

ANOTACE

Lučko Martin

Solární ohřev vody v bazénu

V této bakalářské práci se zabývám problematikou a návrhem solárního systému pro ohřev vody ve venkovním bazénu. Pro ohřev je zde použit bivalentní systém. Výpočet je zaměřen na návrh velikosti plochy kolektoru a energetickou bilanci systému.

Klíčová slova: sluneční kolektory, výměník tepla, spojovací potrubí, armatury, teplotonosná kapalina, zařízení pro automatickou regulaci

ANNOTATION

Lučko Martin

Solar heating swimming-bath water

In this bachelor's work I engage in problems and concept of solar system for preparing heating swimming-bath water. For heating – up has been used a bivalent system complemented by electric heating inlet. The calculation has been intent on concept of collector area size and balance of energy system.

Key words: solar collectors, heat exchanger, binding piping, armatures, heat supporting liquid, system for automatic regulation

Bibliografická citace

LUČKO, M. *Solární ohřev vody v bazenu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 52 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedení vedoucího bakalářské práce pana doc. Ing. Jana Fiedlera a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne

Lučko Martin

Poděkování

Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování bakalářské práce tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Janu Fiedlerovi.

OBSAH:

1.	ÚVOD	
1.1	Základní údaje o Slunci	8
1.1.1	Využití slunečního záření	8
1.1.2	Globální záření	8
1.1.3	Přeměny slunečního záření na různé formy energií	11
2.	DRUHY SYSTÉMŮ A ZAŘÍZENÍ PRO VYTÁPĚNÍ BAZÉNŮ	14
2.1	Tepelná čerpadla	14
2.1.1	Princip práce tepelného čerpadla	14
2.2	Druhy tepelných čerpadel	15
2.2.1	Systém Voda – Voda	15
2.2.2	Systém Země – Voda	16
2.2.3	Systém Vzduch – Voda	17
2.3	Elektroohřev	18
2.4	Solární systémy	20
3.	ZÁKLADNÍ KOMPONENTY SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	22
3.1	Solární absorbéry	22
3.1.1	Absorbér Soladur S2	22
3.1.2	Absorbér TPA020	23
3.2	Solární kolektory	23
3.2.1	Koncentrační kolektory	23
	<i>Kolektor Solarglas SGI</i>	
3.2.2	Vakuové kolektory	24
3.2.2.1	Vakuové trubicové kolektory	24
	<i>Kolektor KTU 15</i>	
3.2.2.2	Ploché vakuové kolektory	25
	<i>Kolektor Heliostat 400</i>	
3.2.3	Ploché kolektory	25
	<i>Kolektor Heliostat 202</i>	
3.3	Výměník tepla	26
3.4	Spojovací potrubí	27
3.5	Oběhové čerpadlo (řídící jednotka)	27
3.6	Teplonosná kapalina	29
3.7	Expanzní nádoba	29
3.8	Zařízení pro automatickou regulaci	30
4.	ZPŮSOBY ZAPOJENÍ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO OHŘEV VODY V BAZÉNU	31
4.1	Průtočný systém (jeden okruh)	31
4.2	Systém s výměníkem tepla (dva okruhy)	32
4.3	Bivalentní systém s elektrickou topnou vložkou	33
5.	VÝPOČET PLOCHY KOLEKTORŮ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	35
5.1	Výpočet plochy kolektorů s nočním zakrýváním	36
5.2	Výpočet plochy kolektorů bez nočního zakrývání	42
6.	ZVOLENÁ VARIANTA A JEJÍ POŘIZOVACÍ NÁKLADY	45
6.1	Zvolená varianta a typ zapojení	45
6.2	Vybrané komponenty z nabídek trhu a jejich pořizovací náklady	46
6.2.1	Solární zařízení	46
6.2.2	Bazénové příslušenství	47

6.3	Provozní náklady.....	48
6.3.1	Stávající sazby cen energií.....	48
6.3.2	Výpočet ceny elektrického dohřevu.....	48
6.4	Doba návratnosti investic.....	49
7.	ZÁVĚR.....	50
8.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	51
9.	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	51
10.	SEZNAM PŘÍLOH.....	52

1. ÚVOD

1.1 Základní údaje o Slunci

Slunce je od Země vzdáleno asi 150 milionů km. Sluneční paprsek urazí tuto vzdálenost za 8 minut a 20 vteřin. V jádru Slunce probíhají termonukleární reakce, při nichž se vodík přeměňuje na helium. Z množství helia a vodíku bylo vypočteno, že Slunce svítí téměř 5 miliard let a bude svítit ještě 10 miliard let.

Slunce je naším ústředním dodavatelem energie. Je to koule z plynné hmoty, v jejímž středu neustále probíhají jaderné fúze. Část slunečního záření nám je k dispozici na Zemi. Toto záření umožňuje život na naší planetě. Určuje všechny přírodní pochody, které jsou pro náš život nepostradatelné, jako například déšť, vítr, fotosyntézu, mořské proudy a mnoho jiných. Intenzita záření na povrchu Slunce při teplotě 5500 °C činí asi 63 000 kW/m². Z tohoto množství energie obdrží Země pouze malý, ale přesto významný zlomek. Samotná energie záření dopadajícího na zemský povrch činí 219 000 000 miliard kWh ročně, což odpovídá 2000 násobku současných světových energetických potřeb.

1.1.1 Využití slunečního záření

Solární energie patří mezi nevyčerpatelné zdroje energie. Její využití nemá žádné negativní dopady na životní prostředí. Množství využitelné energie závisí na klimatických podmínkách jednotlivých částí zemského povrchu. Lze ji dobře využívat nejen v oblastech s dlouhým slunečním svitem, ale i s vyšší nadmořskou výškou.

V České republice jsou poměrně dobré podmínky pro využití energie slunečního záření, přestože množství sluneční energie v průběhu roku kolísá a největší množství sluneční energie dopadá v období, kdy spotřeba tepla je nejnižší.

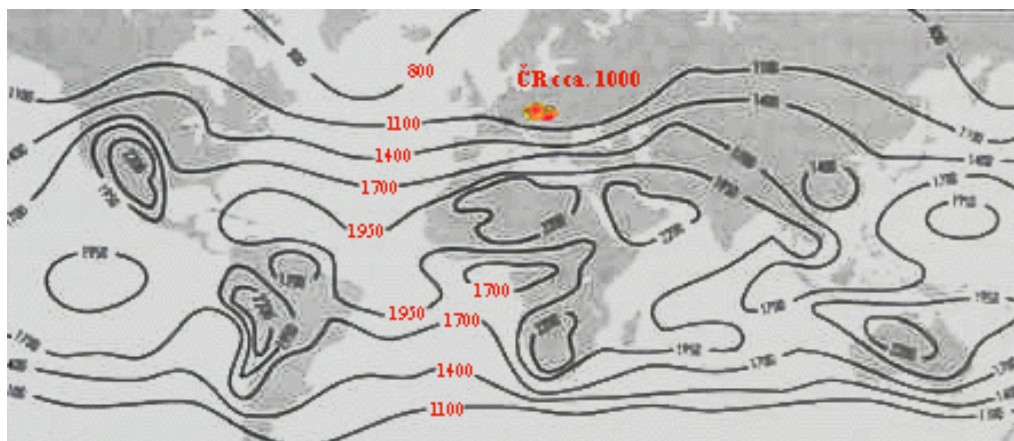
Ročně dopadá kolmo na 1 m² plochy 800 - 1250 kWh solární energie. Od dubna do října 75% energie a 25% energie v období od října do dubna.

Celková doba slunečního svitu v našich podmínkách se pohybuje v rozmezí 1400 - 1800 h/rok. V horských oblastech dosahuje doba 1 600 h za rok, v nížinných oblastech jižní Moravy 2000 h.

1.1.2 Globální záření

Doba slunečního svitu a intenzita záření jsou závislé na zeměpisné poloze, ročním období a na povětrnostních podmínkách. Roční úhrny globálního záření dosahují v nejslunečnějších oblastech Země hodnot přes 2200 kWh/m². V Česku je v některých oblastech dosahováno hodnot o velikosti 1 100 kWh/m².

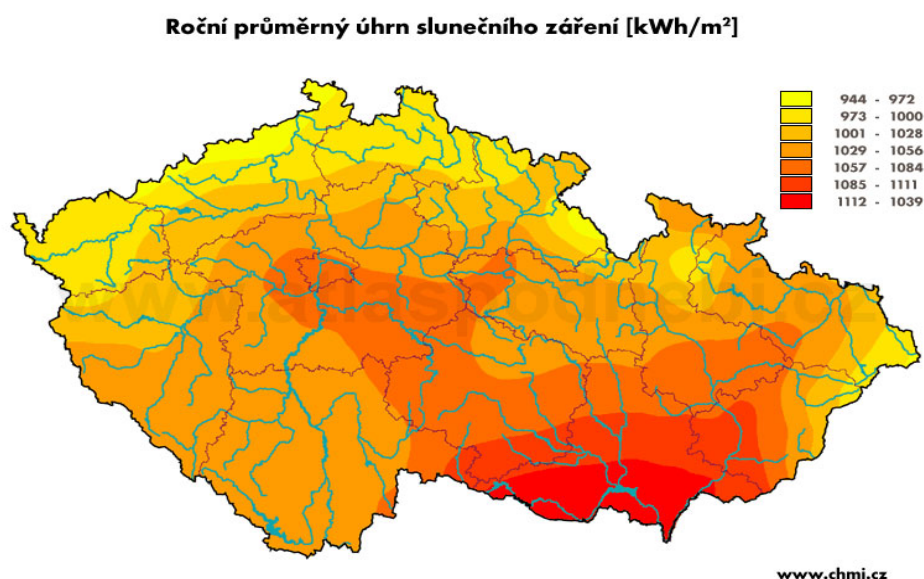
Globální záření se skládá z přímého a rozptýleného difúzního záření. Přímé sluneční záření je to, které rozptýleno nebylo. Rozptýlené záření přichází z celé oblohy (za jasného počasí hlavně z těsného okolí Slunce) i od osvětleného terénu. Jeho role je tím větší, čím je Slunce níže (tedy čím delší je cesta záření atmosférou), čím je ovzduší prашnějši a samozřejmě čím více je na nebi oblačnosti. Průměrný podíl nepřímého záření je závislý na klimatických podmínkách, jakož i na nadmořské výšce.



Obr.1: Střední hodnoty úhrnů globálního záření na Zemi (kWh/m^2) [1W]

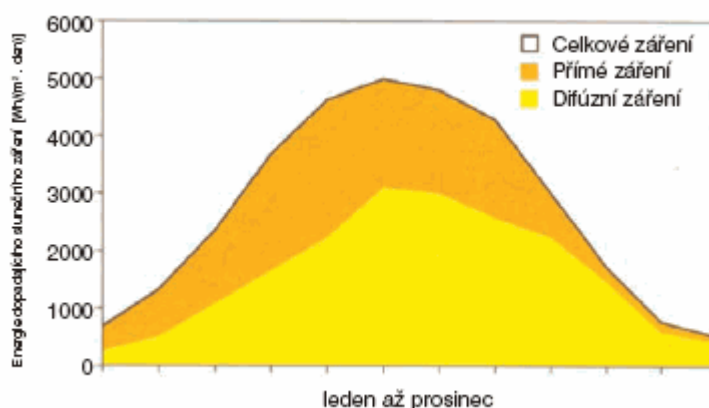
Zatímco v letním úhrnu představuje podíl rozptýleného záření přibližně 50 % z globálního záření, je tento podíl v zimě ještě značně větší.

Čím je však podíl difúzního záření vyšší, tím nižší je využitelná energie globálního záření.



Obr.2: Střední hodnoty úhrnů globálního záření v ČR (kWh/m^2) [2W]

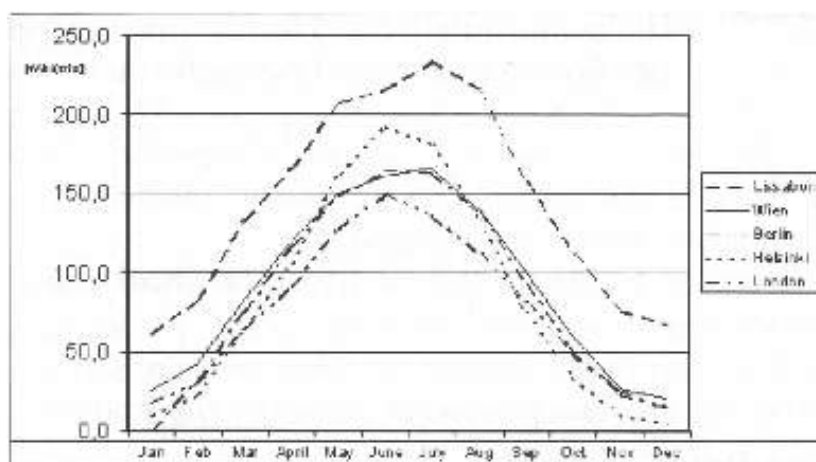
Střední hodnoty ročních úhrnů globálního záření na horizontální rovinu jsou znázorněny na obrázcích č.1 a 2. Obrázek č.2 představuje úhrn globálního záření dopadajícího v průběhu jednoho roku na území různých regionů v Česku. Roční nabídka slunečního záření kolísá mezi $1\,000\text{ kWh/m}^2$ a 1250 kWh/m^2 . Průměrná doba slunečního svitu činí v Česku cca 2 000 hodin.



Obr.3: Roční průběh globálního záření na horizontální rovinu ve dnech bez oblačnost [2W]

Na letní polovinu roku připadnou tři čtvrtiny slunečního záření. Naproti tomu v měsících s nejvyšší spotřebou tepla (od listopadu do února) dopadne pouze šestina ročního souhrnu energií. (to je ostatně důvod, proč se bez topení neobejdeme).

Pro dimenzování solárních zařízení jsou rozhodující dlouhodobé průměry globálního záření, které jsou zaznamenávány meteorologickými stanicemi. Tabulka 2 znázorňuje rozmezí měsíčních průměrů globálního záření ve vybraných lokalitách. Lze tu jasně rozpoznat, že výše položená místa jsou zvýhodněna především v zimě, protože jsou nad nízkou oblačností a mlhou. Naproti tomu je zřejmé, že poněkud nižší hodnoty záření v nížinách se na různých místech moc neliší. Obecně lze tedy říci, že v celém Rakousku podobně jako v Česku jsou srovnatelně dobré předpoklady pro využívání slunečního tepla [1W].



Obr.4: Srovnání hodnot globálního záření dopadajícího na horizontální rovinu v různých evropských městech [3W]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ročně
Hradec Králové	22	40	76	116	161	164	163	142	92,9	57	24	17	1074
Praha-Karlovy	22	38	70	110	151	146	154	136	84,8	55	23	16	1004
Ostrava-Poruba	25	41	70	102	146	140	146	123	79,9	57	26	18	972
Kuchařovice (JM)	26	48	81	122	165	166	169	142	94,2	60	27	19	1119
Kocelovice (JČ)	27	46	77	116	159	157	165	145	91,9	58	27	19	1087
Brno	25	43	81	119	150	161	165	140	101	60	26	20	1090

Tab.1: Průměrné měsíční a roční úhrny globálního záření na horizontální rovinu.
(Údaje v kWh/m²)[3W]

1.1.3 Přeměny slunečního záření na různé formy energií

Všechn život na Zemi, tj. také život člověka, zapadá do řetězce přeměn sluneční energie. Bez sluneční energie by nebylo života na Zemi. Civilizovaný člověk však dokáže stále větší část dopadající sluneční energie usměrnit ve svůj prospěch. Moderní technika mu k tomu dává stále více prostředků. Jednou z reálných možností, jak krýt stále rostoucí spotřebu energie, je zachycovat sluneční energii ještě ve formě fotonů a účelně ji přeměňovat v jiné užitečné formy energie – v energii tepelnou, mechanickou, elektrickou a chemickou.

Tepelná energie

Poměrně nejsnadněji lze energii slunečního záření přeměnit v energii tepelnou. Záření se přitom zachycuje sběrači (kolektory) buď ve tvaru plochých kolektorů, nebo ve tvaru koncentrátorů s odrazovou plochou (koncentrující kolektory). Plochými kolektory lze zachycenou sluneční energii převést v teplo o nízkém potenciálu (do 100 °C). Jde o tzv. nízkoteplotní systémy, které mohou sloužit především k ohřívání vody, k vytápění budov, popř. k teplovzdušnému sušení materiálů.

Optickou koncentrací dopadajícího slunečního záření lze u koncentrujících kolektorů získat teplo o vysokém potenciálu několika set °C, popř. až 4000°C i více. Vysokoteplotní systémy s koncentrujícími kolektory mohou sloužit k destilaci vody a dále jako sluneční vařiče a sluneční pece k přípravě jídel, k tavení kovů apod. V poslední době se také uvažuje o využití sluneční energie pro chlazení.

Mechanická energie

Přímá přeměna slunečního záření v mechanickou energii by byla velmi málo účinná, neboť tlak (impuls) fotonů je nepatrný. Jinak téměř všechna mechanická energie na Zemi má svůj původ v energii sluneční – jde však přitom o přeměnu nepřímou. Lze uvést řadu příkladů s řetězcem přeměn, na jehož počátku je vždy sluneční energie:

Sluneční záření – ohřátí povrchů moří a pevnin – vítr (kinetická energie vzduchu) – větrné motory (mechanická energie).

Sluneční záření – ohřátí povrchů moří a pevnin – vynesení vodní páry stoupajícím vzduchem potencionální energie vody v mracích – část potencionální energie ve vodních tocích – přehrady, vodní turbíny (mechanická energie).

Sluneční záření – mikroorganismy s listovou zelení (chemická energie) – ropa (chemická energie) – hoření (teplo) – spalovací motory (mechanická energie).

Podobných příkladů lze uvést mnoho. Každý řetězec přeměn se řídí zákonem o zachování energie a na jeho konci je vždy teplo, které se v podobě infračerveného záření Země odvede zpět do kosmického prostoru.

Elektrická energie

Ze sluneční energie lze získat elektrickou energii těmito způsoby:

- a) přímou proměnou na základě fotovoltaiického jevu,
- b) z tepla buď přímo nekonvenčním způsobem, při němž se nepoužívá mechanická energie jako mezičlánek, nebo přímo konvenčním způsobem podobně jako v tepelných elektrárnách
- c) z chemické energie buď přímo s pomocí palivových článků, nebo nepřímo pomocí tepla.

Základem fotovoltaiické přeměny je přímé působení slunečního záření na elektrony v pevných látkách. Pro výrobu elektrické energie ve velkém měřítku je však nevýhodou jednak malá účinnost slunečních baterií která se v současnosti pohybuje okolo 12 - 15%.

Termoelektrická přeměna je založena na principu polovodičového termoelektrického článku. Účinnost polovodičových měničů je při nízkých teplotách jen asi 3%, při středních teplotách 10 až 12%.

Při *termoemisní přeměně* se zahříváním kovové elektrody (editoru) zvětšuje kinetická energie elektronů. Elektrony s dostatečně velkou kinetickou energií pak unikají z editoru a dopadají na chlazenou druhou elektrodu (kolektor), a tím se budí elektrický proud. Editor je nutno v ohnisku fokusačního sběrače sluneční energie zahřát na teplotu 1600 až 2200°C.

Přímou přeměnu sluneční energie v energii elektrickou lze také realizovat pomocí *palivových článků*, z nichž největší význam mají vodíko-kyslíkové články. Pochod v těchto článcích je v podstatě obráceným pochodem při rozkladu vody elektrickým proudem. K elektrodám článku se přivádí kyslík (k anodě) a vodík (ke katodě), a tím se vyvolá elektrický proud

Chemická energie

Zachycení a přeměna slunečního záření v jiné formy energie je důsledkem interakce záření s atomy a molekulami látek. Absorpce na povrchu tuhých látek se energie fotonů mění v teplo (pohyb molekul). V polovodičích se energie fotonu zachytí elektronem valenčního pásma a je-li dostatečně velká, mohou elektrony překročit zakázaný pás do pásu

vodivosti. Potencionální energie elektronů ve vodivostním pásu se potom dá využít jako zdroj elektrického proudu ve slunečních článcích. Třetí možnost při pohlcení fotonů, a to, že se pohltí molekulo a zasáhne do její struktury. Také tento chemický proces může sloužit k akumulaci sluneční energie.

Při fotochemické reakci vybudí pohlcený foton elektrony v molekule dojde k přeskupení atomů a k vytvoření volných radikálů, tj. molekul s neúplnou slupkou valenčních elektronů bez náboje a velmi reaktivních. K akumulaci energie jsou však vhodné jen ty fotochemické reakce, které probíhají endotermicky a jejichž výsledné produkty jsou exotermické. Kromě toho musí být výsledný produkt stálý (nesmí samovolně reagovat).

Další velmi perspektivní možností pro akumulaci energie je rozklad vody na vodík a kyslík. Přímá disociace vody na povrchu Země, kam nepronikají ultrafialové paprsky, je však možná jen při přidání vhodného katalyzátoru, za jehož přítomnosti probíhá disociace působením světelného a infračerveného záření[1].

Již ze vzájemného působení slunečního záření a zemského povrchu vzniká celá řada přirozených procesů transformace.

2.1.3 Využitelnost solárních zařízení v České republice

V našich podmínkách lze použít všechny systémy solárních zařízení, kromě solárních termálních elektráren. Solární systémy rozdělujeme na aktivní a pasivní. Pasivní systémy lze dobře využívat u nových staveb, kdy se jim přizpůsobuje celé architektonické řešení. Mohou se využít i u starších budov vybudováním skleněného přístavku. Množství energie získané z těchto systémů, závisí na poloze a druhu budovy, použitých materiálech a systému vytápění. Proto je energetický přínos pasivního vytápěcího systému individuální (činí od 20% až 50% celkové spotřeby tepla na vytápění). Aktivní systémy získávají tepelnou energii pomocí kapalinových kolektorů.

Kapalinové kolektory lze téměř vždy dodatečně instalovat na existující budovu a využít je pro ohřev teplé užitkové vody a vytápění. Využívají se také velmi často pro přehřívání vody v bazénu.

Tepelnou energii lze také akumulovat pro potřeby vytápění ve speciálních zásobnících (vodních, šterkových). Platí zde ovšem, čím delší doba akumulace tepla, tím jsou vyšší náklady jak investiční tak i provozní. Z toho plyne menší ekonomičnost.

V podmínkách České republiky je zapotřebí zapojit solární zařízení do bivalentního systému (plynový kotel, elektrická topná vložka) pro případy, kdy Slunce nesvítí.

2. DRUHY SYSTÉMŮ A ZAŘÍZENÍ PRO VYTÁPĚNÍ BAZÉNŮ

2.1 Tepelná čerpadla

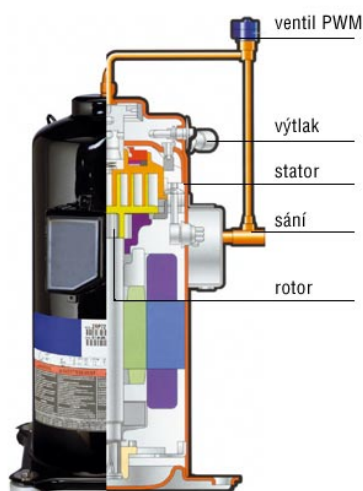
Tepelná čerpadla jsou ekonomická a ekologická zařízení, která využívají energii okolního prostředí a přeměňují ji na teplo používané k vytápění budov a ohřevu vody. Ve vyspělých zemích jsou praktickým nástrojem k řešení energetických problémů i problémů životního prostředí. Tepelné čerpadlo odebírá nízkopotenciální energii vodě (povrchová, spodní, odpadní), vzduchu (okolní, odpadní) nebo země (prostřednictvím nemrznoucí kapaliny obíhající v uzavřeném kolektoru) a na termodynamickém principu ji mění v potřebné a využitelné teplo, které se pak rozvádí vodou nebo vzduchem. Podle konkrétních podmínek uživatele je možno dodat a instalovat tepelná čerpadla s různými kombinacemi vstupní a výstupní energie, tzn. tepelná čerpadla typu voda (země)/voda, vzduch/voda, voda/vzduch nebo vzduch/vzduch.

Princip práce tepelného čerpadla

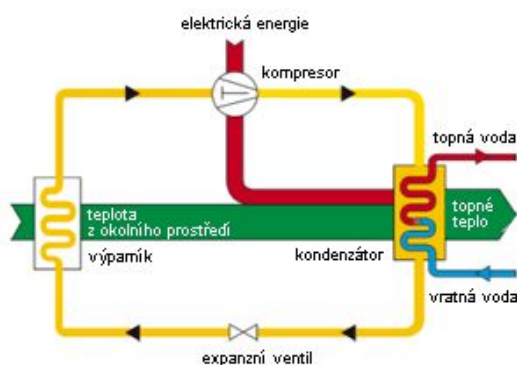
Význačnou roli ve fungování TČ hraje chladivo, označované v následujícím jako pracovní médium. Má tu vlastnost, že se i při nejnižších (venkovních) teplotách odpařuje. Přivede-li se venkovní vzduch nebo voda k výměníku tepla (výparníku), ve kterém cirkuluje pracovní médium, odejme takovému zdroji tepla potřebné výparné teplo a přejde z kapalného do plynného stavu. Zdroj tepla se tím o několik stupňů ochladí.

Kompresor toto plynné pracovní médium nasaje a stlačí. Tím že se zvětší jeho tlak, stoupne také jeho teplota - pracovní médium je tedy "přečerpáno" na vyšší teplotní úroveň. K tomu je zapotřebí vynaložit elektrickou (nebo jinou) energii.

Ta však nepředstavuje energii ztracenou, ale zvyšuje energetický (tepelný) potenciál pracovního média, které se dále dostává do kondenzátoru, jak je znázorněno na obrázku. Tam pracovní médium odevzdá své celkové teplo, které uvedeným způsobem získalo, resp. je mu odňato nějakou teplotonosnou látkou, např. vodou pro teplovodní vytápění. Tím dojde ke zkapalnění pracovního média, v expanzním ventilu se seškrtní na původní nízký tlak a oběh se opakuje.



Obr.5: Průřez konstrukce tepelného čerpadla [4W]



Obr.6: Princip činnosti [4W]

Druhy tepelných čerpadel

System Voda - Voda

Teplota z podzemní vody se získává tak, že voda je čerpána z čerpací studny do výparníku tepelného čerpadla. V něm se ochladí a ochlazená je vrácena do druhé, vsakovací studny.

Požadavky pro instalaci:

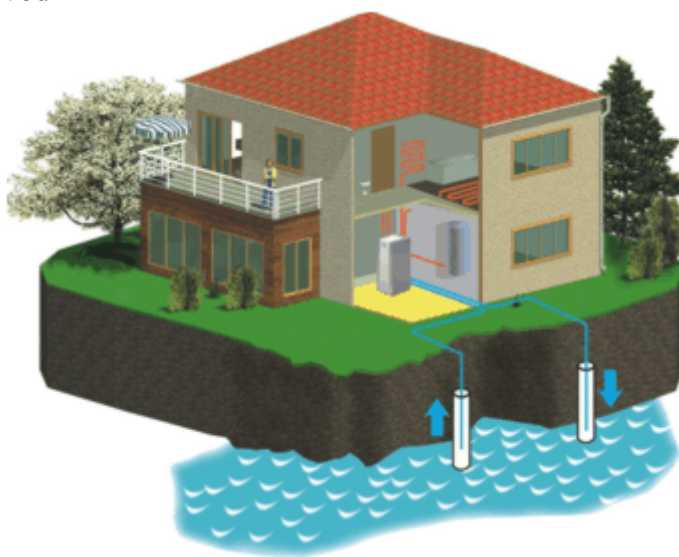
- Dvě studny (sací a vsakovací) s dostatečnou vzdáleností
- Vhodné chemické složení čerpané vody
- Minimální celoroční teplota vody $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Dostatečný průtok vody ověřený minimálně čtrnáctidenní čerpací zkouškou

Výhody:

- Stálý výkon tepelného čerpadla
- Příznivý topný faktor
- Nízká pořizovací cena

Nevýhody:

- Složitá technická řešení
- Závislost na množství podzemní vody
- Nebezpečí vyčerpání studny
- Přísné nároky na složení, teploty a množství vody
- Vyšší nároky na údržbu
- V případě neodborného provedení hrozí narušení ekologické rovnováhy podzemních vod



Obr.7: Tepelné čerpadlo System Voda - Voda [5W]

Systém Země – Voda

Teplo obsažené v zemi - tzv. geotermální teplo - se využívá nepřímo. Získává se ve výměníku tepla - zemním kolektoru, a převádí se cirkulačním okruhem do výparníku tepelného čerpadla pomocí teplonosné kapaliny. Používaná teplonosná kapalina je nemrznoucí a ekologicky nezávadná. Cirkulaci teplonosné kapaliny zajišťuje oběhové čerpadlo. Cirkulující kapalina se ve výparníku tepelného čerpadla ochlazuje a v zemním kolektoru se znovu ohřívá geotermálním teplem.

Požadavky pro instalaci:

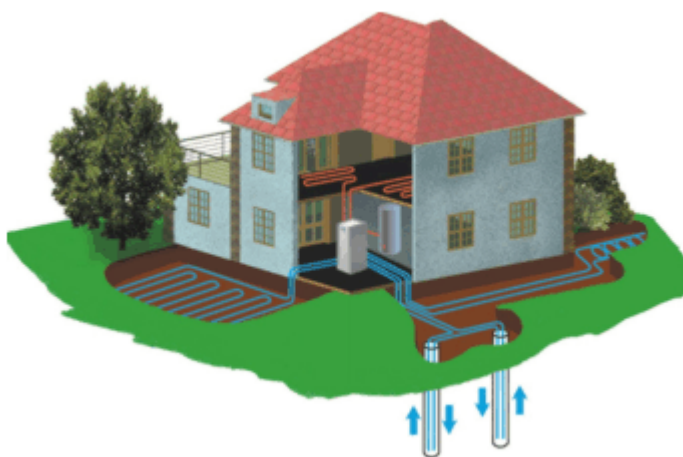
- Zemní kolektor
- Plošný (horizontální)
- Hloubkový (vertikální)

Výhody:

- Stálý výkon tepelného čerpadla

Nevýhody:

- Vysoké pořizovací náklady (cena se navyšuje o zemní práce)
- Vysoké nároky na technické řešení kolektoru
- Teplota primárního okruhu - vertikální kolektor cca 0 °C, horizontální kolek, cca -3 °C
- Nutnost regenerace kolektoru, tj. odstávka tepelného čerpadla (v letním období nelze ohřívat Teplou užitkovou a bazénovou vodu)
- Požadavek velkého prostoru pro kolektor
- Vliv na vegetaci na povrchu kolektoru



Obr8: Tepelné čerpadlo Systém Země - Voda [5W]

Systém Vzduch - Voda

Teplo obsažené ve vzduchu se využívá přímo. Výparníkem tepelného čerpadla přímo proudí venkovní vzduch.

Požadavky pro instalaci:

- Minimální (základ pod výparník při venkovním provedení nebo prostupy zdí a zajištění odvodu kondenzátu při vnitřním provedení)

Výhody:

- Snadná instalace
- Nízká pořizovací cena
- Možný celoroční provoz s efektivním využitím pro přípravu teplé užitk. vody a vody v bazénu
- Nižší topný faktor v zimních měsících je kompenzován velmi vysokým topným faktorem v přechodném období
- Prům. teplota vzduchu v topném období $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Nenarušují teplotní rovnováhu okolí

Nevýhody:

- Závislost topného výkonu na teplotě venkovního vzduchu



Obr.9: Tepelné čerpadlo Systém Vzduch - Voda [5W]

Tepelné čerpadlo DURATECH 3 kW

- efektivní koeficient 5
- kompaktní konstrukce
- celoroční model pracující od -5°C
- lze použít i na chlazení
- digitální kontrola teploty
- obal z antikorozičního materiálu
- všechny funkce kontrolovány mikroprocesorem
- výměník Titan odolný chloru a soli
- náplň R407 nepoškozující životní prostředí
- tichý rotační kompresor a ventilátor

Cena s DPH: 28.322 Kč



Obr.10: Tepelné čerpadlo DURATECH 3 kW [6W]

2.3 Elektroohřev

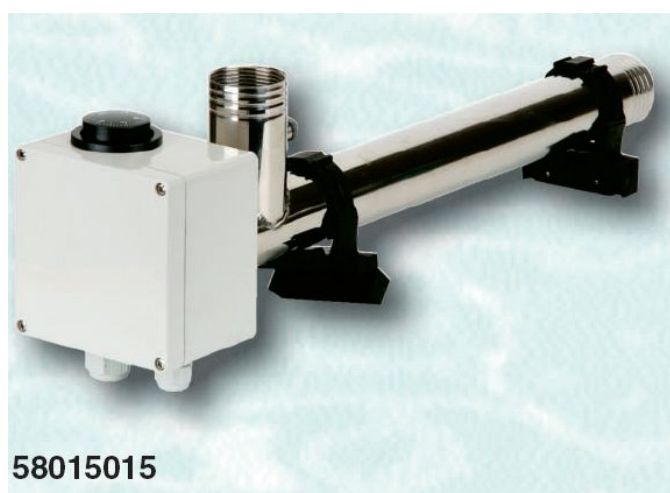
Elektrické průtokové ohřivače jsou určeny k ohřevu vody v bazénech a vířivých vanách, činnost spočívá v ohřevu protékající vody tělesem topení - teplotu ohřívané vody nastavujeme regulačním termostatem. Topné těleso je spínáno stykačem, který je ovládán výše uvedeným termostatem a bezpečnostním indikátorem průtoku (tlaku). Z tohoto důvodu je k topení nutná tzv. velká automatika, která zahrnuje 24 hodinový programátor čistírny, proudový chránič (ochrana před nebezpečným dotykovým napětím), tepelnou ochranu motoru, stykač a spínač topení. Celé topné zařízení je vyrobeno z nerezového materiálu titanu (pro slanou vodu) nebo plastu.

Jedná se o technicky jednoduchý, ale energeticky poměrně náročný způsob ohřevu bazénové vody. Spíše než o ohřev by se dalo hovořit o přehřívání. Příkon průtokových ohřivačů se pohybuje od 4 do 21 kW. Pro použití je výhodné, má-li dům, u kterého je bazén instalován, dvou tarifovou el. přípojku a bazén je přehříván v rámci nízkého tarifu. Průtokové ohřivače se instalují mezi filtraci a vratné trysky a jsou vybaveny vlastním termostatem a tlakovým spínačem, který neumožní provoz při vypnuté cirkulaci vody.

Elektroohříváč EOV 1,5 kW 230 V

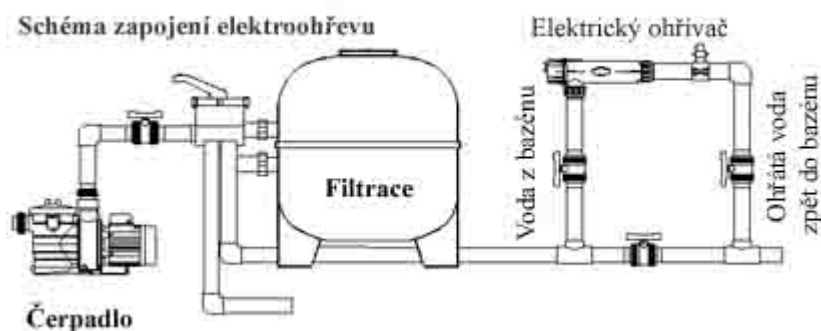
Bazénové elektrické průtokové ohříváče vody typ EOV, EOVP, EOVK, EOVTi, EOVTi a EOVTn jsou svou konstrukcí speciálně navrženy pro vytápění bazénové vody, nebo vody v jiných vodních okruzích s průtokem a teplotou do 40°C. Každý ohříváč musí být v elektrické soustavě nainstalován za proudovým chráničem. Doporučujeme tedy zařízení doplnit vhodným typem automatického ovládání od firmy VÁGNER, které spolehlivě zajistí nejen požadovanou komfortnost, ale i bezpečnost obsluhy. Rozdíl mezi EOV a EOVP je v použití plastu na vlastní tělo pláště a v použití průtokové klapky namísto tlakového spínače, jako ochranného prvku pro průtok vody.

Cena s DPH: 8.954 Kč



Obr.11: Elektroohříváč EOV 1,5 kW 230 V [6W]

Způsob zapojení:



Obr.12: Schéma zapojení elektroohřevu [20W]

2.4 Solární systémy

Oblast energetiky je v posledních letech velmi častým předmětem nejrůznějších diskusí. Ceny energií jsou nestabilní a vydávají se za ně stále vysoké částky. Současné intenzivní využívání zdrojů s sebou přináší problémy.

Vhodný energetický zdroj by měl mít dostatečnou kapacitu pro pokrytí potřeb lidstva, být přijatelný cenově a samozřejmě nezatěžovat životní prostředí. Všechny tyto parametry splňuje právě Slunce. Podle odhadů astronomů Slunce bude svítit ještě dalších 5 miliard let, což je možno z hlediska lidských měřítek považovat za nekonečno. Ze Slunce dopadá na zem asi 15000 krát více energie než se spotřebuje z neobnovitelných zdrojů za stejný čas. Tím by se měl sluneční potenciál dostat výrazně do popředí.

Přesto přes všechno se na alternativní zdroje začíná postupně klást stále větší důraz. Za všechny "pro" argumenty hovoří stanovisko EU. Podmínkou pro přijetí do EU je 6 procentní podíl alternativních zdrojů energie na celkových energetických zdrojích státu. Že máme v tomto směru hodně co dohánět netřeba zdůrazňovat.

Pro samotný ohřev jsou ve skutečnosti potřeba ještě další komponenty /pokud se nejedná o samotížnou soustavu/, které tvoří solární systém. Kompletní solární systémy se nejčastěji skládají z kolektorů, jednoho nebo více oběhových čerpadel, potrubí, ventilů, zabezpečovacích prvků, výměníků, akumulčních zásobníků a automatické regulace, která zabezpečuje optimální výkon solárního systému, chrání ho před poškozením, či úrazem uživatelů. Ne vždy musejí být použity všechny prvky systému. Pokaždé záleží na Vašich specifických požadavcích, dle kterých Vám navrhne nejoptimálnější variantu řešení.

Pokud je navrhován solární systém pro ohřev bazénu, je ve většině případů vhodné tento systém doplnit o přípravu TUV. Kolektorové pole bývá často tak velké, že ohřát pár litrů vody v zásobníku na TUV nečiní celému systému žádný problém. Tímto rozšířením splníte podmínku pro získání státní dotace a v konečném součtu Vás tedy vyjde celá investice levněji. Toto zařízení Vám bude navíc šetřit výdaje za energii, kterou v současné době ohříváte TUV.

High-Flow systém (HF)

Optimální zisky se dosahují při průtocích 30 až 70 l/hod na m² plochy kolektorů. Tím dochází ke zvýšení teploty v kolektoru o 8 až 12°C při plném slunečním záření. Průtok je závislý na nastavení regulace a stejně tak čerpadla. Malé zvýšení teploty mají tu výhodu, že je solární systém provozován s dobrou účinností. Aby teplotnosné médium dosáhlo vyšší teploty, musí oběhnout systémem vícekrát, tzn. že zásobník je vyhříván jen pomalu, takže dosažení požadované teploty trvá déle. Menší solární soustavy jsou dnes provozovány převážně touto technikou.

Low-Flow systém (LF)

Jsou kolektorové soustavy pracující se značně sníženým průtokem média v solárním okruhu. Při sníženém průtoku se silně zvýší teplota kolektorů a to až o 50°C. Aby se tato výhoda plně využila, náleží LF systému zásobník s nabíjením ve vrstvách. U tohoto systému se používají trubky s menším průměrem. To vede k menším tepelným ztrátám a cenovým úsporám.

Rozdíl oproti HF systému je v hydraulice a v řazení kolektorů. Zatím co u HF systému jsou kolektory řazeny převážně paralelně, u LF systémů jsou řazeny opačně. Díky výrazně menšímu průtoku kapaliny je u velkých kolektorových polí potřebný menší výkon čerpadla než by tomu bylo u systému HF. Aby nedocházelo k tomu že kolektor pracuje při vyšších teplotách s horší účinností, udržujeme teplotu na vstupu do kolektorů tak nízkou, jak je to jen možné. Velké soustavy jsou dnes téměř bez výjimky dimenzovány pro provoz v LF systému. Při optimálně vyladěných komponentech a zejména dobrém vrstvení tepla v zásobnících, jsou oproti HF systému možné vyšší výnosy až o 20%. Při LF systému se průtok kapaliny pohybuje v rozmezí 8-15 l/m²/hod.

Matched-Flow systém (MF)

Vychází z myšlenky, spojit výhody obou dvou systémů tedy z LF technikou docílit dostatečně vysoké teploty a s HF optimalizované výnosy. Specifický průtok kapaliny leží u dosud realizovaných systémů v mezích 10 – 40 l/m²/hod.

3. ZÁKLADNÍ KOMPONENTY SOLÁRNÍHO SYSTÉMU

- Solární kolektory a absorbéry
- Výměník tepla
- Spojovací potrubí
- Oběhové čerpadlo (řídící jednotka)
- Teplonosná kapalina
- Expanzní nádoba
- Zařízení pro automatickou regulaci

3.1 Solární absorbéry

Jsou černé absorpční plochy vyrobené z plastových materiálů, vhodných umělých hmot (např.polypropylen), nebo speciální gumy (např.EPDM). Solární absorber je tvořen systémem kanálků, do kterých je spodním přívodním potrubím přiváděna přímo voda z bazénu. V ploše je ohřívána dopadajícím slunečním zářením a horním sběrným potrubím odváděna zpět do bazénu.

Žádný typ absorberu není samonosný, proto je nutné jejich upevnění na vhodnou střechu příslušných rozměrů nebo na konstrukci volně do prostoru. Je také možné využít terénních šikmin a straní. Sklon absorberů je optimální v rozmezí 15-30° s nezastíněnou jižní orientací.

Jedná se o jednoduchý a cenově dostupný systém ohřevu bazénu s přímým ohřevem bazénové vody. Doporučené solární krytí je 75-100% vodní plochy bazénu. Je ale také možné solární plochu po etapách rozšiřovat až do plného pokrytí. Výhodou je nízká cena, velký výběr různých typů a provedení solárních absorberů a jednoduchá instalace systému, kterou lze provést i svépomocně na základě montážního návodu a přiloženého schématu. Nevýhodou solárních absorberů je nižší životnost, většinou do 15let a účinnost systému jen při dopadu přímého slunečního záření na absorpční plochu. Stejně tak je nutné důkladné vypuštění systému před zimou.

3.1.1 Absorbér Soladur S2

Bazénový sluneční absorbér. Solární panely Soladur se vyznačují moderním plošným absorberem s hladkými kanály. Ty tvoří absorber samonosné konstrukce z materiálu EPDM. Soladur S je určen k letnímu ohřevu především rodinných bazénů. Velikost panelu je 2,4m² s rozměry 200x120 cm, spojování panelů paralelně vedle sebe. Velikost plochy solárních absorberů alespoň 50% plochy bazénu. Hmotnost 8kg. Záruka 5let, životnost 15let.



Cena: 4 660,-

Obr.13: Solární absorbér Soladur S2[7W]

3.1.2 Absorbér TPA020

Textilně plastový absorber českého výrobce. Sítí navzájem propojených kanálků tvoří absorpční plochu, která je jako jediná opatřena polosektivní vrstvou umožňující ohřev i při difúzním záření. TPA 020 je určen k letnímu ohřevu především rodinných bazénů. Velikost panelu je 2,8m² s rozměry 140x200 cm, spojování panelů paralelně vedle sebe. Velikost plochy solárních absorberů alespoň 50% plochy bazénu. Hmotnost 5,3kg. Záruka 2 roky, životnost 10let

Cena: 2 880,-



Obr.14: Solární absorbér TPA020 [7W]

3.2 Solární kolektory

Typy slunečních kolektorů:

- Koncentrační kolektory
- Vakuové kolektory
- Ploché kolektory

3.2.1 Koncentrující kolektory

V koncentrujících kolektorech je přímé sluneční světlo válcovými, většinou parabolickými zrcadly koncentrováno na potrubí nebo kulovými zrcadly (přesněji může jít o paraboloid) do jednoho ohniska, v něm lze dosáhnout velmi vysokých teplot.

Tyto kolektory se používají především v solárních elektrárnách k ohřevu pracovní látky na vysokou teplotu (250-800°C).

Koncentrující kolektory ale mají tu nevýhodu, že hustotu toku rozptýleného záření zvýšit neumí vůbec nebo jen málo a že mimo slunečné počasí jsou jejich zisky zanedbatelné. K tomu se přidává nákladné nakládání zrcadel za sluncem, aby záření bylo stále soustředováno na absorbér. Taková složitá, drahá a poruchová zařízení nejsou nutná u kolektorů plochých, které mohou být instalovány přímo na střeše domu nebo na podstavci na zemi.

Kolektor Solarglas SG1

Koncentrační sluneční kolektor Solarglas SG1 (patent firmy Envi, s.r.o) je víceúčelové zařízení, v němž jsou originálním způsobem skloubeny prvky aktivního i pasivního solárního systému. Základním konstrukčním prvkem je koncentrátor slunečního záření - lineární Fresnelova čočka, vyráběná ze skla metodou kontinuálního lití s koeficientem koncentrace cca 5. Dvojskla s lineární Fresnelovou čočkou osazená do hliníkových nebo dřevěných zasklívacích rámců jsou pak součástí střešního pláště a nahrazují střešní krytinu.

Lineární Fresnelova čočka soustřeďuje přímou složku slunečního záření do lineárního ohniska, kde se nachází absorbér z hliníkového profilu s vyvločkovanou měděnou trubkou, na

kterém dochází k přeměně koncentrovaného slunečního záření na teplo. To je z absorbérů odváděno teplotonosnou kapalinou, která jimi protéká do zásobníků TUV. Se změnou polohy Slunce na obloze se mění i poloha ohniska Fresnelových čoček. Z toho důvodu je rám s absorbéry pohyblivý a řídicí elektronika kolektoru se stará o to, aby se absorbéry vždy nacházely v místě maximálního slunečního záření, tedy v ohnisku čoček.

Koncentrační kolektor je v první řadě prosvětlovací stavební prvek, až sekundárně poskytuje funkci zachytávání tepla pro výrobu TUV nebo vytápění. Účinnost koncentračního kolektoru je oproti klasickým kolektorům přibližně třetinová (vztaženo na metr čtvereční plochy). Jeho nasazení přichází v úvahu tam, kde by použití klasických kolektorů nebylo možné, například v historických objektech nebo v historických jádrech měst. Koncentrační kolektory lze využít také tam, kde má prosvětlení prostoru přednost před výrobou tepelné energie, tedy do zimních zahrad nebo nad vnitřní bazény.

3.2.2 Vakuové kolektory

3.2.2.1 Vakuové trubicové kolektory

Vakuové kolektory bývají většinou z výrobně-technických důvodů provedeny ve formě řady trubic. Při tom je úzký, selektivně povrstvený pás absorbéru zavěšen do skleněné trubice, která sluneční záření téměř nepohlcuje a je tepelně odolná. Pomocí vysátí prostoru mezi skleněnou trubicí a absorbérem (nebo mezi stěnami duté skleněné U-trubice) jsou ztráty podstatně redukovány. Nemůže zde docházet ani ke konvekci (nemá co proudit) ani ke ztrátám z důvodu tepelné vodivosti vzduchu.

Trubicové vakuové kolektory jsou ale velmi "dřravé" a proto s nimi na jednotku plochy, kterou zabírají na střeše či na fasádě, nelze získat v zařízeních na ohřev pitné vody vyšších ročních výnosů tepla než s hi-tech kolektorem plochým. Výhodu začínají mít až při použití technologickém, při pracovních teplotách nad 60 stupňů. Ekonomické ale nejsou ani tehdy, leda v případech teplot ještě mnohem vyšších. Především vinou své vysoké ceny se dosud příliš neprosadily. Jejich podíl na trhu představuje nyní v Rakousku přibližně 1 %. Jako varianta technického provedení jsou nabízeny také evakuované ploché kolektory.

Jejich parametry však nejsou lepší než u kvalitních běžných plochých kolektorů, hlavně proto, že vakuum v nich je velmi nedokonalé, i když se po letech vždy znovu vyčerpávají.



Model:	KTU 15
Hrubá plocha kolektoru:	2,66 m²
Plocha apertury:	1,41 m²
Rozměry š x d x v:	1430 x 1970 x 140 mm
Připojovací rozměry:	4 x Cu 22
Max. provozní tlak:	6 bar
Objem kapaliny:	2,4 l
Hmotnost:	60 kg
Počet trubic:	15

Obr. 15: Vakuový trubkový kolektor KTU15 [8W]

3.2.2.2 Ploché vakuové kolektory

Určitý typ plochých kolektorů může být též vakuový (obr.6). Tyto kolektory jsou jedním z nejmodernějších výrobků v oblasti solární techniky. Spojuje v sobě výhody trubkových vakuových kolektorů (nízké tepelné ztráty konvekci) a plochých zasklených kolektorů se selektivní vrstvou (nižší pořizovací náklady při zachování vysoké účinnosti). U těchto kolektorů se udržuje vakuum pomocí vývěv spínacích elektronickým regulátorem.



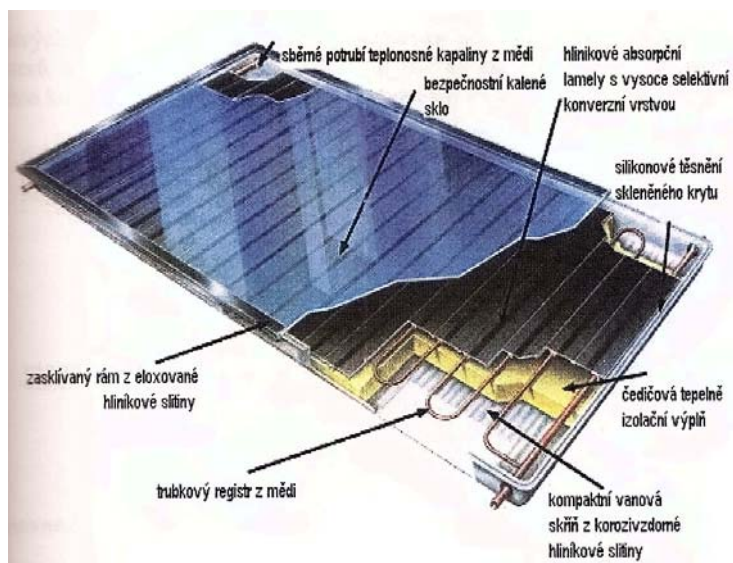
Obr.16: Ploché vakuový kolektor Heliostar 400 [7W]

3.2.3 Ploché kapalinové kolektory

Pro ohřev pitné vody a v rostoucí míře i pro účely vytápění bývají využívány převážně ploché kolektory. Ploché kolektor se v podstatě skládá z pláště kolektoru, absorbéru, tepelné izolace a průhledného krytu. Dopadající sluneční záření proniká průhledným krytem (sklem) a dopadá na absorbér. Ten záření pohlcuje (absorbuje) a tím se zahřívá. Pokud bychom z něj teplo neodebírali, zahřál by se na velmi vysokou teplotu.

Tento skleníkový efekt známe i z běžného života: v autě, které stojí krátkou dobu na slunci, teplota rychle roste - obzvlášť, je-li uvnitř tmavé vybavení. Také v tomto případě pronikne sluneční záření skrze okno a je při dopadu na tmavý povrch pohlceno. Dlouhovlnné infračervené záření, které ohřívá sedadla vyzařují, ale skrze sklo neproniká a ani horký vzduch ze zavřeného auta nemůže uniknout. Kolektor se od auta liší tím, že z něj teplo odvádíme; kovovým černým absorberem protéká tekutina, jejíž teplota se přitom zvyšuje o řadu stupňů.

Ploché kolektory (obr.7) se používají především pro nízkoteplotní systémy (do 100°C). Jsou nejrozšířenější především díky svým dobrým parametrům, nízké ceně a snadnosti použití. Účinnost mají obvykle kolem 70 % . Jejich provozní teplota může překročit i 100°C, (zvlášť u vakuových plochých kolektorů se selektivní absorpční vrstvou).



Obr.17: Řez plochým, kapalinovým kolektorem Heliostar 202 [7W]

3.3 Výměník tepla

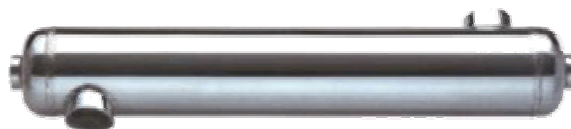
Tepelný výměník slouží k přenosu tepla z jednoho média na druhé, při současném oddělení obou okruhů. Zprostředkovává předávání tepla mezi kolektory a zásobníkem a mezi zásobníkem a spotřebiči. Aby mohlo k přenosu tepla docházet, je nutný rozdíl teplot mezi topným médiem na jedné straně a oteplujícím se médiem na straně druhé. Tok tepla prochází stěnou z teplejšího na chladnější médium. Výměníky tepla mohou být buď vloženy přímo do zásobníku, s nímž pak tvoří celek, nebo umístěny jako samostatný prvek mimo zásobník. Výjimečně může také být teplotosměnná plocha výměníku vytvořena přímo v konstrukci zásobníku tepla.

Směr proudění teplotnosné tekutiny uvnitř výměníku má být opačný než směr přirozeného proudění vody v zásobníku. Dosáhne se tím proudění v tzv. *protiproudu*, které je se zřetelem na využití teplotosměnné plochy nejvýhodnější. Tepelný výměník v zásobníku by měl být schopen předat 40 až 60 W/°C na m² slunečního kolektoru.

Popis výrobku:

Nerezový trubkový výměník tepla, je určen pro systémy ÚT, TUV a ohřev bazénů s nuceným oběhem. Nerozebíratelná svařovaná konstrukce s teplosměnnou plochou, jež tvoří několikavrstvá protisměrně vinutá souosá šroubovice, ta je tvořena z hladkých nebo podélně vrubovaných trubek. Trubkové šroubovicové výměníky vykazují nejvyšší intenzitu přenosu tepla v protiproudém zapojení.

Výkon:	88kW
Ohřev bazénu:	do 100 m³
Materiál:	nerezová ocel 17.248,4
Provozní tlak:	1,6MPa
Teplota:	165°C
Rozměry:	průměr D-101,6mm délka L-646mm
Záruka:	5let
Cena:	13 600,-



Obr. 18: Nerezový trubkový výměník Secespol B300 [7W]

3.4 Spojovací potrubí

Spojovacím potrubím proudí teplotonosná kapalina mezi kolektorem a výměníkem. Průřezy potrubí se musí volit s ohledem na požadované průtoky a hydraulické látky. Vzhledem k tomu, že teploty v solárním kolektoru mohou dosahovat až 250°C v žádném případě není možné použít plastové potrubí. Nejlépe osvědčené jsou systémy z měděného potrubí. Aby nedocházelo k velkým ztrátám, je třeba potrubí dostatečně izolovat. Cirkulaci teplotonosné kapaliny v potrubí zajišťuje oběhové čerpadlo.

3.5 Oběhové čerpadlo

Oběhová čerpadla jsou určena k nucenému oběhu vody v nízkotlakových soustavách. Čerpadla pro otopné systémy musí splňovat mnoho požadavků: dlouhá životnost, bezobslužný a bezhlučný provoz, malá spotřeba elektrické energie, příznivý poměr výkon/cena, možnost změny otáček.

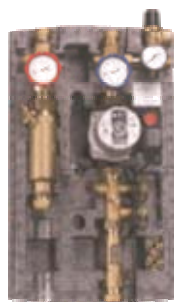
V moderních otopných soustavách zajišťují úsporný provoz regulační systémy pracující v závislosti na povětrnostních podmínkách a termostatické ventily umožňují ve vytápěných místnostech udržovat požadovanou teplotu. Regulační přístroje při své činnosti mění hydraulické podmínky v dané soustavě. Neregulovaná čerpadla nemohou na tyto výkyvy reagovat a běží stále na plný výkon. Proto se používají stále častěji čerpadla s regulací.

Popis výrobku:

Vestavná délka: **180 mm**
Napětí: **230 V**
Příkon max.: **60 W**
Aut. tepelná chrana: **ano**
Průtok max.: **2,9 m³/hod.**
Dopravní výška max.: **0,6 m**
Teplota max.: **110 °C**
Dimenze připojení: **1 1/5**
Způsob regulace výkonu: **podle diferenčního tlaku**
Termostat: **ne**
Časový spínač: **ne**
Aut. režim nočního redukováného provozu: **ano**
Hmotnost: **2,6 kg**
Záruka: **24 měsíce**



*Obr.19: Oběhové čerpadlo
Grundfos [9W]*

Nahrazení čerpadla hnací jednotkou

Obr.18: a) Kompletní jednovětvová a b) dvouvětvová systémová jednotka Sonnenkraft RLGP 2270 / 1-13l/min, Sonnenkraft RLGP 2270 / 1-13l/min [7W]

Kompletní jednovětvová systémová jednotka pro rychlou montáž mezi zásobník teplé užitkové vody a solárními kolektory v náběhové větvi. Jednotka kompaktního provedení v blokové izolaci sestávající z veškerých komponentů potřebných pro dokončovací montáž, oběhové čerpadlo, 4cestný kulový kohout s ručně nastavitelnou zpětnou klapkou, kontaktní teploměr (rozsah indikace 0-130°C) integrovaný v rukojeti kulového kohoutu, pojistná skupina s pojistným ventilem 6barů a manometrem 0-10barů, proplachovací , plnicí a vyprazdňovací kohout s integrovaným omezovačem průtočného množství v rozsahu 1-13l/min, 2 šroubení se svěracími kroužky pr.22mm pro Cu trubky, 2 redukční kroužky pr.22mm/pr.18mm (přiloženy), nástěnný držák s upevňovacím materiálem, bloková izolace EPP, možnost připojení expanzní nádoby, speciální těsnění pro vysoké teploty a odolné proti účinkům nemrznoucích směsí. Oběhové čerpadlo WILLO ST 20/6, záruka 2roky.

3.6 Teplonosná kapalina

Pro sezónní přípravu TUV se jako teplonosná kapalina nejčastěji používá voda. Její předností pro přenos tepla je velká tepelná kapacita $c = 4187 \text{ J/kg K}$, velká tepelná vodivost a malá viskozita. Další výhodou vody jako teplonosné látky je její chemická stálost, neagresivnost k použitým materiálům, hygienická nezávadnost a nízká cena. Nevýhodou vody je poměrně malý rozsah teplot pro kapalně skupenství od bodu tuhnutí 0°C do bodu varu 100°C . V případě celoročního provozu se musí použít nemrznoucí kapalina, která má mít podobné fyzikální vlastnosti jako voda (kromě bodu tuhnutí). Tomu vyhovují kapaliny na bázi propylenglykolu např. Solaren. Směs vody s Fridexem na bázi etylenglykolu je jedovatá a podle hygienických předpisů se nesmí používat.



Obr.20: Teplonosná nemrznoucí kapalina [7W]

3.7 Expanzní nádoba

Tlaková expanzní nádoba řady AG je důležitým bezpečnostním prvkem solárního systému. Exp.nádoba umožňuje vyrovnávání změn roztažnosti teplonosné kapaliny solární soustavy bez její ztráty, udržení přetlaku v systému v předepsaných mezích, samočinné doplňování teplonosné kapaliny do soustavy solárního rozvodu. Tlakové expanzní nádoby jsou svařené ocelové nádoby, jejichž vnitřní prostor je neprodyšně rozdělen na dvě části pryžovou membránou. Na straně ventilku je prostor pro stlačený plyn a na straně návarku je prostor pro kapalinu solárního systému. Při správném nastavení tlaku plynového polštáře dochází k plynulému přenášení tlaku v otopné soustavě přes membránu na tlakový plynový polštář. expanzní nádoba AG Solar - objem 25l, maximální pracovní přetlak do 10bar, teplota do 100°C , připojovací rozměr $3/4''$ vnější závit.



Obr.21: Tlaková expanzní nádoba řady AG [7W]

3.8 Zařízení pro automatickou regulaci

Regulační zařízení zabezpečuje optimální provoz systému, chrání ho před poškozením a umožňuje pevnou nebo volitelnou prioritu jednotlivých způsobů ohřevu vody. Z tohoto důvodu má své nepostradatelné postavení v okruhu solárních systémů. Hlavním úkolem regulačního zařízení je zajištění předávání tepla z kolektorů do zásobníku v době slunečního svitu a současně zamezení odvádění tepla opačným směrem v době, kdy slunce nesvítí. Dále zajišťuje co největší účinnost kolektorů při všech povětrnostních a provozních podmínkách. Automatickou regulaci okruhu kolektorů je možno realizovat s použitím běžně užívaných prvků a obvodů. Volí se vždy podle typu a velikosti slunečního systému, podle provozní spolehlivosti a podle ceny a dostupnosti.



Obr.22: Solární regulace [7W]

4. ZPŮSOBY ZAPOJENÍ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO OHŘEV VODY V BAZÉNU

4.1 Průtočný systém

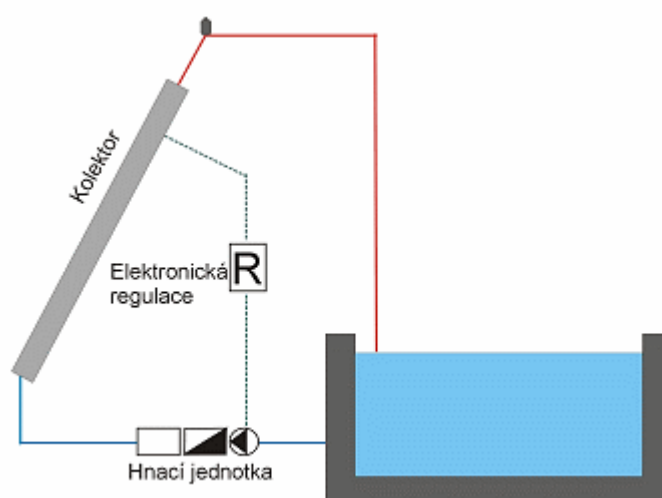
- využívá ohřev bazénové vody přímo v kolektorech

Průtočný systém se hodí zejména pro sezónní ohřev venkovních bazénů, zatímco systém využívající výměník tepla je vhodný pro celoroční ohřev vnitřních bazénů, případně ohřev bazénů o velkém objemu. Je také vhodné ohřívat venkovní bazén tepelnými přebytky, které vznikají při činnosti solárního systému na ohřev teplé užitkové vody v letním období. Ohřívání bazénové vody probíhá pomocí nuceného oběhu teplotnosného média (ať už vody nebo nemrzoucí směsi). Ohřev samotížným způsobem je sice možný ale v praxi spíše raritou.

Sezónní ohřev venkovního bazénu

K sezónnímu ohřevu bazénů se většinou používají textilně plastové absorbéry TPA. Chod bazénového čerpadla je řízen elektronickou regulací. V tomto případě jde o jednočidlovou regulaci TeRB. Ta vyhodnocuje teplotu v solárním kolektoru. Jakmile teplota v kolektoru přesáhne hodnotu 32°C , dojde k sepnutí oběhového čerpadla a ohřátá voda z kolektoru jde do bazénu. V případě, že teplota poklesne pod 30°C , oběhové čerpadlo se vypne a v kolektoru dojde k opětovné akumulaci tepla. K tomu, aby po vypnutí oběhového čerpadla nedošlo k vypuštění vody z absorberu a jeho přehřátí, slouží zavodňovací smyčka. Před zimním obdobím je nutné absorbéry vypustit a pokud nejsou umístěny na střeše, je vhodné je i uskladnit. Pro propojení kolektorové plochy se používají zahradní hadice o průměru 20mm nebo plastové potrubí. Vlastní údržba tohoto systému je nenáročná a snadná.

Zapojení průtočného systému



Obr.23: Zapojení solárních absorbérů [10W]

4.2 Systém využívající výměník

- umístěn mimo bazén, primární okruh je naplněn nemrznoucí teplotonosnou směsí

Velice častým solárním systémem je kombinace ohřevu teplé užitkové vody a bazénu. Zde se používají kolektory, které jsou určeny na celoroční provoz. V tomto případě se použije trojčidlová regulace, která vyhodnocuje teplotní diferenci mezi kolektorem a zásobníkem TUV. V případě, že teplota v zásobníku TUV dosáhne hodnoty 55°C, dojde k přetočení trojcestného ventilu do polohy ohřevu bazénu. Prioritu ohřevu lze ovlivnit v manuálním režimu. Zde se uplatňuje druhý zmíněný systém ohřevu a to přes výměník. Bazénové čerpadlo a čerpadlo hnací jednotky se spouštějí zároveň.

Tento typ ohřevu bazénu je založen na principu dvou okruhů, primárního - *solární panely* a sekundárního - *bazén*. Teplo získané kolektory a převedené do teplotonosné kapaliny je předáváno bazénu v tepelném výměníku.

Primární okruh je tvořen především kvalitními a vysoce selektivními plochými kolektory, hnací jednotkou s oběhovým čerpadlem, spojovacím měděným potrubím, tepelným výměníkem a elektronickou regulací. Oběh teplotonosné kapaliny v primárním okruhu zajišťuje solární oběhové čerpadlo hnací jednotky. To se uvede do chodu v okamžiku kdy teplota v kolektorech dosáhne žádané hodnoty (asi 32°C). Souběžně s tím dojde k sepnutí bazénového čerpadla sekundárního okruhu, který je pouze rozšířením technologie bazénové filtrace a to tak, že do tryskové větve za pískovým filtrem je vřazen tepelný výměník vhodné konstrukce a výkonu, který se tak stává součástí bazénového okruhu. Jeho umístění je voleno většinou v těsné blízkosti bazénové technologie.

Velikost a parametry kolektorové plochy, závisí především na objemu bazénu, míře jeho vytápění a také na umístění slunečních kolektorů vzhledem k ideální orientaci. Nejvyššího výkonu pro ohřev bazénové vody je dosaženo při sklonu 20-40° v jižní orientaci a nezastíněném prostoru. Bazén je pak přes léto ohříván nepřetržitě cca 9-10h denně, výkonem přibližně 650W z 1m² kolektorové plochy. Takže pro bazén o rozměrech 6x3m , při instalaci systému s 8m² kolektorů je denní přísun energie cca 45kW!! . S tím souvisí také potřeba zakrývání vodní hladiny přes noc a ve dnech s nepříznivým počasím. Únik tepla vodní hladinou má rozhodující význam při poklesu teploty vody v bazénu. Proto doporučujeme účinné zakrytí vodní hladiny.

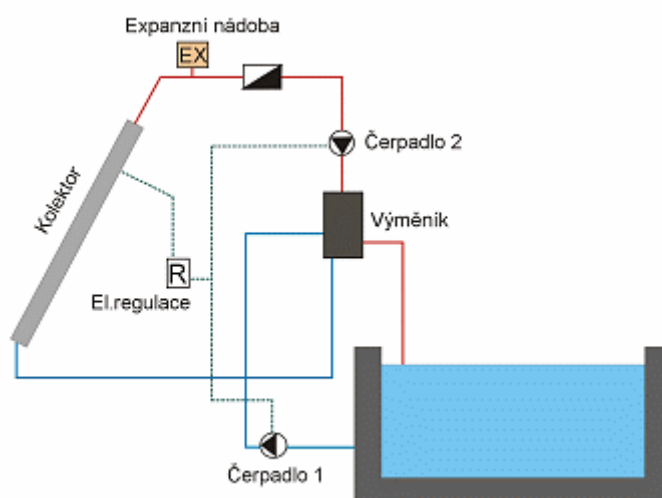
K předání tepelné energie do bazénové vody slouží tepelný výměník vhodné konstrukce a dostatečného výkonu. Pro solární ohřev bazénů s normální nebo chlorovanou vodou se doporučuje použít kvalitní nerezové trubkové výměníky, pro solární ohřev bazénů se slanou vodou je nutné instalovat výměníky titanové.

Oddělený, dvouokruhový solární systém je investičně náročnější, má však řadu výhod a v případě kombinace s ohřevem TUV či přitápěním je nutností. Díky teplotonosné nemrznoucí náplni systému jde o zařízení s celoročním využitím a bezpečným provozem.

Případným rozšířením solárního systému je pak dosaženo větší užitné hodnoty a není potřeba po skončení bazénové sezóny odstavovat zařízení z provozu. Rozšíření solárního systému o ohřev TUV či přitápění je téměř vždy možné, tím spíše pokud zákazník v době

základní instalace projeví o toto zájem. Přidáním příslušného počtu solárních panelů, třicestního ventilu s odpovídající regulací a instalací odbočky k novému či stávajícímu zásobníku TUV, vznikne solární systém jež zajistí i v době mimo letní sezónu, díky dostatečné ploše kolektorů, ohřev TUV také v měsících s menší nabídkou solárního záření. Na jaře je možno přebytky tepelné energie použít k přitápění.

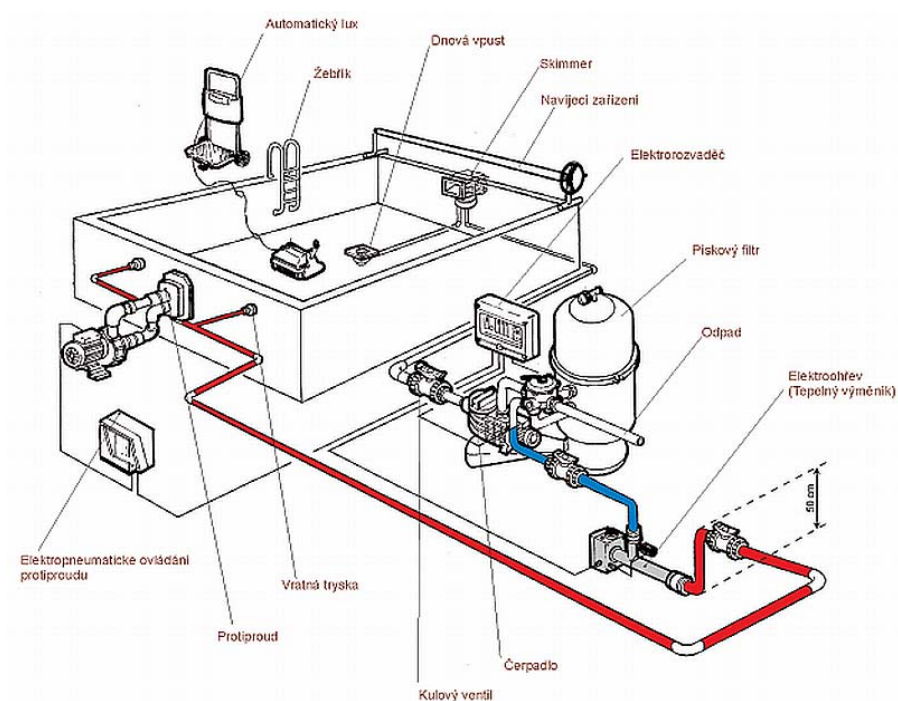
Zapojení systému využívající výměník



Obr.24: Zapojení systému s výměníkem [10W]

4.3 Bivalentní systém s elektrickým dohřevem

Bivalentní systémy s okruhem slunečních kolektorů doplněným elektrickým ohřevákem se používají jen pro menší zařízení, jako jsou rodinné domky, jednotlivé domácnosti a další. Elektrická topná vložka je připojena na noční proud a její příkon odpovídá plnému příkonu pro ohřev užitkové vody, kdy je nutno počítat s delší dnou oblohou. Protože elektrický proud je značně drahý a z energetického hlediska mnohem nevýhodnější než teplo z plynu nebo topného oleje, je možno tuto variantu považovat jen za přechodné řešení, kdy pracuje topné zařízení s malou účinností.

Zapojení systému s elektrickým dohřevem

Obr.25: Zapojení elektroohřevu v okruhu [10W]

5. VÝPOČET

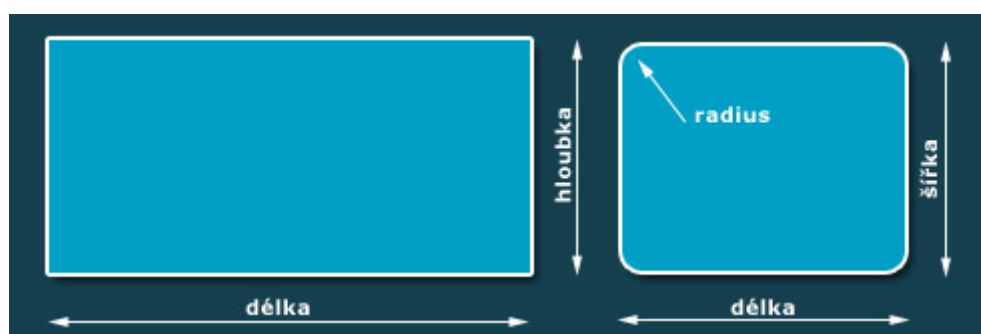
Jedná se o obdelníkový bazén vhodný pro zapuštění od firmy bazény Brandejský.
Celková cena při zakoupení: 94367,- s DPH

Bazény Brandejský
Bříství 18
Křečhoř - Kolín
mobil: 602 318 190
tel.: 321 719 176
tel./fax: 321 716 816
e-mail: info@bazeny-brandejsky.cz

Celková plocha a objem bazénu:

Délka: 9m
Šířka: 5m
Hloubka: 1.5m
Radius: 0.6m

$$S = 45 \text{ m}^2; V = 59 \text{ m}^3$$



Obr.25: Rozměry bazénu [11W]



Obr.26: Bazén se zastřešením [11W]

Teplota během léta je zvolena následovně:

- květen a září: 22°C
- červen, červenec a srpen: 24°C

Kolektory jsou voleny s jedním krycím sklem a jsou orientovány na jih a skloněny pod úhlem $\alpha = 30^\circ$. Poloha bazénu je na jižní Moravě v okolí Brna

Při výpočtu spotřeby tepla se počítá pouze s tepelnou ztrátou přestupem z vodní hladiny. Zanedbává se tepelná ztráta prostupem stěnami bazénu pod úrovní vodní hladiny a dále se předpokládá, že teplo potřebné k ohřátí přiváděné čisté vody se zcela hradí odpadním teplem a přebytky tepla od slunečního záření.

Dále se předpokládá, že v době provozní přestávky od 20h do 8h (tj. na dobu 12h) se vodní hladina zakryje thermo fólií. To umožní zanedbat tepelnou ztrátu přestupem při vypažování vody z hladiny v této době.

5.1 Postup výpočtu s nočním zakrýváním

Do sezónního ohřevu užitkové vody spadá i zvláštní způsob ohřevu což je ohřev vody v bazénu, používaný jen v teplých letních měsících. Při tomto ohřevu se vyskytují určité zvláštnosti které je potřeba nejprve vysvětlit obecně.

Při ohřívání vody v bazénech je třeba dodávat teplo:

- a) pro ohřívání přiváděné čisté vody
- b) pro úhradu tepelné ztráty prostupem stěnami bazénu pod úrovní vodní hladiny
- c) pro úhradu tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny.

Teplo potřebné pro ohřívání přiváděné čisté vody by se nejvíce mělo získávat z odváděné teplé vody (jde o využití odpadního tepla). Výjimečně je možno tuto položku ve spotřebě tepla snížit téměř na nulu. Tepelná ztráta postupem stěnami bazénu pod úrovní vodní hladiny (jde o prostup tepla do okolní zeminy) je velmi malá a proti tepelné ztrátě přestupem z vodní hladiny ji lze většinou zanedbat. Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny, na niž připadá ve spotřebě tepla pro ohřívání vody v bazénu významný podíl, se počítá ze vztahu

1) Výpočet součinitele přestupu tepla při vypařování z vodní hladiny

$$\alpha_{celk} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{vyp} \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

Kde: α_s - součinitel přestupu tepla sáláním (volí se $\alpha_s = 5 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$)

α_k - součinitel přestupu tepla konvekcí (volí se $\alpha_k = 10$ až $15 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$ pro bazény na volném prostranství a $\alpha_k = 5$ až $8 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$ pro bazény v krytých halách)

α_{vyp} - součinitel přestupu tepla při vypařování vody na hladině ($\text{W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$)

Součinitel přestupu tepla při vypařování vody α_{vyp} závisí na součiniteli přestupu tepla konvekcí α_k a lze ho počítat ze vztahu:

$$\alpha_{vyp} = \frac{\alpha_k}{c} \cdot \frac{x_w'' - x_v}{t_w - t_v} \cdot r \quad (W.m^{-2}.K^{-1}) \quad (3)$$

Kde: c - měrná tepelná kapacita vzduchu - $1010 (J.kg^{-1}.K^{-1})$

x_w'' - měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě t_w ($kg/kg s.v$)

x_v - měrná vlhkost okolního vzduchu při teplotě t_v a relativní vlhkosti φ ($kg/kg s.v$)

r - výparné teplo vody - $2,4.10^6 (J.kg^{-1})$

Měsíc	t_w (°C)	t_v (°C)	φ	$t_w - t_v$ (°C)	$x_w'' \cdot 10^3$ (kg/kg s.v)	$x_v \cdot 10^3$ (kg/kg s.v)	$(x_w'' - x_v) \cdot 10^3$ (kg/kg s.v)	α_{vyp} ($W.m^{-2}.K^{-1}$)
Květen	22	15,7	0,62	6,3	17,22	6,88	10,34	39
Červen	24	20,1	0,62	3,1	19,51	9,11	10,4	79,72
Červenec	24	21,1	0,61	2,9	19,51	9,54	9,97	81,69
Srpen	24	20,9	0,66	3,1	19,51	10,21	9,3	71,28
Září	22	13,3	0,68	8,7	17,22	6,46	10,76	29,39

Tab.2: Součinitel přestupu tepla při vypařování z vodní hladiny

2) Výpočet tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny s nočním zakrýváním

Potom se z rovnice (1) vypočítá tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny – v tomto případě pro plochu vodní hladiny $45 m^2$ a potřeba tepla pro úhradu této ztráty za měsíc. Tepelnou ztrátu přestupem z vodní hladiny lze zmenšit tím, že se v době provozní přestávky (např. v noci) zakryje hladina vody vhodným nenasákavým a neprodyšným povlakem (např. fóliemi z plastů nesenými plováky). Tím se zmenší přestup tepla vypařováním téměř až na nulu a také se částečně zmenší přestup tepla sáláním a konvekcí. Přitom se rozlišuje přestup tepla z nezakryté vodní hladiny v době užívání bazénu a přestup tepla ze zakryté hladiny v noční době, kdy se bazén nevyužívá.

$$Q_{ztr} = \alpha_{celk} \cdot S(t_w - t_v) \quad (W) \quad (I)$$

Kde: α_{celk} - celkový součinitel přestupu tepla z vodní hladiny ($W.m^{-2}.K^{-1}$)

S - plocha vodní hladiny (m^2)

t_w - teplota vody v bazénu (°C)

t_v - teplota okolí (°C)

Plocha vodní hladiny bazénu..... $S = 45 m^2$

Spotřeba tepla za měsíc..... $Q_{mě} = 12 \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot Q_{ztr} \quad (k.W.h)$

nje celkový počet dnů v měsíci.

Měsíc	α_{celk} ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)	$t_w - t_v$ ($^{\circ}\text{C}$)	Q_{ztr} (W)	Spotřeba tepla za měsíc ($\text{kW}\cdot\text{h}$)
Nezakrytá vodní hladina od 8 do 20 hodin $\alpha_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{\text{vyp}}$				
Květen	54	6,3	15309	5695
Červen	94,72	3,1	13213,44	4760
Červenec	96,69	2,9	12618,045	4695
Srpen	86,28	3,1	12036,06	4335
Září	44,39	8,7	17378,685	6260
Zakrytá vodní hladina od 20 do 8 hodin $\alpha_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k = 5 + 10 = 15\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$				
Květen	15	11,4	7695	2864,54
Červen	15	10	6750	2430
Červenec	15	8,1	5467,5	2033,91
Srpen	15	9,4	6345	2284,2
Září	15	11,6	7830	2912,76

Tab.3: Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny a spotřeba tepla k úhradě této ztráty.

3) Výpočet získaného tepla absorpcí slunečního záření z vodní hladiny

Od spotřeby tepla na úhradu tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny je možno u nezakrytých bazénů, na něž svítí slunce, odečíst teplo získané absorpcí slunečního záření. Vodní hladina zde představuje sluneční kolektor ve vodorovné poloze ($\alpha = 0^{\circ}$). Výpočet energie zachycené osluněnou vodní hladinou je obdobný jako u normálních kolektorů. Počítá se však se stálou účinností $\eta_A = 0,85$ (předpokládá se, že vodní hladina odráží 15 % záření zpět do prostoru), neboť tepelné ztráty přestupem do okolí jsou již zahrnuty v tepelné ztrátě přestupem z vodní hladiny. Dále se předpokládá, že zde zachytí vodní hladina i difúzní záření při zatažené obloze.

Měsíc	η_A	$Q_{\text{Směs}}$ ($\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$)	$Q_{\text{Aměs}} = \eta_A \cdot Q_{\text{Směs}}$ ($\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$)	Teplo získané absorpcí na vodní hladině za měsíc $S_A \cdot Q_{\text{Aměs}}$ ($\text{kW}\cdot\text{h}$)
Květen	0,85	151	128,35	5775,75
Červen	0,85	167	141,95	6387,75
Červenec	0,85	169	143,65	6464,25
Srpen	0,85	142	120,7	5431,5
Září	0,85	103	87,55	3939,75
Celkem				27990

Tab.4: Teplo získané absorpcí slunečního záření na vodní hladině

4) Spotřeba tepla, kterou pak je nutno uhradit energií zachycenou slunečními kolektory

Odečtením hodnot z posledních sloupců tabulek (Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny a spotřeba tepla k úhradě této ztráty) a (Teplo získané absorpcí slunečního záření na vodní hladině) se zjistí výsledná spotřeba tepla, kterou pak je nutno uhradit energií zachycenou slunečními kolektory.

Tato spotřeba je:

Květen: $5695 + 2864,54 - 5775,75 = 2783,79 \text{ kW.h}$

Červen: $4760 + 2430 - 6387,75 = 802,25 \text{ kW.h}$

Červenec: $4695 + 2033,91 - 6464,25 = 264,66 \text{ kW.h}$

Srpen: $4335 + 2284,2 - 5431,5 = 1187,7 \text{ kW.h}$

Září: $6260 + 2912,76 - 3939,75 = 5233,01 \text{ kW.h}$

Výsledná spotřeba tepla :	$Q_{sp} \text{ (kW.h)}$
Květen	2783,79
Červen	802,25
Červenec	264,66
Srpen	1187,7
Září	5233,01
Celkem	10271,41

Tab.5: Výsledná spotřeba tepla

Ve všech měsících sezóny je jistý nedostatek energie, který je nutno hradit slunečními kolektory.

5) Výpočet plochy slunečních kolektorů

Je dána spotřeba energie za měsíc. Pro danou polohu kolektorů určíme teoreticky možné množství energie dopadající na kolektory za slunečný den. Dále se určí poměrná doba slunečního svitu a skutečné množství energie dopadající na kolektory za měsíc. Dále se pro známou střední intenzitu slunečního záření a známého rozdílu teplot vypočítá účinnost kolektorů. S pomocí účinnosti lze vypočítat celkové množství energie zachycené kolektory za den nebo měsíc. Nakonec se vypočítá plocha kolektoru.

Teoreticky možné množství energie dopadající na kolektory za slunečný den:

$Q_{s \text{ den teor}} \text{ (kW.h.m}^{-2}\text{)} \dots\dots\dots$ z [1] tab. 2.8

Poměrná doba slunečního svitu:

$T \dots\dots\dots$ z [1] tab. 2.12

Střední intenzitu slunečního záření:

$I_{str} \text{ (W.m}^{-2}\text{)} \dots\dots\dots$ z [1] tab. 2.18

$$\eta_k = 0,85 - 6 \frac{t_k - t_v}{I_{str}}$$

$$Q_{kmém} = \eta_k \cdot Q_{sden} = \eta_k \cdot \tau \cdot Q_{sden \text{ teor}} \cdot n$$

Měsíc	t_k (°C)	t_v (°C)	$t_k - t_v$ (°C)	$I_{stř}$ (W.m ⁻²)	η_k	$Q_{s \text{ den teor.}}$ (kW.h.m ⁻²)	T	$Q_{k \text{ měs}}$ (kW.h.m ⁻²)
Květen	22	17,2	4,2	609	0,843	4,87	0,48	127,3
Červen	24	20,2	3,8	611	0,812	5,56	0,53	135,5
Červenec	24	22,1	1,9	609	0,831	5,45	0,56	140,4
Srpen	24	21,8	2,2	574	0,827	4,73	0,53	117,4
Září	22	18,5	3,5	537	0,811	3,40	0,50	83,3

Tab.6: Účinnost kolektorů a energie zachycená kolektory v sezónních měsících

Plocha kolektorů:

Květen

$$S_A = \frac{Q_{spot \check{r}}}{Q_{km \check{em}}} = \frac{2783,79}{127,3} = 21,9 \text{ m}^2$$

Červen

$$S_A = \frac{Q_{spot \check{r}}}{Q_{Am \check{em}}} = \frac{802,25}{135,5} = 5,9 \text{ m}^2$$

Červenec

$$S_A = \frac{Q_{spot \check{r}}}{Q_{km \check{em}}} = \frac{264,66}{140,4} = 1,9 \text{ m}^2$$

Srpen

$$S_A = \frac{Q_{spot \check{r}}}{Q_{km \check{em}}} = \frac{1187,7}{117,4} = 10,1 \text{ m}^2$$

Září

$$S_A = \frac{Q_{spot \check{r}}}{Q_{km \check{em}}} = \frac{5233,01}{83,3} = 62,8 \text{ m}^2$$

Zvolíme zaokrouhlenou plochu kolektorů $S_A = 14 \text{ m}^2$

6) Tepelná bilance zařízení

	<i>Spotřeba tepla Q_{sp} (kW.h)</i>	<i>Energie zachycená kolektory za měsíc $S_A \cdot Q_{Aměs}$ (kW.h)</i>	<i>-/Dostatek +/Nedostatek (kW.h)</i>
<i>Květen</i>	2783,79	1782,2	1001,59
<i>Červen</i>	802,25	1897	-1094,75
<i>Červenec</i>	264,66	1965,6	-1700,94
<i>Srpen</i>	1187,7	1643,6	-455,9
<i>Září</i>	5233,01	1166,2	4066,81
<i>Celkem</i>	10271,41	8454,6	1816,85

Tab.7: Výsledný - Přebytek / + nedostatek energie

Zhodnocení:

Takto zvolenou plochou kolektoru získáváme přebytek energie v měsících červnu, červenci a srpnu. Pouze v květnu a září bude jistý nedostatek energie. Tento nedostatek nám ovlivní, že voda v bazénu bude mít nepatrně nižší teplotu, než je požadovaná (22°C).

Nedostatek energie v kritických měsících má za následek zvětšení plochy kolektorů na hodnoty, při kterých by se pořizovací náklady zvedli a zařízení by se stalo neekonomické.

Tento problém můžeme řešit dvěma způsoby:

- Použijeme skleníkové zastřešení bazénu které nám udrží teplotu vzduchu nad hladinou vyšší. Zmenší se tím součinitel přestupu tepla z vodní hladiny a součinitel přestupu tepla konvencí a zmírníme tak vznik odpadního tepla.
- Do okruhu zapojíme elektroohřev, kterým v kritických měsících uhradíme tepelné nedostatky přitápěním.

Obě řešení jsou ekonomicky výhodnější.

5.2 Postup výpočtu bez nočního zakrývání

1) Výpočet součinitele přestupu tepla při vypařování z vodní hladiny

Měsíc	t_w (°C)	t_v (°C)	φ	$t_w - t_v$ (°C)	$x_w'' \cdot 10^3$ (kg/kg s.v)	$x_v \cdot 10^3$ (kg/kg s.v)	$(x_w'' - x_v) \cdot 10^3$ (kg/kg s.v)	α_{vyp} (W.m ⁻² .K ⁻¹)
Květen	22	15,7	0,62	6,3	17,22	6,88	10,34	39
Červen	24	20,1	0,62	3,1	19,51	9,11	10,4	79,72
Červenec	24	21,1	0,61	2,9	19,51	9,54	9,97	81,69
Srpen	24	20,9	0,66	3,1	19,51	10,21	9,3	71,28
Září	22	13,3	0,68	8,7	17,22	6,46	10,76	29,39

Tab.8: Součinitel přestupu tepla při vypařování z vodní hladiny

$$\alpha_{celk} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{vyp} \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)}$$

$$\alpha_{vyp} = \frac{\alpha_k}{c} \cdot \frac{x_w'' - x_v}{t_w - t_v} \cdot r \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)}$$

2) Výpočet tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny s nočním zakrýváním

$$Q_{ztr} = \alpha_{celk} \cdot S(t_w - t_v) \text{ (W) (I)}$$

Plocha vodní hladiny bazénu..... S = 45 m²

Spotřeba tepla za měsíc..... $Q_{měs} = 12 \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot Q_{ztr} \text{ (k.W.h)}$

Měsíc	α_{celk} (W.m ⁻² .K ⁻¹)	$t_w - t_v$ (°C)	Q_{ztr} (W)	Spotřeba tepla za měsíc (kW.h)
Nezakrytá vodní hladina od 8 do 20 hodin $\alpha_{celk} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{vyp}$				
Květen	54	6,3	15309	5695
Červen	94,72	3,1	13213,44	4760
Červenec	96,69	2,9	12618,045	4695
Srpen	86,28	3,1	12036,06	4335
Září	44,39	8,7	17378,685	6260
Nezakrytá vodní hladina od 8 do 20 hodin $\alpha_{celk} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{vyp}$				
Květen	54	11,4	27702	10305,14
Červen	94,72	10	42624	15344,64
Červenec	96,69	8,1	35243,51	13110,58
Srpen	86,28	9,4	36496,44	13138,72
Září	44,39	11,6	23171,58	8619,83

Tab.9: Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny a spotřeba tepla k úhradě této ztráty.

3) Výpočet získaného tepla absorpcí slunečního záření z vodní hladiny

Měsíc	η_A	$Q_{Směs}$ (kW.h.m ⁻²)	$Q_{Aměs} = \eta_A \cdot Q_{Směs}$ (kW.h.m ⁻²)	Teplo získané absorpcí na vodní hladině za měsíc $S_A \cdot Q_{Aměs}$ (kW.h)
Květen	0,85	151	128,35	5775,75
Červen	0,85	167	141,95	6387,75
Červenec	0,85	169	143,65	6464,25
Srpen	0,85	142	120,7	5431,5
Září	0,85	103	87,55	3939,75
Celkem				27990

Tab.10: Teplo získané absorpcí slunečního záření na vodní hladině

4) Spotřeba tepla, kterou pak je nutno uhradit energií zachycenou slunečními kolektory

Květen: $5695 + 10305,14 - 5775,75 = 10224,39 \text{ kW.h}$

Červen: $4760 + 15344,64 - 6387,75 = 13716,89 \text{ kW.h}$

Červenec: $4695 + 13110,58 - 6464,25 = 11341,33 \text{ kW.h}$

Srpen: $4335 + 13138,72 - 5431,5 = 12042,22 \text{ kW.h}$

Září: $6260 + 8619,83 - 3939,75 = 10940,08 \text{ kW.h}$

Výsledná spotřeba tepla :	Q_{sp} (kW.h)
Květen	10224,39
Červen	13716,89
Červenec	11341,33
Srpen	12042,22
Září	10940,08

Tab.11: Výsledná spotřeba tepla

5) Výpočet plochy slunečních kolektorů

Teoreticky možné množství energie dopadající na kolektory za slunečný den:

$Q_{s \text{ den teor}}$ (kW.h.m⁻²)..... z [1] tab. 2.8

Poměrná doba slunečního svitu:

T z [1] tab. 2.12

Střední intenzitu slunečního záření:

$I_{stř}$ (W.m⁻²).....z [1] tab. 2.18

$$\eta_k = 0,85 - 6 \frac{t_k - t_v}{I_{stř}}$$

$$Q_{kměm} = \eta_k \cdot Q_{sden} = \eta_k \cdot \tau \cdot Q_{sdenteor} \cdot n$$

Měsíc	t_k (°C)	t_v (°C)	$t_k - t_v$ (°C)	$I_{stř}$ (W.m ⁻²)	η_k	$Q_{sden teor}$ (kW.h.m ⁻²)	τ	$Q_{k měs}$ (kW.h.m ⁻²)
Květen	22	17,2	4,2	609	0,843	4,87	0,48	127,3
Červen	24	20,2	3,8	611	0,812	5,56	0,53	135,5
Červenec	24	22,1	1,9	609	0,831	5,45	0,56	140,4
Srpen	24	21,8	2,2	574	0,827	4,73	0,53	117,4
Září	22	18,5	3,5	537	0,811	3,40	0,50	83,3

Tab.12: Účinnost kolektorů a energie zachycená kolektory v sezónních měsících

Plocha kolektorů:**Květen**

$$S_A = \frac{Q_{spotř}}{Q_{kměm}} = \frac{10224,39}{127,3} = 80,3 \text{ m}^2$$

Červen

$$S_A = \frac{Q_{spotř}}{Q_{Aměm}} = \frac{13716,89}{135,5} = 100,1 \text{ m}^2$$

Červenec

$$S_A = \frac{Q_{spotř}}{Q_{kměm}} = \frac{11341,33}{140,4} = 80,8 \text{ m}^2$$

Srpen

$$S_A = \frac{Q_{spotř}}{Q_{kměm}} = \frac{12042,22}{117,4} = 102,6 \text{ m}^2$$

Září

$$S_A = \frac{Q_{spotř}}{Q_{kměm}} = \frac{10940,08}{83,3} = 131,3 \text{ m}^2$$

Zhodnocení:

Z těchto výpočtů je zřejmé, že důležitou funkci zastává zakrývací plachta bazénu. Bez nočního zakrývání nám naroste ztrátové teplo, které budeme muset uhradit. Tyto ztráty jsou závislé na součiniteli přestupu tepla z vodní hladiny α_{vyp} . Při nepoužití krycí plachty nám naroste plocha kolektorů více jak na dvojnásobek, což se dále odrazí na pořizovacích nákladech. Tato varianta je velmi neekonomická a proto doporučuji hladinu bazénu v nočních hodinách zakrývat.

6. ZVOLENÁ VARIANTA A POŘIZOVACÍ NÁKLADY

6.1 Zvolená varianta a typ zapojení

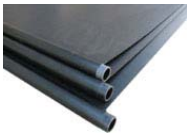
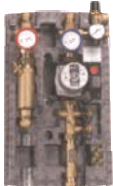
Zvolenou variantou se snažíme, pokud to podmínky dovolují, udržet její pořizovací náklady možná co nejnižší.

Z výpočtů jsme získali velikost plochy kolektorů, která vycházela ve variantě s nočním zakrýváním od 22 m² do 68 m². Takto velkou plochou by ale pořizovací náklady vzrostly do zbytečně velkých hodnot a zařízení by bylo neekonomické a jeho návratnost by byla dlouhá. Proto plochu kolektorů volím na 14 m². Následkem tohoto řešení nedosáhneme požadovanou teplotu vody v bazénu.

Tento nedostatek lze odstranit použitím skleníkového zastřešení bazénu nebo elektrickým dohřevem. Budeme tedy volit bivalentní systém s elektrickým ohřevem a výměníkem. Komponenty budou zapojeny v dvoukruhovém zapojení.

6.2 Vybrané komponenty z nabídek trhu a jejich pořizovací náklady

6.2.1 Solární zařízení

Komponenty	Ks	Cena	
Solární absorbér <i>Solardur S5</i>	3x	9 265,-	
Výměník tepla <i>Nerezový trubkový výměník tepla Secespol B180</i>	1x	9 600,-	
Zařízení pro automatickou regulaci <i>Solární regulace SH1</i>	1x	4 000,-	
Expanzní nádoba <i>Tlaková expanzní nádoba řady AG</i>	1x	1 180,-	
Elektroohřev <i>Ohřívач vzduchu EO Vv 1,5 kW 230 V</i>	1x	8 954,-	
Hnací jednotka <i>Kompletní dvouvětvová systémová jednotka Sonnenkraft RLGZ 2270</i>	1x	8 860,-	
Spojovací potrubí a izolace <i>Cu – trubky SUPERSAN 22x1</i> <i>Izolace potrubí AEROFLEX KKS 22/13</i>		168,- /m 94,- / m	
Teplonosná kapalina <i>Kolekton</i>	1x	1 455,-	
Celkem		59 534,-	

Tab.13: Solární zařízení - www.solarobchod.cz

6.2.2 Bazénové příslušenství

Komponenty	Ks	Cena	
Skimmer	1x	2700,-	 Type: 1540811
Dnová výpust'	1x	990,-	
Trysky	1x	720,-	 Type: 33330
Písková filtrace	1x	14900,-	
Solární fólie	1x	224,-	 Role solární plachty/Roll of solar cover
Zastřešení bazénu	1x	141200,-	
Celkem		160734,-	

Tab.14: Bazénové příslušenství - www.bazeny-cl.cz

6.3 Provozní náklady

6.3.1 Stávající sazby cen energií

Sazby cen pro domácnost týkající se různých druhů energií [13W], se pravidelně mění. Je třeba zohlednit možnosti a potřeby a k tomu také jednotlivé sazby cen energií.

Typ	Sazba	Pásmo spotřeby	Stálá měsíční platba [Kč]			Cena [Kč/MWh]		
			E.ON	PRE	ČEZ	E.ON	PRE	ČEZ
Elektrina	D26d v nízkém tarifu	Jistič nad 3*10A do 3*16A	203	199,92	202,30	1659,05	1698,45	1592,62

Tab.13: Sazby cen energií [13W]

Údaje v tabulce jsou podle cen za elektrickou energii pro rok 2007. Sazba za el. energii D26d je dvoutarifová sazba, vhodná pro odběrná místa s vyšší spotřebou, u kterých se elektrina používá pro vytápění (přímotopy) nebo akumulární ohřev vody. Tyto sazby a ceny jsou použity v následujícím výpočtu.

6.3.2 Výpočet ceny elektrického dohřevu

V systému slunečních kolektorů budeme uvažovat s dohříváním pomocí elektrické energie. Elektrickou energií budeme dohřívát v průběhu sezóny v kritických měsících a to v květnu a září.

Dohřev:	Sezóna (Květen – Září)	1816,85 kWh
Elektrický proud:	Noční proud – snížený tarif (jistič 3*10A do 3*16A)	
	Sazba – cena za 1 kWh	1,65 Kč
	Stálá měsíční platba za příkon (připojení)	203 Kč
Odebraná energie.....	$1816,85 \cdot 1,65905 = 3014,3$ Kč	
Stálá měsíční platba za rok.....	$12 \cdot 203 = 2436$ Kč/rok	
Celková cena.....	5450,3 Kč	

6.4 Doba návratnosti investic

Při pořizování solárního systému, je třeba uvažovat jak s pořizovacími náklady, s dobou návratnosti vložených investic, tak i s provozními náklady. Ať už využíváme jakékoli systémy pro ohřev vody, určité provozní náklady vždy máme.

Sestava	Cena
Cena solárního systému	~ 60000,-
Montáž + projekt	~ 30000,-
Doprava	5 000,-
Celkem	95 000,-

Tab.16: Doba návratnosti investic pro solární zařízení

Vstupní údaje pro výpočet doby návratnosti

Celková skutečná výše investic	95000 Kč
Doba provozu	5 měsíců
Množství energie vyrobené slun. kolektory	8454,6 kWh
Celková spotřeba energie za rok	10271,41 kWh
Doba životnosti – projektovaná	15 let
Sazba za elektřinu (D26d)	1,66 Kč/kWh
Roční množství energie dodané dalšími zdroji.....	1816,85 kWh

Cena energie za rok

Cena energie za rok . množství spotř energie = cena dodané energie

$$10271,4 \cdot 1,66 = 17050,53 \text{ Kč}$$

Cena energie, kterou musíme dodat

Dodaná energie . cena energie = cena dodané energie

$$1816,85 \cdot 1,66 = 3014,3 \text{ Kč}$$

Ušetřené finance za rok

Ušetřené finance za rok = cena energie za rok – cena dodané energie za rok

$$17050,53 - 3014,3 = 14036,22 \text{ Kč}$$

Doba návratnosti solárního systému

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{invest.náklady} + \text{provoz.náklady} - \text{dotace}}{\text{usp.finance za energ.zarok}} = \frac{95000}{14036,22} = 6,77$$

Návratnost investice při celoročním provozu je 6,77 let

7. ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se zabýval sezónním návrhem solárního zařízení pro ohřev vody bazénu. Řešení obsahuje výpočet plochy kolektorů pro využití v měsících od května do září. Vliv zastřešení na energetickou bilanci a dále ekonomické zhodnocení navržené varianty.

Pro výpočty bez nočního zakrývání jsme dosáhli výsledné plochy absorberů od 80 do 130 m². Takto vypočtená plocha absorberů by byla finančně neúnosná a výrazně neekonomická. Pro výpočty s nočním zakrýváním solární plachtou dosáhneme plochy od 2 do 60 m² podle daného měsíce. Z těchto výsledků je zřejmé jak důležitou funkci zastává solární plachta pro energetickou bilanci a tím i návrh plochy solárních absorberů. Proto doporučuji tuto plachtu použít, a to pro jakýkoliv návrh solárního zařízení pro ohřev vody v bazénu.

Ve výsledcích energetické bilance jsem zjistili že v měsících červnu, červenci a srpnu je dostatek (přebytek) energie. Tento přebytek je možno dále využívat. V měsících květnu a září se potýkáme s nedostatkem energie. Díky tomuto nedostatku nedosáhneme požadovaných teplot v bazénu a teploty v těchto měsících budou nižších požadovaných hodnot než je 22 °C.

Tento problém jsme schopni řešit dvěma způsoby:

- Použijeme skleníkové zastřešení bazénu které nám udrží teplotu vzduchu nad hladinou vyšší. Zmenší se tím součinitel přestupu tepla z vodní hladiny a součinitel přestupu tepla konvencí a zmírníme tak vznik odpadního tepla. Další výhodou zastřešení je také schopnost udržet vodu čistou. Tímto nám odpadají nároky na čištění. Toto skleníkové zastřešení se stává v posledních letech velice moderním a účelným. Bohužel náklady na toto zastřešení se pohybují okolo 150 000 Kč. Pro bazény malých rozměrů je tato investice poměrně vysoká a někdy může být i zbytečná.
- Do okruhu zapojíme elektroohřev, kterým v kritických měsících uhradíme tepelné nedostatky přitápěním. Tímto se stává solární systém bivalentní. Energetický dluh uhradíme pouze v měsících květnu a září. Toto řešení není zdaleka tak finančně náročné. Ceny za odebranou elektrickou energii nejsou nějak obrovské díky jinak zvolené sazbě cen energie. Ekonomicky je tato varianta nejvýhodnější.

Pro tento bazén je možno provést řešení více způsoby. V této variantě jsem použil sluneční absorbery které jsou výhodné z hlediska ceny a instalace. Jedná se ale pouze o sezónní ohřev vody. Pokud by jsme chtěli prodloužit koupací sezónu bylo by řešením použití solárních kolektorů a zásobníku TUV a dalším bivalentním zdrojem. Například plynovým kotlem, kotlem na tuhá paliva nebo již zmiňovaným elektroohřevem. Tyto varianty jsou finančně nákladnější konstrukčně náročnější. Z druhého hlediska je ale investicí do budoucna. Také je možnost získat státní dotaci, která by náklady snížila.

Vyhřívání bazénu pomocí solárních systému se stalo v posledních letech velice oblíbené. Tato zařízení se stávají žádanými díky své čistotě k životnímu prostředí a jako obnovitelný zdroj energie. S rostoucími cenami energie a snižujícími se náklady na realizaci mají tyto systémy slibnou budoucnost.

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Použitá literatura

- [1] Cihelka J., **Solární tepelná technika**, Praha : Hakl. T. Malina, 1994
- [2] Cihelka J., **Sluneční vytápěcí systémy**, Praha: SNTL, 1984
- [3] Ladener H., Spate F., **Solární zařízení**, Grada Publishing a.s. 2003. 267 str.

Internetové odkazy

1W	www.solarnet.cz	12W	www.pocasi.divoch.cz
2W	www.envi.cz	13W	www.tzb-info.cz
3W	www.veronica.cz	14W	www.solar-net.info
4W	www.enerfinplus.cz	15W	www.envimarket.cz
5W	www.kostecka.net	16W	www.propuls.cz
6W	www.bazeny-lt.cz	17W	www.ekosolaris.cz
7W	www.solarobchod.cz	18W	www.bazeny-cl.cz
8W	www.regulus.cz	19W	www.ezv.cz
9W	www.e-cerpadla.cz	20W	www.belis.cz
10W	www.solarnikolektory.cz	21W	www.tezabrno.cz
11W	www.bazeny-brandejsky.cz		

9. POUŽITÉ VELIČINY

Značka	Význam	Jednotky
α_s	Součinitel přestupu tepla sáláním	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
α_k	Součinitel přestupu tepla konvekcí	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
α_{vyp}	Součinitel přestupu tepla při vypařování vody na hladinu	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
α_{kcelk}	Součinitel přestupu tepla	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
η_k	Účinnost kolektoru	-
c_v	Měrná vlhkost okolního vzduchu	$\text{kW.m}^{-3}.\text{K}^{-1}$
x_w''	Měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě t_w	kg/kg s.v
x_v	Měrná vlhkost okolního vzduchu při teplotě t_v	kg/kg s.v
I_0	Sluneční konstanta	-
$I_{\text{stř}}$	Střední intenzita slunečního záření	W.m^{-2}
S_K	Celková plocha kolektorů	m^2
$S_{K\text{teor}}$	Celková plocha kolektorů podle teoreticky možné energie	m^2
t_w	Teplota vody bazénu	$^{\circ}\text{C}$
t_v	Teplota okolí(okolního vzduchu)	$^{\circ}\text{C}$
Q_{Ztr}	Tepelná ztráta	W
$Q_{Aměs}$	Energie zachycená absorbérem za měsíc	kW.h.m^{-2}
Q_{Sden}	Skutečné množství dopadající energie	kW.h.m^{-2}
$Q_{Sdenteor}$	Teoreticky možné množství dopadající energie	kW.h.m^{-2}
n	Počet dnů	-

10. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Přikládám jedno vyhotovení bakalářské práce v elektronické podobě na CD ve formě prezentace