

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh vytápění venkovního bazénu

Originál (kopie) zadání BP/DP

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na návrh ideálního systému pro ohřev bazénové vody. Systém musí být dostatečně výkonný, aby dokázal ohřát vodu o požadované stupně a aby dokázal hradit ztráty a udržovat stálou teplotu vody v měsíci září. Pro návrh nejvhodnějšího systému byly porovnávány systémy s využitím tepelných čerpadel a solárních kolektorů. Jako první bylo spočítáno celkové množství energie, které je potřeba dodat pro kompenzaci ztrát, následně byly pro každý ze systémů vybrané tři konkrétní příklady, které jsou na českém trhu k dostání a u nich byla porovnávána pořizovací cena, náklady na provoz, výkon, u tepelných čerpadel doba ohřevu vody a doba potřebná pro kompenzaci ztrát, u solárních kolektorů jejich potřebná plocha. Na základě vypočtených hodnot a teoretických poznatků byl jako nejvhodnější systém pro ohřev vody navržen systém s tepelným čerpadlem, konkrétně s nejsilnějším čerpadlem, které bylo porovnáváno, protože toto čerpadlo bylo vyhodnoceno, i přes vyšší pořizovací náklady, jako nejvhodnější varianta.

Klíčová slova

Ohřev bazénové vody, solární kolektory, tepelné čerpadlo, ztráty bazénu, regulace chodu, čerpadlo vzduch-voda, čerpadlo vzduch-vzduch, čerpadlo země-voda, čerpadlo voda-voda, ploché kolektory, trubkové kolektory, koncentrující kolektory, vakuové kolektory

Abstract

This master theses is focused on designing ideal pool water heating system. The system has to be powerful enough to heat the water to the required levels and to be able to cover heat losses and maintain a constant water temperature in September. For designing the most suitable system, we compared systems using heat pumps and solar collector's. At first, the total amount of energy that needs to be supplied to compensate heat losses were calculated. Then three specific examples, which are available on the Czech market, were selected for each of the systems. All of the chosen examples were compared by purchase price, operating costs, performance, time required to warm the water by required degrees and time required to compensate heat losses for heat pump and the required area for solar collectors. Based on calculated values and the theoretical knowledge, the heat pump system was chosen as the most suitable. Specifically with the strongest heat pump that was compared. This heat pump was the most suitable option despite the higher purchase price.

Key words

Pool water heating, solar collector, heat pump, pool heat losses, circulation regulation, pump air-water, pump air-air, pump water-soil, pump water-water, flat collector, tubular collector, concentrating collector, vacuum collector

Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce prof. Ing Janu Škorpilovi, CSc za rady ohledně problematiky řešené v této bakalářské práci a za ochotu pomoci s každým dotazem.

Obsah

OBSAH	7
ÚVOD	8
1 ANALYZUJTE PROBLEMATIKU A MOŽNOSTI VYTÁPĚNÍ VENKOVNÍCH BAZÉNŮ	10
1.1 ZÁKLADNÍ POUŽÍVANÉ ZPŮSOBY OHŘÍVÁNÍ VODY V BAZÉNU.....	11
1.2 ZTRÁTY V BAZÉNU	12
1.3 REGULACE CHODU ČERPADEL A SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ.....	13
1.4 DRUHY OKRUHŮ.....	15
2 UVEĎTE TYPY I VLASTNOSTI TEPELNÝCH ČERPADEL A SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ	17
2.1 TEPELNÁ ČERPADLA.....	17
2.1.1 Vzduch-voda	18
2.1.2 Vzduch-vzduch.....	19
2.1.3 Země-voda	20
2.1.4 Voda-voda.....	22
2.2 SOLÁRNÍ KOLEKTORY.....	23
2.2.1 Ploché kolektory	24
2.2.2 Koncentrující kolektory	26
2.2.3 Vakuové kolektory.....	27
2.2.4 Plastové kolektory.....	28
3 ZPRACUJTE NÁVRH VYTÁPĚNÍ KONKRÉTNÍHO BAZÉNU S VYUŽITÍM TEPELNÉHO ČERPADLA NEBO SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ	30
3.1 MĚSÍČNÍ POTŘEBA TEPLA NA KRYTÍ TEPELNÝCH ZTRÁT VENKOVNÍHO BAZÉNU	30
3.2 NÁVRH VYTÁPĚNÍ BAZÉNU S TEPELNÝM ČERPADLEM	32
3.2.1 Konkrétní návrh soustavy	33
3.2.2 Finanční kalkulace pořízení soustavy a její instalace	35
3.3 NÁVRH VYTÁPĚNÍ BAZÉNU POMOCÍ SOLÁRNÍCH PANELŮ	35
3.3.1 Konkrétní návrh soustavy	36
3.3.2 Finanční kalkulace pořízení soustavy a její instalace	38
4 ZHODNOŤTE OBĚ VARIANTY Z HLEDISKA ENERGETICKÉHO, EKONOMICKÉHO A EKOLOGICKÉHO	40
4.1 HLEDISKO ENERGETICKÉ.....	40
4.1.1 Tepelné čerpadlo	40
4.1.2 Solární kolektory.....	41
4.2 HLEDISKO EKONOMICKÉ	41
4.2.1 Tepelné čerpadlo	42
4.2.2 Solární kolektory.....	43
4.3 HLEDISKO EKOLOGICKÉ	44
4.3.1 Tepelné čerpadlo	44
4.3.2 Solární kolektory.....	45
ZÁVĚR	46
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	48

Úvod

Ohřev nebo přehřívání bazénové vody za pomoci systému pro ohřev vody se v posledních letech stává stále oblíbenějším trendem. Lidé touží po možnosti užít si teplé vody v bazénu i při chladnějším létě nebo i v měsících, kdy teploty nejsou dostatečně vysoké na to, aby se bazénová voda dokázala ohřát pouze z dopadajícího slunečního záření.

Na trhu se lze setkat s několika typy zařízení pro ohřev bazénové vody, mohou to být solární kolektory, tepelná čerpadla nebo například systémy s připojeným plynovým nebo elektrickým kotlem, který v zimě slouží pro vytápění obytných prostor a v létě pro ohřev vody v bazénu. Pro každý z těchto způsobů ohřevu bazénové vody existuje ovšem ještě mnoho dalších poddruhů těchto zařízení, například různé typy solárních kolektorů, různě výkonná čerpadla, různá prostředí, ze kterých tepelná čerpadla odebírají teplo a podobně. Na trhu je tedy mnoho možností, jak bazénovou vodu ohřívát a jediným problémem tedy je, navrhnout ten nejlepší způsob pro konkrétní bazén.

Z tohoto důvodu bylo také navrženo téma této bakalářské práce. Navrhnout pro konkrétní bazén nejvhodnější způsob ohřevu bazénové vody, který bude možné realizovat, který bude finančně výhodný a který také bude pracovat s ideální účinností. Parametry bazénu budou převzaty ze skutečného bazénu, který je vybudován a je funkční na naší zahradě.

Práce bude rozdělena do 4 částí. V první části této práce budou rozebrány možnosti ohřevu bazénové vody, jednotlivé způsoby ohřevu a další podstatná hlediska, která je třeba při návrhu systému brát v potaz, a na která se při návrhu systému také zaměřit a vhodně navrhnout.

Druhá část práce už bude zaměřena na popis a rozdělení různých typů systémů, od samotného principu a toho, jak fungují, přes jejich konstrukci a materiály pro jejich výrobu, až po jejich výkonnost a vhodnost využití pro různé instalace.

Třetí část práce bude zahrnovat samotný návrh pro vytápění zvoleného bazénu. V této části budou již zmíněné konkrétní značky a typy systémů, které se skutečně dají na českém trhu pořídit, a pro každý z nich bude zpracován návrh. Návrh bude zahrnovat vhodnost využití, spotřebu energie při provozu systému, cenu za provoz systému a pořizovací náklady soustav s jednotlivými typy systémů.

Ve čtvrté části práce budou pak zvolené varianty systémů pro ohřev bazénové vody porovnány a zhodnoceny podle několika hledisek. Prvním hlediskem bude hledisko energetické, v této části budou konkrétní návrhy porovnány z hlediska spotřeby elektrické energie k jejich provozu. Druhé hledisko je hledisko ekonomické, zde budou návrhy porovnávány podle pořizovacích nákladů soustav a podle jejich provozních nákladů. Posledním hlediskem bude hledisko ekologické. V této části bude porovnáváno množství emisí, které vzniknou při výrobě elektrické energie potřebné pro provoz jednotlivých systémů.

V závěru práce bude na základě výpočtů a všech informací navržen systém, který je nejvhodnější k využití pro konkrétní bazén. Tento systém bude porovnán se zbylými možnými řešeními a bude odůvodněno, proč právě tento systém je pro využití nejvhodnější, a proč byly ostatní systémy zamítnuty.

1 Analyzujte problematiku a možnosti vytápění venkovních bazénů

Podnětem pro instalaci zařízení na ohřev bazénové vody bývá některý ze tří základních důvodů.

Prvním důvodem může být prodloužení koupací sezony. Správným využitím některého ze systémů pro ohřev bazénové vody se dá koupací sezona prodloužit až o několik měsíců a to jak v jarních měsících, tak v podzimních. Je tedy možné se koupat v příjemně teplé vodě už například od dubna až do října.

Druhý z důvodů pro instalaci systému k ohřevu vody může být touha po udržení stabilní teploty vody, která neklesne pod určitou hodnotu, tedy k pokrytí ztrát bazénu. Tohoto se dosahuje ať už manuálně nebo počítačem řízenou regulací chodu systému pro ohřev vody.

Třetím důvodem pro instalaci systému pro ohřev vody je špatné umístění bazénu. Ať už chybou návrhu nebo nedostatkem volného prostoru může být bazén vybudován na místě, kde na něj nemůže dopadat dostatek slunečních paprsků pro ohřev vody. Bazén může být stíněn například domem nebo stromy a to z různých úhlů, důsledkem čehož na něj nemůže dopadat dostatek slunečního záření a ohřev většího množství vody tedy není možný nebo je přinejmenším velmi zdlouhavý. V tomto případě bývá instalace systému pro ohřev vody nejlepším, a obvykle i jediným, řešením, je ovšem důležité vybrat správný systém, například kvůli výše zmíněnému stínění.

Ani jeden z těchto tří důvodů pro pořízení systému pro ohřev vody se nevylučuje s jiným, naopak, při správném návrhu a zkonstruování systému můžeme pokrýt všechny 3 důvody najednou. I když tedy systém pořizujeme například pouze kvůli špatnému umístění bazénu, můžeme navíc získat i prostředek pro prodloužení koupací sezony, pro udržení stabilní teploty vody a pokrytí ztrát bazénu.

1.1 Základní používané způsoby ohřívání vody v bazénu

Mezi základní systémy pro ohřívání bazénové vody můžeme zahrnout tepelná čerpadla, solární kolektory, a kotle. Je možné využít i kombinaci těchto zařízení, například systém s tepelným čerpadlem a elektrokotlem. Každý z těchto systémů má své výhody, nevýhody a je vhodné jej použít při specifických podmínkách.

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z prostředí, kde je ho neomezené množství a přenáší ho do prostředí, které chceme ohřát. Čerpadla jsou konstruována na odebírání tepla z několika různých prostředí a to ze vzduchu, z vody a ze země. Výhodou tepelných čerpadel je, že jejich účinnost je závislá na teplotě prostředí, ze kterého je teplo odebíráno, nikoliv například na slunečním svitu, jako je tomu například u solárních kolektorů. Další výhodou tepelných čerpadel jsou nízké náklady na vytápění neboli nízké provozní náklady. Nevýhodou tepelných čerpadel mohou být vysoké pořizovací náklady a někdy také hlučnost. Pro vytápění bazénu jsou ovšem tepelná čerpadla obvykle montována venku v blízkosti bazénu, nikoliv uvnitř domu a hlučnost tedy není nijak velkým faktorem.[1]

Solární kolektory jsou sběrače slunečního záření, které toto záření převádějí na teplo. Solární kolektory můžeme rozdělit podle několika různých parametrů, ovšem nejzákladnější rozdělení je pravděpodobně podle typu konstrukce. Kolektory mohou být plošné, trubicové nebo koncentrační. Pro ohřev bazénové vody jsou nejčastěji používány kolektory plošné. Mezi výhody solárních kolektorů patří hlavně fakt, že solární energie je zadarmo, zároveň nezpůsobují žádný hluk a mají poměrně dlouhou životnost. Nevýhodou solárních kolektorů je zejména fakt, že jsou závislé na slunečním záření, kterého nemusí být vždy optimální množství. Dále musejí být solární kolektory umístěny venku a při silné vichřici nebo krupobití mohou být snadno poškozeny. Další nevýhodou je, že kolektory dosahují nejlepších výsledků, pokud jsou orientovány směrem na jih pod úhlem přibližně 35°. Instalace směrem na jih a pod správným úhlem nemusí být snadná a někdy ani možná. Pro nejlepší účinnost může být tedy třeba instalovat pod kolektory otočná zařízení nebo další konstrukce, z čehož vycházejí i poměrně vysoké pořizovací náklady. [2]

Další variantou pro ohřev bazénové vody je ohřev pomocí kotle. Použít lze například plynový kotel, který je instalovaný v domě pro vytápění obytných prostor. Tento kotel

ovšem k vytápění obytných prostor v letní sezoně, kdy bazén využíváme nejčastěji, zpravidla nepoužíváme a je tedy možné kotel využít i k vyhřívání bazénu. Toto řešení může ovšem být konstrukčně poměrně náročné. Je třeba ke stávajícímu okruhu pro vytápění domu připojit další okruh pro vyhřívání bazénu. Vyhřívání bazénu pomocí kotle zpravidla probíhá v uzavřeném okruhu (*Obr. 1.4.2*), takže je navíc třeba instalovat v bazénu tepelný výměník, díky kterému se teplo z okruhu kotle přeneso do bazénové vody. Ať už je využit plynový kotel, kotel na pevná paliva nebo elektrokotel, je tato metoda ohřevu bazénové vody zřejmě ta nejméně ekonomická, vzhledem k vysokým nákladům na připojení druhého okruhu pro vyhřívání bazénu a hlavně díky cenám za energii a paliva potřebná k chodu kotle.

Pro ohřev vody je možné i spojit například tepelné čerpadlo a elektrokotel do jednoho okruhu. Tomuto se říká bivalentní provoz. Princip spočívá v tom, že k vytápění je použito pouze tepelné čerpadlo, dokud neklesne venkovní teplota pod bod bivalence, což bývá obvykle kolem $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. V tuto chvíli se přípne další zdroj vytápění, v tomto případě elektrokotel, a pomáhá čerpadlu udržet požadovanou teplotu, protože při nižších teplotách vzduchu klesá výkon čerpadla. Tento způsob se ovšem používá spíše pro vytápění obytných prostor, protože v období, kdy je bazén nejvíce využíván, zvládne tepelné čerpadlo vodu bez problému ohřát samo a není tedy třeba připojovat další zdroj.[1]

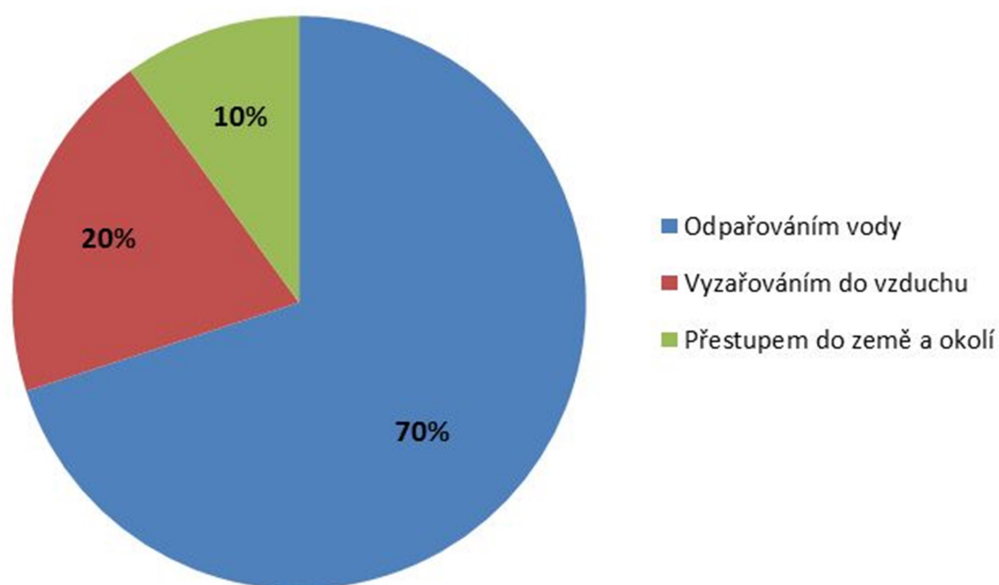
Při porovnání vlastností, výkonu, pořizovacích nákladů, nákladů na provoz a vzhledem k v praxi nejpoužívanějším způsobům ohřívání bazénové vody vychází jako nejlepší způsob pro ohřev bazénové vody varianta systému se solárními kolektory nebo tepelným čerpadlem. Pro zbytek této práce budou tedy porovnávány tyto dva nejoblíbenější druhy systémů.

1.2 Ztráty v bazénu

Každá nádrž s vodou vykazuje jisté ztráty a stejně tak je tomu i pro bazén. Tyto ztráty jsou způsobené ochlazováním vody v bazénu, a je tedy třeba tyto ztráty kompenzovat, chceme-li udržet stálou teplotu vody. K ochlazování vody dochází několika způsoby. Největší ztráty způsobuje odpařování vody. Množství odpařené vody je závislé na teplotě vody v bazénu, vlhkosti vzduchu a rychlosti větru nad bazénem. Množství odpařené vody se zvyšuje čím je teplota vody a rychlost větru vyšší a vlhkost vzduchu nižší. Tyto ztráty se

pohybují mezi 50 % - 80 % z celkových ztrát. Další druh ztrát jsou ztráty konvekcí, neboli prouděním, do okolí, ztráty konvekcí se mění podle rozdílných teplot a tedy hustot látek. Tyto ztráty představují přibližně 10 % - 20 % z celkových ztrát. Třetím typem ztrát jsou ztráty zářením vůči obloze, ty představují 5 % - 20 % z celkových ztrát. Ztráty konvekcí a ztráty zářením vůči obloze se souhrnně označují jako ztráty vyzařováním do vzduchu. Posledním typem ztrát jsou ztráty vedením do země stěnami bazénu, tyto ztráty se většinou pohybují mezi 5 % - 10 %, jsou ovšem oproti ostatním ztrátám poměrně malé a bývají proto zanedbávány. Přibližné velikosti jednotlivých ztrát jsou znázorněny v grafu 1.2.1.[3]

Ztráty odpařováním, konvekcí neboli prouděním a ztráty zářením se hromadně označují jako ztráty přestupem z vodní hladiny. Tyto ztráty přestupem z vodní hladiny lze dobře omezit zakrýváním bazénu fólií odolnou vůči UV záření v době, kdy není bazén používán a to až o přibližně 50 %.[3]



Graf 1.2.1 Přibližné velikosti jednotlivých ztrát bazénu

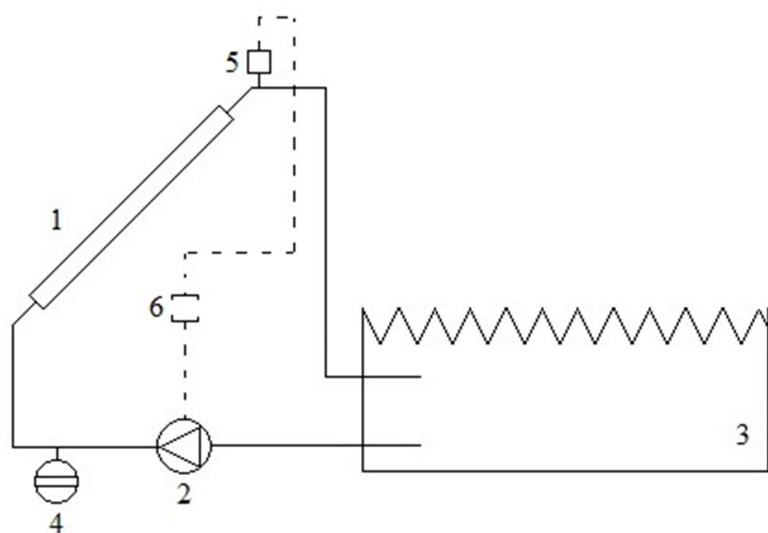
1.3 Regulace chodu čerpadel a solárních systémů

Pro regulaci chodu tepelného čerpadla je důležité mít v bazénu nebo v oběhovém systému čerpadla teploměr, který zaznamenává teplotu vody. Teploměr může být propojen s ovládacím panelem tepelného čerpadla nebo nemusí. V případě, že teploměr není

propojen s ovládáním tepelného čerpadla, je třeba čerpadlo manuálně spouštět a následně vypínat při dosažení požadované teploty vody, protože čerpadlo samo nemá jak si ověřit, že požadovaná teplota byla již dosažena.

Druhou a lepší variantou je, když je teploměr propojen s ovládacím panelem čerpadla. Tento panel má obvykle displej, na kterém lze nastavit požadovanou teplotu vody, a následně si jen zvolíme, zda-li budeme čerpadlo sami spouštět nebo zda-li bude čerpadlo udržovat nastavenou teplotu vody stále. Po zadání těchto informací bude čerpadlo ohřívat vodu tak dlouho, dokud teploměr z bazénu nevyšle signál, že bylo dosaženo požadované teploty vody, načež se čerpadlo samo vypne.

Jednoduchým způsobem regulace solárních systémů pro ohřívání bazénové vody je přerušování chodu oběhového čerpadla podle teploty kolektorů (Obr. 1.3.1). Pro tento systém funguje bazén jako zásobník tepla o stálé teplotě. Na výstupu z kolektorů se umístí termostat, na kterém se nastaví o několik stupňů vyšší teplota, než je požadovaná teplota vody. Pokud teplota kolektorů dosáhne vyšších teplot než je teplota nastavená na termostatu, spouští se oběhové čerpadlo a naopak, když je teplota na termostatu nižší než požadovaná teplota vody, oběhové čerpadlo se vypíná. Díky tomu se kolektory nepřehřejí, protože bazén je schopen pojmout mnoho tepla, aniž by se výrazně zvýšila teplota vody.[2]



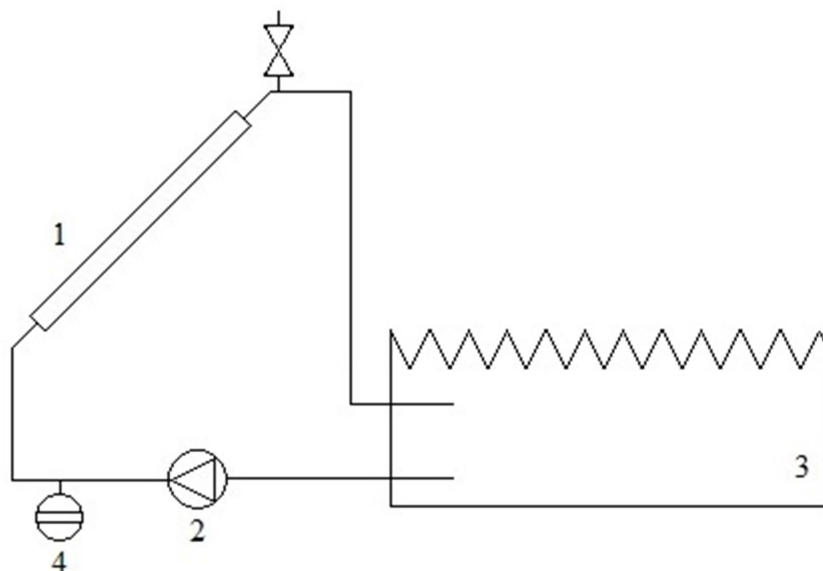
- 1- Kolektor; 2- Oběhové čerpadlo; 3- Nádrž s vodou;
4- Expanzní nádoba s membránou; 5- Termostat; 6- Regulátor

Obr. 1.3.1 Regulace solárního systému pro ohřev bazénové vody – překresleno z [2]

1.4 Druhy okruhů

Pro ohřev bazénové vody je možné využít dvou variant oběhu vody. Okruh může být otevřený nebo uzavřený.

Otevřený okruh znamená, že voda je čerpána přímo z bazénu, následně pomocí čerpadla přivedena do tepelného čerpadla nebo solárních kolektorů, ohřáta a vypuštěna zpět do bazénu (*Obr. 1.4.1*). Tato metoda je pro ohřev bazénové vody nejpoužívanější, solární kolektory nebo tepelné čerpadlo je totiž možno připojit do oběhu za filtraci bazénu, čímž odpadá potřeba dalšího oběhového čerpadla. Samotný oběh zvládne obstarat čerpadlo, které je určeno pro filtraci a čištění vody v bazénu.

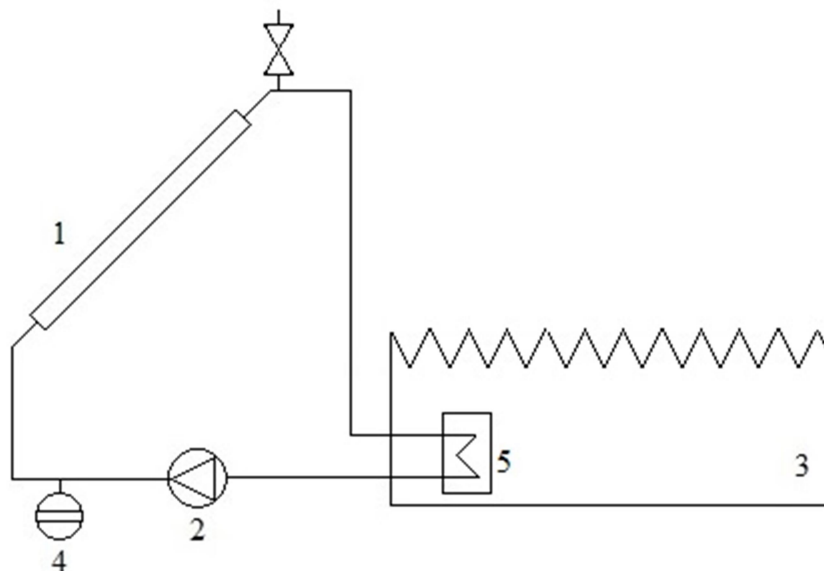


1- Kolektor; 2- Oběhové čerpadlo; 3- Nádrž s vodou;
4- Expanzní nádoba s membránou

Obr. 1.4.1 Otevřený okruh s využitím solárního kolektoru – překresleno z [2]

Druhým typem okruhu je okruh uzavřený (*Obr. 1.4.2*). Tento okruh je vhodnější spíše například pro ohřev užitkové vody. Oproti otevřenému okruhu obsahuje tento okruh výměník tepla a uzavřené potrubí protékané teplonosnou kapalinou. Teplonosná kapalina obíhá v uzavřeném okruhu a pomocí solárního kolektoru nebo tepelného čerpadla se ohřívá. Ohřátá kapalina se v nádrži ovšem nemísí s vodou v bazénu, nýbrž protéká skrz

výměník, který je umístěn v bazénové vodě, a prostřednictvím povrchového výměníku tepla ohřívá bazénovou vodu. Nevýhodou tohoto okruhu je ovšem to, že je třeba instalovat externí čerpadlo, které zajistí oběh teplotnosné kapaliny.[2]



1- Kolektor; 2- Oběhové čerpadlo; 3- Nádrž s vodou;
4- Expanzní nádoba s membránou; 5- Výměník tepla

Obr. 1.4.2 Uzavřený okruh s využitím solárního kolektoru – překresleno z [2]

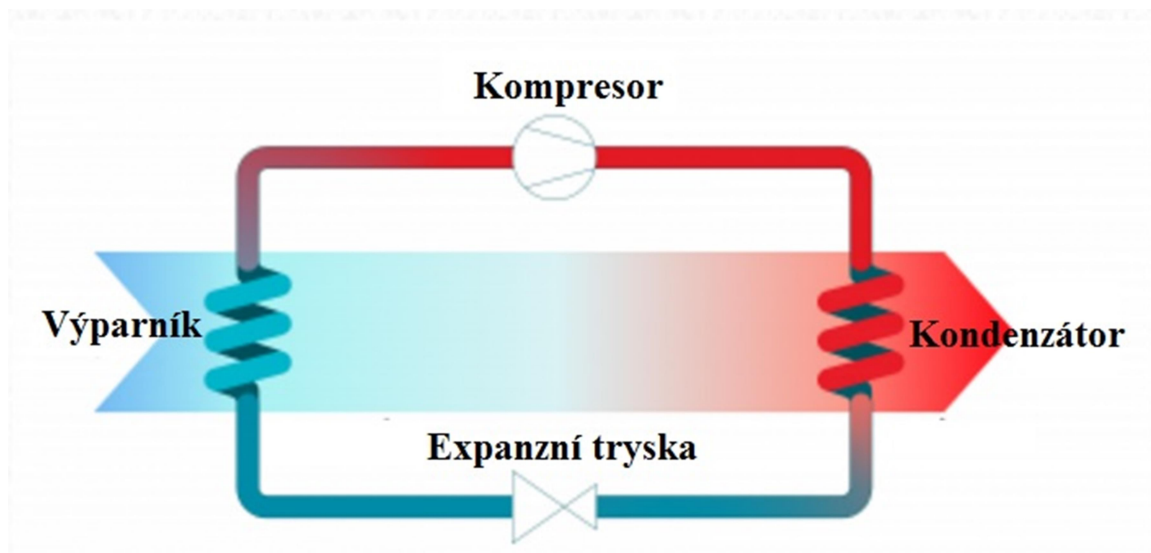
2 Uved'te typy i vlastnosti tepelných čerpadel a solárních kolektorů

2.1 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo funguje na principu odebírání tepla z jednoho prostředí a jeho přenosu do prostředí druhého. Tepelné čerpadlo odebírá teplo z prostředí, kde je ho neomezené množství a pomocí chladicí směsi ho přenáší do prostředí druhého (*Obr. 2.1.1*).

Chladicí směs protéká trubkami skrz prostředí, ze kterého se teplo odebírá. Tato směs musí mít bod varu při nižších teplotách, než je teplota okolního prostředí. Průchodem směsi tímto prostředím dojde k jejímu ohřátí a odpařování ve výparníku. Takto odpařený plyn je nasáván kompresorem a prudce stlačen, čímž se díky fyzikálnímu zákonu komprese se zvyšujícím se tlakem zvýší i jeho teplota na přibližně 80 °C. Tento ohřátý plyn následně putuje do kondenzátoru, kde své teplo předá druhému, ohřivanému prostředí (voda, vzduch). Po předání svého tepla se plyn změní zpět do kapalného stavu, ovšem stále pod vysokým tlakem. Kapalina následně putuje do expanzní trysky, díky které se její tlak opět sníží na původní hodnotu a tím se zároveň i ochladí zpět na původní teplotu. Tato směs opět putuje do prostředí, ze kterého se teplo odebírá a celý cyklus se opakuje. [4][1]

Základním parametrem pro zhodnocení účinnosti tepelného čerpadla je takzvaný topný faktor, ve zkratce COP (Coefficient of Performance). Jedná se o zhodnocení účinnosti tepelného čerpadla na základě vyrobeného tepla a spotřebované elektrické energie. Čím vyšší toto číslo je, tím je tepelné čerpadlo lepší. Výpočet topného faktoru může vypadat například: Výkon čerpadla je 12 kW, na provoz spotřebuje 3 kW, z toho vyplývá, že při výpočtu $12/3$ nám vychází topný faktor 4. Topný faktor se obvykle pohybuje mezi hodnotami 2.5 až 5, tato hodnota se ovšem může velmi měnit, topný faktor čerpadla se může pohybovat i mezi hodnotami 1.5 až 7, vše závisí na provozních podmínkách čerpadla. Pro porovnání tepelných čerpadel je třeba srovnávat hodnoty, které srovnat jdou. Pro tepelná čerpadla se obvykle používá tento zápis: $0\text{ °C}/35\text{ °C} = 4,5$. To znamená, že tepelná čerpadlo má topný faktor 4,5 při teplotě vstupní tekutiny 0 °C a její výstupní hodnotě 35 °C.[1]



Obr. 2.1.1 Princip tepelného čerpadla [5]

2.1.1 Vzduch-voda

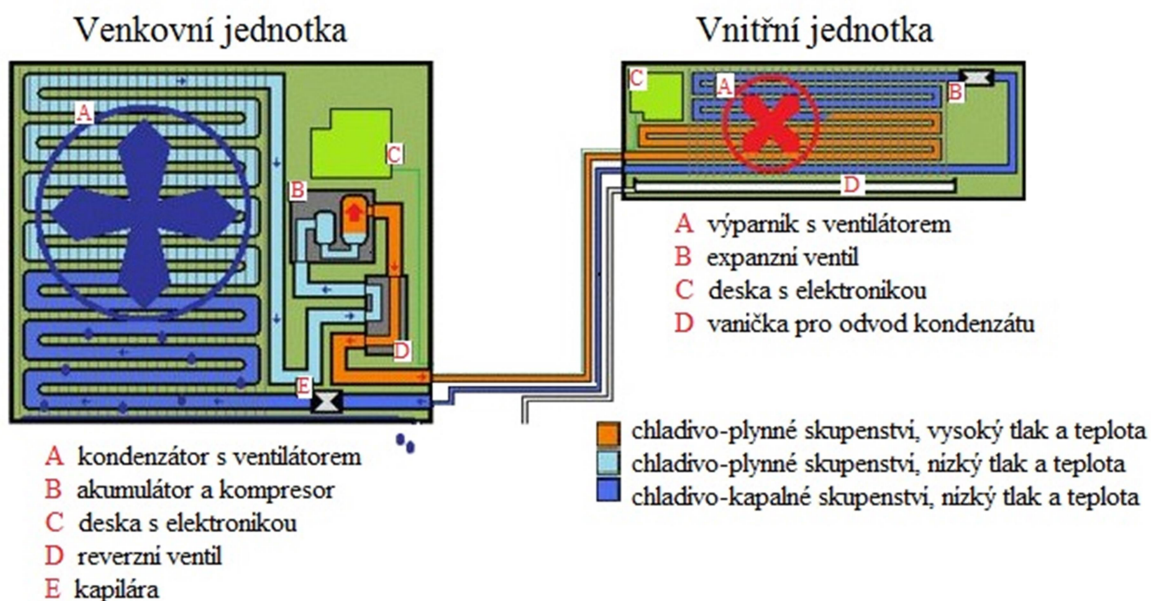
Čerpadlo vzduch-voda je velmi oblíbené díky své snadné instalaci a univerzálnosti. Při použití tohoto typu čerpadla nejsou zapotřebí žádné zemní práce, jako je tomu u některých jiných typů čerpadel. Tento typ čerpadla předává tepelnou energii vodě, která je následně rozváděna trubkami po vytápěném objektu a následně je vnitřní vzduch ohříván pomocí radiátorů.

Výkon tohoto čerpadla závisí hlavně na teplotě venkovního vzduchu, čím chladnější vzduch, tím má čerpadlo menší výkon a naopak. Tato čerpadla dokáží pracovat do teplot okolo $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obvykle ovšem pracují v tzv. bivalentním provozu, což znamená, že pokud teplota klesne pod bod bivalence, který je obvykle kolem $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, připne se další zdroj tepla, obvykle elektrokotel, který udržuje teplotu společně s čerpadlem. Tento typ čerpadel s možným připojením dalšího zdroje se ovšem většinou používá pouze pro vytápění vnitřních prostor. Některé typy čerpadel dokáží kvalitně vytápět i při nízkých teplotách, bez připnutí dalšího tepelného zdroje tak, že se zvýší příkon kompresoru, tato metoda ovšem velmi výrazně zvyšuje elektrický příkon zařízení.[1]

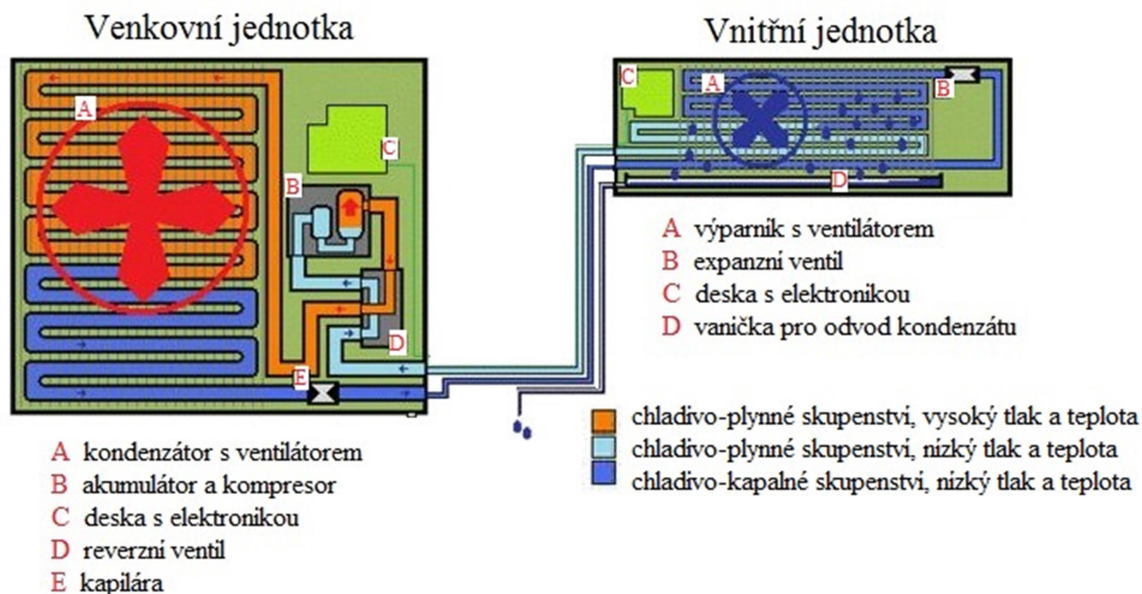
2.1.2 Vzduch-vzduch

Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch má ze všech zmíněných typů čerpadel nejnižší pořizovací náklady a je zároveň i velmi jednoduché na instalaci. Toto čerpadlo se skládá z venkovní jednotky a jedné nebo více vnitřních jednotek.

Tepelná čerpadla vzduch-vzduch pracují na stejném principu jako čerpadla typu vzduch-voda. Jediný rozdíl je, že čerpadla vzduch-vzduch předávají vyrobenou tepelnou energii rovnou vnitřnímu vzduchu pomocí ventilátorů bez jakéhokoliv rozvodního média (Obr. 2.1.2). Tento způsob vytápění není ovšem v ČR tak populární, jako například vytápění čerpadlem vzduch-voda. Využití ovšem tento systém nachází ve stavu, kdy zařízení pracuje jako klimatizace. V tomto stavu se z kondenzátoru ve vnitřní jednotce stane výparník a z výparníku ve venkovní jednotce kondenzátor a celý cyklus se otočí. K ochlazení vzduchu dochází tak, že ventilátor rozptyluje chlad z chladicí směsi, která přijde do výparníku. Zde se chladicí směs odpařuje a ohřívá a mění svoje skupenství na plynné. Plyn dále pokračuje do kompresoru, kde je stlačen a v kondenzátoru následně odevzdá své teplo a změní se zpět na kapalnou směs o nízké teplotě. Tato směs je odváděna zpět do vnitřní jednotky a cyklus se opakuje (Obr. 2.1.3). [6]



Obr. 2.1.2 Princip tepelného čerpadla vzduch-vzduch pro vytápění [6]



Obr. 2.1.3 Princip tepelného čerpadla vzduch-vzduch jako klimatizace [6]

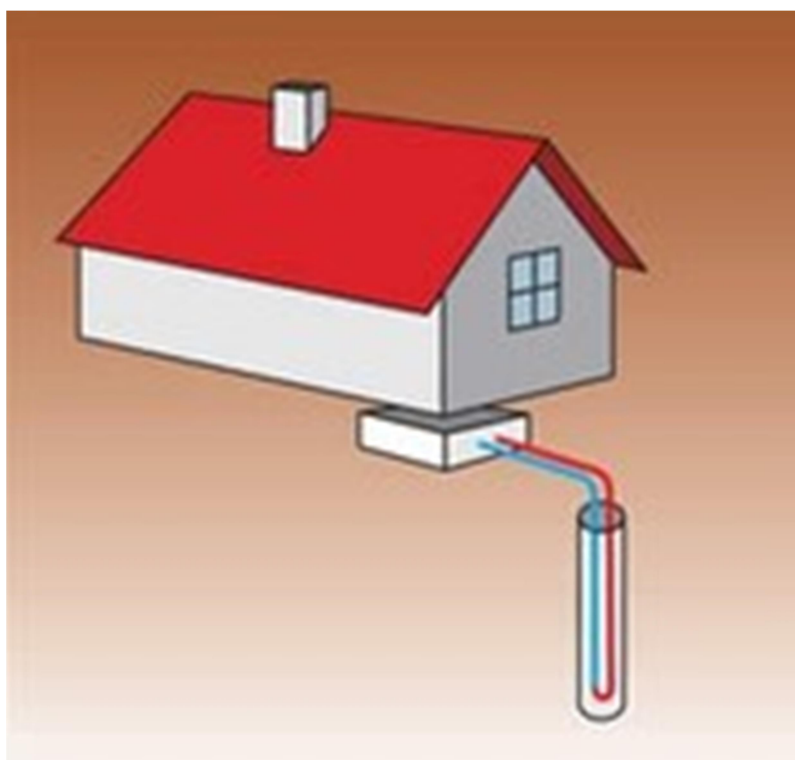
2.1.3 Země-voda

Čerpadlo země-voda funguje na stejném principu jako čerpadlo vzduch-voda s tím rozdílem, že chladicí směs sbírá teplo ze země namísto vzduchu. Díky tomu je tento typ čerpadla považován za nejstabilnější variantu tepelného čerpadla, protože díky stálé teplotě prostředí dokáže dodávat vyrovnaný výkon po celý rok např. i v oblastech, kde se teplota vzduchu pohybuje hluboko pod nulou. Jeho velká nevýhoda je ovšem vysoká pořizovací cena, která je navyšována hlavně nutnými zemními pracemi.[1]

Čerpadla země-voda lze rozdělit na dvě hlavní skupiny podle typu uzpůsobení kolektorů. Může se jednat buď o horizontální zemní kolektory (Obr. 2.1.4) nebo o zemní vrt (Obr. 2.1.5). Horizontální zemní kolektory vyžadují velkou plochu, obvykle alespoň $200 \text{ m}^2 - 400 \text{ m}^2$, na které se provádějí výkopy a ve kterých jsou později uloženy hadice protékající chladicí směsí. Tento způsob uložení kolektorů v zemi je levnější než u druhého způsobu, je ovšem potřeba před uložení kolektorů znát polohu veškerých dalších budoucích staveb (bazény, ploty atd.), aby při jejich budování nebyly kolektory zasaženy. Zemní vrt (vertikální kolektor) je jeden nebo více vrtů v hloubce 80 m až 250 m. Pro přenos tepla je použita plastová sonda plná chladicí směsí spuštěná ve vrtu. Nevýhoda těchto vrtů je jejich vysoká finanční náročnost, která je navíc spojená i s potřebou úředních povolení pro takovéto vrty.[1][7]



Obr. 2.1.4 Tepelné čerpadlo s horizontálními kolektory [8]

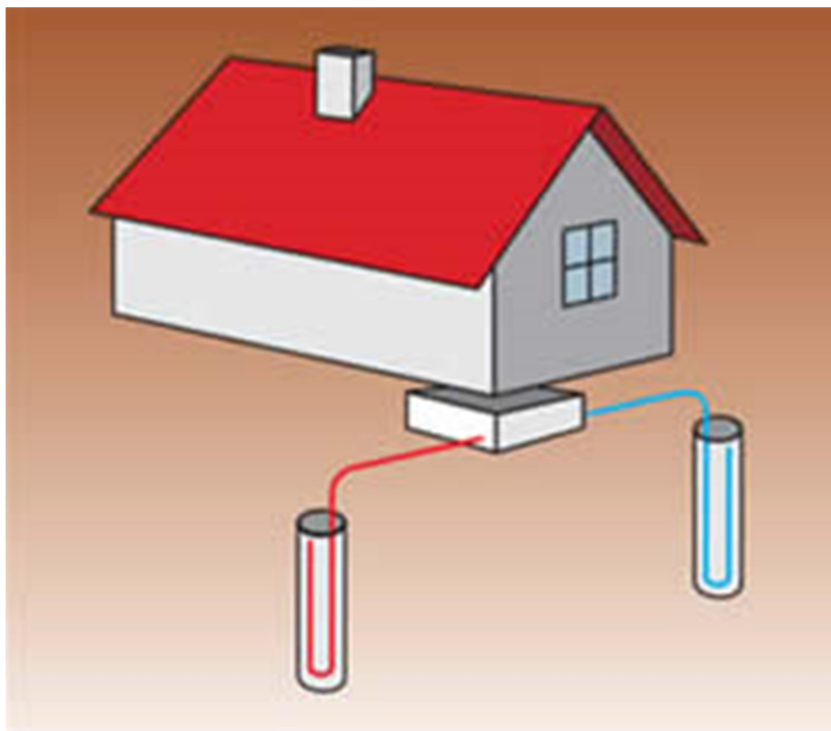


Obr. 2.1.5 Tepelné čerpadlo se zemním vrtem [8]

2.1.4 Voda-voda

Pro tepelná čerpadla fungující na principu voda-voda jsou zapotřebí dvě studny (*Obr. 2.1.6*). Jedna zdrojová a druhá vsakovací. Studna by měla mít dostatečnou vydatnost pramene, aby nedošlo k jejímu vyschnutí, vydatnost by se měla pohybovat alespoň na 40 000 litrů za den. Toto je možné ověřit speciálním testováním. Čerpadlo funguje tak, že se převádí voda ze zdrojové studny přes výparník do studny vsakovací, po průchodu vody výparníkem již čerpadlo funguje stejně jako čerpadlo vzduch-voda. Ze vsakovací studny se přečerpaná voda dostává zpět do půdy. Tato čerpadla se ovšem využívají zřídka, protože je málo lokalit vhodných pro jejich instalaci, zároveň jsou s nimi spojeny také vyšší náklady na údržbu kvůli nutným kontrolám a nižší životnosti některých komponentů pro čerpání vody. Navzdory tomu tato čerpadla mají nejvyšší topný faktor, protože podzemní prameny mají obvykle stabilní teplotu kolem 10 °C. Nejvyššího topného faktoru se u těchto čerpadel dá dosáhnout v místech s geotermálními prameny, kde teplota vody může přesahovat i 30 °C. [1][7]

V některých případech lze využít systému naprosto shodného se systémem plošných kolektorů jako u čerpadel země-voda, pouze s tím rozdílem, že se hadice, skrz které protéká chladicí směs, umístí na dno rybníka, řeky nebo jiné vodní plochy. Problémů s tímto uspořádáním je ovšem hned několik. Vodní plocha musí být v těsné blízkosti vytápěného objektu, teplota vody může v mělčích vodních plochách nebo řekách kolísat a pro instalaci jsou zapotřebí povolení od majitele nebo správce vodní plochy. Kvůli těmto problémům je tento způsob využíván velmi málo. [1][7]

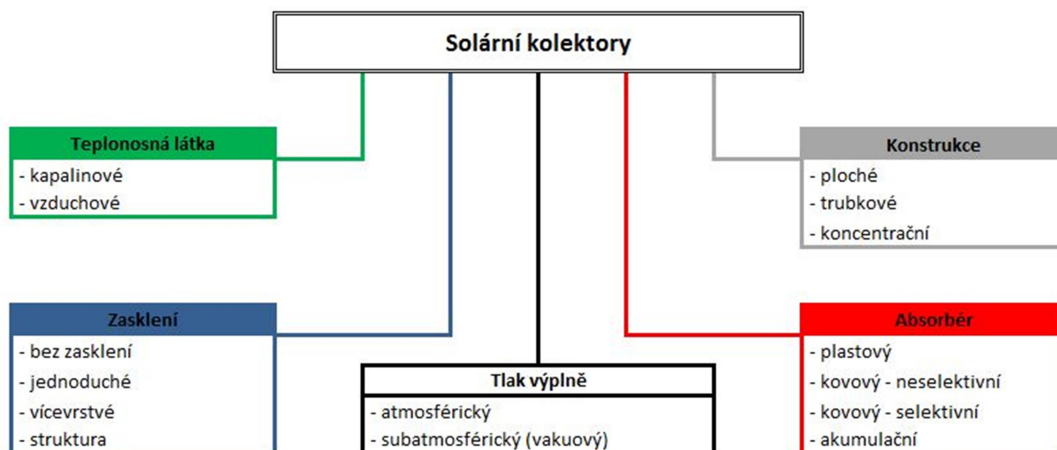


Obr. 2.1.6 Tepelné čerpadlo se dvěma studnami [8]

2.2 Solární kolektory

Solární kolektory jsou nejdůležitější částí solárního systému. Jsou to zařízení sloužící ke sběru slunečního záření a jeho převodu na teplo. Tímto teplem se následně zahřívá teplotonosná tekutina. Dokonalým slunečním kolektorem by byla sluneční energie záření transformována na energii tepelnou beze zbytku. Toho je ovšem velmi těžké dosáhnout, ve skutečnosti absorpér vyzařuje část této energie zpět do prostoru, intenzita tohoto vyzařování odpovídá teplotě jeho povrchu. Toto vyzařování odpovídá ztrátám solárních kolektorů, kterým je různě předcházeno u různých typů kolektorů. Nevýhodou solárních kolektorů je, že musejí být umístěny venku v dosahu slunečního záření a jsou tedy vystaveny všem vlivům počasí, kdy mohou být, například při silném krupobití, i rozbity. Je tedy třeba věnovat konstrukci, výrobě a montáži kolektorů velkou péči. [2][9]

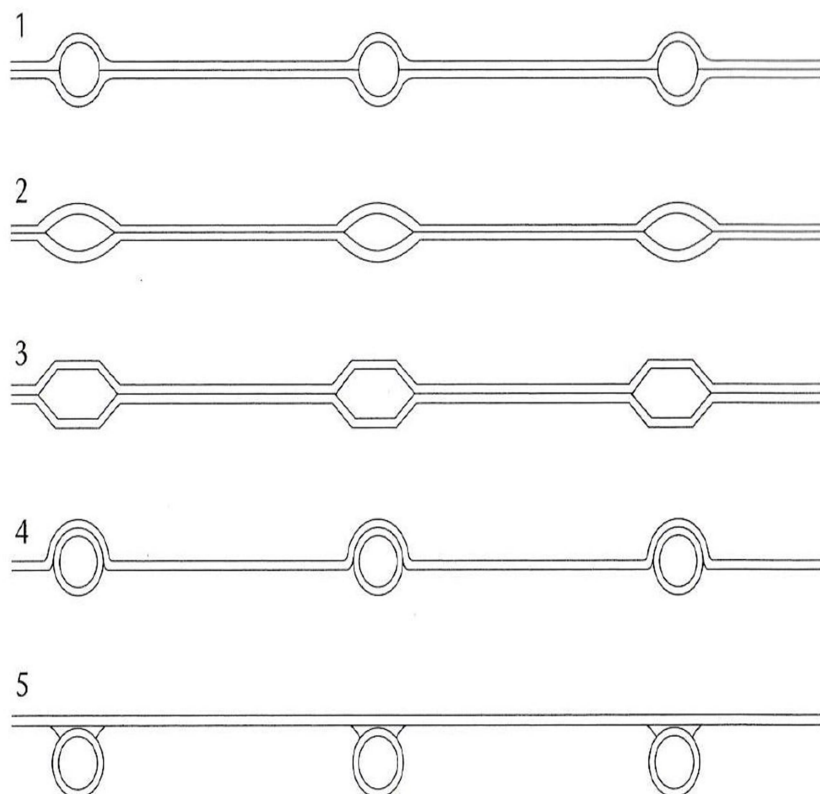
Solární kolektory se dělí podle několika parametrů, základní dělení je podle typu teplotonosné látky (Obr. 2.2.1). Solární vzduchové kolektory, kde teplotonosnou látkou je vzduch, se v ČR využívají zřídka, slouží většinou pouze pro vysoušení nebo cirkulační vytápění. Většina solárních kolektorů v ČR používá tedy jako teplotonosnou látku kapalinu. Tyto solární kolektory slouží pro vytápění, ohřev užitkové vody, ohřev bazénové vody atd.[3]



Obr. 2.2.1 Rozdělení solárních kolektorů – překresleno z [3]

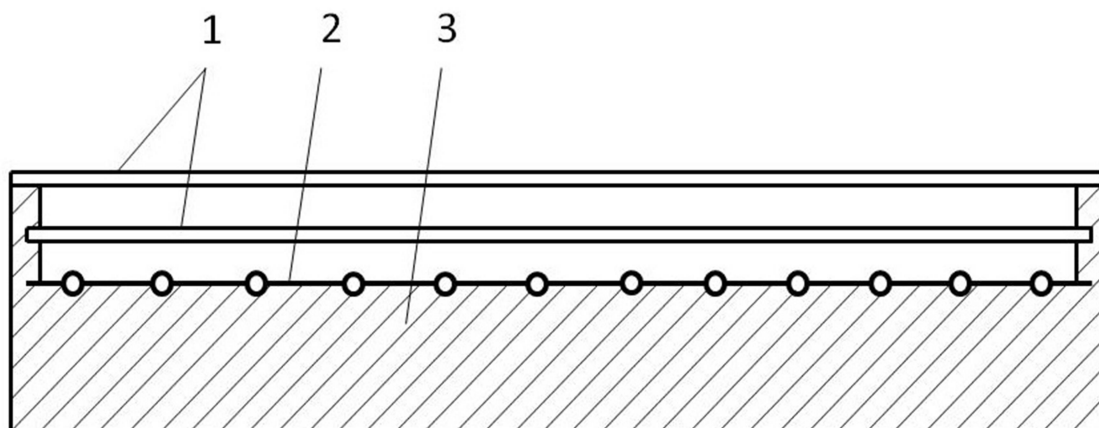
2.2.1 Ploché kolektory

Ploché kolektory jsou ve tvaru obdélníkové skříně (Obr. 2.2.3). Na přední straně je sklo nebo průhledná folie tzv. transparentní vrstva, skrz kterou procházejí sluneční paprsky. Ty následně dopadají na kovovou absorpční plochu, ve které jsou buď vytvořeny kanálky nebo jsou přímo pod ní trubičky, skrz které prochází teplonosná tekutina (Obr. 2.2.2). Na zadní straně kolektoru je pak umístěna vrstva tepelné izolace. Absorpční plocha může buď mít nebo nemít selektivní vrstvu. Kolektory bez selektivní vrstvy mají obvykle absorpční plochu natřenou černou barvou, černá barva výborně přijímá tepelné záření, ale velmi snadno tuto energii také vydává a tím vznikají ztráty. Z důvodu těchto ztrát se kolektory bez selektivní vrstvy využívají velmi zřídka. Mnohem vhodnější je využití solárních kolektorů, které selektivní vrstvu mají. Selektivní vrstva je obvykle tvořena vrstvičkou se směsí kovu a oxidu kovu. Tato vrstvička dokáže pohltit více než 90 % slunečního záření, ale zároveň má velmi vysokou odrazivost, takže vyzáří méně než 20 % tepla oproti černé barvě. Díky tomu, že dokáží tyto kolektory pracovat celoročně a faktu, že pracují s teplotami mezi 80 °C - 100 °C, což je pro potřeby většiny uživatelů dostačující, jsou tyto kolektory nejrozšířenějším typem zasklených kolektorů na našem trhu.[2][10][3]



1,2,3 - absorbéry vytvořené bodovým svařením dvou plechů,
 4 - trubka + plech (bodově přivařeno), 5 - trubka + plech (pájeno)

Obr. 2.2.2 Různá provedení absorbérů kapalinových kolektorů [10]



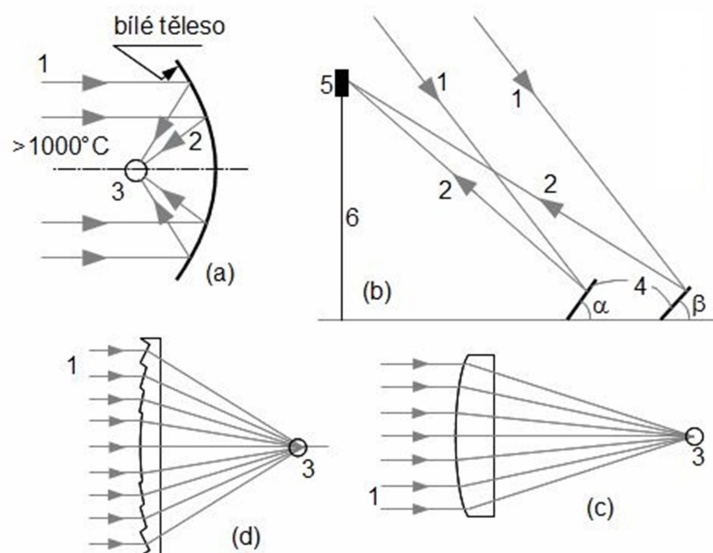
1 - transparentní vrstva, 2 - absorpční plocha, 3 - tepelná izolace

Obr. 2.2.3 Plochý kolektor – překresleno z [2]

2.2.2 Koncentrující kolektory

Koncentrující kolektory dokáží oproti plochým kolektorům pracovat i s teplotami v řádech stovek a někdy i tisíců stupňů Celsia. Tyto kolektory v sobě mají zrcadla nebo čočky, sloužící k soustředění slunečního záření do ohniska neboli absorbérů (Obr. 2.2.4). Důvodem jejich využití je zmenšení ztrát a tím i možnost dosažení vyšších teplot. Další výhodou je, že díky soustředění paprsků je možnost zmenšení absorbérů a tím i ušetření nákladů na samotný absorbér. Nevýhodou těchto kolektorů je, že navzdory ušetřeným nákladům na absorbér jsou zde stále velmi drahé optické systémy. Další nevýhodou je, že je nutné kolektor natáčet za sluncem a to tak, aby byla kompenzována výška slunce a azimut slunce, tedy ve dvou na sebe kolmých osách. Důvodem je, že je potřeba aby obraz slunce stále dopadal na absorbér. Tyto natáčecí a naváděcí systémy jsou ovšem drahé a z tohoto důvodu není vhodné používat tyto kolektory k ohřevu vody nebo vytápění. [9][3][10]

Díky vysoké ceně optiky, pohyblivého rámu a faktu, že tento typ kolektoru je schopen přijímat pouze přímou složku záření, což snižuje jeho účinnost na hodnoty nižší než ploché kolektory, se tento typ kolektorů využívá spíše na místech, kde je potřeba dosáhnout velmi vysokých teplot jako například pro tavení látek, chemické reakce nebo v solárních elektrárnách, kde se tyto kolektory využívají pro ohřev pracovního média. [10][9]



a) parabolické zrcadlo; b) solární věž; c) koncentrace paprsků pomocí čočky; d) koncentrace paprsků pomocí Fresnelovy čočky

1) přímé sluneční paprsky; 2) odražené sluneční paprsky; 3) ohnisko; 4) natáčivá zrcadla; 5) kaverna; 6) sloup

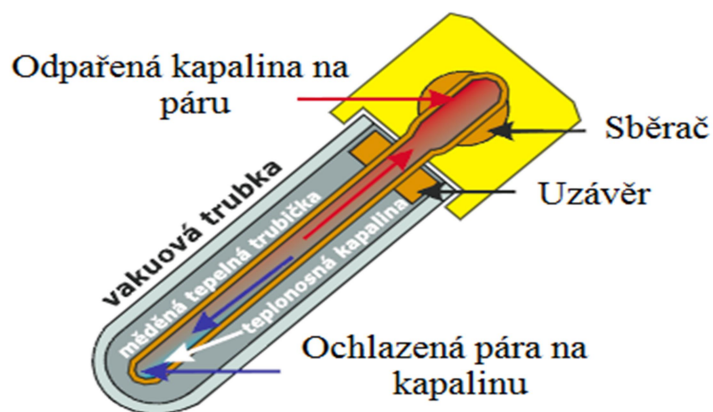
Obr. 2.2.4 Druhy a princip koncentrujících kolektorů [9]

2.2.3 Vakuové kolektory

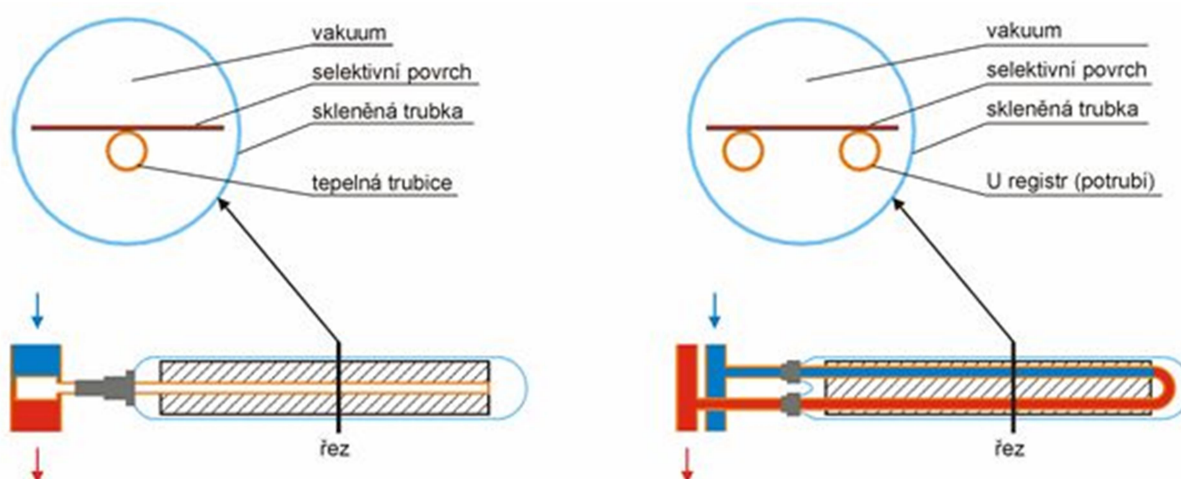
Vakuové kolektory se vyznačují tím, že v nich vakuum funguje jako izolace absorbéru před vnějšími vlivy a tím se snižují tepelné ztráty. V kombinaci s vysoce selektivním povrchem jsou tyto kolektory pravděpodobně nejdokonalejším řešením tepelných ztrát.

Vakuové kolektory můžeme rozdělit na několik skupin, ploché a trubicové kolektory. Ploché vakuové kolektory jsou podobné kolektorům plochým, atmosférickým. Rozdíl mezi těmito dvěma kolektory je, že ve vakuovém kolektoru je mezi sklem a absorbérem vakuum, tomu musí být uzpůsobena i samotná konstrukce kolektoru. Odsátím vzduchu z kolektoru vzniká obrovský tlak, který může dosahovat až 10kPa. Z tohoto důvodu je nutné zabudovat do kolektoru vzpěry, které podpírají sklo.[3][10]

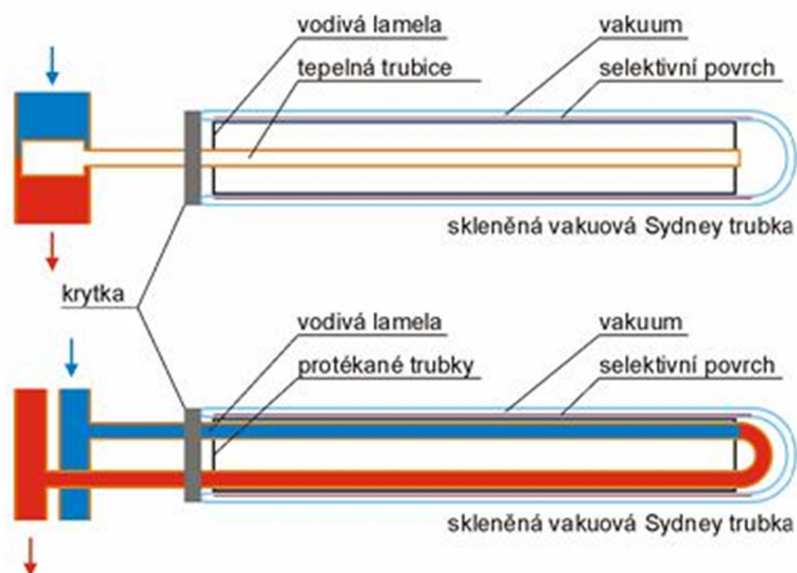
Dalším typem vakuových kolektorů jsou trubicové kolektory. Ve skleněných trubicích jsou měděné trubičky, které buď mohou být přímo protékány kapalinou, nebo se v nich nachází pracovní látka, která se odpařuje, tato odpařená látka následně stoupá vzhůru do sběrače, kde teplo předává teplotnosné kapalině (Obr. 2.2.5). Tyto trubky se dají opět rozdělit, a to na jednostěnné a dvojtěnné. V trubkách jednostěnného kolektoru se nachází plochý selektivní absorbér, který je umístěn ve vakuové trubce. Pod tímto absorbérem se nachází trubička, která je protékána kapalinou nebo ve které je pracovní látka (Obr. 2.2.6). Druhým typem jsou trubky dvojtěnné tzv. Sydney. Tento kolektor funguje tak, že ve skleněné, vnější trubce, je vložena druhá, vnitřní trubice, na které je nanesen selektivní povrch, samotné vakuum se nachází mezi těmito dvěma trubkami. Uprostřed trubky se opět buď nachází trubice protékána kapalinou nebo je zde trubička s pracovní látkou (Obr. 2.2.7).[11][3]



Obr. 2.2.5 Princip vakuové trubice [11]



Obr. 2.2.6 Jednostěnná trubice [3]



Obr. 2.2.7 Dvoustěnná trubice [3]

2.2.4 Plastové kolektory

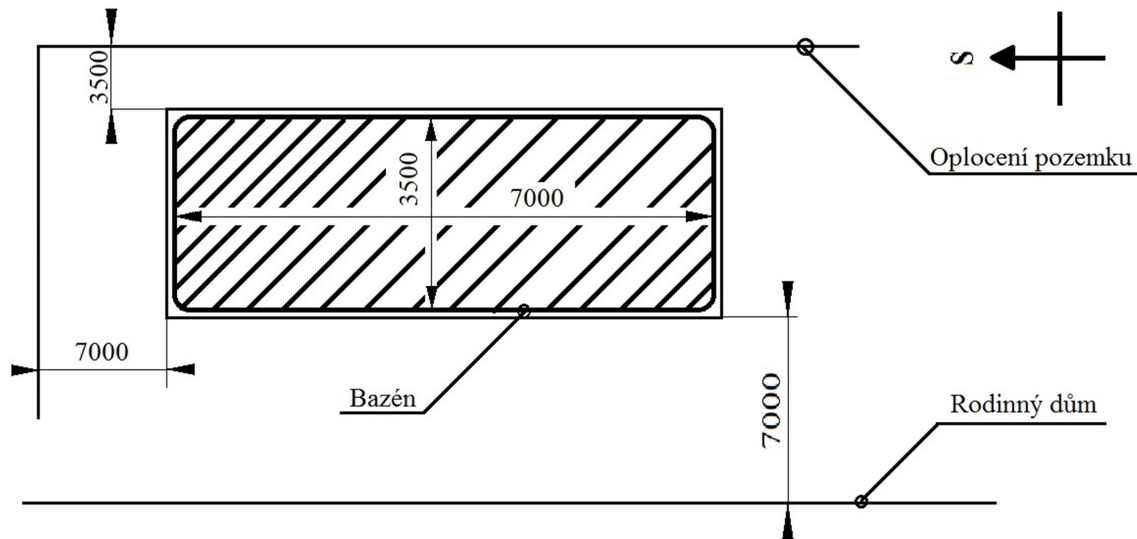
Plastové kolektory jsou typem plochých kolektorů a jsou nejpoužívanějším druhem solárních kolektorů pro ohřev bazénové vody. Na rozdíl od klasických plochých kolektorů nejsou kryty sklem, čímž odpadají ztráty odrazem na zasklení, zároveň nemají ani žádnou selektivní vrstvu, která by snižovala pohltivost slunečního záření a nemají ani žádnou tepelnou izolaci. Samotný kolektor je vytvořen z plastu, což je vhodné právě pro ohřev bazénové vody, která obvykle obsahuje chlor a ten by mohl způsobit korozi klasického kovového absorbéru. Výhodou těchto kolektorů oproti všem ostatním typům je, že díky

plastovému absorbéru a odstranění zasklení, tepelné izolace a selektivní vrstvy jsou až několikanásobně levnější než ostatní typy kolektorů.[10]

Jedním z důvodů využití těchto tepelných kolektorů je, že oproti ohřevu teplé vody pro domácnost nejsou požadavky na ohřev bazénové vody tak vysoké. Vodu pro bazén obvykle ohříváme pouze v období od května do září na teplotu kolem 26 °C. V těchto měsících je teplota vzduchu obvykle jen o něco málo nižší, než teplota vody v bazénu, z čehož vyplývá, že ztráty v kolektoru jsou bezvýznamné, a zároveň, že vodu v bazénu není třeba ohřívát o velkou teplotu. Největší výhodou těchto kolektorů je ovšem jejich cena. Pro ohřívání vody v bazénu je potřeba větších ploch solárních kolektorů, potřebná plocha kolektorů se může pohybovat od poloviny až do celé plochy bazénu a někdy může potřebná plocha kolektorů plochu bazénu i převýšit. Z potřebné větší plochy kolektorů vyplývá i mnohem vyšší cena za kolektory, a proto jsou nejpoužívanějším druhem kolektorů pro ohřev bazénové vody levné, plastové kolektory.[10]

3 Zpracujte návrh vytápění konkrétního bazénu s využitím tepelného čerpadla nebo solárních kolektorů

Bazén, pro který bude práce počítána, skutečně existuje a jde tedy o výpočty a návrh systému k reálnému bazénu, situační náčrtek bazénu je na obrázku 3.0.1.



Obr. 3.0.1 Situační náčrtek bazénu

Pro účely konkrétního návrhu řešení vytápění venkovního bazénu je třeba vypočítat měsíční potřebu tepla na krytí tepelné ztráty bazénu. Systémy pro ohřev bazénové vody se dimenzují podle měsíce, kdy jsou předpokládány nejvyšší ztráty a tedy největší zátěž na systém. Při teoretickém provozu bazénu od dubna do září je podle tabulek nejhorším měsícem září, návrhy a výpočty budou tedy prováděny konkrétně pro měsíc září. Pro ušetření nákladů na kompenzaci ztrát bazénu budeme bazén vždy v době, kdy není používán, zakrývat plachtou.

3.1 Měsíční potřeba tepla na krytí tepelných ztrát venkovního bazénu

Základní vzorec pro výpočet měsíční potřeby tepla je:

$$Q = \frac{n}{1000} \tau_p \left[\beta_p A_b \left(p_{v(t_{w,p})}'' - p_{v(t_{es})} \right) \frac{I_w}{3600} + \alpha_e A_b (t_{w,p} - t_{es}) \right] + \frac{n}{1000} (24 - \tau_p) \left[\beta_n A_b \left(p_{v(t_{w,n})}'' - p_{v(t_{en})} \right) \frac{I_w}{3600} + \alpha_e A_b (t_{w,n} - t_{en}) \right] - 0,85 \cdot n \cdot H_{den} \cdot A_b \quad (\text{kWh}) \quad (1)$$

kde je

n	počet dní v měsíci
τ_p	denní provozní doba bazénu, $\tau_p = \tau_s$ (Tabulka 3.1.1)
β_p	součinitel přenosu hmoty pro venkovní bazény, uvažujeme $2,9 \cdot 10^{-4}$ kg/h.m ² Pa
β_n	součinitel přenosu hmoty pro venkovní bazény, zakrývaný bazén $\beta_n = 0$
A_b	plocha vodní hladiny bazénu v m ²
$t_{w,p}$	požadovaná teplota vody v bazénu ve °C
$t_{w,n}$	teplota bazénové vody mimo provoz, uvažujeme $t_{w,n} = t_{w,p}$
t_{es}	střední teplota vzduchu ve dne ve °C (Tabulka 3.1.1)
t_{en}	střední teplota vzduchu v noci ve °C (Tabulka 3.1.1)
$p_v(t_w)$	tlak syté vodní páry v blízkosti hladiny bazénu při teplotě vzduchu rovné teplotě vody t_w v Pa
$p_v(t_e)$	tlak vodní páry v okolním vzduchu při venkovní teplotě a vlhkosti v příslušné části dne v Pa
I_w	výparné teplo vody, $I_w = 2,5 \cdot 10^6$ J/kg
α_e	součinitel přestupu tepla mezi okolním prostředím a hladinou bazénu sáláním a prouděním, uvažujeme $\alpha_e = 15$ W/m ² K pro venkovní bazén
H_{den}	energie slunečního záření dopadající na volnou hladinu bazénu, v kWh/m ² za den (Tabulka 3.1.1). [12]

Tabulka 3.1.1 Hodnoty veličin pro jednotlivé měsíce [2]

Hodnoty τ_s , t_{es} , t_{en} a H_{den} v jednotlivých měsících												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
τ_s [h/den]	8,26	10,12	12	13,9	15,7	16,34	15,7	13,9	12	10,12	8,26	7,85
t_{es} [°C]	2,2	3,4	6,5	12,1	16,6	20,6	22,5	22,6	19,4	13,8	7,3	3,5
t_{en} [°C]	-3,5	-2,3	0,1	4,5	8,4	10,5	12,9	12,7	10	5,9	0,8	-2
H_{den} [kWh/m ²]	0,73	1,37	2,64	3,68	4,93	5,59	5,22	4,25	3,07	1,46	0,73	0,51

Hodnoty tlaků nasycené páry je třeba dopočítat podle daných teplot vzduchu, výpočet provedeme podle vzorečku:

$$p_v'' = e^{\left(23,58 - \frac{4044,2}{235,6+t}\right)} \quad (Pa) \quad (2)[3]$$

a následně dopočítáme i parciální tlak vodní páry ve vzduchu pomocí tlaků syté vodní páry a relativní vlhkosti vzduchu, při jeho určité teplotě. Pro tyto výpočty počítáme vlhkost vzduchu přibližně 50 %.

$$p_v = \varphi * p_v'' \quad (Pa) \quad (3) [3]$$

Tabulka 3.1.2 Hodnoty dosazované do rovnice (1)

Dosazované hodnoty		
Veličina	Hodnota	Jednotka
n	30	-
τ_p	12	h/den
β_p	$2,9 \cdot 10^{-4}$	kg/h.m ² Pa
β_n	0	kg/h.m ² Pa
A_b	24,5	m ²
$t_{w,p}$	24	°C
$t_{w,n}$	24	°C
t_{es}	19,4	°C
t_{en}	10	°C
$p_{v(t_{w,p})}$	2985,18	Pa
$p_{v(t_{w,n})}$	2985,18	Pa
$p_{v(t_{es})}$	1126,9	Pa
$p_{v(t_{en})}$	614,15	Pa
I_w	$2,5 \cdot 10^5$	J/kg
α_s	15	W/m ² K
$H_{d\epsilon n}$	3,07	kWh/m ²

Dosazením všech hodnot (Tabulka 3.1.2) do vzorečku (1) zjistíme, že je třeba 3843,56 kWh tepla měsíčně, což je 128,11 kWh denně, na krytí tepelných ztrát bazénu pro měsíc září za předpokladu, že budeme bazén zakrývat v době, kdy není používán, a na základě této hodnoty budeme navrhovat systém pro ohřev bazénové vody.

3.2 Návrh vytápění bazénu s tepelným čerpadlem

Po dopočtení množství potřebného tepla pro hrazení ztrát máme veškeré veličiny potřebné k návrhu samotného systému pro ohřev bazénové vody pomocí tepelného čerpadla (Tabulka 3.2.1).

Tabulka 3.2.1 Důležité parametry bazénu

Parametry bazénu							
	Tvar	Délka	Šířka	Hloubka	Plocha hladiny	Objem	Množství potřebného tepla
Hodnoty	Kvádr	7	3,5	1,5	24,5	36,75	3843,56
Jednotky	-	m	m	m	m ²	m ³	kWh/měsíc

3.2.1 Konkrétní návrh soustavy

Na základě kombinace pozitivních recenzí ohledně spolehlivosti, kvality, výkonu a cenové dostupnosti bude použito čerpadlo značky HANSCRAFT ze série EVOLUTION. V této sérii vyrábí firma HANSCRAFT 3 typy čerpadel, které jsou rozděleny podle velikosti plochy bazénu a tato čerpadla mají různé parametry (Obr. 3.2.1).

Specifikace

2.1 Horizontální modely bazénových tepelných čerpadel HANSCRAFT EU norma, Švédská norma, TOP chladivo R410A, HITACHI, SANYO

HANSCRAFT MODEL	EVOLUTION 25	EVOLUTION 40	EVOLUTION 60
Doporučená velikost bazénu	15-25m ³	25-40m ³	30-60m ³
Chladivo	R410A	R410A	R410A
Kompresor (JAP)	HITACHI	HITACHI	HITACHI
Booster Technologie (JAP)	SANYO	SANYO	SANYO

Výkon +25°C

Tepelný výkon kW	6,8 kW	10 kW	13 kW
Spotřeba energie	1,09 kW	1.60 kW	2.07 kW
COP koeficient výkonu	6,25	6,25	6,25

Výkon +15°C

Tepelný výkon kW	4.3 kW	6.5 kW	8.2 kW
Spotřeba energie	1.02 kW	1.48 kW	1.86 kW
COP koeficient výkonu	4,2	4,4	4,4

Obr. 3.2.1 Specifikace tepelných čerpadel HANSCRAFT-EVOLUTION

Denní teploty v září dosahují průměrně 19,4 °C a v noci 10 °C (Tabulka 3.1.1.). Průměr těchto dvou teplot je 14,7 °C a proto budeme počítat s hodnotami, které výrobce tepelného čerpadla uvádí pro teploty kolem 15 °C (Obr. 3.2.1).

Další hodnoty potřebné pro výpočet doby potřebné k ohřátí vody jsou počáteční a konečná teplota vody. Požadovaná teplota vody je 24 °C (Tabulka 3.1.2.) a počáteční teplota vody při začátku ohřevu je 20 °C.

Použitím vzorečku:

$$t = \frac{m \cdot c \cdot \Delta_u}{p} \quad (h) \quad (4)[3]$$

kde je

m	množství vody v kg (1 kg=1 l, 1 m ³ =1 000 l)
c	měrné teplo (pro vodu c _{wh} = 1,163 Wh/kg.K)
Δ _u	rozdíl teplot vody (konečná teplota – počáteční teplota)
P	výkon čerpadla ve W (Obr. 3.2.1)

zjistíme čas, za jak dlouho nám jednotlivá čerpadla ohřejí vodu na požadovanou teplotu, a pomocí tohoto času můžeme dopočítat náklady na ohřev vody (Tabulka 3.2.2).

Pro výpočet nákladů na ohřátí vody na požadovanou teplotu použijeme průměrnou hodnotu ceny elektřiny za jednu kWh, kterou udává webová stránka www.energie123.cz a to 3,71 Kč.

Tabulka 3.2.2 Porovnání čerpadel

Doba ohřevu a cena za ohřev jednotlivými čerpadly						
Typ čerpadla	Výkon [kW]	Čas potřebný pro ohřev vody [h]	Příkon [kW]	Cena za 1 kWh [Kč]	Cena za ohřev vody [Kč]	Doba kompenzace ztrát bazénu [h. denně]
EVOLUTION 25	4,3	39,8	1,02	3,71	150	29,8
EVOLUTION 40	6,5	26,3	1,48	3,71	144	19,7
EVOLUTION 60	8,2	20,8	1,86	3,71	144	15,6

Náklady na kompenzaci tepelných ztrát bazénu vycházejí, opět při ceně 3,71 Kč za jednu kWh, na 14 259 Kč pro měsíc září. Je zřejmé (Tabulka 3.2.2), že takovéto ztráty bazénu dokáží kompenzovat pouze dvě silnější čerpadla, protože nejslabší čerpadlo by na kompenzování ztrát potřebovalo skoro 30 hodin denně.

3.2.2 Finanční kalkulace pořízení soustavy a její instalace

Tabulka 3.2.3 Finanční kalkulace

Cena za samotné čerpadlo	
Typ	Cena
EVOLUTION 25	28 450 Kč
EVOLUTION 40	32 065 Kč
EVOLUTION 60	38 720 Kč
Další náklady spojené s nákupem a instalací čerpadla	
Položka	Cena
Instalace čerpadla	1 500 Kč
Lepidlo	150 Kč
Trubky	200 Kč
Doprava	600 Kč
Připojovací materiál	300 Kč
Betonová podstava	200 Kč
Cena za instalaci a materiál	2 950 Kč
Celkové pořizovací náklady s jednotlivými čerpadly	
Typ	Celková cena
EVOLUTION 25	31 400 Kč
EVOLUTION 40	35 015 Kč
EVOLUTION 60	41 670 Kč

3.3 Návrh vytápění bazénu pomocí solárních panelů

Pro výpočet systému pro ohřev bazénové vody pomocí solárních kolektorů využijeme opět stejných výchozích hodnot jako u systému pro ohřev pomocí tepelného čerpadla (Tabulka 3.2.1). Je třeba navrhnout dostatečně velkou plochu solárních kolektorů, která bude schopná dodat dostatečné množství energie pro pokrytí ztrát bazénu a ohřev vody na požadovanou hodnotu. U solárních panelů je navíc velmi důležitá jejich orientace a sklon, vzhledem k dostatečnému množství volné plochy předpokládáme, že panely budou orientované směrem na jih a budou mít sklon 30°. Teploty vody budou také zachované z výpočtu pro tepelné čerpadlo pro lepší srovnání, počáteční teplota vody bude tedy 20 °C a požadovaná teplota vody bude 24 °C.

3.3.1 Konkrétní návrh soustavy

Pro návrh solární soustavy pro ohřev bazénové vody byly zvoleny 3 různé solární kolektory. První jsou solární kolektory značky Regulus. Tato společnost vyrábí kvalitní solární kolektory pro ohřev užitkové a bazénové vody a přitápění. Pro kolektor KPS 11 je výrobcem uváděna účinnost až 79%, na základě této účinnosti bude dále navržena potřebná plocha solárních panelů, která bude dostatečná pro pokrytí ztrát a ohřev bazénové vody na 24 °C.

Druhý je kolektor značky NORDline. Kolektor byl zvolen, protože výrobce udává stejnou účinnost jako u prvního kolektoru značky Regulus. To znamená, že plocha kolektorů potřebná pro kompenzaci ztrát a ohřev vody bude stejná, lišit se ovšem budou jiné parametry a to hlavně cena. Jedná se totiž o kolektor vakuový trubkový, tyto kolektory mají obvykle podstatně vyšší cenu než kolektory ploché deskové.

Třetím druhem kolektorů jsou kolektory značky Sun Wing. Tento kolektor je plochý deskový. U tohoto typu kolektoru uvádí výrobce účinnost až 83 %, což je o 4 % více než u předchozích dvou kolektorů, z toho vyplývá menší potřebná plocha kolektorů pro ohřev vody a kompenzaci ztrát.

Tabulka 3.3.1 Zvolené solární panely a jejich parametry

Vybrané druhy kolektorů a jejich parametry			
Název kolektoru	Účinnost [-]	Výkon [kW]	Plocha jednoho panelu [m ²]
Regulus - KPS11	0,79	1,85	2,31
NORDline SCM 15-58/1800-02	0,79	0,89	1,41
Sun Wing T4 Alu 2.66	0,83	2,06	2,50

Pro návrh solární soustavy je opět třeba vědět, jaké množství energie je třeba dodat na ohřev vody a pokrytí ztrát bazénu v měsíci září. Z předchozích výpočtů víme, že tato hodnota je 3843,56 kWh tepla měsíčně, což je 128,11 kWh denně. Na základě této hodnoty můžeme navrhnout typ a potřebnou velikost plochy solárních kolektorů, která bude schopna pokrýt ztráty bazénu a navíc dodat dostatek energie pro ohřev vody o 4 °C.

Základní vzoreček pro výpočet plochy kolektorů je:

$$S_A = \frac{(1 + p)Q_{spotř}}{Q_A} \quad (m^2) \quad (5)[2]$$

kde je

- $Q_{spotř}$ spotřeba energie za měsíc = krytí ztrát + ohřev vody na požadovanou teplotu
 Q_A energie zachycená kolektory
 p přírážka kvůli ztrátám v potrubí, udává se jako 10% z celkové spotřeby tepla ($p=0,1$) [2]

Tabulka 3.3.2 Hodnoty pro výpočet energie dopadající na kolektory [2]

Hodnoty $Q_{s \text{ den teor.}}$, τ a $Q_{s \text{ den}}$ v jednotlivých měsících												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{s \text{ den teor.}} [kWh/m^2]$	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98	9,56	7,98	6,44	4,48	2,96	2,35
$\tau [-]$	0,21	0,32	0,42	0,45	0,51	0,54	0,55	0,55	0,53	0,37	0,21	0,14
$Q_{s \text{ den}} [kWh/m^2]$	0,62	1,43	2,70	3,59	4,88	5,39	5,26	4,39	3,41	1,66	0,62	0,33

Energii zachycenou kolektory vypočítáme pomocí několika dalších výpočtů, nejprve zjistíme teoreticky možnou dopadající energii na plochu orientovanou na jih pod úhlem 30° (Tabulka 3.3.2). Z této tabulky zjistíme, že pro měsíc září je $Q_{s \text{ den teor.}}$ asi $6,44 \text{ kWh/m}^2$. Tato hodnota je teoreticky možná, pro výpočet je ovšem třeba reálná hodnota. Pro zjištění této hodnoty musíme zjistit poměrnou dobu slunečního svitu pro měsíc září (Tabulka 3.3.2). Hodnota τ je podle tabulky 0,53. Pro zjištění skutečné dopadající energie dosadíme hodnoty do vzorečku (6) a získáme skutečnou energii dopadající na kolektory, v tomto případě je $Q_S = 3,41 \text{ kWh/m}^2$. [2]

$$Q_S = \tau \cdot Q_{s \text{ den teor.}} \quad (kWh/m^2) \quad (6)[2]$$

Solární kolektory ovšem nejsou schopné zpracovat veškerou dopadající energii, vždy pracují s určitou účinností, která se více či méně blíží 100%. Účinnosti mohou být různé podle typu a kvality solárního kolektoru (Tabulka 3.3.1).

Pro zjištění skutečného množství energie, kterou je solární panel schopný zpracovat je třeba vynásobit účinnost a energii dopadající na samotný kolektor. [2]

$$Q_A = Q_S \cdot \mu \text{ (kWh/m}^2\text{)} \quad (7)[2]$$

Z toho vyplývá, že každý kolektor bude mít jiné množství energie, které je schopný pojmout (*Tabulka 3.3.3*).

Posledním krokem výpočtu je dosazení do vzorečku (5). Po dosazení hodnot a dopočítání nám vyjdou velikosti ploch potřebných pro pokrytí potřebného množství energie s využitím jednotlivých druhů kolektorů, na základě čehož můžeme také určit potřebné množství jednotlivých typů panelů (*Tabulka 3.3.3*).

Tabulka 3.3.3 Výsledné potřebné plochy kolektorů

Potřebná plocha a množství kolektorů			
Kolektor	Zachycená energie denně [kWh/m ²]	Potřebná plocha kolektorů [m ²]	Potřebné množství panelů
Regulus - KPS11	2,70	52,26	23
NORDline SCM 15-58/1800-02	2,70	52,26	38
Sun Wing T4 Alu 2.66	2,83	49,74	20

3.3.2 Finanční kalkulace pořízení soustavy a její instalace

Tabulka 3.3.4 Náklady na pokrytí potřebné plochy kolektorů

Cena za kolektory			
Kolektor	Potřebné množství panelů	Cena za kus	Celková cena kolektorů
Regulus - KPS11	23	12 088 Kč	278 024 Kč
NORDline SCM 15-58/1800-02	38	13 973 Kč	530 974 Kč
Sun Wing T4 Alu 2.66	20	14 460 Kč	289 200 Kč

Tabulka 3.3.5 Finanční kalkulace

Cena za kolektory	
Typ	Cena
Regulus - KPS11	278 024 Kč
NORDline SCM 15-58/1800-02	530 974 Kč
Sun Wing T4 Alu 2.66	289 200 Kč
Další náklady spojené s nákupem a instalací kolektorů	
Položka	Cena
Odvzdušňovací ventily	2 100 Kč
Instalace kolektorů	1 500 Kč
Lepidlo	150 Kč
Trubky	200 Kč
Doprava	600 Kč
Připojovací materiál	900 Kč
Kovová konstrukce pro držení kolektorů	6 000 Kč
Betonová podstava	200 Kč
Cena za instalaci a materiál	11 650 Kč
Celkové pořizovací náklady s jednotlivými kolektory	
Typ	Celková cena
Regulus - KPS11	289 674 Kč
NORDline SCM 15-58/1800-02	542 624 Kč
Sun Wing T4 Alu 2.66	300 850 Kč

4 Zhodnot'te obě varianty z hlediska energetického, ekonomického a ekologického

Hodnocení každého bodu bude provedeno na základě vypočtených a zjištěných informací v předchozích bodech.

Pro celkový návrh, ať už s tepelným čerpadlem nebo solárními kolektory, se uvažuje jednookruhový systém, ve kterém oběh vody čerpadlem nebo kolektory zajišťuje čerpadlo určené pro filtraci bazénu. Filtrace bazénu bude spuštěná a oběhové čerpadlo tedy poběží nezávisle na tom, jestli bude voda ohřívána tepelným čerpadlem nebo kolektory nebo nebude. Z tohoto důvodu nebude pro žádný z bodů hodnocení brána v potaz energie potřebná pro pohon oběhového čerpadla.

4.1 Hledisko energetické

Energetické hledisko znamená porovnat množství potřebné energie k provozu jednotlivých soustav. Již od počátku je zřejmé, že co se energetické náročnosti na provoz týče, je na tom lépe systém se solárními panely, ten totiž ke svému provozu žádnou elektrickou energii nepotřebuje a jeho provoz je tedy z energetického hlediska levnější. Oproti tomu tepelné čerpadlo ke svému provozu elektrickou energii potřebuje.

4.1.1 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo pro svůj provoz potřebuje elektrickou energii. Chceme-li vědět, kolik elektrické energie čerpadlo spotřebuje, musíme si vynásobit příkon čerpadla s dobou, jak dlouho je čerpadlo zapnuto.

Pro zjištění množství spotřebované energie každým druhem čerpadla musíme ovšem nejdříve spočítat, kolik energie spotřebují jednotlivá čerpadla pro pokrytí ztrát a ohřev vody o 4 °C. Energii potřebnou k pokrytí ztrát bazénu jsme již vypočetli pomocí vzorečku (1), tato hodnota je 3843,56 kWh (*Tabulka 3.2.1*). K této hodnotě musíme přičíst množství energie, které je třeba na ohřev bazénové vody o 4 °C. Tuto hodnotu spočítáme pomocí vzorečku (8).

$$E = m \cdot c \cdot \Delta_u \text{ (kWh)} \quad (8)[3]$$

kde je

m	množství vody v kg (1 kg=1 l, 1 m ³ =1 000 l)
c	měrné teplo (pro vodu c _{wh} = 1,163 Wh/kg.K)
Δ _u	rozdíl teplot vody (konečná teplota – počáteční teplota)

Dosazením a výpočtem tohoto vzorečku zjistíme, že energie potřebná pro ohřev vody o 4 °C je 170,9 kWh. Celková energie, kterou je třeba dodat, je tedy 4014,52 kWh. Následným vydělením celkové energie, kterou je třeba dodat, výkonem čerpadla zjistíme, kolik hodin za měsíc zabere čerpadlu dodat potřebné množství energie. Nakonec stačí hodiny potřebné k dodání veškeré energie vynásobit příkonem, a známe hodnotu energie, kterou čerpadlo spotřebuje v měsíci září (*Tabulka 4.1.1*).

Tabulka 4.1.1 Výpočet spotřeby energie jednotlivými čerpadly

Čerpadlo	Příkon [kW]	Výkon [kW]	Dodávaná energie [kWh]	Čas k dodání energie [h/měsíc]	Spotřebovaná energie čerpadlem [kWh]
EVOLUTION 25	1,02	4,3	4014,521	933,61	952,28
EVOLUTION 40	1,48	6,5		617,62	914,08
EVOLUTION 60	1,86	8,2		489,58	910,61

Z tabulky 4.1.1 je vidět, že pro ohřátí vody o 4 °C a kompenzaci tepelných ztrát bazénu v měsíci září je nejvhodnější použít tepelné čerpadlo EVOLUTION 60. Toto čerpadlo spotřebuje pro dodání požadovaného tepla nejmenší množství elektrické energie a zároveň toto teplo dodá i v nejkratším čase.

4.1.2 Solární kolektory

Solární kolektory pro svůj provoz oproti tepelným čerpadlům nevyžadují žádnou elektrickou energii.

4.2 Hledisko ekonomické

V této části budou porovnávány obě varianty z hlediska ekonomického. Budou porovnávány podle dvou parametrů, kterými jsou pořizovací náklady a provozní náklady.

4.2.1 Tepelné čerpadlo

Ceny za samotný nákup tepelného čerpadla se pohybují v rozmezí od 28 500 Kč, až do 38 700 Kč viz Tabulka 3.2.3. Cenový rozdíl mezi nejslabším a nejvýkonnějším porovnávaným tepelným čerpadlem je tedy přibližně 10 000 Kč. Cena jednotlivých čerpadel se odvíjí podle samotné značky, kvality zpracování čerpadla ale hlavně jeho výkonu, čím vyšší výkon čerpadla je požadován, tím je čerpadlo dražší.

V celkových pořizovacích nákladech jsou ovšem zahrnuty navíc náklady na instalaci a dopravu čerpadla a náklady za další materiál potřebný k připojení a zprovoznění tepelného čerpadla. Tato cena byla odhadnuta přibližně na 3 000 Kč.

Součtem nákladů na nákup samotného čerpadla a nákladů na jeho instalaci dostaneme celkové pořizovací náklady pro soustavu s každým typem čerpadla, tyto celkové náklady na pořízení soustavy s tepelnými čerpadly najdeme v tabulce 3.2.3.

Dalším parametrem jsou provozní náklady čerpadla. Tyto náklady se mohou u každého namontovaného čerpadla velmi měnit, protože jsou závislé na mnoha různých faktorech, například na výkonu a příkonu čerpadla, zda-li je čerpadlo používáno pouze pro občasné přihřátí vody, nebo je-li s ním udržována stálá teplota vody po celou dobu a v neposlední řadě na ceně elektrické energie, která se může také měnit například podle toho, zda-li majitel čerpadla toto čerpadlo spouští například pouze při tzv. nočním proudu, kdy je snižena sazba za elektrickou energii nebo zda-li čerpadlo pouští v době, kdy je za elektrickou energii účtována normální denní sazba.

Celkové provozní náklady určíme v našem případě tedy jako náklady na ohřátí vody o 4 °C a náklady na pokrytí ztrát pro měsíc září, na základě výpočtů z tabulky 3.2.2 můžeme tedy určit provozní náklady tepelných čerpadel pro měsíc září (*Tabulka 4.2.1*). Z této tabulky vyplývá, že nejvyšší položkou jsou náklady na kompenzaci ztrát bazénu, tyto náklady jsou stejné pro všechny 3 typy čerpadel, liší se tedy pouze cena za ohřátí vody. Tento rozdíl je ovšem velmi malý a náklady za měsíc září tak vycházejí pro všechny 3 čerpadla v podstatě stejné.

Tabulka 4.2.1 Provozní náklady čerpadel za měsíc září

Typ čerpadla	Čas potřebný pro ohřev vody [h]	Příkon [kW]	Cena za 1 kWh [Kč]	Cena za ohřev vody [Kč]	Množství energie pro kompenzaci ztrát [kWh]	Cena za energii pro kompenzaci ztrát pro měsíc září [Kč]	Celkové náklady pro září [Kč]
EVOLUTION 25	39,8	1,02	3,71	150	3844	14 259,61	14 409,61
EVOLUTION 40	26,3	1,48		144			14 403,61
EVOLUTION 60	20,8	1,86		144			14 403,61

4.2.2 Solární kolektory

Ceny solárních kolektorů se velmi liší. Cena se odvíjí hlavně od typu kolektoru jako například deskový, vakuový deskový nebo trubicový, dále se cena mění podle účinnosti kolektoru, na té totiž závisí množství potřebných kolektorů pro soustavu. Množství kolektorů potřebných pro soustavu se také odvíjí od plochy kolektoru, každý kolektor může být jinak velký. Ceny za jednotlivé kusy kolektorů nejsou tak rozdílné, pohybují se v rozmezí od cca 12 000 Kč do cca 15 000 Kč, ovšem právě rozdílnými účinnostmi, typy provedení a rozměry se velmi liší konečná cena za soustavy kolektorů, která se v případě 3 vybraných kolektorů pohybuje v rozmezí od 280 000 Kč do 530 000 Kč.

Pro celkové pořizovací náklady je třeba opět vzít v potaz i náklady spojené s instalací solárních panelů a jejich připojením. Náklady na instalaci solárních panelů byly odhadnuty na přibližně 11 600 Kč. Oproti nákladům na instalaci tepelného čerpadla jsou náklady na instalaci solárních panelů o mnoho vyšší, důvodem je potřeba konstrukce, na kterou budou panely umístěny. Zatímco pro tepelné čerpadlo stačí betonový podstavec, pro solární kolektory je třeba mít podpěrné konstrukce, na kterých budou panely přidělané, a které budou natočené a skloněné podle návrhu.

Celkové náklady na pořízení solárních kolektorů tedy vzniknou součtem ceny za samotné kolektory a nákladů na instalaci kolektorů. Tyto celkové náklady se v případě vybraných 3 kolektorů pohybují v rozmezí od přibližně 290 000 Kč do 550 000 Kč, podle typu zvolených kolektorů (Tabulka 3.3.5).

Provozní náklady solárních kolektorů z pohledu spotřeby elektrické energie budou nulové, protože solární kolektory ke svému chodu elektrickou energií nepotřebují. Provozní náklady, které podle webové stránky tzb-info.cz můžeme zahrnout, jsou obecné servisní náklady na údržbu a opravy, tyto roční náklady se podle stránky tzb-info.cz dají spočítat jako 0,3 % - 0,5 % z investičních nákladů na pořízení soustavy.

4.3 Hledisko ekologické

V této části budou obě varianty porovnány z hlediska ekologického a to tak, že bude porovnáváno množství emisí, které vzniknou při výrobě elektrické energie potřebné pro provoz jednotlivých systémů hnědouhelnou elektrárnou, což je v České Republice nejrozšířenější způsob získávání elektrické energie. K tomu budeme potřebovat údaje o množství emisí vznikajících při výrobě 1 MWh elektrické energie spalováním hnědého uhlí (*Tabulka 4.3.1*).

Tabulka 4.3.1 Množství emisí vznikajících při výrobě 1MWh hnědouhelnou elektrárnou [13]

Emise	Tuhé látky [kg/MWh _e]	SO ₂ [kg/MWh _e]	NO _x [kg/MWh _e]	CO [kg/MWh _e]	CO ₂ [kg/MWh _e]
Energetické uhlí	3	5,3	7,7	0,65	1213

Poznámka:

Pro hodnoty v tabulce se uvažuje 65 % odsíření SO₂ a tuhé látky při 98% odlučivosti filtrů elektrárny.

V tabulce 4.3.1. jsou emise popsány pouze zkratkami, zkratka SO₂ je oxid siřičitý, NO_x jsou oxidy dusíku, CO je oxid uhelnatý a CO₂ je oxid uhličitý.

4.3.1 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo pro svůj provoz potřebuje elektrickou energii, to znamená, že pro provoz tepelného čerpadla je třeba spalovat hnědé uhlí a vznikají tedy emise spojené s provozem čerpadla, na základě množství elektrické energie potřebné pro kompenzaci ztrát a ohřev bazénu o 4 °C a známých hodnot množství emisí vznikajících při výrobě 1 MWh elektrické energie spalováním hnědého uhlí můžeme určit, kolik emisí vznikne použitím každého ze tří zvolených čerpadel.

Z tabulky 4.1.1 vidíme množství spotřebované energie pro ohřátí vody v bazénu o 4 °C a kompenzaci ztrát bazénu v měsíci září. Z těchto známých hodnot už dokážeme podle

tabulky 4.3.1 dopočítat, kolik kg jednotlivých škodlivých látek vznikne při výrobě energie na provoz každého z čerpadel (Tabulka 4.3.2).

Tabulka 4.3.2 Množství vzniklých emisí pro každý typ čerpadla

Čerpadlo	Tuhé látky [kg]	SO ₂ [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	CO ₂ [kg]
EVOLUTION 25	2,86	5,05	7,33	0,62	1155,12
EVOLUTION 40	2,74	4,84	7,04	0,59	1108,77
EVOLUTION 60	2,73	4,83	7,01	0,59	1104,57

4.3.2 Solární kolektory

Solární kolektory pro svůj provoz nevyžadují žádnou elektrickou energii, emise vznikající při výrobě elektrické energie potřebné pro provoz solárních kolektorů budou tedy nulové.

Je tedy zřejmé, že z hlediska ekologického, vycházejícího z množství spalin vyprodukovaných při výrobě elektrické energie potřebné pro pohon soustavy pro ohřev bazénové vody, vychází lépe varianta systému se solárními kolektory.

Závěr

Na základě veškerých posbíraných informací a výpočtů, které jsem provedl, se jako nejlepší řešení pro vytápění navrženého bazénu hodí systém s tepelným čerpadlem, a to konkrétně s typem EVOLUTION 60. Z provedených výpočtů je zřejmé, že čerpadlo typu EVOLUTION 25 by nedokázalo pokrýt ztráty v měsíci září, nemá dostatečný výkon a nedokáže tedy v přiměřeném čase dodat dostatek energie potřebné k pokrytí ztrát. Čerpadlo EVOLUTION 40 by bylo možné použít také, výkon má dostatečný k hrazení ztrát i pro ohřev vody, cena za ohřev vody a kompenzaci ztrát je u něj stejná, jako u čerpadla EVOLUTION 60, dokonce i spotřebovaná energie pro ohřátí vody a kompenzaci ztrát je u obou čerpadel skoro stejná, a tedy i množství spalin vypuštěných do ovzduší při výrobě elektrické energie potřebné k jejich provozu je skoro stejné, navíc jeho pořizovací náklady jsou o více než 6 000 Kč nižší. Důvodů proč bylo zvoleno právě čerpadlo EVOLUTION 60, napříč tomu, že má vyšší pořizovací náklady, je několik. Zaprvé je to fakt, že velikost ztrát byla počítána na základě průměrných teplot udávaných v tabulkách. Tyto hodnoty se ovšem rok od roku mohou měnit a může nastat situace, kdy teploty budou v průběhu celého září nižší, tím vzrostou požadavky na dodané množství energie, kterou by čerpadlo EVOLUTION 40 nemuselo být schopné dodat. U čerpadla EVOLUTION 60 je tedy jakási rezerva pro velké výkyvy teplot od teplot průměrných, se kterými jsem v práci počítal. Další výhodou čerpadla EVOLUTION 60 je to, že dokáže potřebné množství tepla dodat podstatně rychleji, než čerpadlo EVOLUTION 40. To jednak šetří náklady na provoz oběhového čerpadla filtračního systému, ale hlavně se čerpadlo méně opotřebovává.

Pokud je kupující ochoten investovat, doporučil bych mu rozhodně jako nejideálnější řešení pro konkrétní bazén nákup čerpadla EVOLUTION 60. Pro někoho, kdo není ochotný zainvestovat při pořízení čerpadla je vhodné i čerpadlo EVOLUTION 40, jeho rezervy, co se maximální možné dodané energie týče, jsou ovšem nízké.

Ostatní možnosti systémů pro ohřev bazénové vody byly vyloučeny na základě několika parametrů. Systémy s druhým okruhem připojeným na plynový kotel nebo elektrokotel byly vyloučeny s ohledem na vysoké náklady, jak na připojení druhého

okruhu ke stávajícímu okruhu pro vytápění obytných prostor, tak s ohledem na náklady na energii a paliva potřebná k chodu kotle. Solární panely byly vyloučeny také hlavně na základě vysokých pořizovacích nákladů, ale zároveň také pro to, že návrh byl zpracováván pro konkrétní, fungující bazén a potřebná plocha solárních panelů byla pro instalaci na zahradě příliš velká a střecha přilehlého domu je orientována na východ, takže pro umístění solárních panelů není příliš vhodná.

Pokud ovšem bazén není stíněn a může na něj tedy celý den dopadat sluneční záření a člověku postačuje koupání například pouze do čtvrtky září, je pořízení těchto systémů pravděpodobně zbytečné. Podle J. Cihelky je totiž množství slunečního záření dopadající na plochu bazénu dostatečně velké, aby i bez přídavného systému dokázalo vodu v letních měsících ohřát minimálně na 24 °C, což je pro koupání dostatečující teplota.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *abeceda-cerpadel* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz>
- [2] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. První. Praha: T.Malina, 1994.
- [3] *tzb-info* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://tzb-info.cz>
- [4] *sinclairheatpumps* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.sinclairheatpumps.eu>
- [5] *industrialheatpumps* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.industrialheatpumps.nl>
- [6] *s-klimatizace* [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.s-klimatizace.cz>
- [7] *cerpadla-ivt* [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz>
- [8] *ekowatt* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz>
- [9] ŠKORPÍK, Jiří. *transformacni-technologie* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz>
- [10] MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. *Solární energie pro váš dům*. První. Brno: Computer Press, EkoWATT, 2010. ISBN 978-80-251-3241-8.
- [11] *solarni-kolektory.blogspot* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://solarni-kolektory.blogspot.cz>
- [12] *opzp2007-2013* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://www.opzp2007-2013.cz/>
- [13] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Obnovitelné zdroje energie v jižních čechách a horním rakousku*. B.m.: EkoWATT, 2000.

