpadlem

Odběr energie	Medium	Spotřeba	Jednotka	Cena	Náklady
Vytápění	Elektřina	3 713 kWh		2,61 Kč	9 682 Kč
Ohřev teplé vody	Elektřina	1 290 kWh		2,61 Kč	3 365 Kč
Ohřev bazénu	Elektřina	0 kWh		2,61 Kč	0 Kč
Úspora elektrickým čerpadly v TČ	Elektřina	-788 kWh		2,61 Kč	-751 Kč
Ostatní - nízký tarif 22 hodin	Elektřina	4 800 kWh		2,61 Kč	11 998 Kč
Ostatní - vysoký tarif 2 hodiny	Elektřina	400 kWh		2,95 Kč	1 179 Kč
Stálý plat -	Jistič do 25 A	12		420,00 Kč	5 040 Kč
<b>Celkové provozní náklady objektu</b>					<b>30 511 Kč</b>

Tepelná čerpadla I/T s.r.o., 272 191 405, ivt@ivtcentrum.cz, [www.cerpadla-ivt.cz](http://www.cerpadla-ivt.cz)

Copyright Ma So 2000 2012



