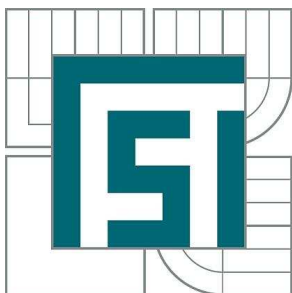


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

POUŽITÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ PRO CHLAZENÍ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ OBYTNÝCH BUDOV

USAGE SOLAR COLLECTORS FOR COOLING OF INSIDE RESIDENTIAL ENVIRONMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR KNĚŽÍNEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV BEČVÁŘ

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Kněžínek Petr

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Použití solárních kolektorů pro chlazení vnitřního prostředí obytných budov

v anglickém jazyce:

Usage solar collectors for cooling of inside residential environment

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce se bude zabývat problematikou použití atmosferických a vakuových solárních kolektorů pro obytné budovy. Podrobněji se bude zabývat využitím solárních kolektorů pro chlazení vnitřního prostředí budov. Součástí práce je shrnutí stavu vývoje této problematiky ve světě.

Cíle bakalářské práce:

Vypracovat přehled použití atmosferických a vakuových solárních kolektorů pro obytné budovy. Shrnout aktuální stav vývoje solárního chlazení ve světě. Předložit realizované soustavy pro solární chlazení.

Seznam odborné literatury:

- [1] SPÄTE, Frank. Solární zařízení. 1. vyd. Praha : Grada, 2003. ISBN 80-247-0362-9
- [2] MATUŠKA, Tomáš. Prvky solárních soustav. Praha : Společnost pro techniku prostředí, 2007.
- [3] Kolektiv autorů. Současnost a budoucnost využívání sluneční energie nejen v domech pro bydlení. Praha : Společnost pro techniku prostředí, 2002. ISBN 80-85087-99-5
- [4] OGOUN, Milan. Základy solární techniky : čtyřjazyčný výkladový slovníček. 1. vyd. Praha : Technické vydavatelství Praha, 2003. ISBN 80-903261-0-2

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Bečvář

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku použití atmosférických a vakuových solárních kolektorů v oblastech chlazení vnitřního prostředí obytných budov. Práce obsahuje podrobnější popis technologií chlazení poháněných teplem z fototermálních kolektorů. Okrajově se zabývá technologiemi chlazení poháněnými elektřinou. Poslední část práce je věnována realizovaným solárním chladícím soustavám.

ABSTRACT

The bachelor's thesis is focused on problems using of atmospherical and vacual solar collectors for cooling in areas of inside residential environment. The thesis comprises detail description of cooling technology powered by heating from solar photothermal collectors. Marginally the thesis is concerned with cooling technology powered by electricity. Last part is devoted to implemented solar cooling installations.

KLÍČOVÁ SLOVA

Solární chlazení, solární kolektory, technologie chlazení, realizované solární soustavy.

KEY WORDS

Solar cooling, solar collectors, cooling technology, implemented solar installations.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KNĚŽÍNEK, P. *Použití solárních kolektorů pro chlazení vnitřního prostředí obytných budov*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Bečvář.

PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Bečváře s využitím vlastních znalostí, uvedené literatury a internetových zdrojů.

V Brně dne 24. května 2010

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Jaroslavu Bečvářovi za odborné vedení při psaní mé bakalářské práce.

OBSAH

1	Úvod	8
2	Solární fototermální kolektory a jejich využití	9
2.1	Vzduchové kolektory	9
2.2	Plastové absorbéry	10
2.3	Ploché kolektory	10
2.3.1	Plochý atmosférický kapalinový kolektor	10
2.3.2	Plochý nízkotlaký (vakuový) kapalinový kolektor	11
2.4	Trubicové vakuové kolektory	12
2.4.1	Trubicový vakuový kolektor s přímým prouděním	13
2.4.2	Trubicový vakuový kolektor s tepelnou trubicí	14
2.5	Solární koncentrační kolektory s lineárními Fresnelovými čočkami	14
3	Využití solárních kolektorů pro chlazení vnitřního prostředí budov	16
3.1	Technologie chlazení poháněné teplem z fototermálních kolektorů	17
3.1.1	Přeměna tepla v uzavřeném cyklu s kapalným sorbentem	17
3.1.2	Přeměna tepla v uzavřeném cyklu s tuhým sorbentem	18
3.1.3	Přeměna tepla v otevřeném cyklu s tuhým sorbentem	19
3.1.4	Přeměna tepla v otevřeném cyklu s kapalným sorbentem	20
3.1.5	Termo-mechanická přeměna v Rankinově cyklu	21
3.1.6	Termo-mechanická přeměna v Stirlingově cyklu	22
3.2	Technologie chlazení poháněné elektřinou z fotovoltaických článků	23
3.2.1	Kompresorové chlazení	23
3.2.2	Peltierův článek	23
3.2.3	Odpařovací chlazení	24
3.3	Volba typu kolektorů pro soustavy solárního chlazení	24
3.4	Obchodní situace soustav pro solární chlazení	25
4	Realizované soustavy pro solární chlazení	26
4.1	Hotel Duo	26
4.2	Kosmetický závod	26
4.3	Vinné sklady	27
4.4	Administrativní budova	27
4.5	Hotel a hotelová prádelna	28
4.6	Tiskové středisko spolkové vlády	28
4.7	Orientační přehled realizovaných instalací systémů pro solární chlazení	29
5	Závěr	30
6	Zdroje	31

1 ÚVOD

Solární soustavy s fototermálními kolektory byly dodnes využívány převážně k ohřívání užitkové vody, vody v bazénech nebo jako pomocný zdroj tepla pro vytápění. V současné době se objevuje další možnost, kdy solární soustavy dodávají energii pro klimatizaci budov.

I když pojem „solární chlazení“ není zrovna vynález poslední doby, právě dnes se o něm začíná mluvit s velkým nadšením. Je to způsobeno především technickou vyspělostí oproti letům minulým, zvýšením požadavků ve vyspělých státech na komfort osob v obytném vnitřním prostředí a snahou vytvořit úspornější klimatizační systém.

Největší potenciál solárního chlazení spočívá v tom, že při nejvyšších požadavcích na klimatizaci je současně největší výskyt solárního záření. To by v praxi znamenalo omezení výpadků elektřiny způsobených kompresorovými klimatizacemi v době velkých odběrových špiček.

Již dnes byly s úspěchem realizovány soustavy pro solární chlazení. Jednalo se však spíše o velké chladicí výkony v řádu desítek kW. Největší poptávku po solárním chlazení tvoří administrativní budovy, kde je kladen důraz na komfort zaměstnanců. Naopak s instalací solárního chlazení do novostaveb se příliš nepočítá. Moderní novostavby by měly být projektovány tak, aby nedocházelo k přehřívání objektu (kvalitní izolace, inteligentní větrání).

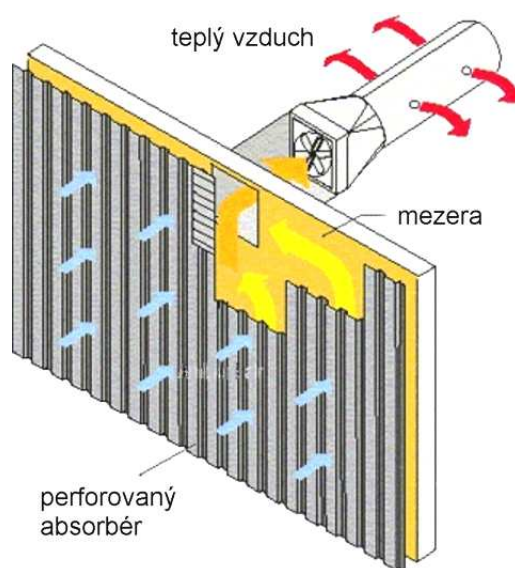
Tato práce se bude zabývat základním rozdělením fototermálních solárních kolektorů a jejich možném použití v solární technice. Dále bude vypracován základní přehled principů solárního chlazení, které využívají k pohonu tepla ze solárních kolektorů a elektřiny z fotovoltaických článků. Jednotlivé technologie budou podrobněji znázorněny a popsány. Součástí práce je světová marketingová situace se solární chladicí technikou. Na závěr bude vypracován přehled realizovaných soustav pro solární chlazení.

2 SOLÁRNÍ FOTOTERMÁLNÍ KOLEKOTORY A JEJICH VYUŽITÍ

Solární fototermální kolektory slouží k přeměně slunečního záření na teplo. Získané teplo je následně odváděno teplotnosným médiem (látkou), většinou pomocí cirkulačního čerpadla, z kolektorů do různých typů spotřebitelských soustav. V těchto soustavách se teplo z teplotnosného média spotřebuje, čímž dojde k ochlazení teplotnosného média, které putuje zpět do solárních kolektorů. Tento cyklus se musí při stálém výskytu slunečního záření opakovat, aby nedocházelo k přehřívání slunečních kolektorů. Přehřívání by mohlo vést ke snížení jejich životnosti nebo k jejich poškození. Získané teplo ze solárních kolektorů může být spotřebitelskou soustavou využito okamžitě za účelem přitápění, ohřevu užitkové vody, dodávání energie do klimatizačních systémů pro chlazení vnitřního prostředí budov, nebo se může ukládat v akumulacích nádržích a využívat později ke stejným účelům. Při instalaci slunečních kolektorů na obytné budovy by se mělo také dbát na celkový estetický vzhled.

2.1 Vzduchové kolektory

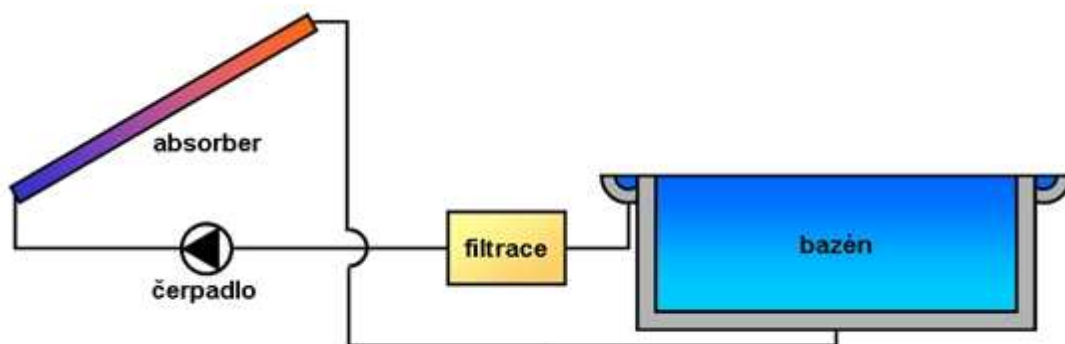
Již z názvu je patrné, že teplotnosným médiem je vzduch. Vzduchové kolektory se mohou používat v několika provedeních. Instalují se přímo do fasády domů, krovů střech nebo jako samostatné zařízení. Konstrukce vzduchových kolektorů je značně jednodušší než u kapalinových kolektorů. Mohou se při ní použít lacinější materiály jako je např. plast, protože pracovní teplota vzduchových kolektorů (do 55 °C) je výrazně nižší než u kapalinových kolektorů (do 350 °C). Absorbérem slunečního záření bývá často kovový plech opatřený speciálním černým povrchem. Vzduch proudící kolektorem se ohřívá a pomocí konvekce vzduchu nebo ventilační jednotky je hadicemi dopravován do místa použití. Na obr. 1 je naznačeno zjednodušené schéma vzduchového kolektoru s ventilační jednotkou. Tyto kolektory se používají převážně na sušení vlhkých materiálů, teplotovzdušné větrání a vytápění budov, nebo v posledních letech také v desikačních systémech jako zdroj tepla. Výhodou vzduchových kolektorů je jejich celoroční použití bez rizika zamrznutí teplotnosného média. Nevýhodou je možnost kondenzace vlhkosti a usazování prachu uvnitř vzduchového kolektoru, což vede ke zhoršení jeho účinnosti. [1]



Obr. 1 – Schéma solárního ohřevu vzduchu s nezaskleným kolektorem. [9]

2.2 Plastové absorbéry

Plastové absorbéry jsou ve většině případů konstruovány jako nezasklené a neizolované. Jsou vyráběny z polypropylenu (PP), polyethylenu (PE) a syntetických kaučuků (EDPM). Tyto materiály podléhají při extrémních letních i zimních teplotách vlivům prostředí. Za vyšších teplot rychleji stárnou a za nižších křehnou. Jsou tedy náchylnější na mechanické poškození. Při dobré údržbě vydrží plastové absorbéry vyrobené z PP a PE více než 10 let a vyrobené z EDPM asi 30 let. Protože provozní teploty plastových absorbérů jsou udávány kolem 30 °C a teplonosným médiem může být chlorovaná voda, tak jsou především uplatňovány v solárních soustavách pro ohřev vody v bazénech. Celá solární soustava určená k ohřevu bazénu je velmi jednoduchá a je možné ji provozovat jako jednookruhovou. Bazén nahrazuje funkci tepelného výměníku. Pomocí čerpadla je zajištěn oběh chlorované vody přes filtr do plastového absorbérů a zpět do bazénu. Jednoduché schéma je znázorněno na obr. 2. Výnos energie plastových absorbérů v našich geografických podmínkách se pohybuje od 200 do 300 kWh/m²r. [1]



Obr. 2 – Jednookruhový solární systém s plastovými absorbéry. [10]

2.3 Ploché kolektory

2.3.1 Plochý atmosférický kapalinový kolektor

Plochý atmosférický kapalinový kolektor (dále jen atmosférický kolektor) se používá k přípravě teplé vody, přitápění a v určitých podmínkách k solárnímu chlazení. Teplonosným médiem je nemrznoucí kapalina. Atmosférický kolektor se skládá z panelu, uvnitř kterého je umístěn absorber s rozvodnou a sběrnou trubicou teplonosného média (viz obr. 3). Jeho ozařovaná plocha slunečním svitem je opatřena transparentním krytem.

Transparentní kryt může být vyroben z bezpečnostního tvrzeného skla chudého na železo nebo polykarbonátu. Tyto materiály způsobují skleníkový efekt. Jde tedy o to, že krátkovlnné sluneční záření projde transparentním krytem, který zabrání zpětnému dlouhovlnnému vyzařování a tím je dosaženo snížení tepelných ztrát.

Absorbéry jsou vyráběny z mědi, kombinace mědi a hliníku nebo chromniklové oceli. Z konstrukčního hlediska jsou absorbéry rozděleny podle tvaru a průtoku. Mohou mít polštářový, lamelový nebo válcovaný absorber a meandrový nebo harfový průtok. Aby byla zajištěna u absorbérů vysoká absorpce, nanáší se například sol-titanová selektivní vrstva, selektivní vrstva na bázi oxidu hlinitého pigmentovaná koloidním niklem, nebo

2 Solární fototermální kolektory a jejich využití

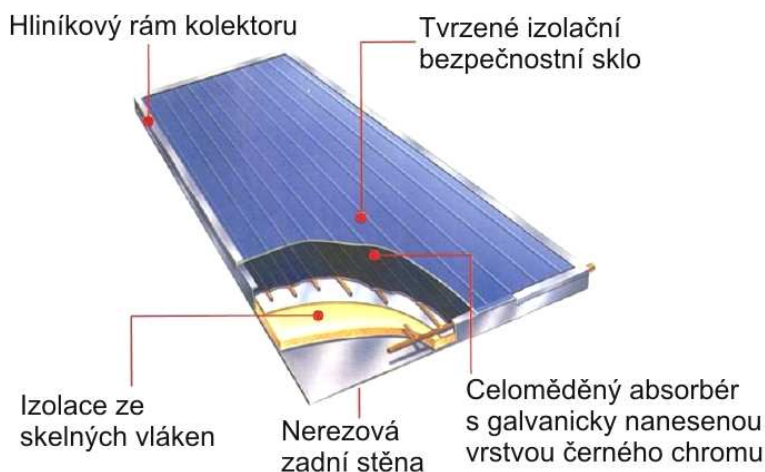
selektivní vrstva černého chromu. Absorbéry se selektivním povrstvením dosahují i při jedné vrstvě zakrytí dostačující hodnoty přestupu tepla k .

Selektivní vrstva intenzivně pohlcuje sluneční paprsky, ale jen omezeně vyzařuje dlouhovlnné tepelné záření. Tím se selektivní vrstva liší od obyčejné černé barvy, která rovněž intenzivně absorbuje sluneční záření, ale zároveň vyzařuje teplo do okolí. Selektivní konverzní vrstva se vyrábí elektrochemickým způsobem na podložce z hliníko-hořčíkové slitiny.

K tepelné izolaci atmosférických kolektorů se používají tvrdé desky z pěnového polyuretanu, izolace na bázi čedičového skla nebo speciální minerální vlny. Tvrdé desky z pěnového polyuretanu jsou nejpoužívanější, protože mají dobrou pevnost a mohou se používat částečně jako konstrukční prvek, avšak nejsou odolné vůči vysokým teplotám.

Skříň atmosférického kolektoru slouží k sestavení jednotlivých prvků v jeden celek, dále k usazení na místo, kde bude vykonávat svoji funkci, a v neposlední řadě k ochraně obsahu atmosférického kolektoru před vnějšími vlivy prostředí. Řez atmosférickým kolektorem je naznačen na obr. 3.

Výnos energie pro absorbér černě povrstvený v našich geografických podmínkách se pohybuje od 250 do 400 kWh/m²r a pro absorbér selektivně povrstvený od 320 do 530 kWh/m²r. Provozní teploty atmosférických kolektorů se pohybují od 20 do 150 °C. [1]



Obr. 3 – Řez plochým atmosférickým kapalinovým kolektorem. [11]

2.3.2 Plochý nízkotlaký (vakuový) kapalinový kolektor

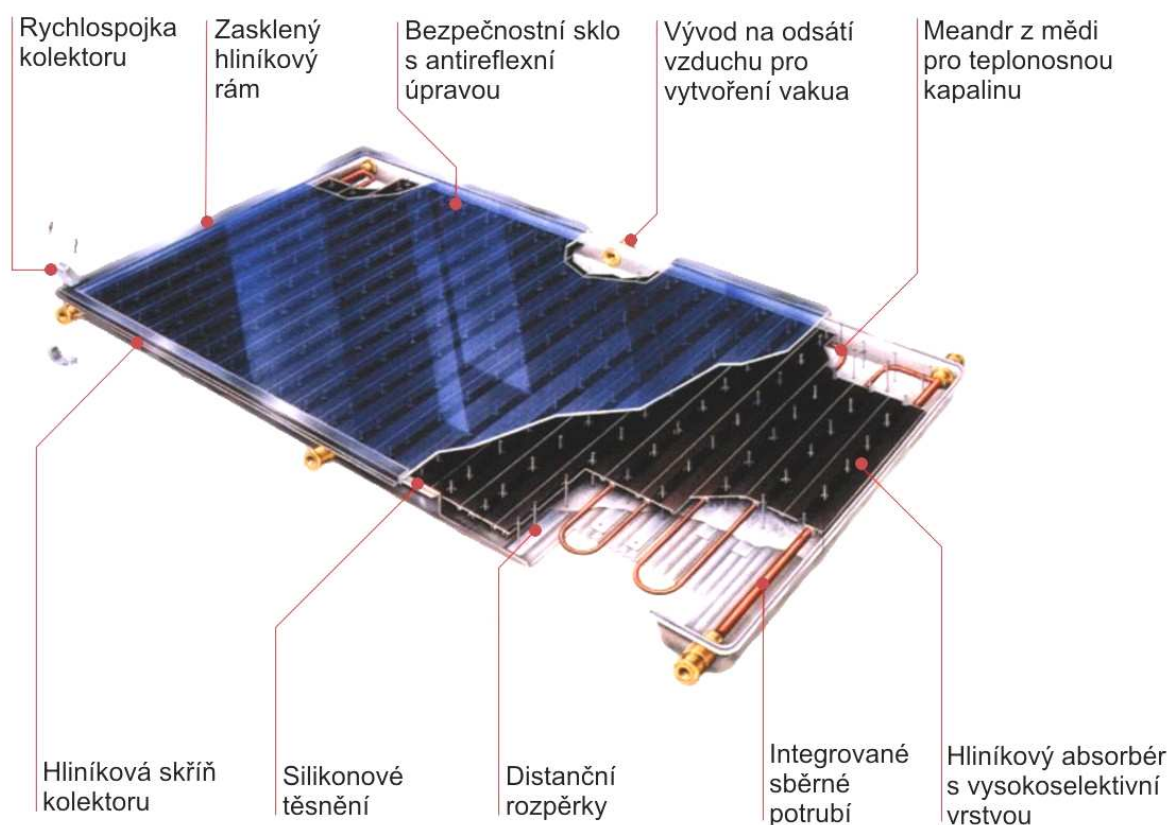
Tento kolektor je vhodný pro celoroční používání. V chladnějším období dokáže absorbovat stejné množství sluneční energie jako plochý atmosférický kolektor, ale s menšími ztrátami získaného tepla do okolí. Teplonosným médiem je nemrznoucí kapalina.

Konstrukce plochého vakuového kapalinového kolektoru (viz obr. 4) je podobná konstrukci plochého atmosférického kapalinového kolektoru (viz obr. 3). Ploché vakuové kolektory jsou však značně mechanicky namáhány vlivem atmosférického tlaku (1000 N/m²), a proto musí být vyztuženy rastrově uspořádanými, nerezovými, pružnými, opěrnými elementy. Kromě vakua je nově tento kolektor plněn vzácným plynem kryptonem. Vakuum nebo krypton je v současné době považováno za nejlepší izolaci, která chrání absorbér před vnějšími vlivy.

2 Solární fototermální kolektory a jejich využití

Kolem použití vakuových kolektorů se vedou široké diskuze. Na jednu stranu se mohou vakuové kolektory využívat pro ohřev vody po celý rok, ale na druhou stranu jsou několikanásobně dražší a často dochází k rychlé ztrátě vakua. Otázkou zůstává, zda se vyplatí investovat do dražších vakuových kolektorů a ohřívat s jejich pomocí vodu i v období malého množství slunečního záření, nebo používat atmosférické kolektory pouze sezónně.

Výnos energie pro absorber selektivně povrstvený v našich geografických podmínkách se pohybuje od 400 do 890 kWh/m²r. Provozní teploty plochých vakuových kolektorů se pohybují do 220 °C. [1]



Obr. 4 – Plochý vakuový kapalinový kolektor Heliostar H400V. [12]

2.4 Trubicové vakuové kolektory

Trubicové vakuové kolektory jsou určeny především pro vyšší pracovní teploty. Jsou vhodné pro ohřev vody, přitápění, nebo solární chlazení a nevhodné pro jednokruhový solární systém na ohřev vody v bazénech. V letních měsících je jejich účinnost srovnatelná s nevakuovanými slunečními kolektory, zatímco při špatných slunečních podmínkách nebo v přechodných měsících a v zimě je jejich účinnost vyšší. Životnost těchto kolektorů výrobci udávají až 30 let. Pořizovací náklady kvalitních vakuových kolektorů bývají 2,5 až 3krát větší než u klasických nevakuovaných kolektorů a 2krát větší než u vakuovaných plochých kolektorů.

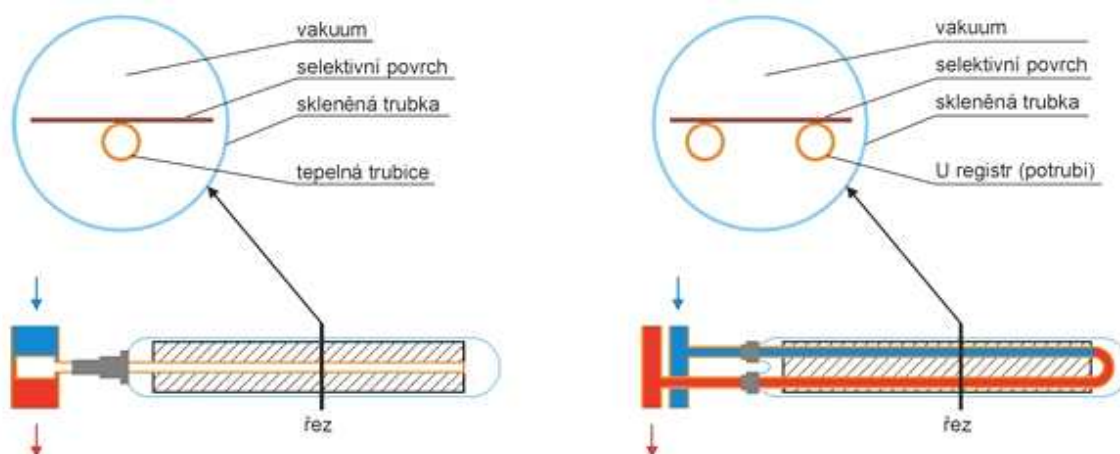
Konstrukce kolektoru je řešena ve tvaru trubice. Tvar trubice je přednostně používán, protože dokáže lépe odolávat extrémnímu podtlaku až 10⁻⁵ mbar. Na výrobu trubic se používá borosilikátové sklo, které má vyšší mechanickou a tepelnou stabilitu než

2 Solární fototermální kolektory a jejich využití

běžně používané sklo ve sklenářství na zasklívání oken. Trubicové vakuové kolektory se napojují do solární soustavy dvěma způsoby. Jedná se o tzv. suché a mokré napojení.

Suché napojení je typické pro vakuové trubicové kolektory s tepelnou trubicí (viz obr. 4). Nedochozí u něj k přímému průtoku teplotnosné látky skrz kolektor. Výhoda tohoto napojení spočívá v možnosti výměny vadné trubice bez nutnosti vypuštění teplotnosného média ze solárního okruhu.

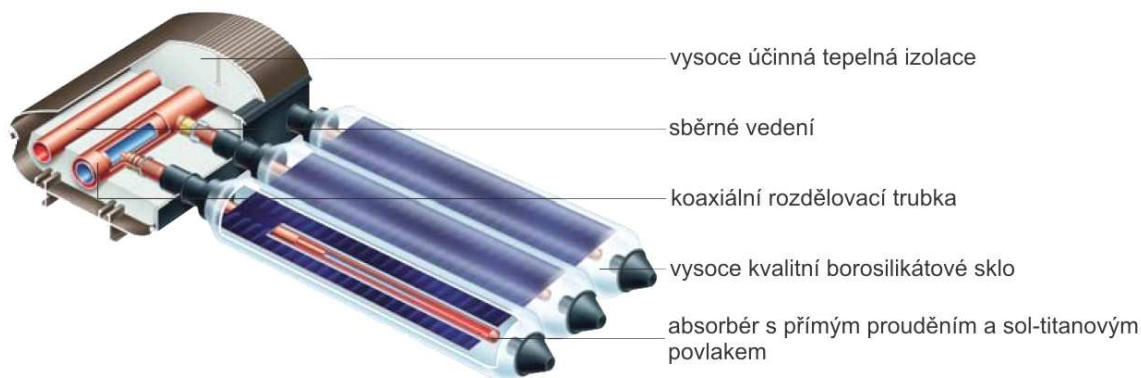
Naopak u mokrého napojení (viz obr. 4) teplotnosná látka protéká přímo trubicovým kolektorem a při výměně poškozeného kolektoru je nutné vypustit sběrné potrubí. Přímě protékané kolektory mají větší účinnost než kolektory se suchým napojením. [1]



Obr. 4 – Vlevo zjednodušený trubicový vakuový kolektor s tepelnou trubicí a vpravo s přímo protékanou U-trubicí. [2]

2.4.1 Trubicový vakuový kolektor s přímým prouděním

Tyto kolektory mají větší energetický zisk než trubicové vakuové kolektory s tepelnou trubicí. Teplotnosné médium může být skrz kolektor vedeno dvěma způsoby. Prvním je vedení pomocí koaxiální trubice (viz obr. 5) a druhým způsobem je vedení pomocí U-trubice. V případě vedení teplotnosné látky pomocí koaxiální trubice je teplotnosná látka vedena do spodní části skleněného pístu, odkud se ohřátá vrací protiproudem. V případě U-trubice dochází k průtoku teplotnosné látky přes absorber trubicí ve tvaru U. [1]

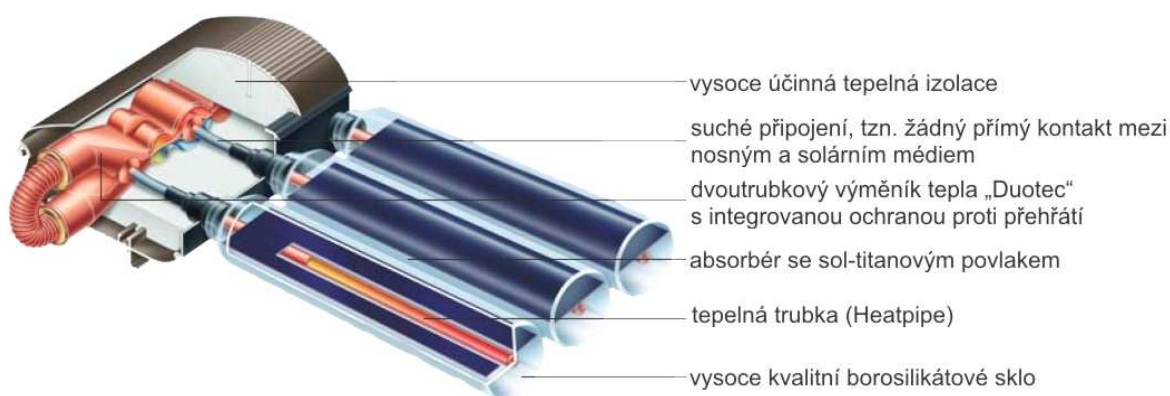


Obr. 5 – Vakuový trubicový kolektor s přímým prouděním Vitosol 200-T. [13]

2 Solární fototermální kolektory a jejich využití

2.4.2 Trubicový vakuový kolektor s tepelnou trubicí

Trubicové vakuové kolektory s tepelnou trubicí (viz obr. 6) mají menší energetický zisk než trubicové vakuové kolektory s přímým prouděním. Jejich výhoda spočívá ve snadné výměně vadné trubice při jejím poškození (není totiž nutné vypustit sběrné potrubí). Nevýhodou u těchto kolektorů jsou požadavky na montáž. Musí se instalovat ve svislé nebo šikmé poloze a to minimálně 15-20°. Funkce kolektoru je založena na změně skupenství teplotnosné látky v kolektoru. Po dostatečném ozáření se trubice s teplotnosným médiem (metanolem) zahřeje a dojde ke změně skupenství metanolu z kapalného na plynné. Následkem tohoto děje plynný metanol stoupá do horní části kolektoru, kde předá na principu vedení tepla své teplo teplotnosnému médiu solárního systému. Metanol se po odevzdání tepla ochlazuje a v tomto důsledku mění skupenství z plynného zpět na kapalně. Vlivem gravitační síly zkapalněný metanol stéká do spodní části kolektoru a celý proces se opakuje. [1]



Obr. 6 – Vakuový trubicový kolektor s tepelnou trubicí Vitosol 300-T. [13]

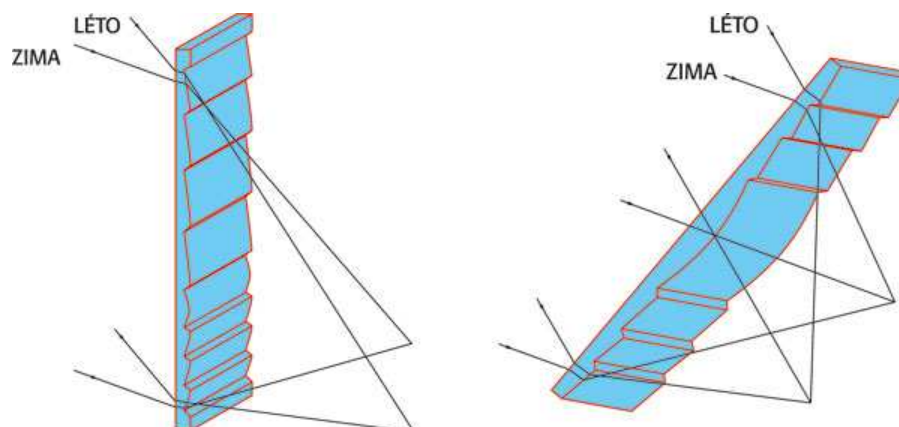
2.5 Solární koncentrační kolektory s lineárními Fresnelovými čočkami

V případě solárních kolektorů s lineárními Fresnelovými čočkami (viz obr. 7) by se dalo říci, že se jedná o architektonický prvek (viz obr. 8), který zastává více funkcí najednou. Tyto kolektory se skládají z vakuovaných Fresnelových čoček, nosného rámu čoček zabudovaném do pláště budovy, absorbérů slunečního záření, pohyblivého nosného rámu absorbérů, řídicí elektroniky a naváděcích čidel. Všechny části kolektoru jsou umístěny v interiéru. Z exteriéru vypadá pohled na tyto kolektory jako na čirá průsvitná neprůhledná okna. Mohou se zároveň použít k osvětlení interiérů budov, pasivní klimatizaci vnitřního prostředí a k ohřevu teplotnosné látky v solárním systému. Fresnelové čočky se rovněž používají k výrobě elektrické energie při použití fotovoltaických modulů. Energie přímého slunečního záření, která je odvedena pomocí teplotnosné látky, má za následek nejen dodání tepla do solárního systému, ale také pasivní klimatizování vnitřního prostředí objektu. Osvětlení interiéru je umožněno převážně difusním zářením.

Lineární Fresnelové čočky jsou optické prvky, které dokáží soustředit přímé sluneční záření do lineárního ohniska (na plochu úzkého plochého absorbéru). Tyto čočky mají tloušťku běžného okenního skla. Pomocí pohyblivého nosného rámu absorbérů a naváděcích čidel je zajištěno, že soustředěné sluneční záření dopadá právě na plochu absorbéru.

2 Solární fototermální kolektory a jejich využití

Solární kolektory s lineárními čočkami jsou využívány v obytných i průmyslových objektech. Již dnes jsou navrženy koncepty hybridních absorbérů, které by mohli v kombinaci s Fresnelovými čočkami přeměňovat sluneční energii na tepelnou a zároveň na elektrickou, nebo by ohřívaly dva typy teplotněného média současně (kapalinu a vzduch). [3] [4]



Obr. 7 – Lineární Fresnelové čočky přizpůsobené šikmému nebo svislému umístění. [14]

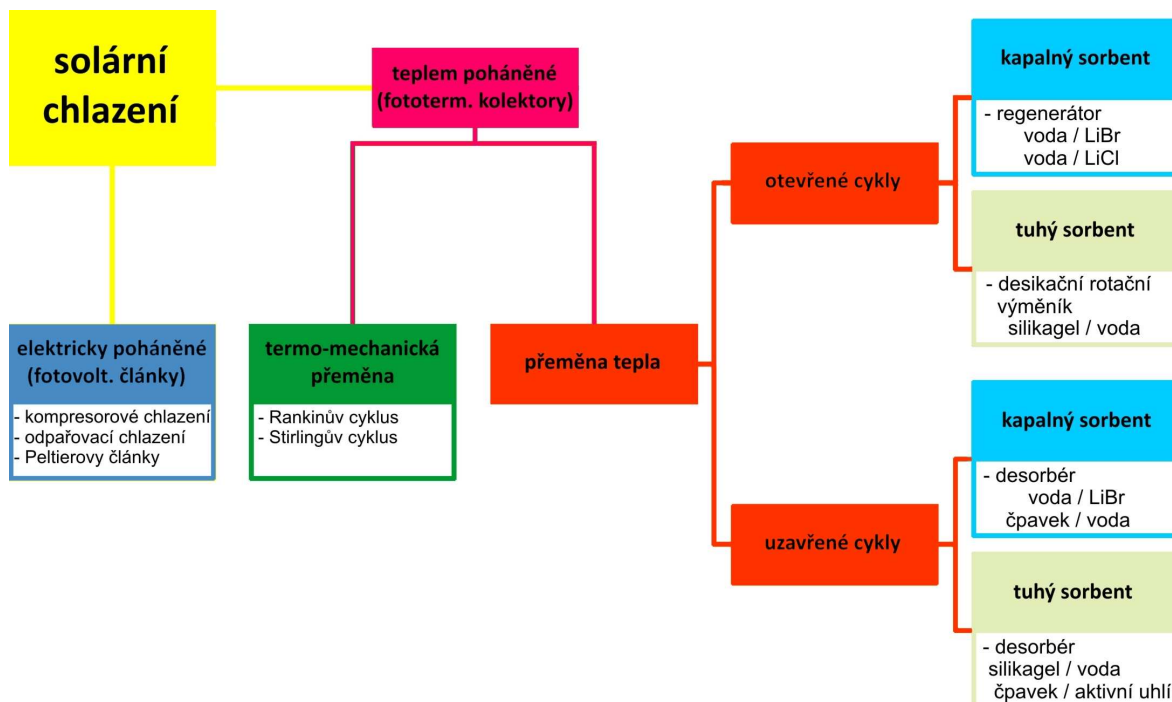


Obr. 8 – Instalace solárních kolektorů s lineárními čočkami na rodinném domku. [15]

3 VYUŽITÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ PRO CHLAZENÍ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ BUDOV

V poslední době se v solární technice stává trendem využití solárních soustav k dodávání energie pro klimatizaci budov. Již několik desítek soustav se „solární klimatizací“ bylo v Evropě realizováno. Bylo pozorováno, že klimatizace pracoviště přispívá u zaměstnanců k vytvoření pocitu tepelné pohody a podporuje jejich pracovní výkon. Klimatizace je však také požadována v prostorách s elektronikou, laboratořích a při skladování některých potravin. Běžně se k těmto účelům používají chladicí kompresory s elektrickým pohonem. Toto řešení často vede v teplých letních dnech k vysoké spotřebě elektřiny, a to většinou v době odběrových špiček, což má za následek vysoké provozní náklady nebo v horším případě výpadek elektrické sítě (black-out). Možnou alternativou je použití tepla místo elektřiny k pohonu chladicích systémů. Například v kombinaci se solární soustavou je možné podle okolností pokrýt požadavky na energii pro chlazení budov částečně nebo i zcela ze slunečního záření. Značnou výhodou je především to, že velký výskyt často přebytku slunečního záření je právě v období největší tepelné zátěže. Základní rozdělení technologií chlazení využívající sluneční energii je zobrazeno na obr. 9. Dosud byly aplikované technologie „solárního chlazení“ především s tuhým sorbetem v uzavřeném a otevřeném cyklu, nebo s kapalným sorbetem v uzavřeném cyklu. Ostatní technologie jsou ve stadiu vývoje, nebo ve startovací fázi z důvodu dočasné omezené použití v praxi.

Aby bylo dosaženo energetické úspory oproti konvenční chladicí soustavě (kompresní chladicí soustrojí), musí být minimální podíl solárního tepla na pohon chlazení 30 až 50 % (závislé na konkrétní realizaci). Při dosažení solárního podílu tepla 70 až 85 % mohou být úspory primární energie až 50 %. Aby bylo dosaženo solárního pokrytí 70 % pro potřeby chlazení kancelářských budov, měla by se osazená kolektorová plocha pohybovat od 0,2 do 0,5 m² na 1 m² užité plochy v budově. [5] [6]



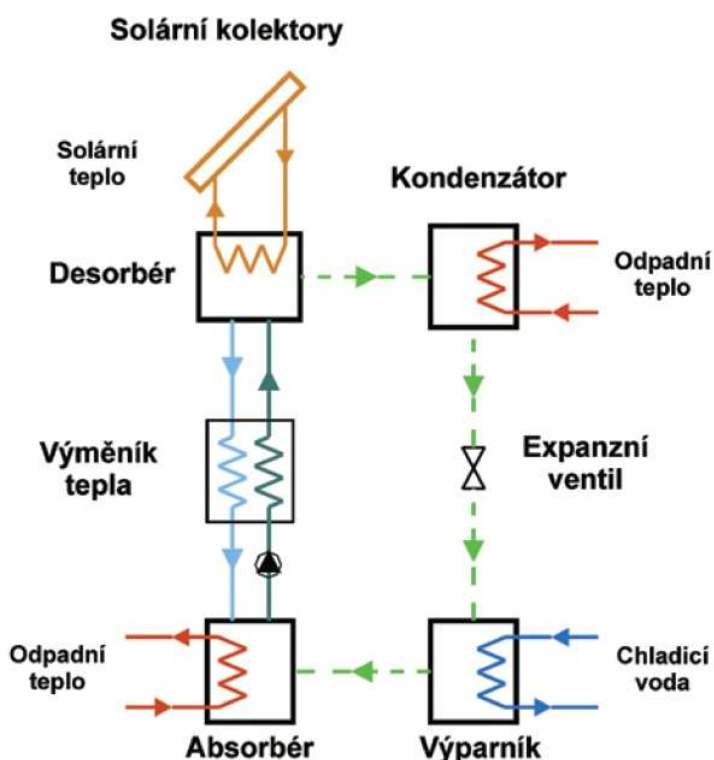
Obr. 9 – Možnosti využití sluneční energie pro chlazení.

3.1 Technologie chlazení poháněné teplem z fototermálních kolektorů

3.1.1 Přeměna tepla v uzavřeném cyklu s kapalným sorbentem

Používají se dvě kombinace pracovních látek. První kombinací je LiBr / H₂O, kde LiBr je roztok a H₂O je chladivo (používá se pro teploty chladicí vody od 6 do 20 °C). Druhou kombinací je H₂O / NH₃, kde H₂O je roztok a NH₃ chladivo (používá se pro teploty chladicího čpavku od -60 do 20 °C). Chladicí faktor je možné zlepšit zvýšením počtu cyklů, s čímž souvisí nutnost dodání teploty teploty nosné látky o vyšší teplotě. U jednostupňových cyklů platí COP = 0,6 až 0,7 pro teploty teploty nosné látky 80 až 100 °C. U dvojstupňových cyklů platí COP = 1,0 až 1,4 pro teploty teploty nosné látky 120 až 170 °C. U trojstupňových cyklů platí COP = 1,7 pro teploty teploty nosné látky na 200 °C.

Na obr. 10 je znázorněno schéma solárního jednostupňového absorpčního cyklu. Mezi absorbérem a desorbérem je oběhovým čerpadlem dopravován bohatý a ochuzený roztok s rekuperací tepla ve výměníku. V desorbéru se vypuzuje chladivo z roztoku při vysoké teplotě a tlaku za působení teploty nosné látky, která získala tepelnou energii v solárních kolektorech, na které dopadá sluneční záření. Následně se v kondenzátoru srážejí páry chladiva. Při průchodu vysrážených par chladiva skrz expanzní ventil dochází k expanzi na nízký tlak a poté se ve výparníku chladivo znovu vypařuje. Při vypařování ve výparníku dochází k poklesu teploty, čehož se využívá k odběru tepla chladicí vodě. Páry chladiva se po použití ve výparníku srážejí zpátky do roztoku v absorbéru. [7]



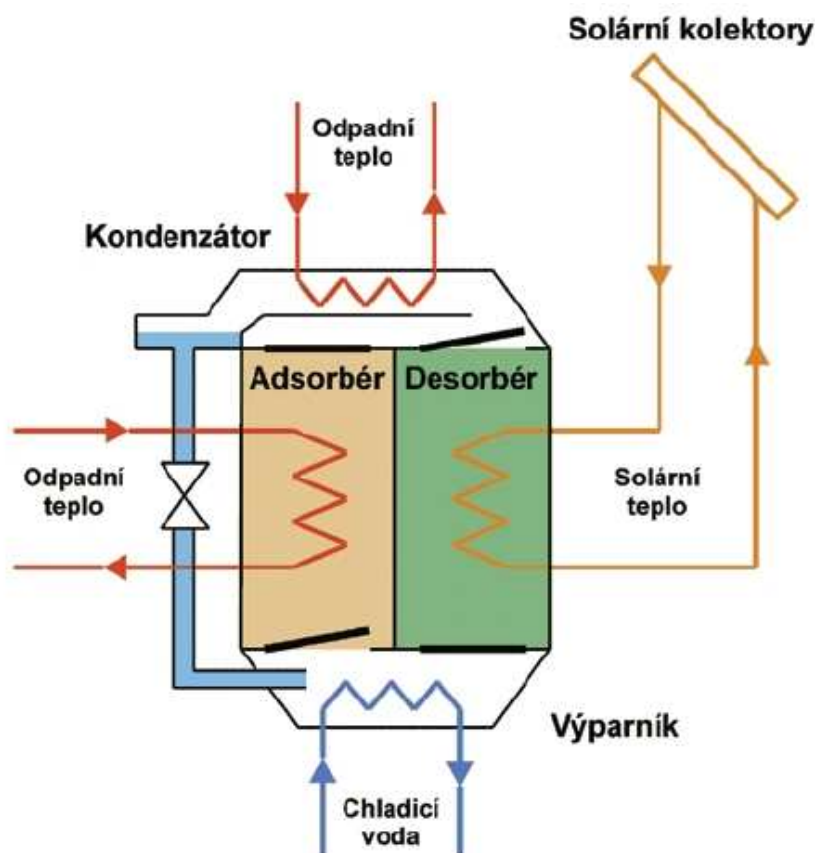
Obr. 10 – Schéma solárního jednostupňového absorpčního cyklu. [17]

3 Využití solárních kolektorů pro chlazení vnitřního prostředí budov

3.1.2 Přeměna tepla v uzavřeném cyklu s tuhým sorbentem

V uzavřených cyklech s tuhým sorbetem se používá několik kombinací pracovních látek. První kombinací je H_2O / silikagel, kde silikagel je vysoce porézní pevná látka schopná absorbovat kapalně chladivo (chladivo je adsorbováno silikagelem). Druhou kombinací je H_2O / zeolit, kde zeolit je krystalický hydratovaný porézní alumosilikát alkalických kovů a kovů alkalických zemin. Další kombinací může být NH_3 / aktivní uhlí, kde aktivní uhlí je produkt vyráběný z uhlí, má pórovitou strukturu, velký vnitřní povrch a je schopné absorbovat široké spektrum látek. Chladicí faktor se u tohoto systému pohybuje od 0,3 do 0,7 pro teploty teplonosné látky 60 až 80 °C.

Na obr. 11 je znázorněno schéma solární adsorpční chladicí jednotky. V desorbéru se nachází vysoce porézní pevná látka, v které je obsaženo chladivo. Za působení solárního tepla je chladivo v podobě páry vypuzeno do kondenzátoru. Po vypuzení chladiva dochází v desorbéru k regeneraci. V kondenzátoru se páry chladiva zkapalní a odvede se odpadní teplo. Dále je chladivo odvedeno z kondenzátoru skrz expanzní ventil do výparníku, kde je za nízkého tlaku rozprášeno. Dochází k vypařování chladiva, přičemž se připravuje chladicí voda určená pro použití v klimatizaci. Vypařené chladivo se adsorbuje do vysoce porézní látky v adsorbéru. Celý cyklus končí, když je desorbér regenerován a zároveň adsorbér je naplněn chladivem. Druhý cyklus začíná výměnou úloh adsorbéru a desorbéru. Desorbér se stává adsorbérem a naopak. To také znamená, že se musí prohodit okruh dodávající solární teplo a okruh s odpadním teplem. [7]



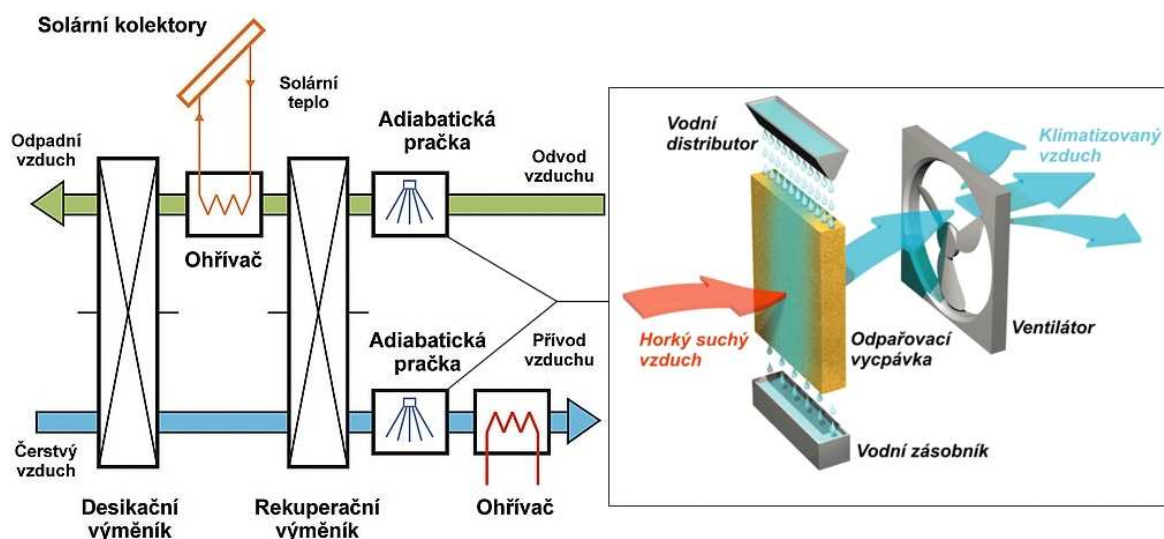
Obr. 11 – Schéma solárního adsorpčního cyklu. [17]

3.1.3 Přeměna tepla v otevřeném cyklu s tuhým sorbentem

Jako chladivo se u těchto systému používá vodní pára. Sorbetem (desikantem) bývá silikagel nebo zeolit. Chladicí faktor se u tohoto systému pohybuje od 0,5 do 1,0 pro teploty teploty nosné látky (ohřívatelem ohřátý vzduch) 50 až 140 °C. Mezi výhody sorpčních solárních systémů patří možnost provozu za atmosférického tlaku nebo schopnost odvlhčení upravovaného vzduchu. Nevýhodami pak u systémů s otevřenými cykly bývají zanesení sorbetu nečistotami zvenčí a vysoké ztráty při velkém průtoku vzduchu.

Na obr. 12 je znázorněn princip desikačního solárního chlazení. V desikačním výměníku (sorpčním rotoru) dochází k vysušování a ohřívání čerstvého vzduchu a zároveň k vlhčení odpadního vzduchu adsorbovanou vlhkostí z čerstvého vzduchu. Suchý a ohřátý vzduch dále pokračuje do rekuperačního výměníku (rotor zpětného získávání tepla) a adiabatické pračky, kde je ochlazen a zvlhčen. Ohříváč zakreslený na schématu slouží k regulaci teploty vzduchu přiváděného do budovy. Vzduch odváděný z budovy je rovněž mírně ochlazen v adiabatické pračce, aby mohl v rekuperačním výměníku ochladit čerstvý vzduch. Odpadní vzduch dále pokračuje do ohříváče, který funguje jako tepelný výměník. V tomto ohříváči se odpadní vzduch ohřívá na teplotu 50 až 140 °C. Takto ohřátý odpadní vzduch umožňuje vysoušení desikantu (odvádění vlhkosti) v desikačním výměníku.

V adiabatické pračce dochází při vypařování vody k přeměně citelného tepla na teplo latentní, což vede k ochlazení teploty vzduchu (viz obr. 12 napravo). Funkce adiabatické pračky je závislá na vlastnostech přiváděného vzduchu. Tento vzduch by měl být suchý, horký, či teplý a naopak nesmí být vlhký. Proto je čerstvý vzduch přiváděný do soustavy solárního desikačního chlazení odvlhčován v desikačním výměníku. [7] [18]

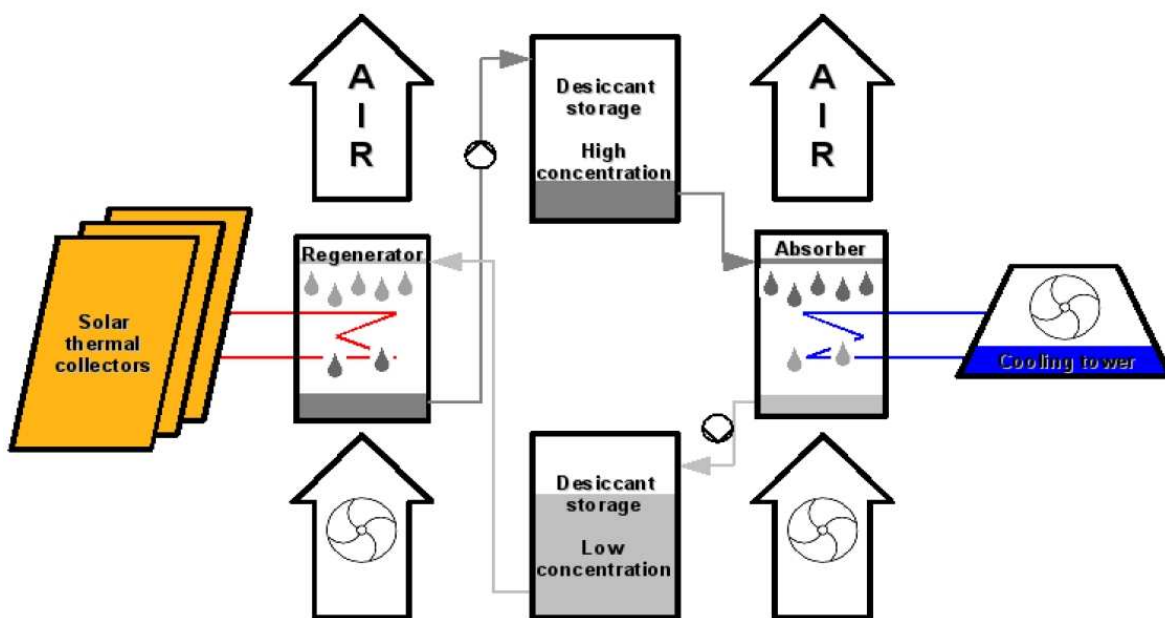


Obr. 12 – Schéma desikačního solárního chlazení a adiabatické pračky. [17] [19]

3.1.4 Přeměna tepla v otevřeném cyklu s kapalným sorbentem

Otevřený cyklus s kapalným sorbentem je kombinací uzavřeného cyklu pracovní látky a otevřeného desikačního cyklu. Jako chladivo se používá vodní pára. Jednou z nevýhod tohoto systému je možnost kontaminace chladiva desikantem (LiBr, LiCl), což má za následek ztrátu desikantu. Naopak výhodou tohoto systému je nízká tlaková ztráta v oběhu s roztokem. Největší výhodou je však možnost přípravy velmi koncentrovaného desikantu i v době, kdy je okruh klimatizace vypnutý. Takto dopředu připravený obohacený desikant může být použit pro chlazení i v době, kdy je nedostatek solárního tepla pro regeneraci desikantu v regenerátoru.

Na obr. 13 je znázorněno základní schéma desikačního systému s kapalným sorbentem. Jedná se o systém ve stádiu vývoje. Hlavním prvkem tohoto systému je regenerátor (desorbér) a absorbér. Ochuzený desikant je oběhovým čerpadlem odváděn ze zásobníku do regenerátoru. Solární teplo z kolektorů zde slouží k regeneraci desikantu. Odpadní vlhkost je odváděna vzduchem pomocí ventilátoru. Regenerovaný (obohacený) desikant je dále přiváděn do druhého zásobníku. Tato první část cyklu může být nezávislá na druhé části, kde je obohacený desikant „spotřebováván“. Při zapnuté klimatizaci se spustí i druhé oběhové čerpadlo, které přivádí obohacený desikant z druhého zásobníku do absorbérů a naopak odvádí ochuzený desikant do prvního zásobníku. Do absorbérů je ventilátorem vháněn čerstvý vzduch, který se nejprve pomocí obohaceného desikantu odvlhčí a ohřeje. Následně dochází k vlhčení a ochlazení klimatizovaného vzduchu vypařováním vody (adiabatická pračka). Voda používaná k vlhčení klimatizovaného vzduchu koluje přes chladicí věž. Odvod odpadního vzduchu v tomto konkrétním systému není řešen. [7] [8]



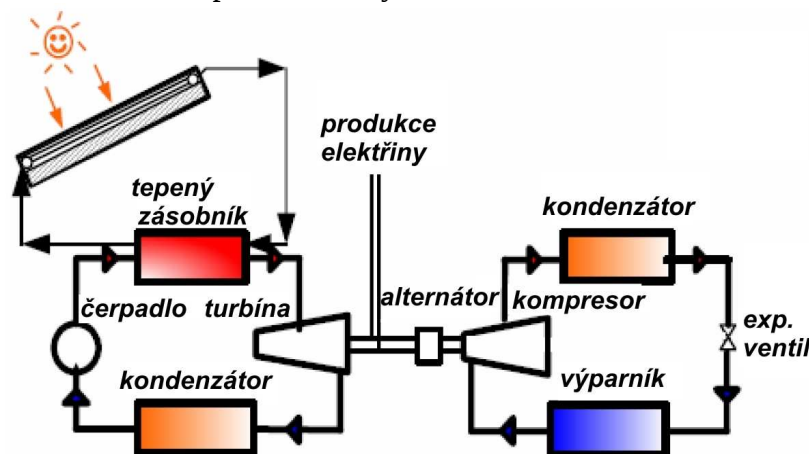
Obr. 13 – Desikační systém s kapalným sorbentem. [8]

3 Využití solárních kolektorů pro chlazení vnitřního prostředí budov

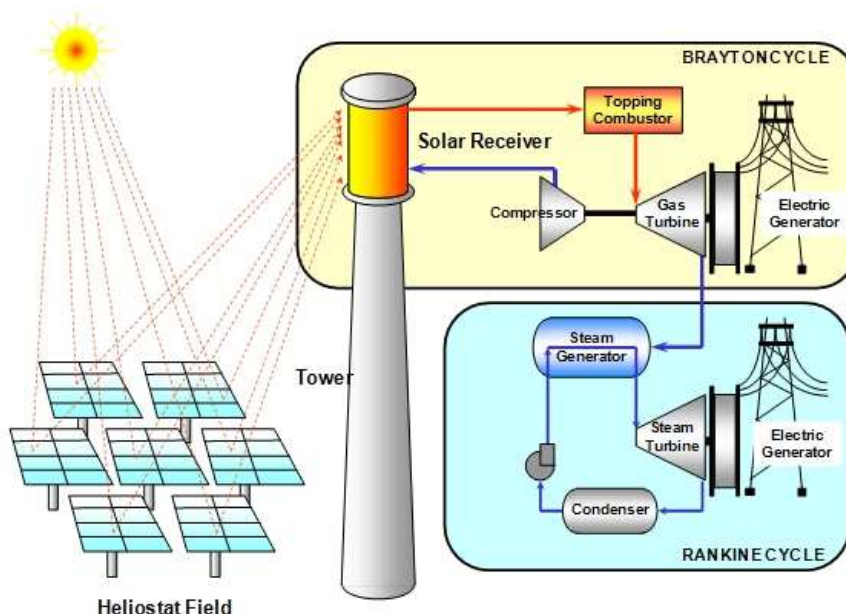
3.1.5 Termo-mechanická přeměna v Rankinově cyklu

Tento systém klimatizace je založen na kompresorovém chladicím cyklu. Solární kolektory pouze dodávají pracovní teplo turbíně, která roztáčí alternátor. Alternátor přeměňuje mechanickou energii z turbíny na elektrickou energii, kterou je poháněn kompresor. V kompresoru dochází ke stlačení plynného chladiva, které v kondenzátoru při vysokém tlaku zkapalní. Z kondenzátoru putuje zkapalněné chladivo skrz expanzní ventil do výparníku. Za nízkého tlaku je chladivo ve výparníku odpařováno, což vede k poklesu teploty (chladivo pohlcuje teplo ze systému). Cyklus končí v kompresoru kde je plynné chladivo opět stlačováno.

Řešení solárního oběhu s Rankinovým cyklem (viz obr. 14) je vhodné spíše pro velké soustavy solárních kolektorů. Jednou z možností náhrady drahých solárních kolektorů je použití zrcadel a solární věže (viz obr. 15). U tohoto systému jsou sluneční paprsky koncentrovány z velké plochy zrcadel na několikánásobně menší plochu na úpatí věže, kde dochází k ohřívání pracovní látky. [20] [21]



Obr. 14 – Schéma kompresorového chlazení s Rankinovým cyklem. [20]

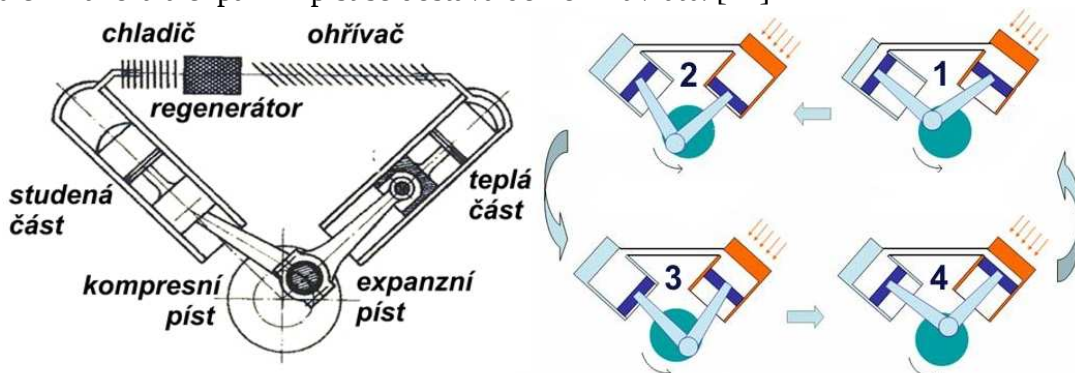


Obr. 15 – Schéma Brayton-Rankinova cyklu na výrobu elektrické energie. [21]

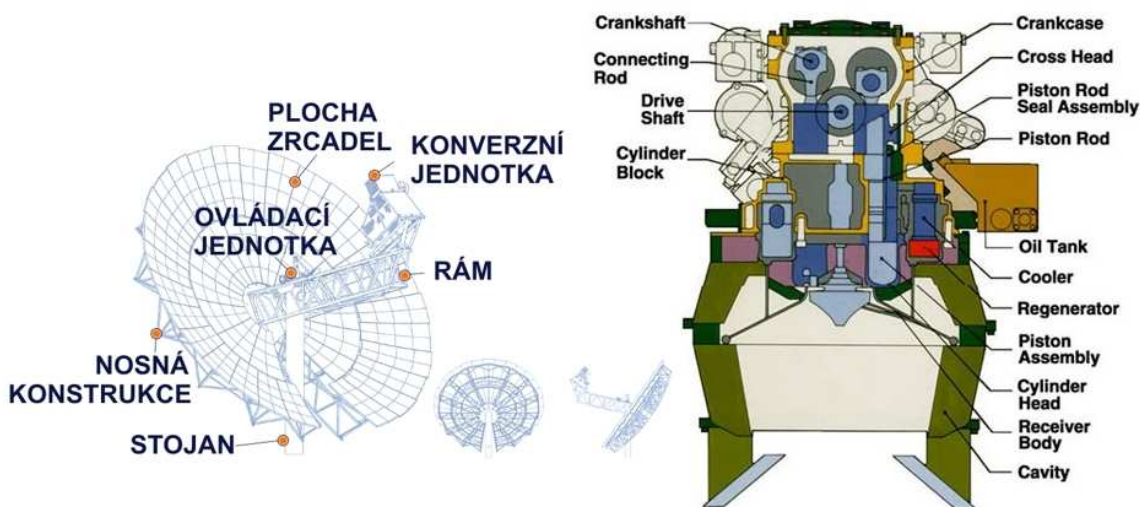
3.1.6 Termo-mechanická přeměna v Stirlingově cyklu

Obdobně jako Rankinův cyklus se Stirlingův cyklus používá k výrobě elektrické energie. Jedná se vlastně o Stirlingův pístový motor, který za působení tepelné energie roztáčí alternátor. Samotný Stirlingův motor má velké množství modifikací. V poslední době je asi nejrozšířenější modifikací systém Dish-Stirling (viz obr. 17), který dosahuje účinnosti až 35%. Tento systém má praktické využití v oblastech, kde dopadá minimálně 2000 kWh/m²/rok sluneční energie na zemský povrch. Z toho plyne velmi omezené použití v evropských podmínkách. Naopak téměř dokonalé podmínky jsou v pouštních oblastech jako je Sahara, Kalahari, Atakama.

Na obr. 16 je znázorněno zjednodušené schéma Stirlingova motoru modifikovaného pro solární ohřivač. V prvním fázi cyklu dochází k ohřevu pracovního plynu (vzduchu nebo helia). Ohřátý plyn se rozpíná a expanzní píst se pohybuje směrem dolů, zároveň se kompresní píst dostává do horní úvrati a vhání tak studený vzduch přes regenerátor a ohřivač do teplé části. V druhé fázi se pracovní plyn dále rozpíná. Expanzní píst skončí v dolní úvrati a kompresní píst se začne pohybovat směrem dolů. V třetí fázi se kompresní píst vlivem setrvačných sil dostává do dolní úvrati a expanzní píst putuje směrem nahoru. Mezi druhou a třetí fází nedochází uvnitř Stirlingova motoru ke změně objemu pracovního plynu. Pouze se přečerpá ohřátý plyn přes regenerátor do studené části. Ve čtvrté fázi dochází k chladnutí ohřátého plynu v oblasti studené části motoru. Plyn se začíná „smršťovat“ a objem plynu se zmenšuje. Kompresní píst se při změně objemu pohybuje směrem nahoru a expanzní píst se dostává do horní úvrati. [22]



Obr. 16 – Schéma Stirlingova motoru v pracovním cyklu. [23]



Obr. 17 – Systém Dish-Stirling s řezem konverzní jednotky. [24] [25]

3.2 Technologie chlazení poháněné elektřinou z fotovoltaických článků

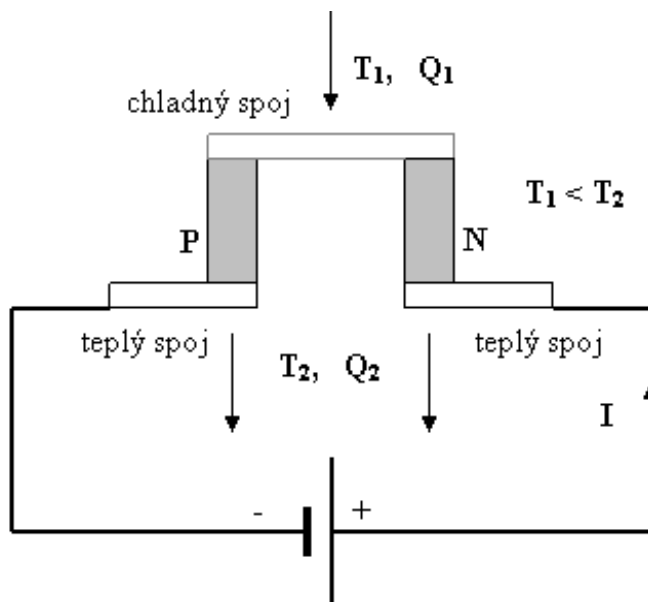
Jedná se o všechny druhy systémů chlazení, které jsou běžně zapojeny do elektrické sítě. Patří sem například kompresorové chlazení, odpařovací chlazení a Peltierův článek. Z důvodu stability klimatizace jsou chladicí systémy napájeny z akumulátorů, které jsou dobíjeny pomocí fotovoltaických panelů. Tento způsob solárního chlazení je značně ne hospodárný. Pořizovací náklady akumulátorů a fotovoltaických panelů jsou vysoké a účinnost oproti fototermálním kolektorům nízká. Naopak je výhodné to, že fotovoltaické panely produkují přímo potřebnou elektrickou energii.

3.2.1 Kompresorové chlazení

Kompresorové chlazení je nejrozšířenější ze všech technologií chlazení. Používá se jak pro klimatizaci obytných prostor, tak pro chladničky nebo mrazáky. Dosahuje vysokého chladicího faktoru. Provoz kompresoru je však energeticky velmi náročný.

3.2.2 Peltierův článek

Peltierův článek (obr. 18) je elektrotechnická součástka, která funguje na základě Peltierova jevu. Elektrický proud procházející obvodem se dvěma polovodiči (bismut a tellur) zapojenými v sérii způsobuje to, že se jedna ze styčných ploch ochlazuje a druhá zahřívá. Podstata tohoto jevu je přeměna elektrické energie na energii tepelnou a naopak. Peltierovy termoelektrické moduly se používají při velmi přesné regulaci teploty. Nevýhodou těchto článků je větší vyzařování tepla, než sami dokáží absorbovat. Chladný spoj je při průchodu proudu I ochlazen na teplotu T_1 a přímá od okolí teplo Q_1 . Na teplém spoji naopak odevzdává odebrané a odpadní teplo Q_2 , čímž se ohřeje na teplotu T_2 . [26]

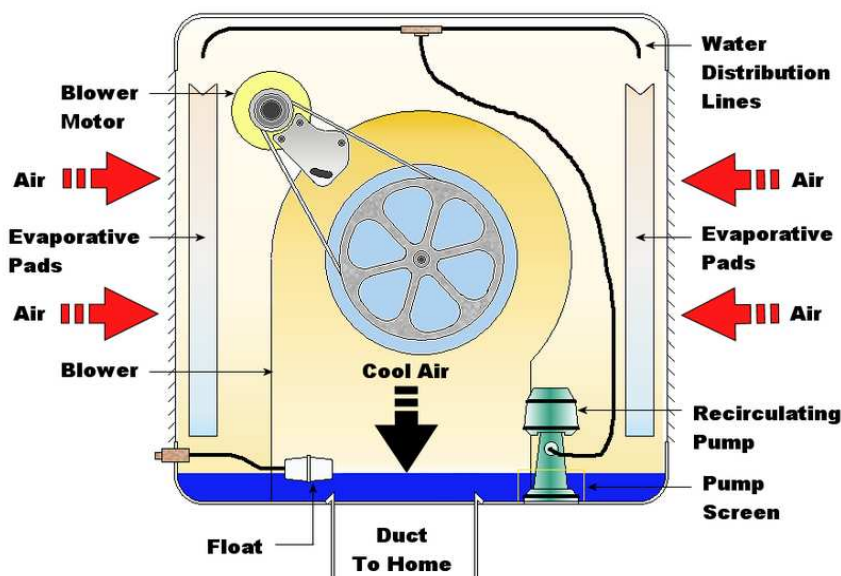


Obr. 18 – Peltierův chladicí článek. [27]

3 Využití solárních kolektorů pro chlazení vnitřního prostředí budov

3.2.3 Odpařovací chlazení

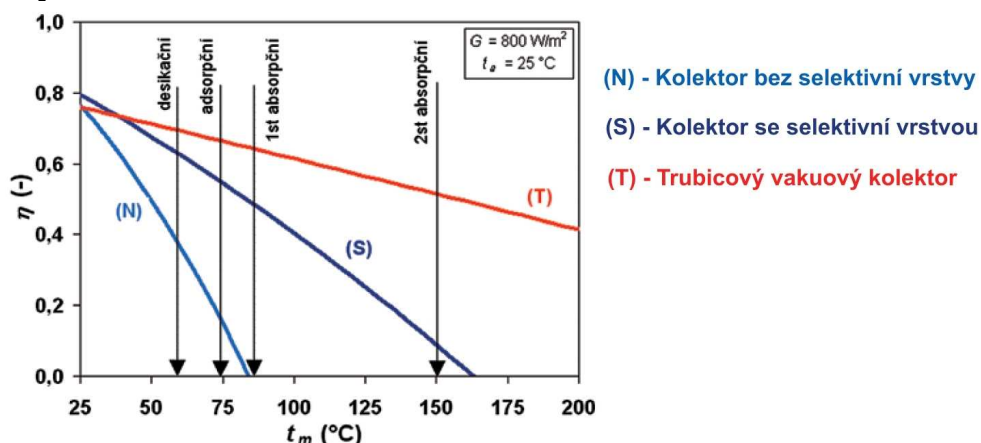
Odpařovací chlazení, neboli adiabatické chlazení využívá přeměny citelného tepla na teplo latentní při vypařování vody. Zařízení které využívá tohoto jevu se nazývá adiabatická pračka (obr. 19). Elektrická energie je zde potřebná pro pohon nízkootáčkového ventilátoru (blower motor) a čerpadla na distribuci vody (recirculating pump). [18]



Obr. 19 – Řez adiabatickou pračkou. [28]

3.3 Volba typu kolektorů pro soustavy solárního chlazení

V úvahu připadají tři typy solárních kolektorů a to trubcové, ploché nebo vzduchové. Jejich použití závisí především na vstupní teplotě, kterou požaduje chladicí agregát. Na obr. 20 je zobrazeno porovnání standardních křivek účinnosti solárních kolektorů v závislosti na střední teplotě teplonosné látky (součástí grafu je přehled použití chladících cyklů pro dané teploty). Dále je nutné brát ohled na plochu, kterou je možné zastavět kolektory. Trubicové kolektory instalované na stejné ploše jako ploché kolektory dosahují vyšších tepelných zisků. U absorpčních a adsorpčních systémů se používají ploché nebo trubcové kolektory. U desikačních systémů se mohou kromě kapalinových kolektorů používat i vzduchové. [17] [29]



Obr. 20 – Křivky účinnosti solárních kolektorů. [17]

3.4 Obchodní situace soustav pro solární chlazení

Nejrozšířenější je výroba absorpčních zařízení. Většina instalovaných absorpčních systémů má výkon větší než 100 kW. Mezi přední světové výrobce těchto systémů patří USA a Asie (Japonsko, Korea, Čína, Indie), kteří jsou zároveň největšími spotřebiteli elektrické energie spotřebované v klimatizačních kompresorových jednotkách. V Evropě patří mezi dominantní výrobce absorpčních agregátů Německo a Španělsko. Předním výrobcem adsorpčních agregátů je Japonsko. Mezi hlavní části desikačního chlazení patří desikační rotační výměník, který je vyráběn celosvětově pouze desítkou výrobců pocházejících z USA, Japonska, Švédska, Německa a Indie.

Dnes jsou systémy solárního chlazení aplikovány převážně v kancelářích a hotelích. Pro aplikace do rodinných domů zatím není příznivá situace. Chladicí solární agregáty bývají oproti kompresorovým agregátům prostorově náročné a drahé. Také požadavky na plochu osazenou kolektory jsou velké. Většímu komerčnímu využití solárních chladicích systémů brání dnes hlavně malé zkušenosti konstruktérů, malý dosahovaný chladicí faktor a také chybí v tomto oboru standardizované postupy.

V tab. 1 je vypracovaný přehled komerčně využívaných systémů solárního chlazení. Kromě výrobců se v Evropě zabývá problematikou solárního chlazení také několik výzkumných institutů: University of Applied Science Stuttgart (Německo), Joanneum Research (Rakousko), INETI (Portugalsko), UPC (Španělsko). [29] [30]

Tab. 1 – Přehled nejrozšířenějších technologií solárního chlazení. [30]

systém	uzavřený cyklus		otevřený cyklus	
chladicí cyklus	uzavřený chladicí cyklus		chladivo je v kontaktu s okolním prostředím	
princip	příprava studené vody		odvlhčování vzduchu a chlazení odpařováním	
sorbent	tuhý	kapalný	tuhý	kapalný
				
typické kombinace chladiva a roztoku	voda / silikagel	voda / lithiumbromid čpavek / voda	voda / silikagel voda / lithiumchlorid	voda/kalciumchlorid voda / lithiumchlorid
obchodně dostupné technologie	adsorpční chladničky	absorpční chladničky	sorpční klimatizace	prozatím komerčně nedostupné
typický chladicí výkon	adsorpční chlad.: 50-430 kW	absorpční chlad.: 15 kW - 5 MW	20 kW - 350 kW (každý modul)	-
COP	0.5-0.7	0.6-0.75 (1.st)	0.5->1	>1
požadované teploty	60-90°C	80-110°C	45-95°C	45-70°C
solární kolektory	trubicové vakuové, ploché	trubicové vakuové	ploché, vzduchové	ploché, vzduchové

4 REALIZOVANÉ SOUSTAVY PRO SOLÁRNÍ CHLAZENÍ

4.1 Hotel Duo

- Použití: Klimatizace hotelových pokojů, přehřev teplé vody
- Poloha: Praha
- Plocha kolektorů: 448 m² – trubicové vakuové přímo protékané kolektory
- Chladicí zařízení: Absorpční chladicí jednotka ACHJ Carrier (max. 800kW)
- Specifikace:
 - o K chlazení pokojů je zapotřebí minimální výkon 300 kW. Špičkový výkon kolektorů je 200 kW. Proto je v systému instalovaná plynová kotelná (480 kW), která dodává soustavě nedostatkový výkon.
 - o Teplota chlazené vody dosahuje 6 až 12°C.
 - o Klimatizace je realizována klimatizační jednotkou GEA TOP GEKO typu GT22 a GT31.
 - o Solární podíl na chlazení pokojů se pohybuje okolo 66%.



Obr. 21 – Střecha hotelu s kolektory a chladicí věž. [31]

4.2 Kosmetický závod

- Použití: Vzduchová klimatizace objektu
- Poloha: Inofita Viotias (Řecko)
- Plocha kolektorů: 2700 m² – ploché atmosférické kolektory
- Chladicí zařízení:
 - o 2 adsorpční jednotky (každá 350 kW)
 - o 3 kompresorové agregáty (každý 350kW)
- Specifikace: Tento systém pro solární chlazení je doposud největší svého druhu



Obr. 22 – Kolektorová plocha a dvě adsorpční jednotky. [32]

5 Realizované soustavy pro solární chlazení

4.3 Vinné sklady

- Použití: Udržování klimatu ve skladech s vínem
- Poloha: Banyuls (Francie)
- Plocha kolektorů: 130 m² – trubicové vakuové kolektory
- Chladicí zařízení: Absorpční jednotka (52 kW)
- Specifikace:
 - Tento systém pracuje bez záložního systému.
 - Okolo tří milionů lahví s vínem je chlazeno třemi vzduchovými jednotkami (25 000 m³/h).
 - Jedná se o jeden z nejstarších solárních chladících systémů, který bez problémů pracuje 15 let.



Obr. 23 – Střecha skladu osazená kolektory. [32]

4.4 Administrativní budova

- Použití: Vzduchová klimatizace zasedací místnosti a bufetu
- Poloha: Freiburg (Německo)
- Plocha kolektorů: 100 m² – vzduchové kolektory
- Chladicí zařízení: Desikační chladicí systém s tuhým sorbentem (10 200 m³/h)
- Specifikace:
 - Tento systém pracuje bez záložního systému.
 - Jedná se o jednoduchý solární systém s jednoduchou integrací do klimatizačního zařízení.



Obr. 24 – Střecha administrativní budovy a zasedací místnost. [32]

5 Realizované soustavy pro solární chlazení

4.5 Hotel a hotelová prádelna

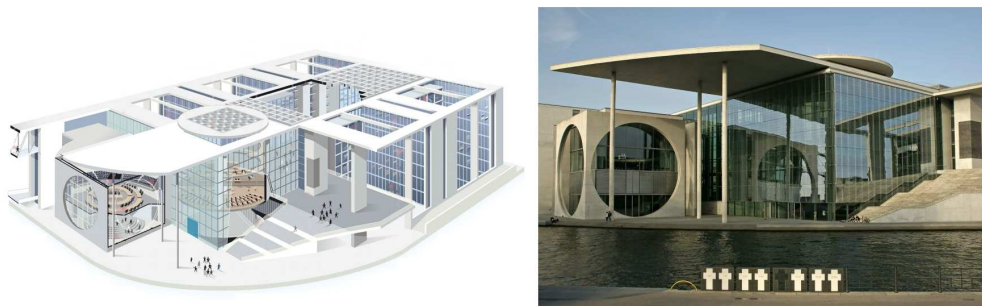
- Použití: Klimatizace hotelových prostor a zásobování hotelové prádelny párou
- Poloha: Dalaman (Turecko)
- Plocha kolektorů: 180 m² – koncentrační parabolické kolektory
- Chladicí zařízení: Dvoustupňová absorpční jednotka (116 kW, COP > 1,2)
- Specifikace:
 - Tento systém pracuje se záložním LPG spalovacím parním kotlem.
 - Jedná se o první dvoustupňový absorpční systém pracující s velkou efektivitou návratnosti.
 - Parabolické koncentrační kolektory produkují páru při 180 °C.



Obr. 25 – Koncentrační parabolické kolektory. [32]

4.6 Tiskové středisko spolkové vlády

- Použití: Ochlazování vnitřní plochy fasády proudícím vzduchem
- Poloha: Berlín (Německo)
- Plocha kolektorů: 240 m² – trubicové vakuové kolektory Vitosol 200-T
- Chladicí zařízení: 2 absorpční chladicí zařízení (celkový výkon 105 kW)
- Specifikace:
 - Tento systém pracuje se záložní dodávkou tepla z dálkového zásobování.
 - K hydraulickému oddělení solární soustavy od absorpčního chladicího zařízení bylo použito dvou akumulčních zásobníků o objemu 800 litrů.
 - Primárně je chladicí energie používána k chlazení fasády. Pomocí ústřední rozvodné sítě lze případný přebytek chladicí energie využít v prostorách s výpočetní technikou.



Obr. 26 – Novostavba Marie Elizabeth Lüder Haus. [5] [33]

5 Realizované soustavy pro solární chlazení

4.7 Orientační přehled realizovaných instalací systémů pro solární chlazení

Tento přehled byl vypracován v roce 2006 jako součást projektu MED-ENEC: Facing the Energy Challenge.

Tab. 2 – Příklady realizovaných instalací systémů pro solární chlazení. [24]

Země	Aplikace	Místo	Systém	Chladicí výkon (kW)	Plocha kolektorů (m ²)	Typ kolektorů
Francie	Kanceláře	Antipolis	Absorpční	35	58	vakuové trub.
Německo	Kanceláře	Augsburg	Adsorpční	350	2000	ploché
	Laboratoř	Garching	Absorpční	7	20	vakuové trub.
	Posluchárny	Freiburg	Desikační, tuhý	50	100	vzduchové
	Kanceláře	Remscheid	Adsorpční	105	150	vakuové trub.
	Kanceláře	Drážďany	Adsorpční	70	156	ploché
	Nemocnice	Freiburg	Adsorpční	70	170	vakuové trub.
	Chladicí síť	Berlín	Absorpční	2 × 35	229	ploché
	Kanceláře	Stuttgart	Absorpční	143	260	vakuové trub.
	Kanceláře	Berlín	Absorpční	2 × 35	348	vakuové trub.
Nizozemí	Kanceláře	Waalwijk	Desikační, tuhý	22	33	ploché
Portugalsko	Kanceláře	Lisabon	Desikační, tuhý	36	51	koncentrační
Rakousko	Kanceláře	Hartberg	Desikační, tuhý	30	12	vakuové trub.
Řecko	Kanceláře	Athény	Absorpční	35	160	ploché
	Hotel	Rethymno	Absorpční	105	450	ploché
	Škola	Athény	Absorpční	168	615	vakuové trub.
Španělsko	Kanceláře	Madrid	Absorpční	105	72	vakuové trub.
	Knihovna	Mataro	Desikační, tuhý	55	105	vzduchové
	Kanceláře	Barcelona	Absorpční	105	120	vakuové trub.
	Sport. centrum	Madrid	Absorpční	170	507	vakuové trub.
	Kanceláře	Toledo	Absorpční	252	750	vakuové trub.
	Kanceláře	Aretixo	Absorpční	170	1500	ploché

5 ZÁVĚR

V bakalářské práci byl vypracován přehled solárních kolektorů a jejich možné využití pro chlazení vnitřního prostředí budov. Bylo zjištěno, že ne všechny solární kolektory jsou k tomuto účelu vhodné, a také ve většině světových (obydlených) oblastí nedokáží zcela pokrýt chladicí jednotkou požadovaný příkon. Musí se proto potřebné teplo dodávat z alternativních zdrojů (plynové kotle, kotle na biomasu, ...). Další nevýhodou jsou vysoké investiční náklady solárních soustav oproti levnějším a dostupnějším kompresorovým zařízením.

Jednou z největších výhod solárních systémů je možnost navrhnout takový systém, který pokryje požadavky na vytápění, ohřev užitkové vody a klimatizaci. V letním období budou přebytky tepla spotřebovány k účelům klimatizace a naopak v zimním období, kdy klimatizace není žádoucí, bude tepelná energie spotřebovaná k vytápění.

I přes nevýhody solárních systémů se právě jim připisuje do budoucna velký potenciál. Předpokládá se, že s rostoucí cenou elektřiny dojde k jejich popularizaci. Také se dá do budoucna předpokládat zavedení normalizovaných postupů při navrhování solárních soustav, což v praxi povede k tomu, že se na trhu objeví více výrobců s praktickými zkušenostmi a ceny solárních systémů klesnou.

K pozitivnímu vývoji celé problematiky solárního chlazení přispívá snaha lidí omezit produkci oxidu uhličitého, který vzniká spalováním při výrobě elektřiny, a také snaha omezení výpadků elektřiny, které jsou v poslední době způsobovány používáním kompresorových klimatizací v době odběrových špiček.

6 ZDROJE

- [1] LADENER, Heinz; SPÄTE, Franký; STRUŠKA, Ján. *Solární zařízení*. [s.l.] : Grada, 2003. 267 s. ISBN 8024703629.
- [2] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. Praha : T. Malina, 1994. 203 s. ISBN 8090075959.
- [3] V., Jiří. a kol. *The architectural use of glass raster lenses*. Proceedings of WREC V. Florence (Italy): 1998, pp. 1595–1598.
- [4] MATUŠKA, Tomáš. *Advanced solar collectors for building integration*. Proceedings of WREC X, Glasgow (Great Britain): 2008, pp. 1547–1552.
- [5] ROGATTY, W. *Využití sluneční energie k chlazení budov*. TGA Fachplaner. 2005, 7. Dostupný také z WWW: <www.tzb-info.cz/>.
- [6] REMMERS, Karl-Heinz ; STRUŠKA, Ján. *Velká solární zařízení : úvod k navrhování a provozu*. 1. vyd. . Brno : ERA, 2007. 315 s. ISBN 978-80-7366-110-6.
- [7] HENNING, Hans-Martin. *Solar-assisted air-conditioning in buildings : A handbook for planners*. Wien : Springer, 2004. 150 s. ISBN 3211006478.
- [8] JARADAT, M., et al Initial Experiments of a Novel Liquid Desiccant Dehumidifier for Industrial and Comfort Air Conditioning Systems : Proc. International Conference Solar Air-Conditioning. In *068-palermo*. Palermo-Italy : [s.n.], 2009. s. 6. Dostupné z WWW: <<http://solar-publikationen.umwelt-uni-kassel.de/index.php>>.
- [9] NOVÁK, Jan. *ExtraBydleni* [online]. 2008-03-04 [cit. 2010-05-13]. Slunce ohřívá vzduch pro interiér. Dostupné z WWW: <<http://extrabydleni.finexpert.cz>>.
- [10] BECHNÍK, Bronislav. *TZB-info* [online]. 2009-02-09 [cit. 2010-05-13]. Solární ohřev venkovních bazénů. Dostupné z WWW: <<http://energie.tzb-info.cz>>.
- [11] *Regulus* [online]. 2010 [cit. 2010-05-13]. Ploché sluneční kolektory. Dostupné z WWW: <www.regulus.cz>.
- [12] *SOLAR TOP* [online]. 2010 [cit. 2010-05-13]. Kolektory. Dostupné z WWW: <www.solartop.cz>.
- [13] *Viessmann* [online]. 2010 [cit. 2010-05-13]. Sluneční kolektory. Dostupné z WWW: <www.viessmann.cz>.
- [14] MATUŠKA, Tomáš. *ABS-portal* [online]. 2010-12-18 [cit. 2010-05-13]. Multifunkční solární kolektory pro integraci do budov. Dostupné z WWW: <www.asb-portal.cz/tzb/>.
- [15] *Glasspo* [online]. 2010 [cit. 2010-05-13]. Fresnelové čočky. Dostupné z WWW: <www.glasspo.cz>.

- [16] MATUŠKA, Tomáš. *Trendy v solární tepelné technice : Solární chlazení*. TZB-info : Obnovitelná energie [online]. 19.12.2005, 6, [cit. 2010-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://energie.tzb-info.cz>>.
- [17] MATUŠKA, Tomáš. *Stavebnictví a interiéry* [online]. 2007-06-29 [cit. 2010-05-13]. Využití sluneční energie pro chlazení a klimatizaci v budovách. Dostupné z WWW: <www.stavebnictvi3000.cz>.
- [18] LAIN, Miloš. Využití adiabatického chlazení při klimatizaci budov : Adiabatické chlazení. TZB-info : Větrání a klimatizace [online]. 2005, 1, [cit. 2010-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://vetrani.tzb-info.cz>>.
- [19] *Pinnacle Products International* [online]. 2010 [cit. 2010-05-13]. Evaporative Coolers. Dostupné z WWW: <www.pinnacleint.com>.
- [20] Solar cooling. In *SARA Project : Sustainable Architecture*. [s.l.] : [s.n.], 2010 [cit. 2010-05-13]. Dostupné z WWW: <http://www.sara-project.net/IMG/pdf/Module_2-solar_cooling.pdf>.
- [21] HISCHIER, Illias. *ETH - Renewable Energy Carriers* [online]. 2009 [cit. 2010-05-13]. ALSTOM – Solar-driven Combined Cycles . Dostupné z WWW: <www.pre.ethz.ch/research/>.
- [22] KAMEŠ, Josef. Stirlingův solární motor . *Světlo* [online]. 2005, 6, 5, [cit. 2010-05-13]. Dostupný z WWW: <www.odbornecasopisy.cz>.
- [23] BENCHRIFA, R., et al. *TEER* [online]. 2002 [cit. 2010-05-13]. Potential of the Dish / Stirling technology introduction. Dostupné z WWW: <<http://www.cnr.ac.ma/teer/publications/dish%20stirling.htm>>.
- [24] *Solar Power Engineering* [online]. 2010 [cit. 2010-05-13]. How Do Solar Parabolic Dishes Work?. Dostupné z WWW: <<http://solarpowerengineering.com/tag/solar-dish/>>.
- [25] *Daily Kos* [online]. 2008 [cit. 2010-05-13]. The power of concentration - CSP . Dostupné z WWW: <www.dailykos.com/story/2008/10/15/628465/-The-power-of-concentrationCSP>.
- [26] KUBINA, Pavel. Regulace teploty pomocí Peltierových termoelektrických modulů . *AUTOMA : časopis pro automatizační techniku* [online]. 2005, 6, 11, [cit. 2010-05-24]. Dostupný z WWW: <www.odbornecasopisy.cz>.
- [27] POLÁK, Zdeněk. *Teplo v experimentech : Tepelný stroj*. In *Veletrh 10* [online]. Praha: [s.n.], 2005 [cit. 2010-05-24]. Dostupné z WWW: <<http://kdf.mff.cuni.cz>>.
- [28] Evaporative cooler. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2010, last modified on 2010 [cit. 2010-05-24]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Evaporative_cooler>.

- [29] SAMEN, Nadim Active Solar Cooling : Examples of implemented installations. In *Handout 1: Solar Cooling* . Istanbul Turkey : [s.n.], 2006 [cit. 2010-05-13]. Dostupné z WWW: <www.med-enec.com/en/conference.aspx>.
- [30] Solar Assisted Cooling : State of the Art. In *Key Issues for Renewable Heat in Europe*. [s.l.] : [s.n.], 2006 [cit. 2010-05-13]. Dostupné z WWW: <www.shpegs.org>.
- [31] *Tronic Control* [online]. 2007 [cit. 2010-05-13]. Hotel DUO Praha. Dostupné z WWW: <www.tronic.cz/hotel-duo.aspx>.
- [32] HENNING, Hans-Martin Solar Cooling and Air-Conditioning. In *EUSEW_Henning*. Freiburg : Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2007 [cit. 2010-05-13]. Dostupné z WWW: <http://esttp.org/cms/upload/pdf/070202_4_EUSEW_Henning.pdf>.
- [33] *Deutscher Bundestag* [online]. 2000 [cit. 2010-05-13]. Bundestag baut weiter. Dostupné z WWW: <www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2007/melh/skizze.pdf>.