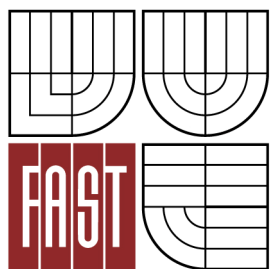




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VELKOPLOŠNÉ SOLÁRNÍ SYSTÉMY

THE LARGE-SCALE SOLAR SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MARTINA KRÁLOVÁ

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. MARTINA KRÁLOVÁ

Název Velkoplošné solární systémy

Vedoucí diplomové práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

**Datum zadání
diplomové práce** 31. 3. 2012

**Datum odevzdání
diplomové práce** 11. 1. 2013

V Brně dne 31. 3. 2012

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Abstrakt

Zadání diplomové práce se zaměřuje na velkoplošné solární systémy. Velkoplošný solární systém bude použit na ohřev vody veřejného bazénu. Bazén je situován do oblasti Brno - venkov. Bazén je provozován celoročně. Velký důraz diplomové práce je kladen na tepelné ztráty hladinou. Odpařování vody z vodní hladiny je také aplikováno v experimentální části diplomové práce. Při výpočtech je použit software pro modelování tepelného mikroklimatu budov a navrhování vzduchotechniky Teruna.

Klíčová slova

sluneční záření, absorbér, Low-Flow, Hight-Flow, tepelné ztráty hladinou, výměník tepla

Abstract

Entering of thesis focuses on large solar systems. Large solar system will be used for heating water in public swimming pool. The pool is located in Brno - country. The pool is operated year-round. Great emphasis of the thesis is on the surface heat loss. Evaporation of water from the water surface is also applied in the experimental part of the thesis. In the calculations is used software for modeling the thermal microclimate of buildings and air conditioning design Teruna.

Keywords

solar radiation, absorber, Low-Flow, Hight-Flow, thermal loss water level, heat exchanger

...

Bibliografická citace VŠKP

KRÁLOVÁ, Martina. *Velkoplošné solární systémy*. Brno, 2013. 93 s., 5 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 8.1.2013

.....
podpis autora
Martina Králová

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 8.1.2013

.....
podpis autora
Bc. MARTINA KRÁLOVÁ

Poděkování:

Cenné rady pro zpracování mé diplomové práce mi poskytla má vedoucí Ing. Marcela Počínková, Ph.D.za což jí touto cestou děkuji.

Obsah

Úvod	3
-------------------	----------

A. Teoretická část.....	4
--------------------------------	----------

Analýza tématu, cíle a metody řešení.....	5
1. Analýza tématu.....	5
2. Cíl práce, zvolené metody řešení	6
3. Aktuální technická řešení v praxi.....	6
4. Teoretické řešení	8
4.1 Princip plochého kolektoru:	9
4.2 Umístění kolektorových ploch pro nejlepší využití velkoplošného systému.....	11
4.3 Zapojení kolektorů a kolektorového pole.....	12
4.4 Průtočné varianty v kolektorovém poli	13
5 Experimentální řešení.....	15
5.1 Úvod do experimentálního řešení	15
5.2 Popis metody a přístrojové techniky	18
6 Řešení využívající výpočetní techniku.....	24

B. Výpočtová část.....	25
-------------------------------	-----------

1 Dimenzování solárních soustav.....	26
1.1 Potřeba tepla na ohřev bazénové vody	26
1.2 Návrh plochého kolektoru	32
1.3 Instalace solárních kolektorů (výpočet sílových působení a rozměrů)	42
2 Zapojení kolektorového pole a kolektorů.....	44
2.1 Průtočná varianta Low-Flow	44
2.1.1 Návrh dimenzi a množství vody v potrubí	47
2.1.2 Návrh čerpadla	48
2.1.3 Deskový výměník.....	49
2.1.4 Návrh expanzní nádoby.....	49
2.2 Průtočná varianta High-Flow	50
2.2.1 Deskový výměník.....	51
2.2.2 Návrh čerpadla	51
2.2.3 Návrh dimenzi a množství vody v potrubí	52
Závěr hodnocení a porovnání	52
Technická zpráva.....	53

C.Experimentální řešení	55
--------------------------------------	-----------

C1 První část experimentálního měření	56
Závěr experimentálního měření C1	62
C2 Druhá část experimentálního měření	63
C2.1 Za stavu odsunutého krytu bazénu	63
C2.2 Při zastřešeném bazénu.....	65
Výsledky C2.1 a C2.2	67
C3 Třetí část experimentálního měření	68
C3.1 Teplota vody zvýšená o 10% z původní naměřené teploty	68
C3.2 Venkovní teplota zvýšená o 10% z původní naměřené teploty.....	69
C3.3 Relativní vlhkost zvýšená o 10% z původní naměřené hodnoty	69
C3.4 Rychlost větru zvýšen o 10% z původní naměřené hodnoty	70
Závěr C3.1, C3.2, C3.3, C4.4.....	70

C4 Čtvrtá část experimentálního měření	71
C4.1.1 Stanovení ztrát odparem pro den 1.9.2011 pomocí softwaru teruna	73
C4.1.2 Porovnání výsledků ztrát odparem ze softwarem Teruna	75
C4.2.1 Stanovení ztrát odparem pro den 1.9.2011 pomocí softwaru teruna	76
C4.2.2 Porovnání výsledků ztrát odparem ze softwarem Teruna	78
Závěr:	78
C5 pátá část experimentálního měření	79
Odvhlčování prostoru bazénu.....	79
Závěr	81
Seznam použitých zdrojů	82
Seznam obrázku.....	84
Seznam použitých zkratek	85
Seznam příloh.....	86

Úvod

Moje diplomová práce je zaměřena na velkoplošné solární systémy, které se v současné době stávají zdrojem energie ve všech oblastech našeho života. Můj velkoplošný solární systém je použit na ohřev vody veřejného bazénu. Velkou část práce jsem věnovala experimentálnímu sledování průběhu teplot a jejich závislosti na okolním prostředí bazénu. Odpařování vody z vodní hladiny je také aplikováno v experimentální části diplomové práce. Při výpočtech je použit software pro modelování tepelného mikroklimatu budov a navrhování vzduchotechniky Teruna.

A. Teoretická část

Analýza tématu, cíle a metody řešení

1. Analýza tématu

Slunce je nejdůležitější hvězdou naší planety a také nejbližší. Je stálým zásobníkem energie pro naši Zemi. Sluneční záření vstupuje do atmosféry cca 1000 km od povrchu země. V 60 km je zbaveno atmosférou rentgenového a ultrafialového záření. A záření se ionizuje. Ve výškách kolem 25 km se pohlcuje zbytek nebezpečného ultrafialového záření. Ostatní záření pojme vodní para, prach, oxid uhličitý nebo kapky vody. Z celkového toku energie se do vesmíru vrací přes 30 %. V atmosféře zůstane cca 20 % a kolem 50 % je pohlceno zemským povrchem a přemění se na teplo. Ze země je pak vyzařované infračervené záření 15%, které způsobuje v atmosféře s víceatomovými plyny stále probíraný skleníkový efekt, který vyplývá ze zvyšujícího zahřívání zemského povrchu. Značné množství kolem 25 % energie se také podílí na vypařování vody z velkých ploch oceánu a moří. Z fyzikálního hlediska, vodní pára stoupá do chladnější vrstvy atmosféry kde kondenzuje a předává skupenské teplo okolnímu prostředí. 10 % zbylého tepla pohlceného zemským povrchem je odvedeno konvekcí. Na místo teplého vzduchu od země je přiveden vzduch chladný. Tuto konvekci pak vnímáme jako vítr.

Na povrch atmosféry dopadá sluneční záření nerozptýlené. Průchodem do atmosféry se záření dělí na tzv. difúzní $I_p(G_p)$, které je všesměrové, rozptýlené např. o částičky prachu a přímé sluneční záření $I_d(G_d)$. Celková intenzita slunečního záření $I(G)$ $I(G) = I_p + I_d$ může dosáhnout 800 -1000 W/m² . Toto také ovlivňuje podíl znečištění. V projektu diplomové práce jsem zvolila znečištění $z = 3$ pro oblast venkov. V České republice se pohybuje roční sluneční energie na optimálně umístěnou plochu od 1000 do 1200 kWh/(m².rok).[2]



Obr.1 Mapa slunečního záření [1]

Energie slunečního záření je přeměněna v tepelnou energii, proces se nazývá fototermální přeměna. Fototermální přeměna je založena na absorpci slunečního záření (sálavé energie) na povrchu kapalin a tuhých látek. Pohybem molekul se energie fotonů mění na citelné teplo. Sluneční záření jímá absorpční plocha, které je bez pochyb základní aktivním prvkem solárního systému. Energie ze slunce by jsme měli využívat v maximálně možné variantě a přesně to je obsaženo v ideji velkoplošných solárních systémů.

2. Cíl práce, zvolené metody řešení

Cílem je zvolení nejefektivnějšího systému ohřevu vody velkoplošným solárním systémem.

Pro svou diplomovou práci volím umístění solárních kolektorů na vlastní konstrukci. Krytý veřejný bazén je situován do nezastavěné oblasti. Z toho usuzuji možnost ideálního umístění i orientace kolektorového pole na plochu pozemku sousedícího s objektem veřejného bazénu. Pro soustavu volím ploché kolektory

Výhody plochých kolektorů:

- jsou technicky vyzrálé
- splňují estetickou náročnost
- jednoduchost konstrukce
- přímá úměra ceny a výkonu

U experimentálního měření jsem ověřovala výhody zastřešení bazénu. Zaměřila jsem se na odpařování vody z vodní hladiny a čím je tento jev nejvíce ovlivněn.

3. Aktuální technická řešení v praxi

V blízkosti mého bydliště jsem objevila realizovaný projekt velkoplošných solárních soustav právě se systémem Drain-Back SOLARNOL. Solární systém Drain-Back byl realizovaný v objektu mateřské školky v Ostravě – Proskovicích. Mateřská škola slouží pro maximální počet 50 žáků má svou kuchyni a jídelní provoz slouží i pro nedalekou ZŠ i cizí

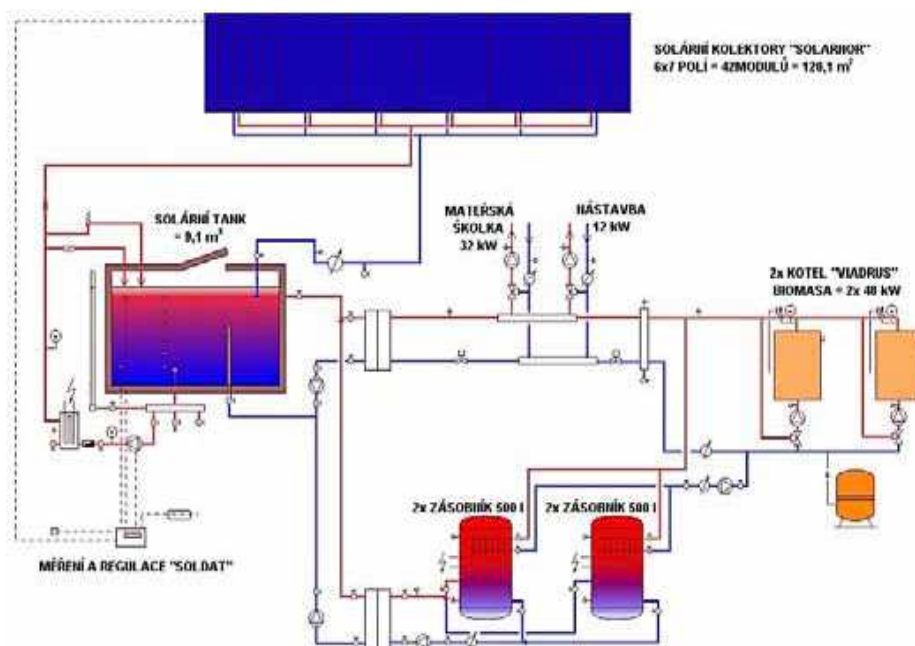
strávníky. V objektu se nachází i prádelna a v letním období jsou funkční venkovní bazény a sprchy. Solární systémy byly navrženy pro ohřev TUV a jako zdroj vytápění. Solární systém je efektivně zakomponován do střešní nástavby. Esteticky působí jako krytina stavby a celková realizace byla velmi dobře přizpůsobena okolnímu prostředí. Solární systém byl projektován Projekcí OZE-Ostrava panem projektantem Ing. Petrem Kramolišem a realizace solárního systému byla dokončena 29.8. 2002. Celková rekonstrukce budovy byla dokončena v roce 2003.

Informace o aplikovaném velkoplošném solárního systému

Sklon střechy je 50° a celkový návrh byl předem navržen pro ideální umístění kolektorů. Kolektory nezatěžují hmotnosti 10kg/m^2 , v provozním stavu je hmotnost $13,1\text{kg/m}^2$ konstrukci střechy. Absorpční plocha kolektorového pole je 120 m^2 . Systém navržen pro 42 kolektorů rozměrů $5,25 \times 0,6\text{ m}$. Beztlaková nádoba systému Drain-Back má objem 12 m^3 a je situována v kotelně. Solární systém je opatřen čidly firmy Honeywell. [7]



Obr .8 Mateřská školka v Ostravě – Proskovicích



Obr.9 Navržený solární okruh pro MŠ [7]



Obr.10 Mateřská školka byla inspirací pro další realizace solárních kolektorů v okolí

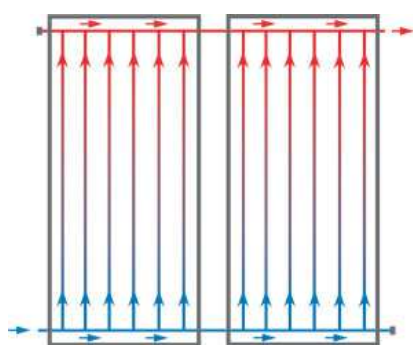
4. Teoretické řešení

Dle velikosti kolektorové plochy se solární systémy dělí:

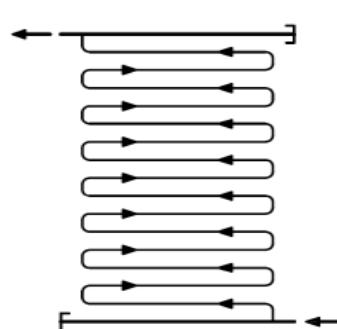
- Maloplošné – celkové kolektorové pole max. 15 m^2
- Velkoplošné

Typ kolektoru pro velkoplošné solární soustavy:

- Ploché kolektory pro velkoplošné systémy, by měly být většinou se selektivním povrchem absorbéru.
- Při instalaci na střeše se kvůli velkému zatížení doporučují hliníkové rámy pro aplikaci na stojanech a dřevěné rámy pro integrální aplikaci.
- Sklo tvrzené, zdrsňené pro eliminaci odlesku. Velká plocha by mohla oslňovat.
- Nevhodné jsou vakuované trubicové nebo vakuované ploché kolektory. Z důvodu energetického, estetického a komplikovaném hydraulickém řešení.
- Trubkové rastry solárních plochých kolektorů by měly zajistit dobré zatékání teplosnosné látky. Nejvhodnější jsou kolektory se serpentinovými a lyrovými absorbery. Serpentinový absorbér má sice velké tlakové ztráty, ale při zapojení do většího pole kolektorů se tlaková ztráta nezvyšuje. A lyrový absorbér umožňuje paralelní propojení do velkých větví, které tvoří poté kolektorové pole.



Obr.2 Lyrový absorbér



Obr.3 Serpentinový absorbér [2]

Který kolektor je po zvážení všech argumentů nejlepší pro velkoplošné solární systémy?

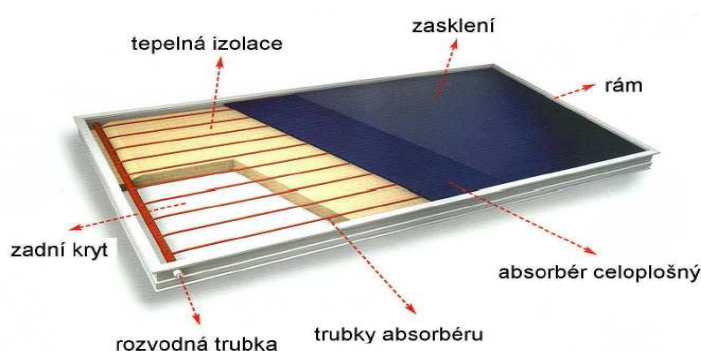
Moje sympatie si v tomto směru určitě zaslouží ploché kolektory. Ploché kolektory mají solární absorbér opatřen tepelnou izolací, nejběžnější je čedičová vlna a zakrytý je plochou skleněnou deskou proti tepelným ztrátám. Ploché kolektory se vyrábí ve dvou velikostních skupinách. Kolektory malé do 2 – 3 m² kompletně předvyrobené a kolektory velké do 12 m², které jsou zasklené až na místě umístění. Na střechy se tyto kolektory už dopravují jeřábem.

4.1 Princip plochého kolektoru:

Na povrchu absorbéru se jak přímé tak difúzní záření mění na teplo. Povrch by měl mít schopnost dopadající záření zcela přeměnit na teplo a minimum záření vrátit zpět.

K absorberu jsou přichyceny trubky a v nich protéká teplotnosná kapalina (nejčastěji voda nebo směs 50% glykol, 50% voda, zajišťující mrazuvzdornost). Aby se teplo dobře odvádělo musí absorber, trubky a spoje mezi nimi splňovat dobrou tepelnou vodivost. Zajištěna v dobrém teplovodivém materiálu jako je hliník nebo měď.

Energie má však snahu tepelným tokem vyvažovat teplotní rozdíly. Proto mají kolektory ztráty vyzařováním, konvekcí a vedením. Ztráty vyzařováním se zajistí selektivní plochou. Ztráty konvekcí se minimalizují vestavěním absorberu do skříně a uzavřen ze všech stran. A tepelně izolován to omezí ztrátu vedením i vyzařování světla.[2]



Obr.4 Schématický řez plochého kolektoru [2]

Velkoplošné systémy se uplatňují v:

- Domovech důchodců
- Mateřské školy s částečným provozem i o prázdninách
- Domech pro větší počet rodin
- Hotelech
- Velkých kuchyní s celoročním provozem
- A jiných například v krytých veřejných bazénech

Argumenty pro zřizování solárních soustav:

- Provozovatel získá částečnou hospodářskou nezávislost.
- Koupání v solárně ohřáté vodě dává pocit komfortu.
- Přispění k ochraně životního prostředí.
- Životnost solární soustavy přes 20 let.

- Nenáročná údržba solární soustavy.
- Solární soustavy zvyšují hodnotu nemovitosti.
- Náklady na konvenční paliva na dobu 20 let nelze předem kalkulovat z důvodů kolísání jejich cen.

4.2 Umístění kolektorových ploch pro nejlepší využití velkoplošného systému

- Kolektory součástí střešní krytiny:
 - součást šikmé střechy 25° - 50°, orientace na jih
 - toto umístění má výhody v jednoduché montáži, ušetření peněžních prostředků na krytině, kolektor tvoří opticky jednotnou plochu s krytinou
 - avšak nevýhodou je špatný přístup pro údržbu a ohrožení těsnosti střešní krytiny při porušení skla
- Kolektory na fasádní stěně:
 - sklon 90° v této poloze ze zisk snížen max.o 30 % za rok
 - kolektory tvoří tepelnou izolaci, ušetření financí na fasádní konstrukci, nehrozí problémy s přetápěním, menší tendence k zašpinění
 - nevýhody hrozí riziko zastínění, větší důraz na pevné zajištění skla, špatný přístup pro údržbu
- Kolektory na vlastní konstrukci:
 - osazení kolektorů na stojany v kombinaci např. hliník a beton, ocelové konzoly uchycené k plášti konstrukce.
 - kolektory více podléhají působení větru a proto musí být dobře zajištěny, plochá střechy by měla být zajištěna proti poškození, prodej omezen velikostí stojanu pro kolektory
 - výhodné je zvolení nejúčinnějšího sklonu kolektoru, orientaci ke světovým stranám a nekomplikovaný přístup údržby

4.3 Zapojení kolektorů a kolektorového pole

Zapojení kolektorů

Pro dobrou výkonnost a efektivnost soustavy má hlavní význam rovnoměrný průtok všemi kolektory a plochou jednotlivých kolektorů. Geometrie absorberů musí být přizpůsobena hydraulickému řazení a průtoku.

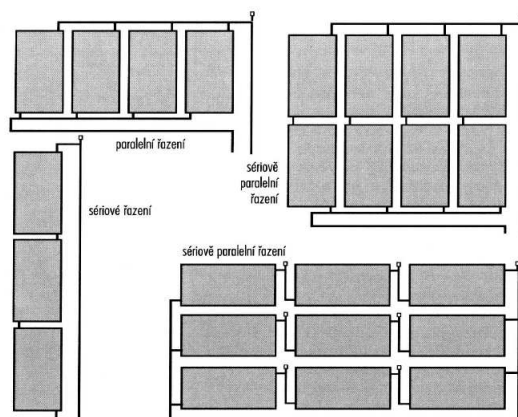
Zapojení kolektorů:

- sériové
- paralelní
- kombinace sériového a paralelního řazení

V **sériovém zapojení** protéká teplotonosná kapalina stejnoměrně avšak s počtem řazených kolektorů stoupá její teplota i průtočný odpor. Proto se doporučují max.2-3 kolektory v řadě (větví).

Paralelní zapojení se hodí pro malé a středně velké solární soustavy. Kolektory jsou napojeny na jedno horní a jedno dolní sběrné potrubí. Aby bylo docíleno rovnoměrného proudění mají sběrné trubky větší průměr, tím zaručíme nižší hydraulický odpor. Průtok kolektory musí být stejně dlouhý a přívod a odvod napojený v protilehlých koutech. Takto se docílí systému dle Tichelmanna. S větším počtem paralelních rozvětvení se vyskytují větší rozdíly v průtocích. Tento problém není jen u paralelního zapojení více kolektorů. Vyskytuje se u všech absorberů s paralelně protékanými kanálky. Malých rozdílů u odporů v průtoku může být docíleno, když ve sběrných trubkách zůstávají malé odpory.

Sériově paralelní zapojení se používá u větších soustav, kdy sjednocuje přednosti sériového a paralelního zapojení. Nejlepší možnost jak mít rovnoměrné průtoky a zároveň přijatelný odpor vůči proudění. [5]



Obr.5 Zapojení kolektorů [5]

4.4 Průtočné varianty v kolektorovém poli

Dělí se na soustavu:

- Low-Flow
- High-Fow
- Matched-Flow
- Drain-Back

Low-Flow (nízký průtok)

Je soustava založena na malém průtoku $10-15 \text{ l/(h.m}^2\text{)}$. Tento průtok se používá pro rychlé získání většího množství tepla v menších soustavách pro rodinné domky jako podpora vytápění nebo v soustavách společně se stratifikačními zásobníky (teplotně rozvrstvené zásobníky). Pro podporu vytápění je důležité např. sladit regulaci kotle s regulací solární soustavy. U větších solárních soustav se doporučuje systém Low-Flow z důvodu úspor na čerpadlech, potrubí nebo tepelných výměnících. Rozdíl v teplotách mezi vstupem a zpátečkou je kolem $39-58\text{K}$. U menších solárních soustav, ale v dnešní době představují systémy Low-Flow velmi nákladnou záležitost, proto se od nich upouští a systém je zaměřen jen na velkoplošné systémy.

High-Flow (vysoký průtok)

Je soustava založena na vyšším průtoku $25-40 \text{ l/(m}^2\text{.h)}$ a tepelná kapacita dosahuje menších rozdílů teplot na vstupu a výstupu z kolektorového systému. Tato soustava je ideální,

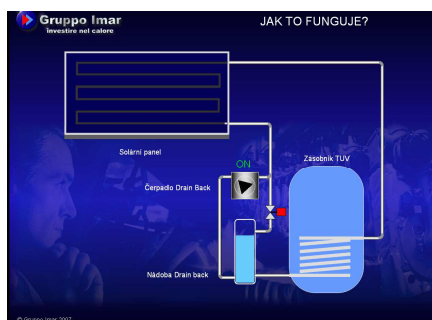
když jsou požadovány nižší teploty ohřáté vody. Průtočný objem zapříčiní větší průměry potrubí. Rozdíl mezi teplotou vstupu a zpátečky je 15-23K.

Matched-Flow (uzavřený průtok)

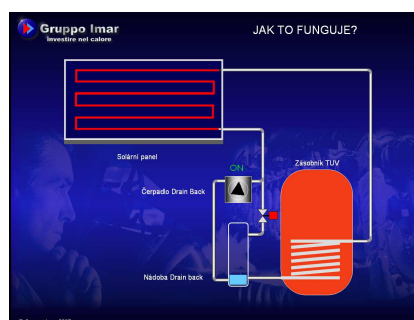
Průtočný objem 8 až 40 l/m² . h se pohybuje mezi Low-Flow a High-Flow soustavou díky regulaci čerpadla kolektorových soustav. Cílem je dosáhnout v solárním systému konstantní teploty nabíjeného zásobníku a zamezit tím tak ke spuštění automatického dohřevu. Použití Matched-Flow by se mělo až po pečlivém zvážení. Existují i simulační programy pro usnadnění rozhodování např. program TRNSYS. Tlaková ztráta 1 m potrubí soustavy nemá překročit 1,5 mbar a rychlost omezena 0,5 m/s.

Drain-Back (odvodnění zpět)

V této soustavě se nenachází jako teplotonosná látka pouze voda, bez nemrznoucích příměsí . Celá soustava pracuje bez tlaku z tohoto důvodu nemusí být použita zabezpečovací zařízení. Když není dostatek solární energie pro ohřev nebo hrozí nebezpečí zamrznutí, kolektory jsou prázdné. Teplotonosná kapalina je zachycena v nádobě, jak vidíme na prvním obrázku firmy Gruppo Imar. Při zapnutí čerpadla se teplotonosná kapalina dostane do solárního panelu a po zahřátí zásobníku na požadovanou teplotu se čerpadlo vypne a kapalina se vrátí zpět do nádoby.[3]



Obr.6 Systém Drain-Back



Obr.7 Systém Drain-Back [6]

5 Experimentální řešení

5.1 Úvod do experimentálního řešení

Nových systémů stále přibývá, za pár let budou dnešní moderní systémy zastaralé a nahradí je nové. Napadá mě otázka: „Koho jako prvního napadl ohřev vody pomocí slunce?“ První zmínky nás určitě zavedou do starověkého Řecka, Říma nebo Egypta. Staří Řekové využívali slunečních paprsků už ve 3. století před Kristem na zkonstruování slunečních hodin. Řekové a Římané pomocí zvětšovací skel, dnešních lup, zapalovali nepřátelské plachty lodí. Slunce tedy sloužilo lidem od nepaměti. Ve starověkém Egyptě se začaly používat první černé nádoby na ohřev vody. V egyptském městě Pharaohsu se tento systém aplikoval na ohřev paláce. Z černých nádob byla večer do paláce vypouštěla ohřátá voda.

Komfortu v podobě horké vody a celkového lázeňství si neužívali jen lidé minulého a současného století. Koupání plavání má své historické kořeny a není novodobým objevem. Už od počátku lidské kultury jsou v historii zaznamenány poznatky o ozdravných lázních. Historické stopy se nezanechaly jen na obrazových náznacích na vázách a mísách, ale byly přímo objeveny archeologickými průzkumy.



Obr.11 Mozaika bazénového dna



Obr.12 Odvodňovací systém

Snímky na Obr.11 a Obr.12 jsou pořízené na Kypru kde archeologové našli pozůstatky řeckých lázní. Z obr.2 jsou patrné potrubní vedení pravděpodobně odpadní potrubí. Tyto fotografie dokazují vysokou technickou vyspělost Řecké a Římské kultury té doby. Pro dnešní i dřívější kulturu byly přirozené potřeby člověka nutností. Ve všech historických formách osídlení se lidé učili vážit si vody a uchovávat ji čistou. Nejstarší zmínky jsou z vykopávek v Egyptě později ve starobylém Řecku a říši Římské.

21.století:

V dnešní době vše začíná nadšeným výkřikem, hlavně za strany dětí: “My chceme bazén“. Toto je zkrácená formulace začátku stavebně a provozně náročného celku.

Rodinné bazény se staly bezpochybně standardní součástí našich zahrad. Lidé nemají důvěru v čistotu přeplněných veřejných koupališť. Z tohoto důvodu také začínáme posuzovat ekonomický dopad výstavby a provozu bazénu do rodinného rozpočtu.

Požadavky na výstavbu bazénu, ať už se jedná o bazén vnitřní nebo venkovní, se stále zvyšují.

Dnes musí bazény splňovat celou řadu požadavků:

- Hygienických, zdravotních
- Bezpečnostní
- Estetické
- Ekologické
- Stavebně technické, chemicko-technologické
- Ekonomické (provoz, výstavba)
- Legislativní (vyplívajících z platných právních norem)

Hlavním kritériem je poloha bazénu, plocha osvětlení pro potřeby využití. A zásadní otázkou pro většinu lidí je umístění bazénu v exteriéru či interiéru a s tím spjatá ztráta tepelné energie v důsledku odpařování vody.

Ztráty tepelné energie při ohřevu vody v bazénu

Největší tepelné ztráty zastupuje odpařování vody z vodní hladiny. Množství odpařené vody je závislé na teplotě vody v bazénu, vlhkosti vzduchu a rychlosti větru nad bazénem. Čím vyšší je teplota vody, rychlost větru a nižší vlhkost vzduchu, tím je množství odpařené vody vyšší.

Ke snížení spotřeby energie při vyhřívání bazénu jakoukoliv formou ohřevu (solární panely, elektrická přímotopná tělesa, tepelná čerpadla) a to u zastřešeného i nezastřešeného bazénu, je pouze jedna možnost. Zabránit odpařování vody v bazénu, můžeme pouze zakrytím

hladiny vody. Tím se až o 70% sníží náklady na spotřebu energie při jejím ohřevu. Je to ten nejúčinnější způsob, jak snížit náklady na ohřev vody v bazénu. Při zastřešení bazénu se kromě úspory energie na vyhřívání bazénu se díky nižšímu odpařování vody snižují náklady na doplňování vody, spotřeba chemických prostředků na ošetřování vody a také se omezí spad nečistot do bazénu.

Množství odpařené vody je závislé na mnoha faktorech: teplotě vody v bazénu, rychlosti větru nad bazénem, vlhkosti vzduchu a zda je v případě venkovních bazénu zajištěno zakrytí či zastřešení. Zastřešení bazénu je v našich zeměpisných podmínkách velice výhodné. Prodlouží se tak doba koupání o dva až tři měsíce (duben až říjen). Zastřešení má i mnoho dalších výhod o kterých si povíme později. Bez zastřešení je sezona jen asi tří měsíce. U zastřešených bazénů se v obdobích letních, slunných dnů může teplota pohybovat kolem 60°C až 80°C pod krytem. Tyto teploty přispívají k mnohem většímu odparu vody, jediným opatřením je větrání.



Obr. 13 Odpařená vody z bazénu

Při výpočtu tepelné ztráty hladinou se nejen započítává ztráty vlivem odpařování hladiny, ale i přestup tepla konvekcí a přestup tepla sáláním. Přestup tepla konvekcí ovlivňuje hlavně rychlost větru. Zachycená energie zářením na vodní hladinu přispívá k ohřevu vody. U venkovních bazénů se také stanovuje tepelná ztráta do zeminy rozdílnými výpočty pro dno a stěny bazénů. Člověk také přispívává velkou měrou k odpařování vody a to ne jen v případě, že cáká vodu z bazénu. Z toho také vyplývá, že se výpočet zohledňuje pro provoz a mimo provoz bazénu.

5.2 Popis metody a přístrojové techniky

Měření pro experimentální účely probíhalo na rodinném bazénu v závětrném prostoru zděné 2 m zdi umístěné na hranici pozemku.

Bazén je vyroben ze sklolaminátu a je zapažen v zemi. Má pevný konický tvar, který zajistí nepoškození a nezdeformování bazénu v zimním období, při vypuštění části vodního obsahu.

Zdroj vody pro bazén je 20 m studna s užitkovou vodou.

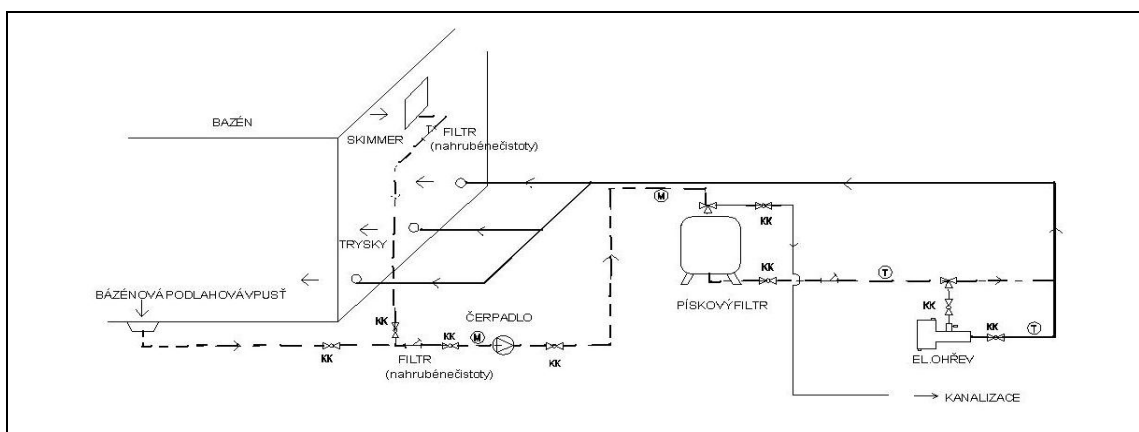
Příslušenství bazénu:

V příslušenství bazénu je samozřejmě pískový filtr s oběhovým čerpadlem. U bazénu je pro svou jednoduchou obsluhu použit pískový filtr. Filtrační nádoba je zvolena z plastového materiálu s horním plněním. Filtrační náplň je tvořena křemičitými písky, přes kterou prochází voda vertikálně pod tlakem a dochází k čištění.



Obr.14 příslušenství bazénu

Pro případný dohřev vody slouží průtokový elektrický ohřev pomocí topné jednotky HEATpool-TITAN





Obr. 15
El. Ohříváč, EOVTi 3 – 12 kW

Vybavení : Termostat do 40°C , tepelná pojistka a průtoková klapka

V našem případě je zařízení ohříváče umístěno v technické místnosti v blízkosti venkovního bazénu. El. průtokový ohříváč je nutno instalovat za čističku, aby nedošlo k zanesení topného tělesa. Princip ohřevu je založen na průtoku bazénové vody tělesem. Voda je čerpána přes filtrační okruh pomocí čerpadla čističky. Topné těleso je spínáno stykačem, který je umístěn v el. ovládací krabici a je chráněno před poškozením elektrickou průtokovou klapkou. Pokud nastane situace, že topením neprotéká voda, elektrická průtoková klapka nedovolí sepnutí stykače topení. Dalším ochranným prvkem je tepelná pojistka, nastavena na vypínací hodnotu 54°C až 60°C.

Bazén je zastřešen polykarbonovým posuvným krytem.

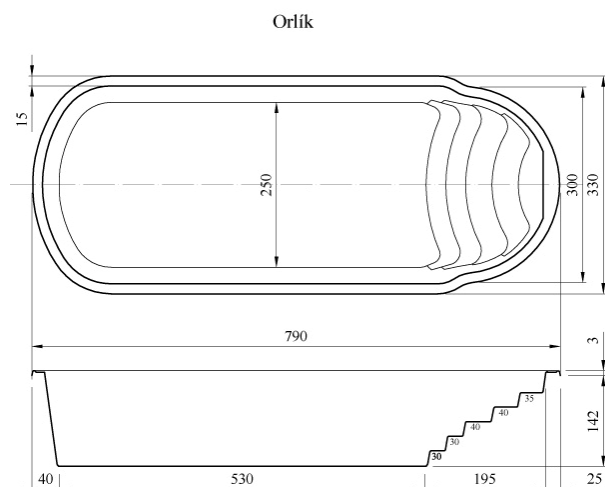
Výhody tohoto zastřešení:

- Prodlužuje koupací sezonu.
- Dovoluje koupání v nepříznivém počasí a pocit soukromí.
- Chrání čistotu vody před listím, hmyzem a tím také usnadňuje údržbu a snižuje náklady za použité chemické přípravky.
- Snížení nákladů na ohřev vody.

Toto jsou jen ty technické výhody, při experimentální měření dojdeme i na fyzikální výhody zastřešení, kterými jsou:

- Pasivní ohřev vody
- Zabránění tepelných ztrát

Rozměry bazénu dané výrobcem :



Plocha bazénu:

$$A = (790 - 25 - 25) \cdot 300 = 222000 \text{ mm}^2 = 22,2 \text{ m}^2$$

Objem bazénu:

$$V = (\pi \cdot r^2 \cdot h) \div 2 + L \cdot h \cdot d = (\pi \cdot 1,35^2 \cdot 0,9) \div 2 + 5,5 \cdot 1,42 \cdot 3 = 26 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ kg} \Rightarrow m = 26 \text{ 000 kg}$$

Přístrojová technika použitá pro měření:



Obr. 16 měřící zařízení



Obr.17 Teploměr pro měření vody v bazénu

Měřící zařízení Obr.16 je elektrické zařízení na měření vlhkosti pod krytem, teploty pod krytem bazénu a venkovním čidlem na měření teploty mimo zastřešení bazénu.

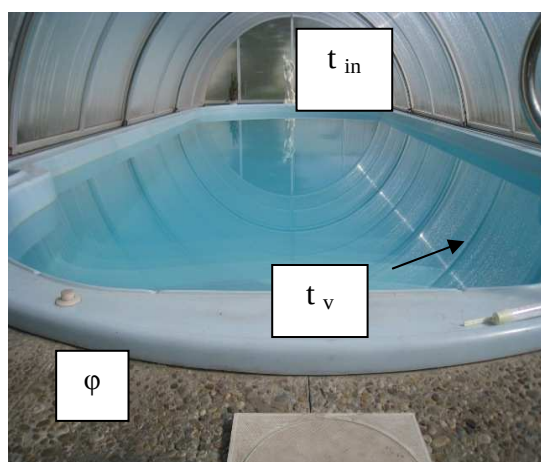


Obr.18 Teploměr venkovní

Na Obr. 18 probíhá ověřování teploty pod krytem za pomoci venkovního teploměru.

Popis metody měření

V první části experimentálního měření C1 jsem sledovala a porovnávala stav teplot venkovní teploty, pod krytem, relativní vlhkost v období květen 2011,2012 až září 2011,2012 kolem 18.hodiny kdy už na kryt nesvítalo přímé sluneční záření.



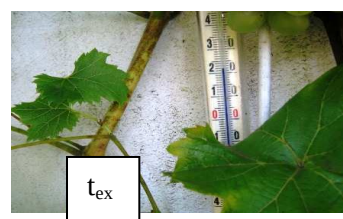
Sledované hodnoty:

t_v - teplota vody

t_{in} – vnitřní teplota pod krytem

t_{ex} – venkovní teplota

ϕ relativní vlhkost vzduchu %



V druhé části experimentálního měření C2 jsem se zaměřila na skutečné množství odpařené vody z vodní hladiny bazénu a porovnávala tyto hodnoty se softwarem Teruna.

STUPEŇ	SLOVNÍ OZNAČENÍ	RYCHLOST VĚTRU		PŮSOBENÍ VĚTRU NA SOUŠI
		m/s	km/h	
0	BEZVĚTRÍ	< 0,5	< 1	Kouř stoupá kolmo vzhůru.
1	VÁNEK	~ 1,25	1 – 5	Směr větru poznatelný podle pohybu kouře.
2	SLABÝ VÍTR	~ 3	6 – 11	Listí stromů šelestí.
3	MÍRNÝ VÍTR	~ 5	12 – 19	Listy stromů a větvičky v trvalém pohybu.
4	DOSTI ČERSTVÝ VÍTR	~ 7	20 – 28	Zdvihá prach a útržky papíru.
5	ČERSTVÝ VÍTR	~ 9,5	29 – 39	Listnaté keře se začínají hýbat.
6	SILNÝ VÍTR	~ 12	40 – 49	Telegrafní dráty svíští, používání deštníků je nesnadné. Vítr ztěžuje pochods batohem na zádech.
7	PRUDKÝ VÍTR	~ 14,5	50 – 61	Chůze proti větru je nesnadná, celé stromy se pohybují.
8	BOUŘLIVÝ VÍTR	~ 17,5	62 – 74	Ulamují se větve, chůze proti větru je normálně nemožná, při chůzi musíme udržovat rovnováhu pomocí hůlek.
9	VICHŘICE	~ 21	75 – 88	Vítr strhává komíny, tašky a břídlíce se střech. Poráží člověka na zem.
10	SILNÁ VICHŘICE	~ 24,5	89 – 102	Vyvrací stromy, působí škody na obydlích. Lze chodit jen se sníženým těžištěm.
11	MOHUTNÁ VICHŘICE	~ 29	103 – 114	Působí rozsáhlá pustošení. Postupovat lze jen přískoky.
12 - 17	ORKÁN	> 30	> 117	Ničivé účinky (odnáší střechy, hýbe těžkými hmotami). Pohyb je možný jen plazením.

stupeň	označení	rychlost m.s ⁻¹
0	bezvětří	<= 0,2
1	vánek	0,3-1,5
2	slabý vítr	1,6-3,3
3	mírný vítr	3,4-5,4
4	dosti čerstvý vítr	5,5-7,9
5	čerstvý vítr	8,0-10,7
6	silný vítr	10,8-13,8
7	prudký vítr	13,9-17,1
8	bouřlivý vítr	17,2-20,7
9	vichřice	20,8-24,4
10	silná vichřice	24,5-28,4
11	mohutná vichřice	28,5-32,6
12	orkán	>= 32,7

Tab.2 Hodnoty rychlosti větru stanovené dle meteorologické stanice v blízkosti měřeného místa a upravené **Beaufortovou stupnicí rychlosti větru** na místě měření dle působení[8]

Měření probíhalo za tohoto stavu:

Měření C2.1 Při odsunutém krytu bazénu



Obr. 19 Odsunutý kryt bazénu

Měření C2.2 Při zastřešeném bazénu



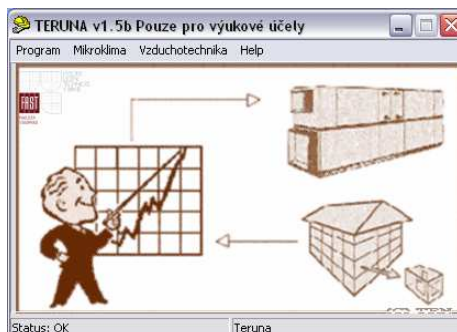
Obr. 20 Zastřešený kryt bazénu

Ve **třetí části experimentálního měření C3** jsem se zaměřila jak na odpařování z vodní hladiny působí okrajové podmínky. Postupně jsem všechny hodnoty zvýšila o 10 % z původně naměřených. Změna teploty vody, zvýšení rychlosti větru, zvýšení teploty vzduchu a zvýšení vlhkosti. Výpočet probíhal za pomoci výpočetní techniky softwaru Teruna.

V **experimentální části měření C4** jsem sledovala teplotní změny každou hodinu ve dne 1. září 2011. Výpočet odparu vodní hladinou vypočítán s pomocí výpočetní techniky softwaru Teruna a porovnán numerickým výpočtem.

V poslední **experimentální části měření C5** jsem provedla pokus s tablety Ceserit. A umístila je do velmi vlhkého prostředí pod krytem bazénu. Na fotografické dokumentaci bude zachyceno, co se s tablety stalo.

6 Řešení využívající výpočetní techniku



Obr.21 Software Teruna[4]

Měření odparu z hladiny jsem kontrolovala softwarem pro modelování tepelného mikroklimatu budov a navrhování vzduchotechniky. Tento důmyslný program vychází z praxe kolektivu působícím v Brně na VUT FAST Ústav TZB. Tento program využívá výpočtů z aplikované fyziky a numerické matematiky. Byl vytvořen pro usnadnění práce projektantům v dnešní hektické době. Tento program slouží širší odborné veřejnosti a slouží pro zmodernizování poznatků o interním mikroklimatu budov. [4]

Teruna obsahuje:

- Psychrometrický výpočet
- výpočet tepelné izolace vzduchotechnického potrubí
- výpočet průběhů tepelných ztrát a zátěží
- výpočtový model tepelného chování místnosti
- rozšířený návrh VZT jednotek o regenerační výměník
- a nakonec výpočtový model bazénové jednotky a odparu z vodní hladiny, který mi byl velkým pomocníkem při řešení experimentální části DP

B. Výpočtová část

1 Dimenzování solárních soustav

1.1 Potřeba tepla na ohřev bazénové vody

Předpokladem pro provoz solárních soustav, je zakrývání hladiny vnitřního bazénu i v době mimo provoz.

Tyto teploty a hodnoty předpokládáme u dětských bazénů a bazénů pro neplavce i pro skokanské a plavecké bazény.

Parciální tlak syté páry se pro danou teplotu:

Provozní podmínky vnitřního bazénu pro neplavce

typ bazénu	t_w (°C)	$P''_{v(tw)}$ (Pa)	t_v (°C)	Φ_v (%)	$P_{v(tv)}$ (Pa)
v provozu	28	3780	30	65	2760
mimo provoz	28	3780	20	65	1520

Provozní podmínky vnitřního bazénu pro plavce

typ bazénu	t_w (°C)	$P''_{v(tw)}$ (Pa)	t_v (°C)	Φ_v (%)	$P_{v(tv)}$ (Pa)
v provozu	24	2985	30	65	2760
mimo provoz	24	2985	20	65	1520

Ozn. bazénu	typ bazénu	plocha (m ²)
B1	pro plavce	265
B2	pro neplavce	102
B3	pro neplavce	16
B4	pro neplavce	20,5
B5	pro plavce	65

Parciální tlak syté páry se pro danou teplotu:

$$p_{v''} = \exp\left(23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t}\right)$$

Měsíční potřeba tepla na krytí tepelné ztráty **vnitřního a venkovního** bazénu v kWh/měs

$$Q_{p,z} = \frac{n}{1000} \tau_p \left[\beta_p A_b (p_{v(t_{w,p})} - p_{v(t_{v,p})}) \frac{I_w}{3600} + \alpha_i A_b (t_{w,p} - t_{v,p}) \right] + \frac{n}{1000} (24 - \tau_p) \left[\beta_n A_b (p_{v(t_{w,n})} - p_{v(t_{v,n})}) \frac{I_w}{3600} + \alpha_i A_b (t_{w,n} - t_{v,n}) \right]$$

n ...počet dní v daném měsíci

τ_p ...denní provozní doba bazénu

β_p ...součinitel přenosu hmotnosti vnitřní bazén $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg/h.m}^2\text{Pa}$, venkovní bazén $2,9 \cdot 10^{-4} \text{ kg/h.m}^2\text{Pa}$

β_n ...souč. přenosu hmoty pro zakrývaný bazén $\beta_n = 0 \text{ kg/h.m}^2\text{Pa}$

A_b ...plocha vodní hladiny

$t_{w,p}$...požadovaná teplota bazénové vody v provozu

$t_{w,n}$...požadována teplota mimo provoz

I_w ...výparné teplo $2,5 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$

α ...součinitel přestupu tepla sáláním a prouděním $\alpha_e = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\alpha_i = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$

Výpočet:

B1(měsíc leden) celkový výpočet v době provozu i mimo provoz

$$Q_{p,z} = [(31/1000).12.(1,6.10^{-4}).265.(2985-2760).(2,5.10^6/3600)+10.265.(24-30)] + [(31/1000).(24-12).(0+0.265.(24-20))]$$

$$Q_{p,z} = 493 \text{ kWh/měs}$$

bazén		B1	B2	B3	B4	B5	celkem
měsíc	počet dnů	Qp,z (kWh/měs)					
leden	31	493	6577	1032	38	0	8140
únor	28	445	5940	932	34	0	7352
březen	31	493	6577	1032	38	0	8140
duben	30	477	6365	998	37	117	7994
květen	31	493	6577	1032	38	121	8261
červen	30	477	6365	998	37	117	7994
červenec	31	493	6577	1032	38	121	8261
srpen	31	493	6577	1032	38	121	8261
září	30	477	6365	998	37	117	7994
říjen	31	493	6577	1032	38	121	8261
listopad	30	477	6365	998	37	0	7877
prosinec	31	493	6577	1032	38	0	8140
celkem 96673 kW za rok		5804	77438	12147	449	835	96673

Měsíční potřeba tepla na ohřev přiváděné studené vody v kWh/měs

Hloubka v bazénu v m		0,5	1,0	2,0	3,0	3,5	4,5
Teor. výměna vody v krytém b.	(T) h	2,0	3,0	5,0	6,0	6,5	7,0

Přibližný počet návštěvníků se stanoví jako 20% využití měsíční kapacity bazénu. Hodinová kapacita bazénu k_h dána vyhláškou []

Vzorec:

$$k_h = 1,5 \cdot \frac{A_b}{5} \quad \text{plocha bazénu; } A_b = 300 \text{ m}^2 \text{ (bez plochy bazénu určených např.k tobogánu)}$$

Výpočet:

$$k_h = 1,5 \cdot \frac{300}{5} = 90$$

Počet návštěvníků v jednotlivých měsících

Vzorec:

$$k = 0,2 \cdot k_h \cdot \tau_p \cdot n$$

Výpočet: (pro měsíc leden)

$$k = 0,2.90.12.31 = \mathbf{6696 \text{ os/měs}}$$

měsíc	počet dnů	osob
leden	31	6696
únor	28	6048
březen	31	6696
duben	30	6480
květen	31	6696
červen	30	6480
červenec	31	6696
srpen	31	6696
září	30	6480
říjen	31	6696
listopad	30	6480
prosinec	31	6696
celkem osob za rok		78840

$$216 \text{ osob/den} \cdot 30 \text{ l/os} = 6480 \text{ l/den}$$

Vzorec pro výpočet potřeby tepla pro ohřev studené vody:

$$Q_{p,SV} = k \frac{V_{SV,os} \cdot \rho c (t_w - t_{SV})}{3.6 \times 10^6}$$

Vstupní hodnoty:

tw (°C)	24	28
ρ (kg/m ³)	997,26	996,22
c (J/kgK)	4180,8	4179,6

$V_{SV,os} \dots \text{m}^3/\text{os}$, množství se uvažuje jed. 30 l/os.

Vypočet:

$$Q_{p,SV} = 6696 \frac{0,03.997,26.4180,8(24 - 15)}{3.6 \times 10^6} = 2093,84 \text{ kWh /měs}$$

Potřeba tepla na ohřev přiváděné studené vody pro jednotlivé měsíce

měsíc	osob	teplota vody		1	2
		tw1(°C)	tw2(°C)	Qp, VS (kWh/měs)	
leden	6696	24	28	2093,84	3020,42
únor	6048	24	28	1891,21	2728,12
březen	6696	24	28	2093,84	3020,42
duben	6480	24	28	2026,30	2922,99
květen	6696	24	28	2093,84	3020,42
červen	6480	24	28	2026,30	2922,99
červenec	6696	24	28	2093,84	3020,42
srpen	6696	24	28	2093,84	3020,42
září	6480	24	28	2026,30	2922,99
říjen	6696	24	28	2093,84	3020,42
listopad	6480	24	28	2026,30	2922,99
prosinec	6696	24	28	2093,84	3020,42
Potřeba tepla na ohřev přiváděné stud. vody				60216 kWh/měs	

Ztráty do okolního prostředí

Vzorec:

$$Q_{z,i} = 24 \cdot \sum A_{sd} \cdot U_{i,z} \cdot (t_w - t_{i,z})$$

Vstupní hodnoty:

tw (°C)	24/28
vnitřní tep.(°C)	18
U _{stěny} (W/m ² K)	0,71
U _{dna} (W/m ² K)	0,74

Výpočet:

bazén		B1		B2		B3		B4	
plocha stěny/dno bazénu (m ²)		140	265	40	102	16	16	10	20,5
měsíc	počet dnů	Qz,i (kWh/měs)							
leden	31	444	875	211	562	85	88	32	68
únor	28	401	791	191	507	76	80	29	61
březen	31	444	875	211	562	85	88	32	68
duben	30	429	847	204	543	82	85	31	66
květen	31	444	875	211	562	85	88	32	68
červen	30	429	847	204	543	82	85	31	66
červenec	31	444	875	211	562	85	88	32	68
srpen	31	444	875	211	562	85	88	32	68
září	30	429	847	204	543	82	85	31	66
říjen	31	444	875	211	562	85	88	32	68
listopad	30	429	847	204	543	82	85	31	66
prosinec	31	444	875	211	562	85	88	32	68
celkem za rok 27834 kWh		15531		9100		2032		1171	

Ztráty do zeminy

Vzorec:

$$Q_{z,z} = A U_{equiv} \cdot f \cdot (t_w - t_z)$$

Vstupní hodnoty:

č.k	Popis	A	U_{equiv}	A. U_{equiv}
B5	dno bazenu	65	0,38	24,7
	stěny bazenu	65	0,48	31,2

B5, t_w (°C)	24
souč. f	1,15

Výpočet: (duben, ztráta dna bazénu)

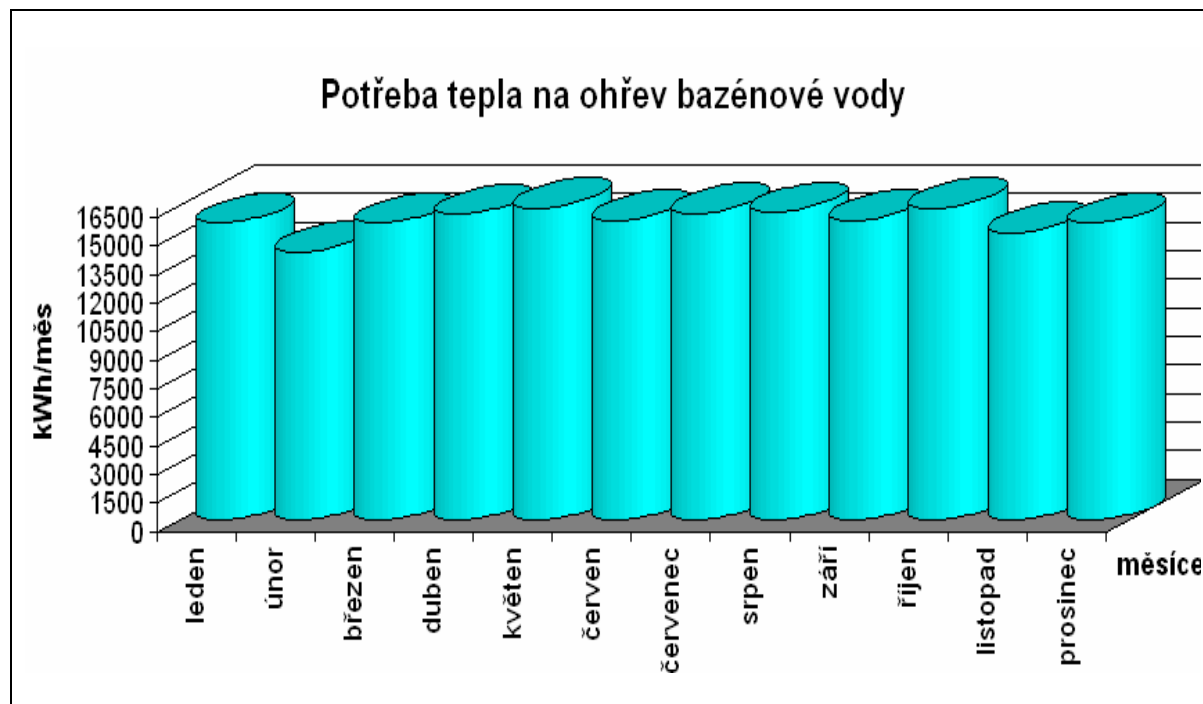
$$Q_{z,z} = 24,7 \cdot 1,15 \cdot (24 - 6) = 511,29 \cdot 24 \cdot 30 = 368128,8 \text{ W} = 368,13 \text{ kWh / mes}$$

ozn.bazénu			B5		celkem kWh/měs
plocha stěny/ dno (m ²)			65 m ²	65m ²	
měsíc	počet dnů	teplota zeminy t_z (°C)	$Q_{z,z}$ kWh/měs		
leden	31	2	0	0	0
únor	28	2	0	0	0
březen	31	3	0	0	0
duben	30	6	465,00	368,13	833,13
květen	31	10	373,73	295,87	669,59
červen	30	13	284,17	224,97	509,14
červenec	31	16	213,56	169,07	382,62
srpen	31	15	240,25	190,20	430,45
září	30	13	284,17	224,97	509,14
říjen	31	10	373,73	295,87	669,59
listopad	30	6	0	0	0
prosinec	31	3	0	0	0
celkem	4003,67 kWh/měs				

V měsících leden, únor, březen, listopad, prosinec není venkovní bazén B5 v provozu.

Celkové hodnoty ztrát za jednotlivé měsíce a dny

měsíc	Ztráty odparem z vodní hladiny + přestupem mezi hladinou a vnitřním prostředím $Q_{p,y}$ [kWh/měs]	Potřeba tepla na ohřev přiváděné studené vody $Q_{p,sv}$ [kWh/měs]	Ztráty prostupem do okolního prostředí $Q_{z,j}$ [kWh/měs]	Ztráty do zeminy $Q_{z,z}$ [kWh/měs]	$Q_{celk.}$ kWh/měs	ztráty za den kWh/den (bez zisku hladiny)
leden	8140	5114	2364	0	15618	503,8044
únor	7352	4619	2135	0	14107	503,8044
březen	8140	5114	2364	0	15618	503,8044
duben	7994	4949	2288	833	16064	535,4755
květen	8261	5114	2364	670	16408	529,3042
červen	7994	4949	2288	509	15740	524,6756
červenec	8261	5114	2364	383	16121	520,0471
srpen	8261	5114	2364	430	16169	521,59
září	7994	4949	2288	509	15740	524,6756
říjen	8261	5114	2364	670	16408	529,3042
listopad	7877	4949	2288	0	15114	503,8044
prosinec	8140	5114	2364	0	15618	503,8044
celkem za rok						188727kWh



1.2 Návrh plochého kolektoru

Zvolený plochý kolektor TWI – T3 (SUN WING T3)

základní technické parametry kolektoru

Konstrukce 	Vnější rozměry	2090 x 1081 x 102 mm
	Celková hmotnost T2 / T3	45 kg / 44 kg
	Rám	EN AW 6060 (verze Dark Line: černě eloxovaná slitina)
	Účinná plocha absorberu T2 / T3	2,018 m ² / 2,020 m ²
	Krycí sklo	Solární ornamentální tl. 4mm, bezpečnostní
		Součinitel prostupu solárního záření $\eta_{GL} = \geq 90 \%$
	Izolace dna T2 / T3	Minerální vlna 66mm/20mm ; 50mm/20mm
	Těsnění	EPDM a silikonové směsi, UV stabilizace
	Připoje	G 3/4 + plochá těsnění
	Plocha absorberu	Celoměděný absorber s vysoce selektivním povrchem
	Absorbce	95%
	Emisivita	5%
	Kompensátor	Integrovaný
	Zkušební tlak	10 Bar
	Provozní tlak	1 - 4 Bar
	Obsah	1 Ltr
	Záruční doba 5 let	

maximální stagnační teplota	°C	194	připojení	"	3/4
bod varu teplonosného média	°C	160	Max.výkon	W	1563
souč. konverze při úhlu záření 0°	%	77,4	koeficient prostupu tepla k_1	Wm ² K	2,83
tlaková ztráta	mbar	20	koeficient prostupu tepla k_2	Wm ² K	0,013
pudorysná plocha	m ²	2,26	max. vertikální instalace	ks	8

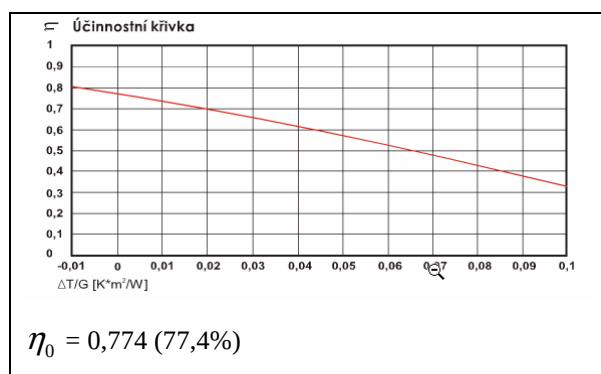
Použité hodnoty z tabulek plochého kolektoru TWI-T3 pro další výpočty

k_1 - součinitel tepelné ztráty (lineární) 2,83

k_2 – součinitel tepelné ztráty (kvadratický) 0,013

η_0 - optická účinnost 0,774

A_{k1} - Aperturní plocha kolektoru 2,02 m²



Průměrná denní účinnost solárního kolektoru

Vzorec :

$$\eta_k = \eta_0 - k_1 \left(\frac{t_{k,m} - t_{es}}{G_{T,m}} \right) - k_2 \frac{(t_{k,m} - t_{es})^2}{G_{T,m}}$$

η_k ... průměrná denní účinnost solárního kolektoru za měsíc (%)

η_0 ... optická účinnost (%)

k_1 ... souč. tepelné ztráty (lineární)

t_{es} ... průměrná teplota exteriéru v době slunečního svitu pro město Brno ve °C

$t_{k,m}$... průměrná teplota teplotnosné kapaliny

v solárních kolektorech sloužících pro ohřev bazénu = 30 °C

$G_{T,m}$... střední intenzita slunečního záření pro kolektor sklon 45°, orientován na jih – pro oblast venkov

k_2 ... souč. tepelné ztráty (kvadratický)

Vstupní hodnoty:

měsíce	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
počet dnů	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
t_{es}	1,7	2,8	7	12	17,2	20,2	22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	3,5
$G_{T,m}$	539	593	611	588	570	559	554	565	586	575	537	496
$t_{k,m}$	30											
η_0	0,774											
k_1	2,83											
k_2	0,013											

Výpočet : (pro měsíc leden)

$$\eta_k = 0,774 - 2,83 \left(\frac{30 - 1,7}{539} \right) - 0,013 \frac{(30 - 1,7)^2}{539} = 0,606 \%$$

Průměrná denní účinnost solárního kolektoru TWI – T3 v jednotlivých měsících

Výstupní hodnoty v % :

m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
η_k	0,606	0,628	0,656	0,680	0,707	0,722	0,732	0,731	0,716	0,684	0,644	0,604

Denní dávka ozáření kolektoru

Vzorec:

$$H_{Tden} = \tau_r \cdot H_{T,den,teor} + (1 - \tau_r) \cdot H_{T,den,dif}$$

H_{Tden} ... denní dávka na plochu kol. dané orientace a sklonu (kWh/m²den)

τ_r ... poměrná doba slunečního svitu pro město Brno

H_{Tdif} ... teoreticky možná dopadající dávka

difúzního ozáření (kWh/ m²den) v jednotlivých měsících, hodnota dana tab., sklon 45°, oblast Brno-venkov

H_{Tteor} ... teoreticky možná dopadající dávka ozáření (kWh/ m²den) v jednotlivých měsících, hodnota dana tab., sklon 45°, oblast Brno-venkov

Vstupní hodnoty (tab.Topenářská příručka):

měs.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
τ_r	0,18	0,31	0,38	0,39	0,48	0,53	0,56	0,53	0,5	0,37	0,23	0,12
H_{Tdif}	0,37	0,53	0,8	1,12	1,39	1,54	1,51	1,29	0,97	0,67	0,44	0,34
H_{Tteor}	4,54	5,81	7,17	7,99	8,68	8,98	8,67	8,04	7,28	6,04	4,76	3,94

Výpočet: (pro měsíc leden)

$$H_{Tden} = 0,18 \cdot 4,54 + (1 - 0,18) \cdot 0,37 = 1,121 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{den}$$

Výstupní hodnoty: (kWh/m²den)

m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
H_{Tden}	1,121	2,167	3,221	3,799	4,889	5,483	5,520	4,868	4,125	2,657	1,434	0,772

Denní měrný zisk 1m² kolektoru

Vzorec:

$$q_k = H_{T,den} \cdot \eta_k$$

H_{Tden} ... denní dávka na plochu kol. dané orientace a sklonu (kWh/m²den)

η_k ... průměrná denní účinnost solárního kolektoru za měsíc (%)

Výpočet: (pro měsíc leden)

$$q_k = 1,121 \cdot 0,606 = 0,679$$

Výstupní hodnoty:

m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
q _k	0,6792	1,3607	2,1134	2,585	3,455	3,9597	4,04	3,556	2,952	1,818	0,924	0,467

Energie slunečního záření zachycená přes vodní hladinu (venkovní bazén duben – říjen)

Tato hodnota nebude započítaná do konečného návrhu počtu kolektoru – informativní hodnota

Vzorec:

$$Q_{H,den} = 0,85 \cdot H_{T,den} \cdot A_b$$

$H_{T,den}$... denní dávka na plochu kol. dané orientace
a sklonu (kWh/m²den)

A_b ... plocha vodní hladiny (venkovní cca 50 m²)

Výpočet: (pro měsíc duben)

$$Q_{H,den} = 0,85 \cdot 3,799 \cdot 50 = 161,46 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{den}$$

Výstupní hodnoty:

m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q _{H,den}	0	0	0	161	270	333	334	207	175	113	0	0

Plocha kolektoru pro bazén

Vzorec:

$$A_k = \frac{(Q_{p,z} + Q_{p,SV} + Q_{z,i} + Q_{z,z}) \cdot (1 + p)}{q_k}$$

$Q_{p,z}$... Ztráty odparem z vodní hladiny + přestupem
mezi hladinou a vnitřním prostředím (kWh/den)

p ... srážka z tepelných zisků ze solárních kolektorů vlivem tepelných ztrát pro ohřev bazénové vody $p = 0,01$

Q celk. ... celk. potřeba tepla na ohřev (kWh/den)

$Q_{p,sv}$... Potřeba tepla na ohřev přiváděné studené vody (kWh/den)

$Q_{z,j}$... Ztráty prostupem do okolního prostředí (kWh/den)

$Q_{z,z}$... Ztráty do zeminy (kWh/den)

q_k ... denní měrný zisk 1m^2 kolektoru.

Vstupní hodnoty:

měs.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{H,den}$	0	0	0	161	207	233	234	206	175	0	0	0
Q_{celk}	503,8	503,8	503,8	535,5	529	524,7	520	521,6	524,7	529	503,8	503,8
$Q_{celk}-Q_{H,den}$	503,8	503,8	503,8	374,5	322	291,7	286	315,6	349,7	529	503,8	503,8

$Q_{H,den}$ nezapočítáno => plocha nezakrytého bazénu provozován jen v létě je mnohem menší => výpočet pro vnitřní bazén

Výpočet: (pro měsíc leden)

$$A_k = \frac{(Q_{celk,den}) \cdot (1 + p)}{q_k}$$

$$A_k = \frac{503,8 \cdot (1 + 0,01)}{0,6792} = 749,17\text{m}^2$$

Výstupní hodnoty:

m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A_k	749,2	373,9	240,8	209,3	154,7	133,8	129,9	147,9	179,5	294	550,8	1090

Počet kolektorů

Vzorec:

$$P_k = \frac{A_k}{A_{k1}}$$

A_{k1} ... Aperturní plocha jednoho kolektoru

TWI-T3

 A_k ... Plocha kolektoru pro bazén v m^2

Výpočet: (pro měsíc leden)

$$P_k = \frac{749,17}{2,02} = 371$$

Výstupní hodnoty:

měs.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
P_k	371	185	119	104	77	66	64	73	89	146	273	540

⇒ Kolektorové pole o počtu 72 plochých kolektoru TWI-T3

⇒ skutečná celková $A_k = 72 \cdot 2,02 = 145,44 \text{ m}^2$ **Měsíční potřeby tepla pro ohřev bazénové vody**

Vzorec:

$$Q_{p,c} = n \cdot (Q_{p,z} + Q_{p,SV} + Q_{z,i} + Q_{z,z})$$

 n ... počet dnů v jednotlivých měsících $Q_{z,z}$... Ztráty do zeminy (kWh/den). $Q_{p,z}$... Ztráty odparem z vodní hladiny + přestupem mezi hladinou a vnitřním prostředím (kWh/den) $Q_{p,SV}$... Potřeba tepla na ohřev přiváděné studené vody (kWh/den) $Q_{z,i}$... Ztráty prostupem do okolního prostředí (kWh/den)

Vstupní hodnoty:

měs.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
n	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$Q_{p,z}$	262,6	262,6	262,6	266,5	266,5	266,5	266,5	257,9	275,4	257,9	275,4	254,1
$Q_{p,SV}$	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165
$Q_{z,i}$	76,26	76,25	76,26	76,27	76,26	76,27	76,26	76,26	76,27	76,26	76,27	76,26
$Q_{z,z}$	0	0	0	27,77	21,61	16,97	12,36	13,87	16,97	21,61	0	0
Q_{celk}	503,8	503,8	503,8	535,5	529,3	524,7	520	521,6	524,7	529,3	503,8	503,8

Výpočet: (pro měsíc leden)

$$Q_{p,c} = n \cdot (Q_{celk.měs.}) \quad (\text{kWh/měsíc})$$

$$Q_{p,c} = 31 \cdot 503,8 = 15617,8 \text{ kWh / měsíc}$$

Výstupní hodnoty:

měs	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{p,c}$	15618	14107	15618	15231	15738	15231	15738	15739	15231	15738	15114	15618

Měsíční teoretický využitelný tepelný zisk kolektorové plochy

Vzorec:

$$Q_{k,u} = 0,9 \cdot \eta_k \cdot n \cdot H_{T,den} \cdot A_k \cdot (1 - p)$$

n ... počet dnů v jednotlivých měsících

η_k ... průměrná denní účinnost solárního kolektoru
za měsíc (%)

$$A_k \dots A_k = 72 \cdot 2,02 = 145,44 \text{ m}^2$$

$H_{T,den}$... denní dávka na plochu kol. (kWh/m²den)

p ... srážka z tepelných zisků $p = 0,01$

Vstupní hodnoty:

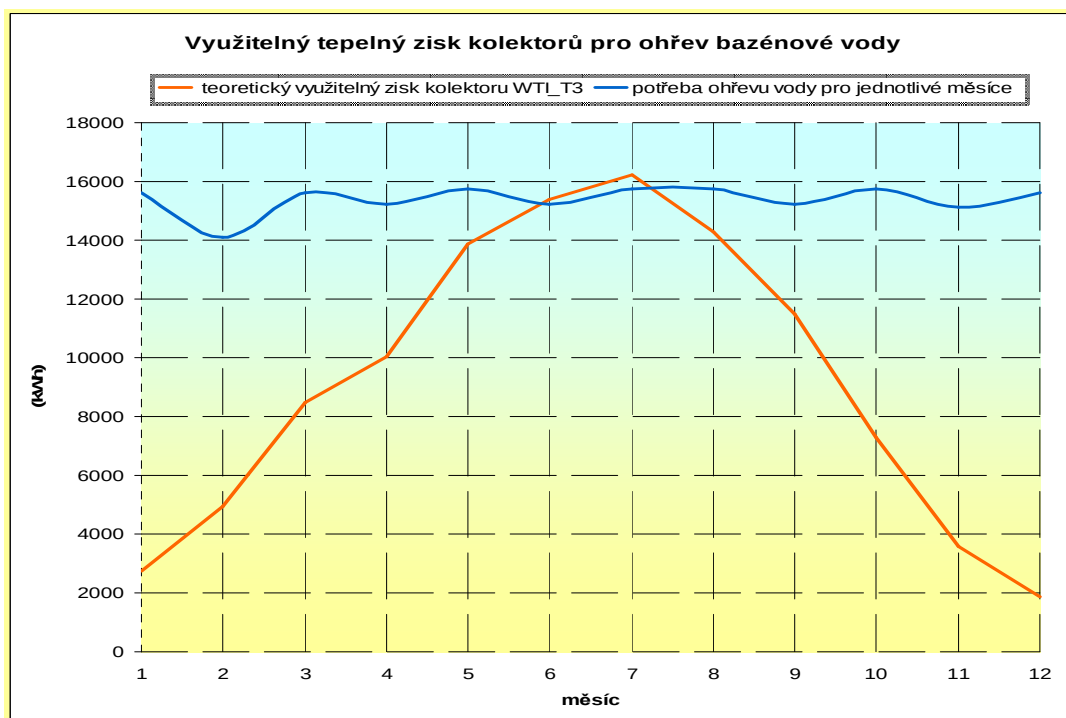
měs.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
n	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
η_k	0,606	0,628	0,656	0,680	0,707	0,722	0,732	0,731	0,716	0,684	0,644	0,604
$H_{T,den}$	1,121	2,167	3,221	3,799	4,889	5,483	5,520	4,868	4,125	2,657	1,434	0,772

Výpočet: (pro měsíc leden)

$$Q_{k,u} = 0,9 \cdot 0,606 \cdot 31 \cdot 1,121 \cdot 145,44 \cdot (1 - 0,01) = 2728 \text{ kWh / mes}$$

Výstupní hodnoty:

měs.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{k,u}$	2728	4937	8490	10047	13880	15394	16235	14301	11475	7304	3592	1874



Využitelný tepelný zisk solární soustavy

Vzorec:

$$Q_{ss,u} = \min(Q_{k,u}, Q_{p,c}) \quad (\text{kWh/měsíc})$$

$Q_{p,c}$... měsíční potřeby tepla pro ohřev bazénové vody

$Q_{k,u}$... měsíční teoretický využitelný tepelný zisk kolektorové plochy

Vstupní hodnoty:

měs.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{p,c}$	15618	14107	15618	1521	1578	15231	1578	1579	15231	1578	1514	15618
$Q_{k,u}$	2728	4937	8490	1007	1380	15394	1625	1431	11475	7304	3592	1874

Výstupní hodnoty:

měs.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{ss,u}$	2728	4937	8490	10047	13880	15231	15738	14301	11475	7304	3592	1874

Měrné využitelné tepelné zisky solární soustavy

Vzorec:

$$q_{ss,u} = \frac{\sum_I^{XII} Q_{ss,u}}{A_k} \quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{rok})$$

Výpočet:

$$q_{ss,u} = \frac{2728 + 4937 + 8490 + 10047 + 13880 + 15231 + 15738 + 14301 + 11475 + 7304 + 3592 + 1874}{145,44} = 753,6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$$

Výsledek:

$$q_{ss,u} = 753 \text{ kWh/m}^2$$

Měrné využitelné tepelné zisky solární soustavy

$$f = 100 \cdot \frac{\sum_I^{XII} Q_{ss,u}}{\sum_I^{XII} Q_{p,c}} \quad (\%)$$

Výpočet využitelnosti tepelných zisků pro celý rok :

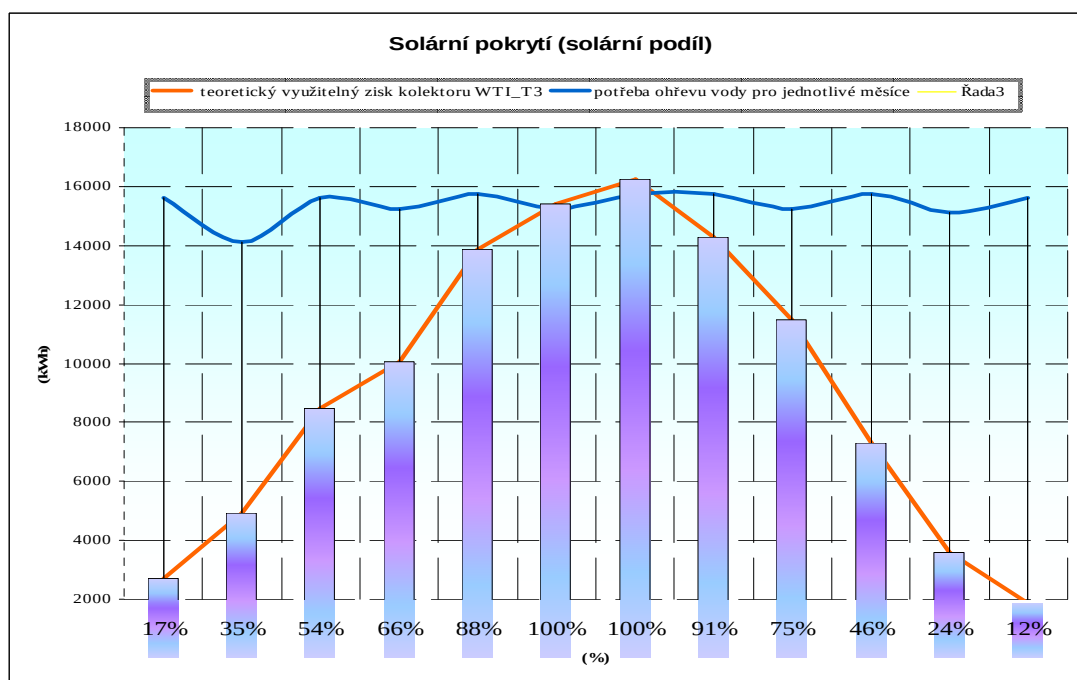
$$f = 100 \cdot \frac{2728 + 4937 + 8490 + 10047 + 13880 + 15231 + 15738 + 14301 + 11475 + 7304 + 3592 + 1874}{15618 + 14107 + 15618 + 15231 + 15738 + 15231 + 15738 + 15739 + 15231 + 15738 + 15114 + 15618} = 60\%$$

Výpočet: (leden)

$$f = 100 \cdot \frac{2728}{15618} = 17\%$$

Výstupní hodnoty:

měs.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>f</i>	17%	35%	54%	66%	88%	100%	100%	91%	75%	46%	24%	12%

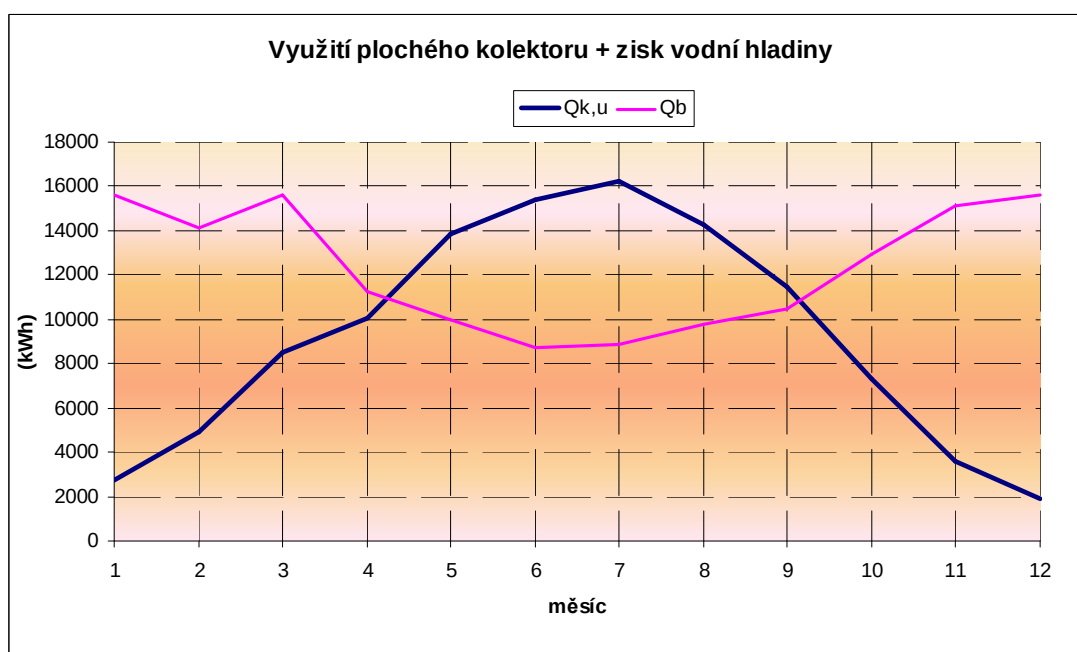


Energie slunečního záření zachycená přes vodní hladinu (venkovní bazén duben – říjen)

měs.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{H,den}$	0	0	0	161	270	333	334	207	175	113	0	0

Zisky vodní hladiny nejsou započítány, v důsledku možného venkovního zastřešení vodní hladiny a možných nestálých klimatických změn.

Graf se započítaným ziskem ze slunečního záření v době provozu venkovního bazénu.



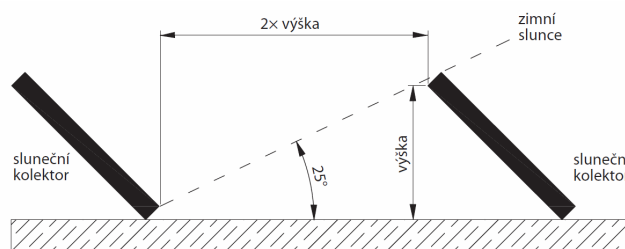
1.3 Instalace solárních kolektorů (výpočet sílových působení a rozměrů)

rozměry kolektoru

výška kolektoru 2090 mm

šířka 1081 mm

tloušťka 105 mm



- Výška kolektoru v instalované poloze v úhlu 45°

$$a = 45^\circ \cdot 2090 = 1477 \text{ mm}$$

- Půdorysná plocha kolektoru 1477 mm

- Rozestup řad kolektorového pole

$$1477 \cdot 2 = 3000 \text{ mm}$$

Zatížení kolektoru

⇒ **Zatížení větrem**

Max. hodnoty pro kolektor volně instalován

výška nad terénem (m)	Rychlost větru v (m/s)	Dynamický q (kN/m ²)
0-8	28,3	0,5

Vzorec:

W_y ... horizontální síla větru

W_z ... vertikální síla větru

$$\begin{aligned} W_y &= c_{fy} \cdot q \cdot A \\ W_z &= c_{fz} \cdot q \cdot A \end{aligned}$$

$$A = 2,26 \text{ m}^2$$

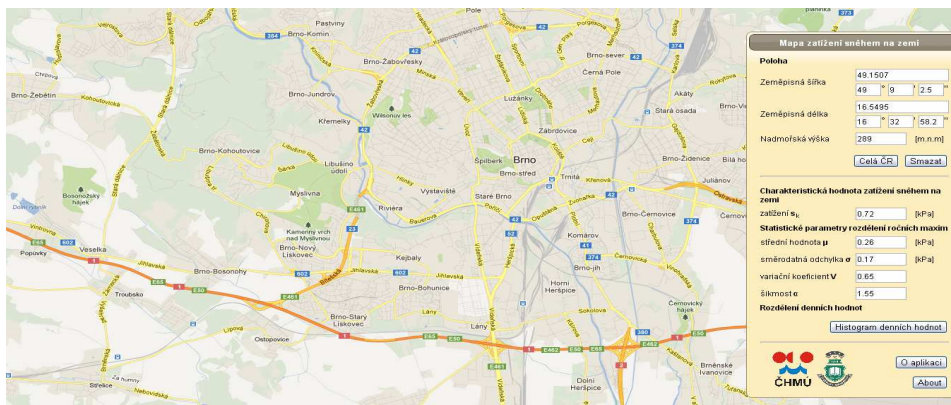
$$c_{fy, fz} = 1,3$$

Výpočet:

$$W_y = 1,3 \cdot 0,5 \cdot 2,26 = 1,469 \text{ kN}$$

$$W_z = 0,13 \cdot 0,5 \cdot 2,26 = 0,1469 \text{ kN}$$

Zatížení sněhem <http://www.snehovamapa.cz/>



$$S_0 = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

Vzorec:

$$S = k_s \cdot S_0$$

$$k_s = 1 - \frac{\beta - 30^\circ}{40^\circ}$$

S_0 ...normativní zatížení sněhem

k_s ... koeficient sklonu

$$\beta = 45^\circ$$

S ... výpočtové zatížení sněhem

Výpočet:

$$k_s = 1 - \frac{45^\circ - 30^\circ}{40^\circ} = 0,625$$

$$S = 0,625 \cdot 0,72 = 0,45 \text{ kN/m}^2$$

⇒ **Podporové síly**

Hmotnost kolektoru $m_k = 45\text{g}$, plocha $A = 2,26\text{m}^2$

$$F_G = m_k \cdot g = 45 \cdot 9,81 = 0,442\text{kN}$$

Kombinace zatížení sněhem a větrem:

$$W_{Sy} = S + W_y/2 = 0,45 + 1,469/2 = 1,2\text{kN}$$

Podporové síly A,B :

Vzorec:

$$F_{By} = 0,5 \cdot \left(W_{Sy} + F_G \cos \beta - W_z \cdot \frac{d}{2} \right)$$

$$F_{Ay} = F_G \cdot \cos \beta + W_{Sy} - F_{By}$$

Výsledek:

$$F_{By} = 0,5 \cdot (1,2 + 0,442 \cdot \cos 45^\circ - 0,1469 \cdot 0,1) = 0,75 \text{ kN}$$

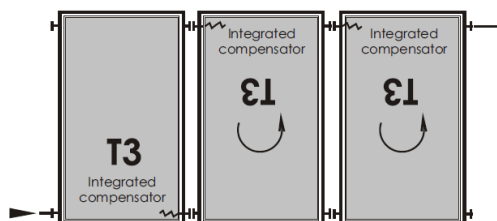
$$F_{Ay} = 0,442 \cdot \cos 45^\circ + 1,2 - 0,75 = 0,76 \text{ kN}$$

2 Zapojení kolektorového pole a kolektorů

Pro splnění účinnosti celého systému by měly být ploché kolektory zapojené tak, aby bylo ve všech místech docíleno stejnoměrného průtoku.

Stejnomořný průtok zajistíme použitím Tichelmannova okruhu. Z toho vyplývá, že potrubí pro vstup i zpátečky je stejně dlouhé. Přívody ke všem kolektorům mají stejné tlakové ztráty.

Kolektory Sun Wing T3 budou umístěny vertikálně s počtem 6 kolektorů (max. pro tento typ kolektorů 8) v kolektorové větvi



2.1 Průtočná varianta Low-Flow

počet kolektorů v poli	72 ks
počet kolektorů ve větvi	6 ks
počet větví	12
absorpční plocha kolektoru A_s	2,02 m ²
měrný průtok	15 l(h.m ²)
celková absorpční plocha pole	145,44 m ²

Průtočný objem v soustavě:

$$145,44 \text{ m}^2 \cdot \frac{15 \text{ l}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} = 2182 \text{ l} / \text{h}$$

Kolektorové pole [m ²]	Tlaková ztráta [kPa]
50	30
200	60
500	80
1000	100

Tab. velikosti kol.pole a tlaku[1]

Tlaková ztráta kolektorového pole nesmí překročit hodnoty vypsane v tabulce

Pro kolektorové pole odpovídá ztráta 30 kPa (300mbar)

Ztráta v jednotlivých kolektorech:

$$A_s \cdot 6 = 12,12 \text{ m}^2$$

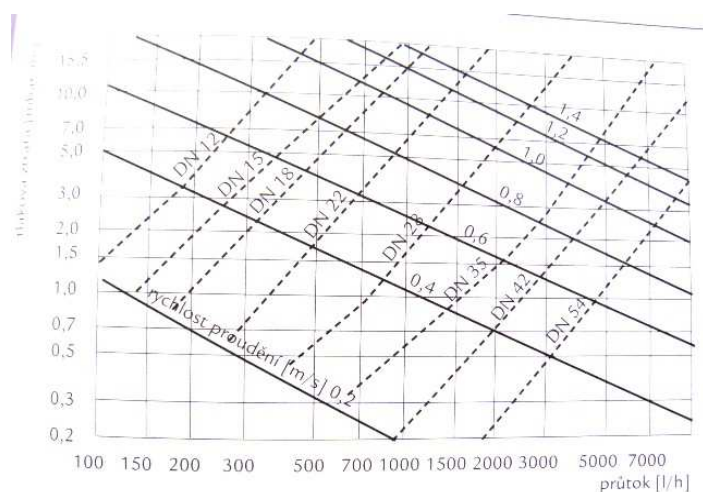
$$12,12 \text{ m}^2 \cdot 15 \text{ l} / (\text{m}^2 \cdot \text{h}) = 181,8 \text{ l} / \text{h}$$

z diagramu tlakových ztrát odpovídá hodnota 181,8l/h tlakové ztrátě 33mbar

Ztráta pro kolektorovou větev:

$$6.33 \text{ mbar} = 198 \text{ mbar}$$

Návrh dimenzi měděného potrubí



Tlakové ztráty v měděném potrubí: 50% voda, 50% glykol, 50°C [3]

Návrh dimenze pro hlavní větev: DN 42

Tepelná izolace měděného potrubí:

Flexibilní kaučuková izolace trubek pro použití ve vysokoteplotních oblastech.

tepelná izolace kvůli podmínkám v exteriéru zabalena do hliníkových folii

rozměry	18 x 1	22 x 1	28 x 1,5	35 x 1,5	42 x 1,5
min.tl.[mm]	25	29	32	38	46

Tab.Min. izolace potrubí solárních soustav [3]

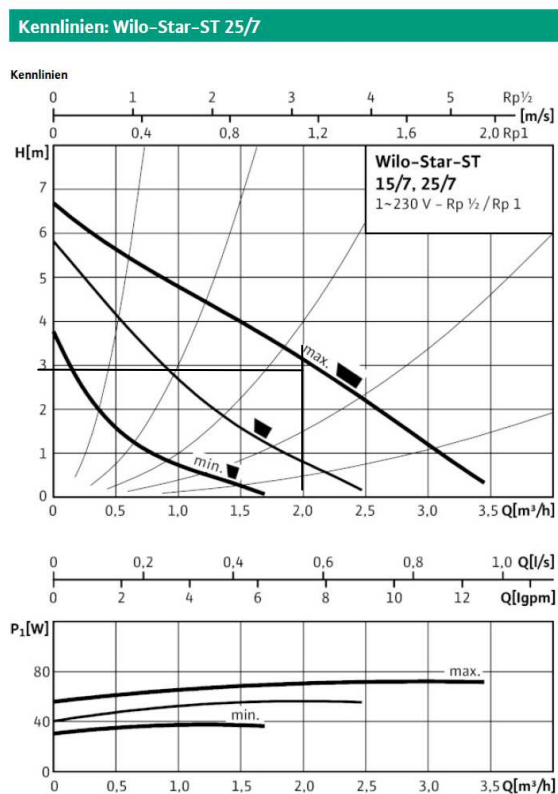
2.1.1 Návrh dimenzi a množství vody v potrubí použité při návrhu expanzní nádoby:

ozn.	délka [m]	průtok [l/h]	rozměr [mm]	objem [l/m]
Přívod				
1'-1	1	181	18 x 1	0,201
1-2	4,4	362	22 x 1	1,3816
2'-2	1	181	18 x 1	0,201
2-3	4,4	724	28 x 1,5	2,1604
3'-3	1	181	18 x 1	0,201
3-4	4,4	1086	35 x 1,5	3,5376
4'-4	1	181	22 x 1	0,314
4-5	4,4	1448	35 x 1,5	3,5376
5-5'	1	181	22 x 1	0,314
5-6	4,4	1810	42 x 1,5	5,258
6'-6	1	181	22 x 1	0,314
6-7	10	2172	42 x 1,5	11,95
	38			29,3702
Zpátečka				
7-8	10	2172	42 x 1,5	11,95
8-9	36,2	1086	35 x 1,5	43,259
9'-9	1	181	22 x 1	0,314
9-10	4,4	905	28 x 1,5	2,1604
10'-10	1	181	22 x 1	0,314
10-11	4,4	724	28 x 1,5	2,1604
11'-11	1	181	22 x 1	0,314
11-12	4,4	543	28 x 1,5	2,1604
12'-12	1	181	18 x 1	0,201
12-13	4,4	362	22 x 1	1,3816
13'-13	1	181	18 x 1	0,201
13-14	4,4	181	18 x 1	0,8844
14'-14	1	181	18 x 1	0,201
	74,2			65,5012

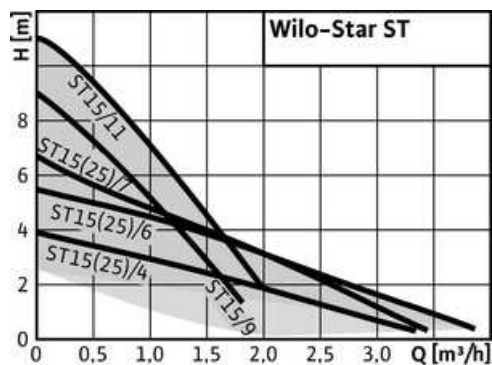
2.1.2 Návrh čerpadla

Návrh čerpadla: Wilo-Star-ST 25/7

z německého katalogu



z polského katalogu

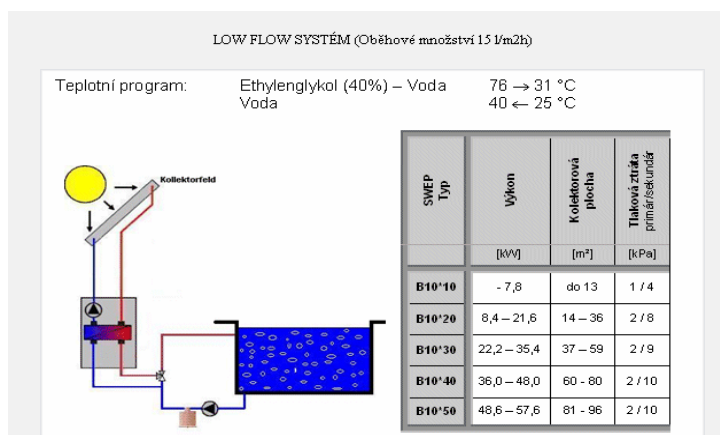


Čerpadlo navrženo na maximální průtok 2182 l/h a ztrátu 30 kPa

Základní technická data:

- čerpadlo Wilo je navrženo pro obě průtočné varianty Low-Flow i High-Flow
- přípustné teplotní rozmezí $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+110\text{ }^{\circ}\text{C}$, při krátkodobém provozu (2 h) $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$
- síťová přípojka 1~230 V, 50 Hz
- druh krytí IP 44
- jmenovitá světlost $\text{Rp } 1/2$ a $\text{Rp } 1$
- max. provozní tlak 10 bar

2.1.3 Deskový výměník



Deskový výměník návrh na 100kW výkonu:

2x Swep B10 40

2.1.4 Návrh expanzní nádoby

Objem vody v potrubí:

$$V_{a1} = 29,3702 + 3 \cdot 0,314 + 3 \cdot 0,201 + 65,5012 \cdot 2 = 161 l$$

Objem vody v kolektorů, výměníku a armatur:

$$V_{a2} = 1 \cdot 72 + 15 = 87 l$$

Součinitel roztažnosti:

$$n = 8\%$$

Změna objemu:

$$V_e = V_a \cdot n / 100 = 248 \cdot 8 / 100 = 19,84 l$$

Vodní předloha:

$$V_{w_v} = 248 \cdot 0,5 / 100 = 1,24 < 3 l$$

$$V_{W_v} = 3 l$$

výška kolektorového pole nad expanzní nádobou ...10 m

statický tlak $p_{stat} = 1$ bar

požadovaný přetlak ve studeném kolektorovém poli $p_{kv} = 0,5$ bar

otevírací tlak pojistného ventilu $p_{sv} = 6$ bar

tlak soustavy $p_e = 5,4$ bar

plocha kolektorů ...145,44 m²

objem teplotnosné kapaliny na $m^2 \dots 0,495 l/m^2$

objem kolektorové plochy...72 l

objem potrubí a tep. výměníku...176 l

celkové $V_a = 248 l$

celkem parou vytlačené teplotnosné kapaliny z kolektoru $V_D = 161 l$

$$p_0 = p_{stat} + p_{kv} = 1 + 0,5 = 1,5 bar$$

$$V_{ges} = 161 + 3 + 19,84 = 183,84 l$$

$$V_n = V_{ges} \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = 183,84 \frac{5,4 + 1}{5,4 - 1,5} = 301,7 l$$

Volím expanzní nádobu 300l Regulus R8 300



2.2 Průtočná varianta High-Flow

počet kolektorů v poli	72 ks
počet kolektorů ve větvi	6 ks
počet větví	12
absorpční plocha kolektoru	2,02 m^2
měrný průtok	25 $l/(h \cdot m^2)$
celková absorpční plocha pole	145,44 m^2

Průtočný objem v soustavě:

$$145,44 m^2 \cdot \frac{25 l}{m^2 h} = 3636 l / h$$

Pro kolektorové pole odpovídá ztráta 30 kPa (300mbar)

Ztráta v jednotlivých kolektorech:

$$A_s \cdot 6 = 12,12 m^2$$

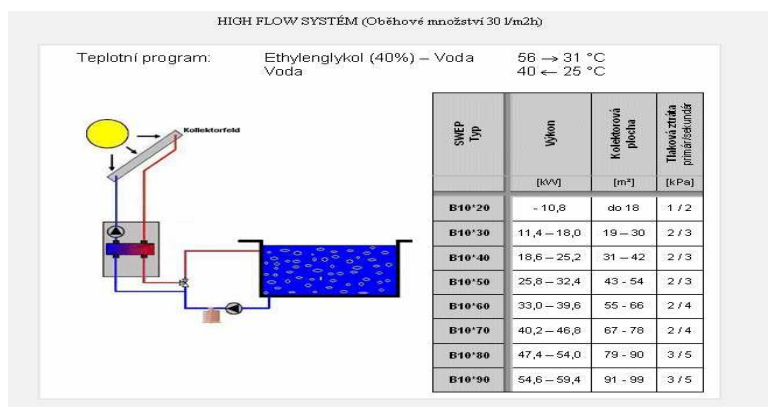
$$12,12 m^2 \cdot 25 l / (m^2 \cdot h) = 303 l / h$$

z diagramu tlakových ztrát odpovídá hodnota 303 l/h tlakové ztrátě 57 mba

Ztráta pro kolektorovou větev:

$$6,57 mbar = 342 mbar$$

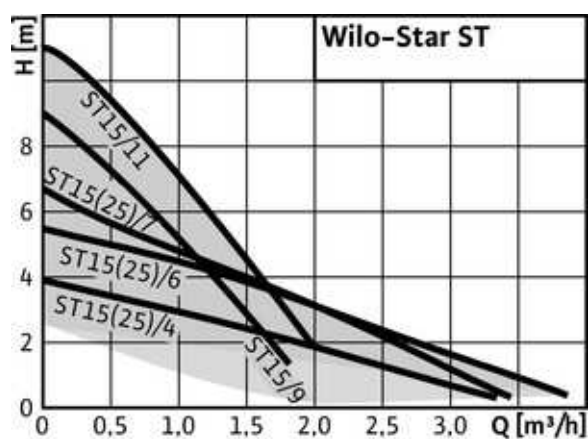
2.2.1 Deskový výměník



Deskový výměník 2 x Swep B10 80

2.2.2 Návrh čerpadla

Návrh čerpadla: Wilo-Star-ST 25/6



Maximální hodnota průtoku je 3636 l/h a H = 3 m

2.2.3 Návrh dimenzi a množství vody v potrubí použité při návrhu expanzní nádoby:

ozn.	délka [m]	průtok [l/h]	rozměr [mm]	objem [l/m]
Přívod				
1'-1	1	303	22 x 1	0,314
1-2	4,4	606	28 x 1,5	2,1604
2'-2	1	303	22 x 1	0,314
2-3	4,4	1212	35 x 1,5	3,5376
3'-3	1	303	22 x 1	0,314
3-4	4,4	1818	35 x 1,5	3,5376
4'-4	1	303	22 x 1	0,314
4-5	4,4	2424	42 x 1,5	5,158
5-5'	1	303	22 x 1	0,314
5-6	4,4	3030	54 x 2	7,018
6'-6	1	303	22 x 1	0,314
6-7	10	3636	54 x 2	15,95
	38			39,2456
Zpátečka				
7-8	10	3636	54 x 2	15,95
8-9	36,2	1818	42 x 1,5	43,259
9'-9	1	303	22 x 1	0,314
9-10	4,4	1515	42 x 1,5	5,258
10'-10	1	303	22 x 1	0,314
10-11	4,4	1212	35 x 1,5	3,5376
11'-11	1	303	22 x 1	0,314
11-12	4,4	909	28 x 1,5	2,1604
12'-12	1	303	22 x 1	0,314
12-13	4,4	603	28 x 1,5	2,1604
13'-13	1	303	22 x 1	0,314
13-14	4,4	303	22 x 1	0,314
14'-14	1	303	22 x 1	0,314
	74,2			74,5234

Závěr hodnocení a porovnání

High-Flow z hlediska využití nižších teplotních rozdílů vyhovuje pro ohřev bazénové vody, ale při zhodnoceních ekonomických i ekologických je využitelnější soustava s nižším průtokem Low-Flow.

Technická zpráva

Úvod

Projekt se zabývá velkoplošným solárním systémem pro veřejný bazén. Situovaný v oblasti Brno – venkov. Okrajové podmínky pro ztráty bazénu uvažovány s hodnotami pro Brno. Míra znečištění 3. Pro výpočet použita projektová dokumentace stávajícího stavu. V objektu se nachází šest vodních ploch. Ohřev pomocí solárních panelů bude probíhat v pěti bazénech. Provoz venkovních bazénu bude probíhat jen v letním období.

Stanovený výpočet ztrát

Na pokrytí ztrát je potřeba tepla pro ohřev bazénové vody 188 727 kWh/rok.

Návrh řešení

Pokrytí ztrát zajistí 72 plochých kolektorů o absorpční ploše 145,44 m². Kolektory Sun Wing T3. O rozměrech 2090 x 1801x 105 Umístěny budou vertikálně s počtem 6 kolektorů v 12 řadách s orientací na jih. Umístěny na vlastní konstrukci pro montáž kolektorů bude použit systém stejné firmy jako kolektory TWI s.r.o. Montážní sada pro solární kolektory na plochou střechu, vertikální pozice 45°. Montážní sada objednaná v 36 kusech. Jeden stojan pro dva kolektory. Kolektory budou umístěny a uchyceny na betonové pásy.

Kolektory zapojeny do Tichelmannova okruhu.

Zvolené potrubí

Potrubí měděné v dimenzích 18 x 1, 22 x 1, 28 x 1,5, 35 x 1,5 a 42 x 1,5, Izolace flexibilní kaučuková obalena hliníkovými foliemi. Izolace o min. tl. 25, 29, 32, 38, 46 mm splňují požadavky vyhlášky č. 193/2007 Sb. Po 10 – 15 m s nutným kompenzátořem. Spojeno pájením natvrdo.

Nemrznoucí kolektorové medium

Bude použita nemrznoucí směs firmy SOLAREN EXTRA pro uzavřené soustavy má dlouhodobou výměnou lhůtu. Uplatnění pro přípravu teplé užitkové vody.

Zařízení solární soustavy

Teplo předáváno přes deskový výměník firmy Swep2x B10 40

Akumulační nádrž bude zajištěna také firmou TWI.s.r.o pro velkoplošné solární systémy.

Nucený oběh zajistí čerpadla pro nízkotlaký i vysokotlaký systém , čerpadlo Wilo Typ:Wilo-Star-ST 25/7

Zabezpečovací zařízení

Zajištěno expanzní nádobou 300l Regulus R8 300. Otevírací tlak pojistného ventilu 6 bar.

Regulace systému

Viz. výkresová dokumentace

Stavební úpravy stávajícího objektu

Technická místnost zřízena v co nejbližší vzdálenosti od instalovaného kolektorového pole.

Z technické místnosti bude zřízen přístup k solárním panelům pro rychlejší kontrolu. Prostupy konstrukcí budou izolovány chráničkou. Technická místnost izolovaná tepelně i protihlukově.

Výměna vzduchu zajištěná 2 otvory 200x200 a 200 x 100 mm opatřeny dešťovou žaluzií.

Montáž a bezpečnost práce

Montáž bude provedena odborně dle platných norem a bezpečnostních předpisů.

C.Experimentální část

C1 První část experimentálního měření

Sledování vybraných hodnot v měsíci DUBEN – ZÁŘÍ 2011 a KVĚTEN – ZÁŘÍ 2012

DUBEN 2011

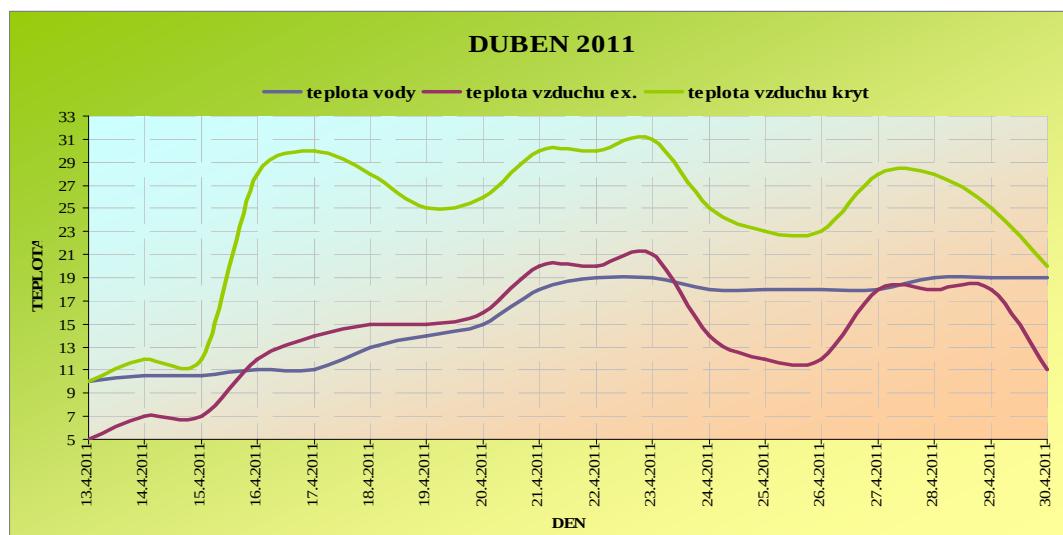
Datum	teplota vody	teplota vzduchu ex.	teplota vzduchu kryt	vlhkost vzduchu	tlak
13.4.2011	10	5	10	75,5	1010
14.4.2011	10,5	7	12	80,9	1014
15.4.2011	10,5	7	12	65,8	1020
16.4.2011	11	12	28	37,3	1021
17.4.2011	11	14	30	43,8	1024
18.4.2011	13	15	28	46,8	1020
19.4.2011	14	15	25	58,8	1018
20.4.2011	15	16	26	39,1	1018
21.4.2011	18	20	30	32,1	1016
22.4.2011	19	20	30	36,7	1014
23.4.2011	19	21	31	30,5	1013
24.4.2011	18	14	25	81,9	1016
25.4.2011	18	12	23	71,4	1017
26.4.2011	18	12	23	87,5	1018
27.4.2011	18	18	28	77	1014
28.4.2011	19	18	28	42,3	1013
29.4.2011	19	18	25	62,7	1012
30.4.2011	19	11	20	93,5	1018
průměrné hodnoty	15,6	14	24	59	1016

V roce 2011 začínala koupací sezona už **dubnu** teploty byly přijatelné samozřejmě pro koupání pod krytem bazénu

Průměrné naměřené hodnoty :

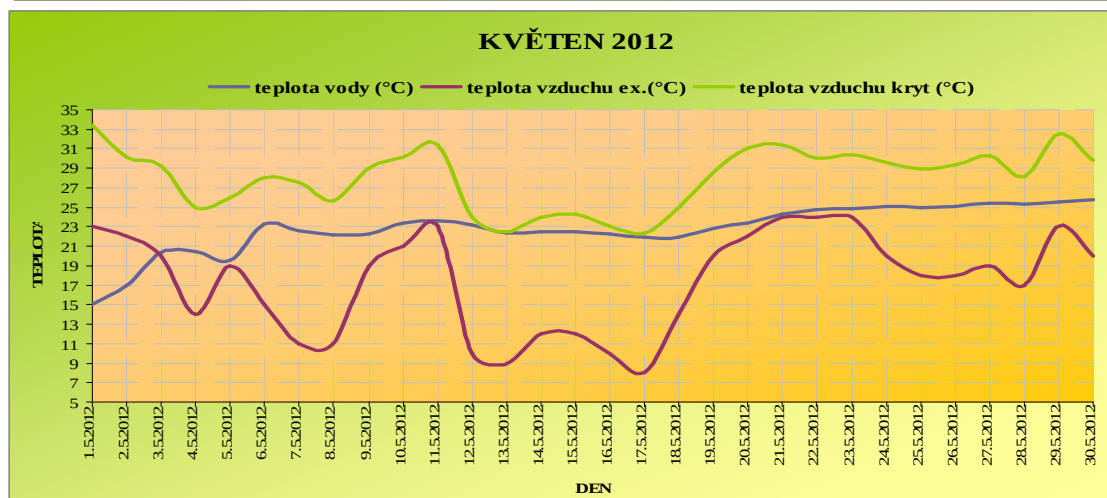
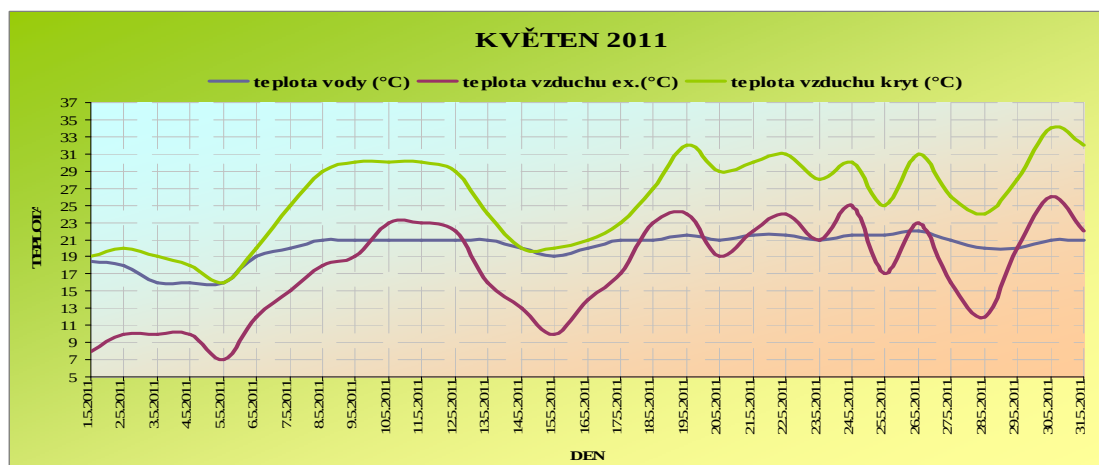
- teplota vody 16 °C
- venkovní teplota 14 °C
- teplota pod krytem bazénu 24 °C
- vlhkost 59 %

Měření probíhalo každý den v 18.hod., aby měření teplot neovlivňovaly přímé sluneční paprsky.



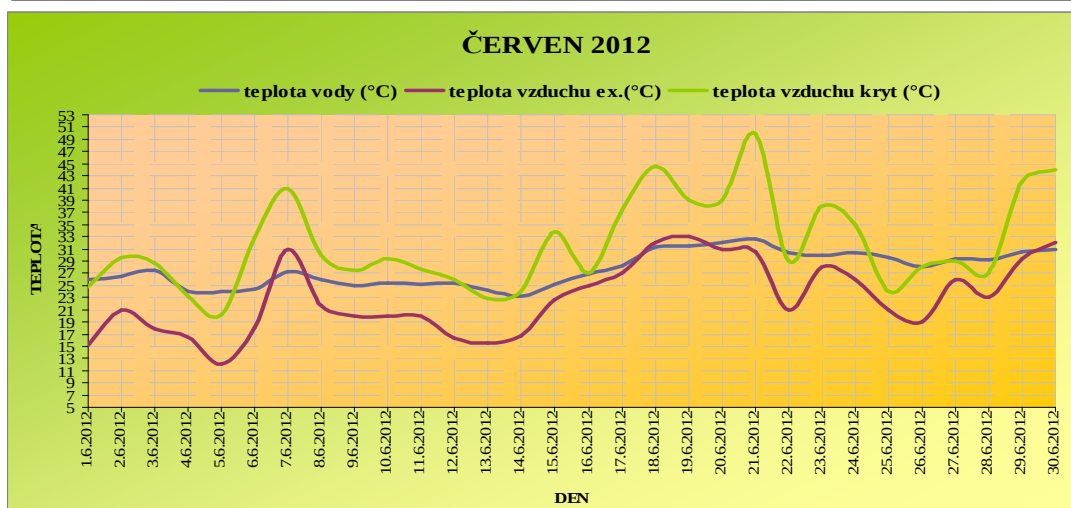
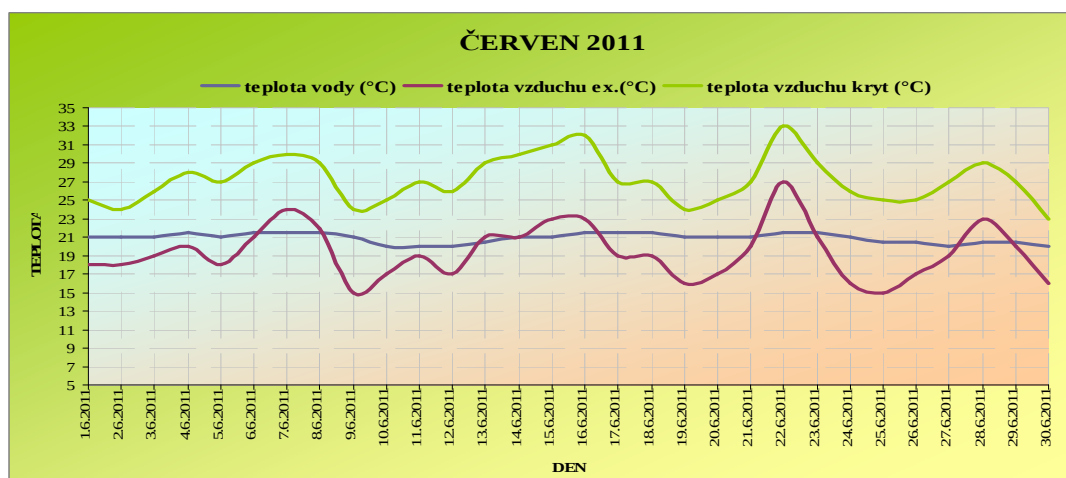
KVĚTEN 2011 a 2012

Datum	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlhkost (%)	tlak (hPa)	Datum	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlhkost (%)	tlak (hPa)
1.5.2011	18,5	8	19	81,5	1009	1.5.2012	15	23	33,4	40,9	1015
2.5.2011	18	10	20	50	1009	2.5.2012	17	22	30,1	46,4	1012
3.5.2011	16	10	19	93,1	1013	3.5.2012	20,3	20	29,2	52,5	1006
4.5.2011	16	10	18	52,6	1018	4.5.2012	20,5	14	25	93,7	1005
5.5.2011	16	7	16	45,6	1026	5.5.2012	19,5	19	26	46,4	1010
6.5.2011	19	12	20	50,3	1025	6.5.2012	23,3	15	28	33	1010
7.5.2011	20	15	25	44,1	1022	7.5.2012	22,6	11	27,6	76,3	1018
8.5.2011	21	18	29	58,5	1027	8.5.2012	22,1	11	25,6	54,4	1018
9.5.2011	21	19	30	58,7	1028	9.5.2012	22,3	19	29	55,9	1019
10.5.2011	21	23	30	52,5	1024	10.5.2012	23,4	21	30,2	56,7	1023
11.5.2011	21	23	30	40	1019	11.5.2012	23,6	23	31,4	49,9	1022
12.5.2011	21	22	29	49,4	1012	12.5.2012	23,2	10	24	93,5	1026
13.5.2011	21	16	24	58,5	1021	13.5.2012	22,4	9	22,5	70,8	1025
14.5.2011	20	13	20	93,6	1014	14.5.2012	22,5	12	24	50,3	1016
15.5.2011	19	10	20	81,6	1017	15.5.2012	22,5	12	24,3	71,4	1008
16.5.2011	20	14	21	50,9	1021	16.5.2012	22,3	10	23	57,5	1013
17.5.2011	21	17	23	72,4	1020	17.5.2012	21,9	8	22,4	39,9	1020
18.5.2011	21	23	27	59,7	1019	18.5.2012	21,9	14	25	50,9	1016
19.5.2011	21,5	24	32	52,8	1017	19.5.2012	22,8	20	28,6	43,4	1015
20.5.2011	21	19	29	72,6	1018	20.5.2012	23,4	22	31	41,2	1007
21.5.2011	21,5	22	30	68,2	1021	21.5.2012	24,3	24	31,4	41,2	1007
22.5.2011	21,5	24	31	56,9	1017	22.5.2012	24,7	24	30	47	1007
23.5.2011	21	21	28	63,8	1022	23.5.2012	24,9	24	30,4	44	1016
24.5.2011	21,5	25	30	56,7	1019	24.5.2012	25,1	20	29,6	40	1020
25.5.2011	21,5	17	25	47,7	1022	25.5.2012	25	18	28,9	39,4	1020
26.5.2011	22	23	31	49,1	1014	26.5.2012	25,1	18	29,4	45	1019
27.5.2011	21	16	26	87,8	1012	27.5.2012	25,4	19	30,3	45,3	1016
28.5.2011	20	12	24	51,7	1014	28.5.2012	25,3	17	28,1	59,2	1011
29.5.2011	20	20	28	62,6	1019	29.5.2012	25,5	23	32,5	40,9	1009
30.5.2011	21	26	34	56,8	1012	30.5.2012	25,8	20	29,8	49,1	1014
31.5.2011	21	22	32	68,8	1014	31.5.2012	26	20	24,6	52,2	1014
průměrné hodnoty	20	17,5	25,8	60,9	1016	průměrné hodnoty	23	17	28	53	1015



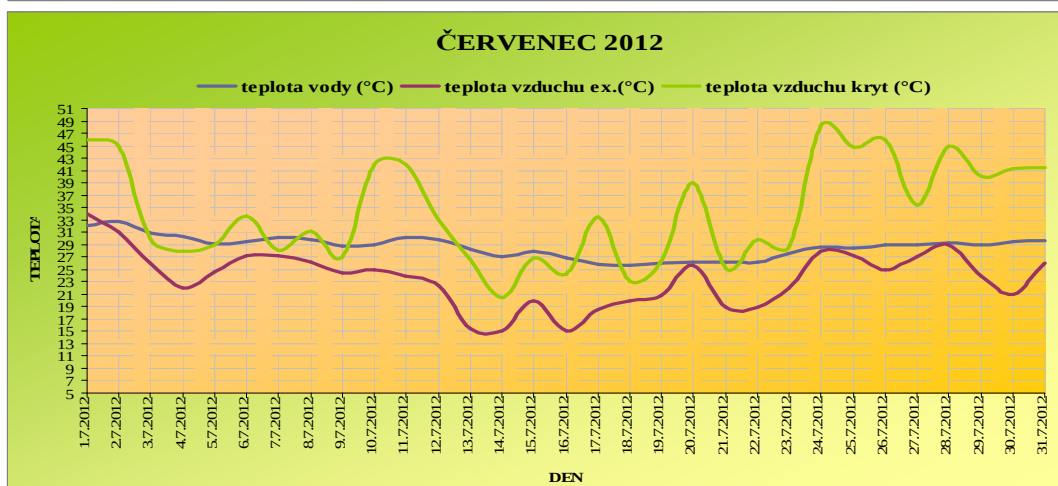
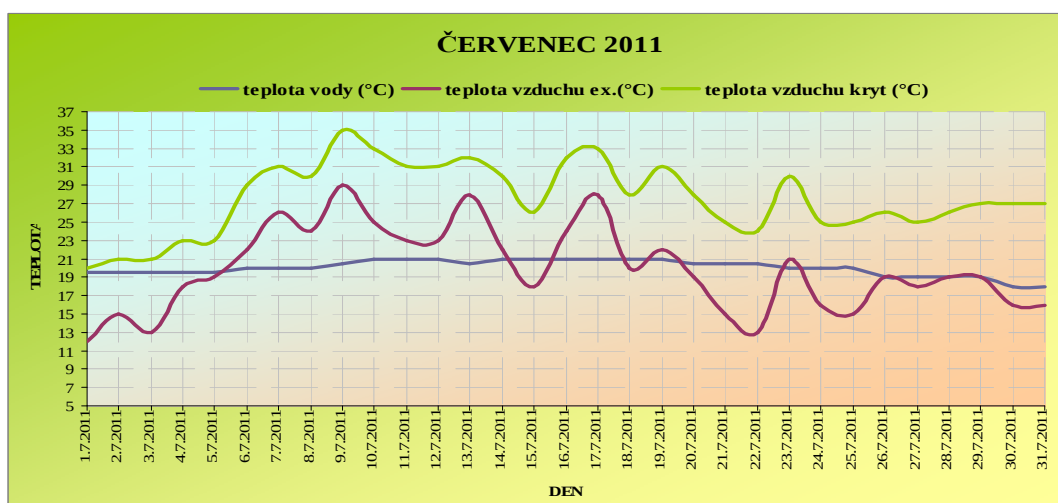
ČERVEN 2011 a 2012

Datum	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlhkost (%)	tlak (hPa)	Datum	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlhkost (%)	tlak (hPa)
1.6.2011	21	18	25	82,6	1020	1.6.2012	26	15,2	24,8	72	1012
2.6.2011	21	18	24	82,6	1025	2.6.2012	26,5	21	29,5	74	1013
3.6.2011	21	19	26	82,7	1025	3.6.2012	27,5	17,9	28,6	71	1005
4.6.2011	21,5	20	28	94	1017	4.6.2012	24	16,5	23,2	81	1010
5.6.2011	21	18	27	88,1	1012	5.6.2012	24	12,2	20,1	85	1014
6.6.2011	21,5	21	29	68,6	1008	6.6.2012	24,3	18	32,8	50	1010
7.6.2011	21,5	24	30	60,9	1008	7.6.2012	27,3	31	41	29	1008
8.6.2011	21,5	22	29	68,8	1004	8.6.2012	26	21,7	29,9	77	1009
9.6.2011	21	15	24	77	1012	9.6.2012	25	19,9	27,5	74	1015
10.6.2011	20	17	25	67,7	1014	10.6.2012	25,4	20	29,3	74	1007
11.6.2011	20	19	27	59,7	1014	11.6.2012	25,2	19,9	27,7	69	1005
12.6.2011	20	17	26	72,4	1017	12.6.2012	25,4	16,4	25,9	72	1001
13.6.2011	20,5	21	29	64,3	1015	13.6.2012	24,2	15,6	22,9	87	1010
14.6.2011	21	21	30	60,2	1016	14.6.2012	23,3	16,8	24	95	1019
15.6.2011	21	23	31	64,7	1017	15.6.2012	25,1	22,6	33,8	35	1021
16.6.2011	21,5	23	32	64,7	1013	16.6.2012	26,8	25	27	73	1018
17.6.2011	21,5	19	27	72,8	1013	17.6.2012	28,3	27	37,5	33	1022
18.6.2011	21,5	19	27	63,8	1009	18.6.2012	31,4	32	44,5	85	1016
19.6.2011	21	16	24	59	1010	19.6.2012	31,5	33	39	47	1018
20.6.2011	21	17	25	59,2	1015	20.6.2012	32	31	39	49	1011
21.6.2011	21	20	27	82,9	1017	21.6.2012	32,7	30,5	50	17	1009
22.6.2011	21,5	27	33	47,8	1011	22.6.2012	30,3	21	29	82	1019
23.6.2011	21,5	21	29	60,2	1015	23.6.2012	30	28	38	65	1022
24.6.2011	21	16	26	72,2	1018	24.6.2012	30,3	26	35	74	1013
25.6.2011	20,5	15	25	77	1022	25.6.2012	29,5	21	24	85	1012
26.6.2011	20,5	17	25	72,4	1023	26.6.2012	28	19	28	74	1019
27.6.2011	20	19	27	52,2	1020	27.6.2012	29,3	26	29	84	1016
28.6.2011	20,5	23	29	43,7	1015	28.6.2012	29,2	23	27	74	1014
29.6.2011	20,5	20	27	94	1012	29.6.2012	30,5	29,3	42	20	1014
30.6.2011	20	16	23	93,8	1012	30.6.2012	31	32	44	19	1014
průměrné hodnoty	20,9	19,4	27,2	70,3	1015	průměrné hodnoty	27,7	23	31,8	64	1013



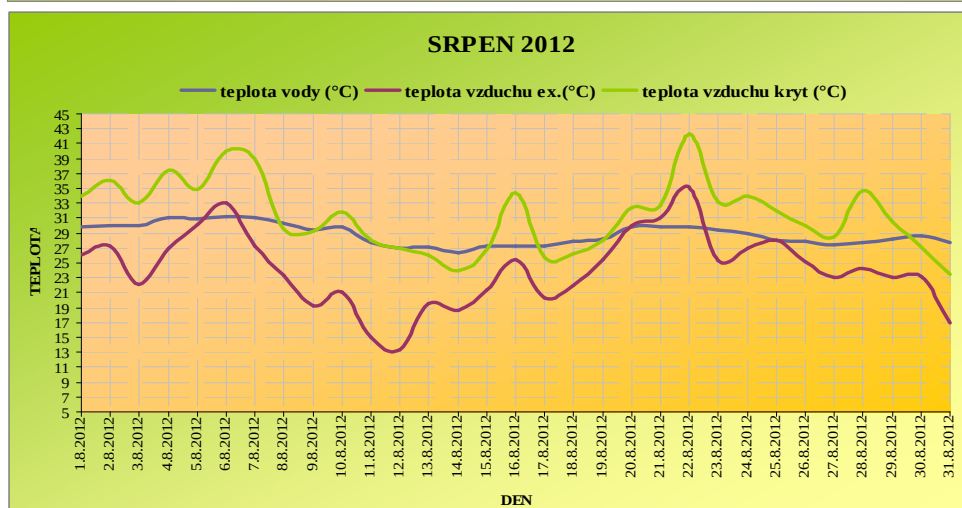
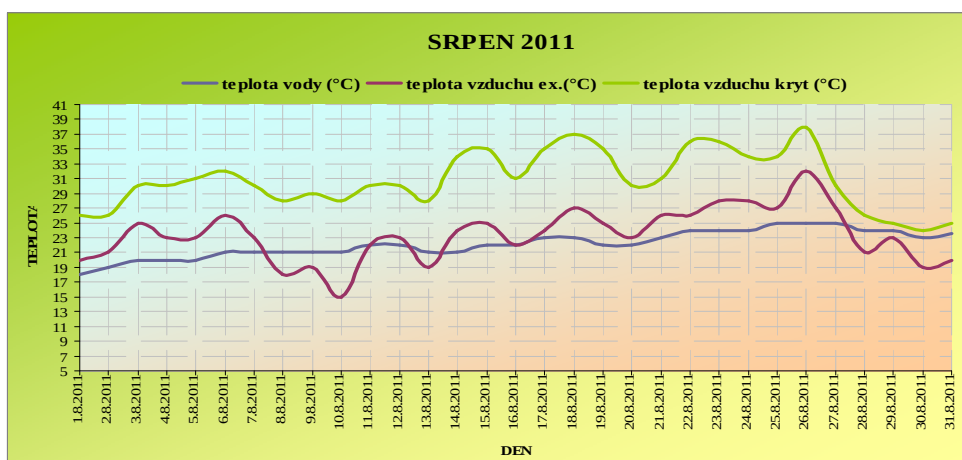
ČERVENEC 2011 a 2012

Datum	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlhkost (%)	tlak (hPa)	Datum	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlhkost (%)	tlak (hPa)
1.7.2011	19,5	12	20	81,9	1014	1.7.2012	32	34	46	19	1014
2.7.2011	19,5	15	21	58,7	1010	2.7.2012	32,7	31	45	20	1017
3.7.2011	19,5	13	21	90,7	1004	3.7.2012	30,9	26	30	60	1015
4.7.2011	19,5	18	23	88	1010	4.7.2012	30,4	22	28	86	1015
5.7.2011	19,5	19	23	68	1012	5.7.2012	29,1	24,7	29	90	1014
6.7.2011	20	22	29	77,9	1009	6.7.2012	29,4	27,3	33,7	52	1011
7.7.2011	20	26	31	73,6	1011	7.7.2012	30,1	27,2	28,1	86	1011
8.7.2011	20	24	30	73,1	1015	8.7.2012	29,8	26,1	31,2	70	1011
9.7.2011	20,5	29	35	69,2	1017	9.7.2012	28,8	24,5	27,1	44	1013
10.7.2011	21	25	33	69,2	1016	10.7.2012	29	25	42	60	1013
11.7.2011	21	23	31	73,1	1018	11.7.2012	30,2	24	42	41	1012
12.7.2011	21	23	31	56,7	1016	12.7.2012	29,9	22,3	32,9	61	1014
13.7.2011	20,5	28	32	51,3	1009	13.7.2012	28,2	15,5	26,5	87	1012
14.7.2011	21	22	30	88,4	1015	14.7.2012	27,1	15	20,5	90	1010
15.7.2011	21	18	26	72,6	1017	15.7.2012	27,9	20	26,9	73	1014
16.7.2011	21	24	32	53	1011	16.7.2012	26,9	15	24,3	83	1022
17.7.2011	21	28	33	42	1003	17.7.2012	25,8	18,6	33,4	55	1018
18.7.2011	21	20	28	77,5	1008	18.7.2012	25,7	20	23	85	1015
19.7.2011	21	22	31	88,3	1005	19.7.2012	26	20,8	26,4	72	1010
20.7.2011	20,5	19	28	77,5	1000	20.7.2012	26,2	25,7	39,1	32	1014
21.7.2011	20,5	15	25	93,7	1001	21.7.2012	26,2	18,8	25,2	92	1018
22.7.2011	20,5	13	24	87,6	1007	22.7.2012	26,1	18,8	29,9	62	1025
23.7.2011	20	21	30	63,8	1008	23.7.2012	27,6	22	28,6	48	1015
24.7.2011	20	16	25	93,8	1007	24.7.2012	28,6	28	48,3	13	1015
25.7.2011	20	15	25	93,7	1010	25.7.2012	28,5	27,2	44,7	46	1014
26.7.2011	19	19	26	72,8	1014	26.7.2012	28,9	25	46	94	1015
27.7.2011	19	18	25	88,1	1017	27.7.2012	28,9	27	35,4	65	1013
28.7.2011	19	19	26	93,8	1015	28.7.2012	29,3	29	45	10	1010
29.7.2011	19	19	27	72,9	1012	29.7.2012	29	24	40	45	1013
30.7.2011	18	16	27	77,1	1008	30.7.2012	29,4	21	41,2	35	1018
31.7.2011	18	16	27	90,8	1012	31.7.2012	29,7	26	41,5	30	1017
průměrné hodnoty	20	19,9	27,6	76	1011	průměrné hodnoty	28,7	24	34,2	58	1015



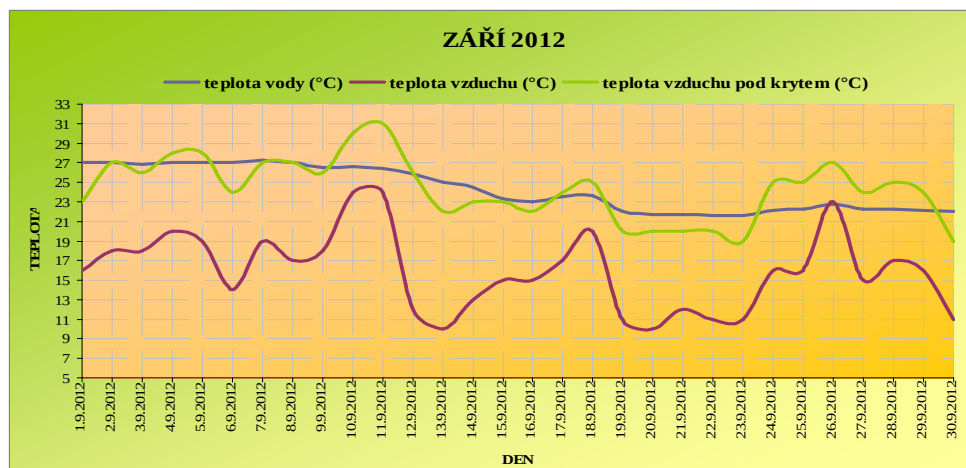
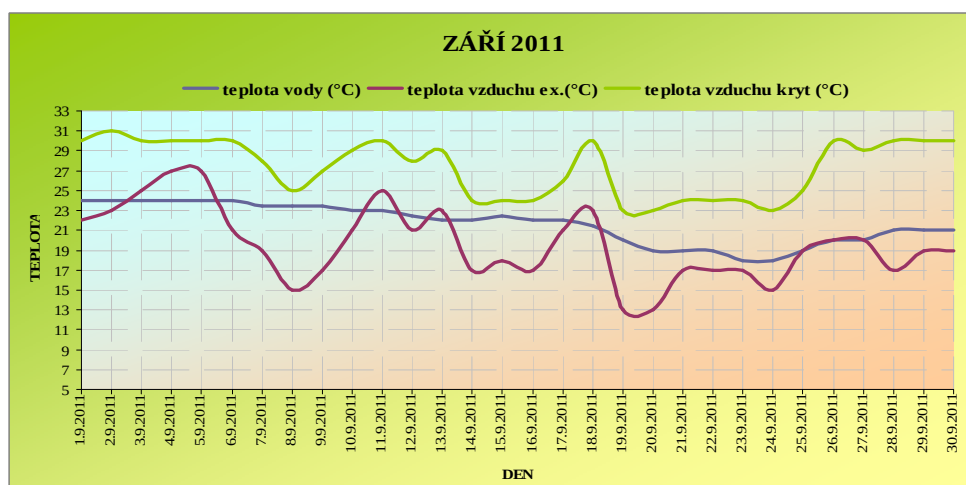
SRPEN 2011 a 2012

Datum	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlhkost (%)	tlak (hPa)	Datum	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlhkost (%)	tlak (hPa)
1.8.2011	18	20	26	82,7	1015	1.8.2012	29,8	26	34	47,6	1016
2.8.2011	19	21	26	72,9	1019	2.8.2012	30	27,3	36	47,8	1014
3.8.2011	20	25	30	60,5	1017	3.8.2012	30	22,1	33	73,3	1016
4.8.2011	20	23	30	77,8	1015	4.8.2012	31	27	37,4	27	1016
5.8.2011	20	23	31	73,3	1014	5.8.2012	30,9	30,1	34,8	57	1013
6.8.2011	21	26	32	64,9	1009	6.8.2012	31,2	33,1	40	12	1014
7.8.2011	21	23	30	94	1008	7.8.2012	31	27,3	39	33	1016
8.8.2011	21	18	28	88	1009	8.8.2012	30,3	23,4	29,6	78	1012
9.8.2011	21	19	29	63,6	1015	9.8.2012	29,4	19,3	29,2	66	1008
10.8.2011	21	15	28	76,8	1021	10.8.2012	29,9	21,1	31,8	34	1014
11.8.2011	22	22	30	63,8	1015	11.8.2012	27,8	15	28,1	45	1015
12.8.2011	22	23	30	60,2	1011	12.8.2012	27	13,4	27	88	1012
13.8.2011	21	19	28	88	1011	13.8.2012	27,1	19,6	26	78	1012
14.8.2011	21	24	34	64,5	1010	14.8.2012	26,3	18,7	24	88	1013
15.8.2011	22	25	35	88,3	1013	15.8.2012	27,2	21,3	26,8	74	1015
16.8.2011	22	22	31	68,2	1018	16.8.2012	27,2	25,4	34,4	50	1019
17.8.2011	23	24	35	60,7	1017	17.8.2012	27,2	20,3	25,7	79	1019
18.8.2011	23	27	37	61,2	1017	18.8.2012	27,9	22	26,2	69	1011
19.8.2011	22	25	35	88,4	1016	19.8.2012	28,2	25,4	28,1	62	1021
20.8.2011	22	23	30	60	1022	20.8.2012	29,9	30	32,4	57	1017
21.8.2011	23	26	31	60,7	1020	21.8.2012	29,9	31,1	32,8	53	1022
22.8.2011	24	26	36	78,2	1018	22.8.2012	29,9	35,2	42,2	57	1015
23.8.2011	24	28	36	73,8	1017	23.8.2012	29,4	25,3	33,2	69,2	1009
24.8.2011	24	28	34	73,8	1016	24.8.2012	29	27	34	50,7	1009
25.8.2011	25	27	34	73,8	1016	25.8.2012	28,1	28	32	55	1011
26.8.2011	25	32	38	48,4	1011	26.8.2012	27,9	25,1	30	61	1013
27.8.2011	25	27	30	68,4	1014	27.8.2012	27,5	23	28,5	67	1021
28.8.2011	24	21	26	52,2	1019	28.8.2012	27,7	24,3	34,7	67	1019
29.8.2011	24	23	25	64,1	1013	29.8.2012	28,2	23	30,4	53,3	1020
30.8.2011	23	19	24	72	1014	30.8.2012	28,6	23,2	27,1	76	1016
31.8.2011	23,5	20	25	67,5	1014	31.8.2012	27,7	17	23,5	88	1017
průměrné hodnoty	22	23	30,8	70,7	1015	průměrné hodnoty	28,8	24	31	60	1015



ZÁŘÍ 2011 a 2012

Datum	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlhkost (%)	tlak (hPa)	Datum	teplota vody (°C)	teplota vzduchu (°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlh. (%)	tlak (hPa)
1.9.2011	24	22	30	82,4	1014	1.9.2012	27	16	23	93,8	1023
2.9.2011	24	23	31	64,1	1014	2.9.2012	27	18	27	88,1	1023
3.9.2011	24	25	30	60	1016	3.9.2012	26,8	18	26	77,6	1021
4.9.2011	24	27	30	57,2	1013	4.9.2012	27	20	28	64,1	1019
5.9.2011	24	27	30	82,9	1014	5.9.2012	27	19	28	63,8	1017
6.9.2011	24	21	30	59,2	1020	6.9.2012	27	14	24	62,2	1024
7.9.2011	23,5	19	28	82,4	1012	7.9.2012	27,2	19	27	45,3	1020
8.9.2011	23,5	15	25	93,6	1008	8.9.2012	27	17	27	77,3	1020
9.9.2011	23,5	17	27	77	1014	9.9.2012	26,5	18	26	63	1020
10.9.2011	23	21	29	82,9	1016	10.9.2012	26,6	24	30	46,7	1018
11.9.2011	23	25	30	69	1012	11.9.2012	26,4	24	31	36	1012
12.9.2011	22,5	21	28	72,8	1014	12.9.2012	25,9	12	26	87,5	1010
13.9.2011	22	23	29	64,1	1013	13.9.2012	25	10	22	93,5	1015
14.9.2011	22	17	24	87,7	1017	14.9.2012	24,5	13	23	76,7	1012
15.9.2011	22,5	18	24	58,7	1020	15.9.2012	23,3	15	23	72	1017
16.9.2011	22	17	24	67,1	1019	16.9.2012	23	15	22	62,3	1018
17.9.2011	22	21	26	72,2	1015	17.9.2012	23,5	17	24	55,9	1016
18.9.2011	21,5	23	30	53,3	1005	18.9.2012	23,6	20	25	64,1	1012
19.9.2011	20	13	23	93,6	1013	19.9.2012	22	11	20	93,5	1018
20.9.2011	19	13	23	93,6	1024	20.9.2012	21,7	10	20	81,5	1024
21.9.2011	19	17	24	87,8	1019	21.9.2012	21,7	12	20	76,5	1019
22.9.2011	19	17	24	67,5	1018	22.9.2012	21,6	11	20	93,5	1015
23.9.2011	18	17	24	76,7	1018	23.9.2012	21,6	11	19	62,2	1016
24.9.2011	18	15	23	71,6	1020	24.9.2012	22,1	16	25	77,6	1002
25.9.2011	19	19	25	72,2	1023	25.9.2012	22,2	16	25	63,4	1008
26.9.2011	20	20	30	67,7	1026	26.9.2012	22,8	23	27	56,9	1006
27.9.2011	20	20	29	72,2	1028	27.9.2012	22,2	15	24	82,2	1013
28.9.2011	21	17	30	58,2	1030	28.9.2012	22,2	17	25	55,4	1020
29.9.2011	21	19	30	68,3	1028	29.9.2012	22,1	16	24	82,4	1015
30.9.2011	21	19	30	82,2	1028	30.9.2012	22	11	19	81,7	1022
průměrné hodnoty	21,7	19,6	27	73	1018	průměrné hodnoty	24	16	24	71	1017



Závěr experimentálního měření C1

Průměrné hodnoty:

	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	teplota vzduchu kryt (°C)	vlhkost (%)	tlak (hPa)
květen 2011	20	17,5	25,8	60,9	1016
květen 2012	23	17	28	53	1015
červen 2011	20,9	19,4	27,2	70,3	1015
červen 2012	27,7	23	31,8	64	1013
červenec 2011	20	19,9	27,6	76	1011
červenec 2012	28,7	24	34,2	58	1015
srpen 2011	22	23	30,8	70,7	1015
srpen 2012	28,8	24	31	60	1015
září 2011	21,7	19,6	27	73	1018
září 2012	24	16	24	71	1017

- o Max. teploty vody naměřeny v červenci 2012 i venkovní vzduch a teplota pod krytem bazénu byly maximální.
- o Zvýšená relativní vlhkost narůstala pod bazénovým krytem vždy k večeru, když klesla venkovní teplota.
- o Min. teploty vody byly v květnu a červenci 2011
- o Celkově nejchladněji bylo září 2012
- o V měsíci dubnu se teplota vody vyšplhala na 17°C za 10 dní.
- o Vlhkost pod krytem se zvětšovala s ochlazováním venkovního vzduchu. Přes noc dosáhly hodnoty i 100%.
- o V odpoledních hodinách v měsících červenec, srpen se voda ohřeje až o 0,5 °C za hodinu.
- o Při průměrných teplotách stoupne teplota vody o 0,1°C, když je bazén zastřešen. To znamená, že za den stoupne teplota až o 2,4 °C.
- o V našem případě způsobuje kryt bazénu tzv."skleníkový efekt". Ve dnech plného slunečního svitu je vzduch ohříván uvnitř zastřešení . V noci a v chladných dnech jsou min. tepelné ztráty.
- o Maximální teploty pod krytem za slunného počasí byly i kolem 60°C a většina teploměrů neměla dlouhou životnost.
- o Podmínky pro měření byly ovlivněny mnoha faktory. Například dopouštěním studené vody v horkých dnech a důsledku větrání pod krytem.

C2 Druhá část experimentálního měření

změřené skutečné množství odpařené vody z vodní hladiny bazénu a porovnání se softwarem Teruna.

C2.1 Za stavu odsunutého krytu bazénu



Odpaření vody při odsunutém krytu bazénu 6.8.2012					
hodina	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	vlhkost (%)	rychlost proudění větru m/s	úbytek hladiny
9:00	30,4	33	42	1,1	3 mm
10:00	30,2	33	40,8	0,5	
11:00	30,3	32,7	40,8	1,2	
12:00	30,5	32,7	36,1	1,2	
13:00	30,6	32,7	38,5	0,4	
14:00	31,1	33,5	34,2	1,1	
15:00	31,1	33,5	35,9	1	

Naměřená hodnota 3 mm se odpařila za 7 hodin v bazénu za stavu odsunutého krytu.

Tab. Hustota vody dle teploty

Teplota t °C	Hustota	
	ρ	ρ'
	kg.m ³	
10	999,7	0,00939
20	998,3	0,01729
30	995,7	0,03037
40	992,3	0,05116

Výpočet:

Za teplotních podmínek vycházející z experimentálního měření činí úbytek hladiny **3 mm**

Plocha bazénu je 22m², Hustota vody dle průměru teploty 30,6° činí 995,496 kg/m³

$$V = 22 \cdot 0,003 = 0,066 \text{ m}^3$$

$$m = 0,066 \cdot 995,496 = 65,7 \text{ kg}$$

Hodnota spočítaná Softwarem Teruna

Odpaření vody při odsunutém krytu 6.8.2012					
hodina	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	vlhkost (%)	rychlost proudění větru m/s	množství odpařené vody g/h
9:00	30,4	33	42	1,1	11525,77
10:00	30,2	33	40,8	0,5	9209
11:00	30,3	32,7	40,8	1,2	12288,65
12:00	30,5	32,7	36,1	1,2	13722,22
13:00	30,6	32,7	38,5	0,4	9762,36
14:00	31,1	33,5	34,2	1,1	14692,46
15:00	31,1	33,5	35,9	1	13166,62
Celkem :84367 g					

Výstup hodnot z programu Teruna pro 9.hodinu

VZDUCH:		MEZNÍ VRSTVA NAD HLADINOU:		
Teplota vnitřního vzduchu t[°C]=	33	Teplota tv[°C]=	29,75	
Rychlost proudění v[m/s]=	1,1	Tlak syté páry - tv [Pa]=	4183,98	VZDUCH
Relativní vlhkost [%]=	42	Entalpie vody [kJ/kg]=	2472,12	MEZNÍ VRSTVA NAD HLADINOU
Tlak syté páry - t [Pa]=	5031,59	Měrná vlhkost [g/kg]=	27,54	
Tlak syté páry - tm [Pa]=	2752,95	Entalpie vzduchu [kJ/kg]=	100,43	VODA
Tlak páry [Pa]=	2113,27	Určující teplota [°C]=	31,37	
Teplota mokrého teploměru tm[°C]=	22,65	Součinitel odparu [g/sm2]=	10,45	Hmotnostní tok vody [g/h]= 11525,77
Měrná vlhkost [g/kg]=	13,61	Hmotnostní tok vody [g/hm2]=	523,9	
Entalpie [kJ/kg]=	68,2	Tok vázaného tepla [W/m2]=	359,76	Tok vázaného tepla [W]= 7914,76
		Určující měrná vlhkost [g/kg]=	20,57	Tok ctebného tepla [W]= -783,69
		Tepečná kapacita [kJ/kg]=	1048,52	
		Součinitel přestupu tepla [W/m2K]=	10,96	
		Tok ctebného tepla [W/m2]=	-35,62	
VODA:				
Teplota vody v hloubině [°C]=	30,4			
Plocha hladiny [m2]=	22			

Výstup hodnot z programu Teruna pro 15.hodinu

VZDUCH:		MEZNÍ VRSTVA NAD HLADINOU:		
Teplota vnitřního vzduchu t[°C]=	33,5	Teplota tv[°C]=	30,34	
Rychlost proudění v[m/s]=	1	Tlak syté páry - tv [Pa]=	4329,17	VZDUCH
Relativní vlhkost [%]=	35,9	Entalpie vody [kJ/kg]=	2471,53	MEZNÍ VRSTVA NAD HLADINOU
Tlak syté páry - t [Pa]=	5174,32	Měrná vlhkost [g/kg]=	28,54	
Tlak syté páry - tm [Pa]=	2589,46	Entalpie vzduchu [kJ/kg]=	103,61	VODA
Tlak páry [Pa]=	1857,58	Určující teplota [°C]=	31,92	
Teplota mokrého teploměru tm[°C]=	21,65	Součinitel odparu [g/sm2]=	10,01	Hmotnostní tok vody [g/h]= 13166,62
Měrná vlhkost [g/kg]=	11,93	Hmotnostní tok vody [g/hm2]=	598,48	
Entalpie [kJ/kg]=	64,41	Tok vázaného tepla [W/m2]=	410,88	Tok vázaného tepla [W]= 9039,35
		Určující měrná vlhkost [g/kg]=	20,24	Tok ctebného tepla [W]= -728,43
		Tepečná kapacita [kJ/kg]=	1047,88	
		Součinitel přestupu tepla [W/m2K]=	10,49	
		Tok ctebného tepla [W/m2]=	-33,11	
VODA:				
Teplota vody v hloubině [°C]=	31,1			
Plocha hladiny [m2]=	22			

Výpočet:

Celkové množství odpařené vody dle programu Teruna je **84,367 kg** za teplotních podmínek vycházející z experimentálního měření.

Plocha bazénu je 22m^2 , Hustota vody dle průměru teploty $30,6^\circ$ činí $995,496\text{ kg/m}^3$

$$V = \frac{84,367}{995,496} = 0,0847\text{m}^3$$

$$h_h = \frac{0,0847}{22} = 3,9\text{mm}$$

Výsledky experimentu C2.1

Měření C2.1 Odpaření vody při odsunutém krytu		
	Měření	Teruna
$h_h(\text{mm})$	3	3,9
$m(\text{kg})$	65,7	84,4

C2.2 Při zastřešeném bazénu



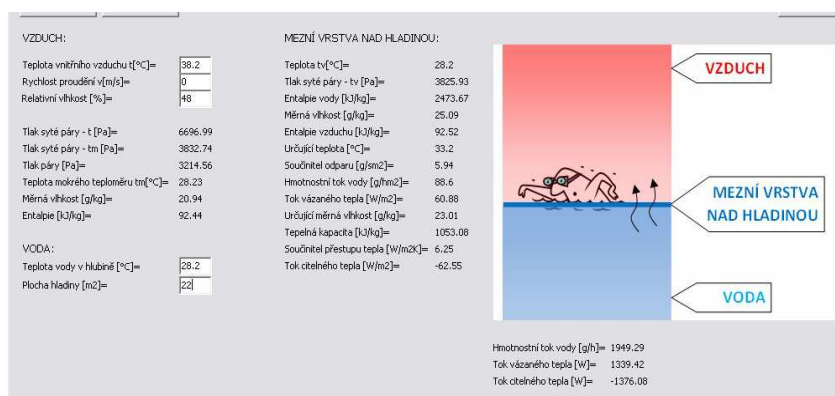
Odpaření vody při zastřešeném bazénu 7.10.2012					
hodina	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	vlhkost (%)	teplota vzduchu kryt	úbytek hladiny
9:00	28,2	25,6	38,2	48	0 mm
10:00	28,2	28,5	39,3	54	
11:00	28,3	28,6	47,8	41	
12:00	28,6	28,8	50	32	
13:00	29,3	30	55,6	30	
14:00	29,7	30,2	47	40	
15:00	29,7	30,1	48,5	38,6	

Měření hladiny výšky vody jsem nezjistila žádnou změnu.

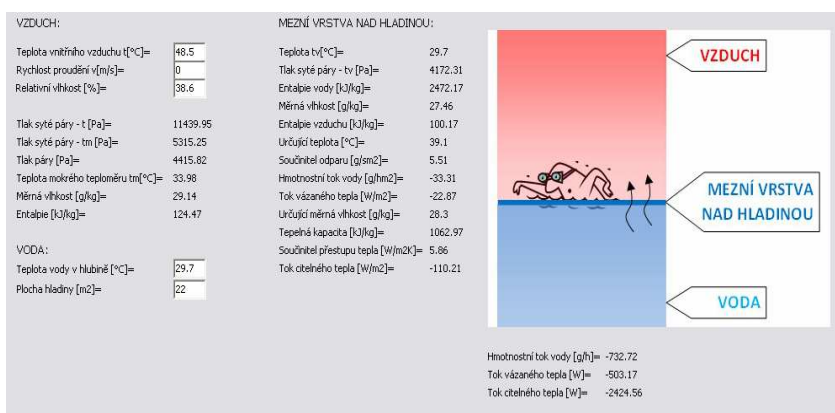
Hodnota spočítaná Softwarem Teruna

Odpaření vody při zataženém krytu 10.7.2012					
hodina	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	vlhkost (%)	teplota vzduchu kryt	množství odpařené vody g/h
9:00	28,2	25,6	38,2	48	1949,29
10:00	28,2	28,5	39,3	54	-33,81
11:00	28,3	28,6	47,8	41	-2069,96
12:00	28,6	28,8	50	32	-86,9
13:00	29,3	30	55,6	30	-2248,25
14:00	29,7	30,2	47	40	-214,38
15:00	29,7	30,1	48,5	38,6	-732,72
Celkem :					-3436,73 g

Výstup hodnot z programu Teruna pro 9.hodinu



Výstup hodnot z programu Teruna pro 15.hodinu



Výpočet:

Celkový nárůst vody dle programu Teruna je **3,437 kg** za teplotních podmínek vycházející z experimentálního měření.

Plocha bazénu je 22m^2 , Hustota vody dle průměru teploty $28,86^\circ$ činí $995,996\text{kg/m}^3$

$$V = \frac{3,437}{995,996} = 0,00346\text{m}^3$$

$$h_h = \frac{0,00346}{22} = 0,16\text{mm}$$

Výsledky C2.1 a C2.2

Měření C2.1 Odpaření vody při odsunutém krytu		
	Měření	Teruna
$h_h(\text{mm})$	0	+0,16
$m(\text{kg})$	0	+0,00346

Závěr:

Software Teruna odhalil i nepatrný nárůst hladiny při zataženém krytu bazénu, který pouhým měřením nezjistíme. I v případě prvního měření jsou hodnoty stejné po uvažování chyby měření.

C3 Třetí část experimentálního měření

Ve **třetí části experimentálního měření C3** jsem se zaměřila jak na odpařování z vodní hladiny působí okrajové podmínky. Změna teploty vody, zvýšení rychlosti větru, zvýšení teploty vzduchu a relativní vlhkosti. Za pomoci výpočetní techniky softwaru Teruna.

Původní naměřené hodnoty při odsunutém krytu bazénu 6.8.2012 viz. experiment C2				
hodina	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	vlhkost (%)	rychlost proudění větru m/s
9:00	30,4	33	42	1,1
10:00	30,2	33	40,8	0,5
11:00	30,3	32,7	40,8	1,2
12:00	30,5	32,7	36,1	1,2
13:00	30,6	32,7	38,5	0,4
14:00	31,1	33,5	34,2	1,1
15:00	31,1	33,5	35,9	1

Množství odpařené vody bylo **84,367 kg**

Jak se změní množství odpařené vody, když postupně každou z původně naměřených hodnot zvýšíme o 10% ?

C3.1 Teplota vody zvýšená o 10% z původní naměřené teploty

Teplota vody zvýšená o 10% z původní naměřené teploty						
hodina	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	vlhkost (%)	rychlost proudění větru m/s	množství odpařené vody g/h	množství odpařené vody kg/h
9:00	33,44	33	42	1,1	15487,41	15,48741
10:00	33,22	33	40,8	0,5	12336,34	12,33634
11:00	33,33	32,7	40,8	1,2	16341,83	16,34183
12:00	33,55	32,7	36,1	1,2	17809,96	17,80996
13:00	33,66	32,7	38,5	0,4	12854,42	12,85442
14:00	34,21	33,5	34,2	1,1	18205,63	18,20563
15:00	34,21	33,5	35,9	1	17179,55	17,17955
Celkem odpařené vody za 7 hodin						110,21514

Množství odpařené vody při těchto okrajových podmínkách **110,215 kg**

C3.2 Venkovní teplota zvýšená o 10% z původní naměřené teploty

Venkovní teplota zvýšená o 10% z původní naměřené teploty						
hodina	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	vlhkost (%)	rychlost proudění větru m/s	množství odpařené vody g/h	množství odpařené vody kg/h
9:00	30,4	36,3	42	1,1	9394,48	9,39448
10:00	30,2	36,3	40,8	0,5	7494,94	7,49494
11:00	30,3	35,97	40,8	1,2	10207,52	10,20752
12:00	30,5	35,97	36,1	1,2	11885,17	11,88517
13:00	30,6	35,97	38,5	0,4	8225,27	8,22527
14:00	31,1	36,85	34,2	1,1	12265,69	12,26569
15:00	31,1	36,85	35,9	1	11330,6	11,3306
Celkem odpařené vody za 7 hodin						70,80367

Množství odpařené vody při těchto okrajových podmínkách **70,804 kg**

C3.3 Relativní vlhkost zvýšená o 10% z původní naměřené hodnoty

Relativní vlhkost zvýšená o 10% z původní naměřené hodnoty						
hodina	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	vlhkost (%)	rychlost proudění větru m/s	množství odpařené vody g/h	množství odpařené vody kg/h
9:00	30,4	33	46,2	1,1	10474,33	10,47433
10:00	30,2	33	44,88	0,5	8391,31	8,39131
11:00	30,3	32,7	44,88	1,2	11252,23	11,25223
12:00	30,5	32,7	39,71	1,2	12814,53	12,81453
13:00	30,6	32,7	42,35	0,4	9038,89	9,03889
14:00	31,1	33,5	37,62	1,1	13202,49	13,20249
15:00	31,1	33,5	39,49	1	12287,88	12,28788
Celkem odpařené vody za 7 hodin						77,46166

Množství odpařené vody při těchto okrajových podmínkách **77,462 kg**

C3.4 Rychlost větru zvýšen o 10% z původní naměřené hodnoty

Rychlost větru zvýšen o 10% z původní naměřené hodnoty						
hodina	teplota vody (°C)	teplota vzduchu ex.(°C)	vlhkost (%)	rychlost proudění větru m/s	množství odpařené vody g/h	množství odpařené vody kg/h
9:00	30,4	33	42	1,21	11967,26	11,96726
10:00	30,2	33	40,8	0,55	9405,25	9,40525
11:00	30,3	32,7	40,8	1,32	12787,51	12,78751
12:00	30,5	32,7	36,1	1,32	14277,61	14,27761
13:00	30,6	32,7	38,5	0,44	9934,84	9,93484
14:00	31,1	33,5	34,2	1,21	14603,4	14,6034
15:00	31,1	33,5	35,9	1,1	13637,34	13,63734
Celkem odpařené vody za 7 hodin						86,61321

Množství odpařené vody při těchto okrajových podmínkách **86,613 kg**

Závěr C3.1, C3.2, C3.3, C4.4

Odpařování vody z vodní hladiny nejvíce ovlivňuje samotná teplota vody .

Množství odpařené vody v závislosti na hodnotě o 10% zvýšené:			
<i>teploty vody</i>	<i>teploty okolí</i>	<i>vlhkosti</i>	<i>rychlosti větru</i>
110,215 kg	70,804 kg	77,462 kg	86,613 kg

C4 Čtvrtá část experimentálního měření

V experimentální části měření C4 jsem zaznamenala teplotní změny každou hodinu ve dne 1. září 2011. Výpočet odparu vodní hladinou vypočítán s pomocí výpočetní techniky softwaru Teruna a porovnána s numerickým výpočtem.

Sledovaný teplotní stav pro den 1.9.2011

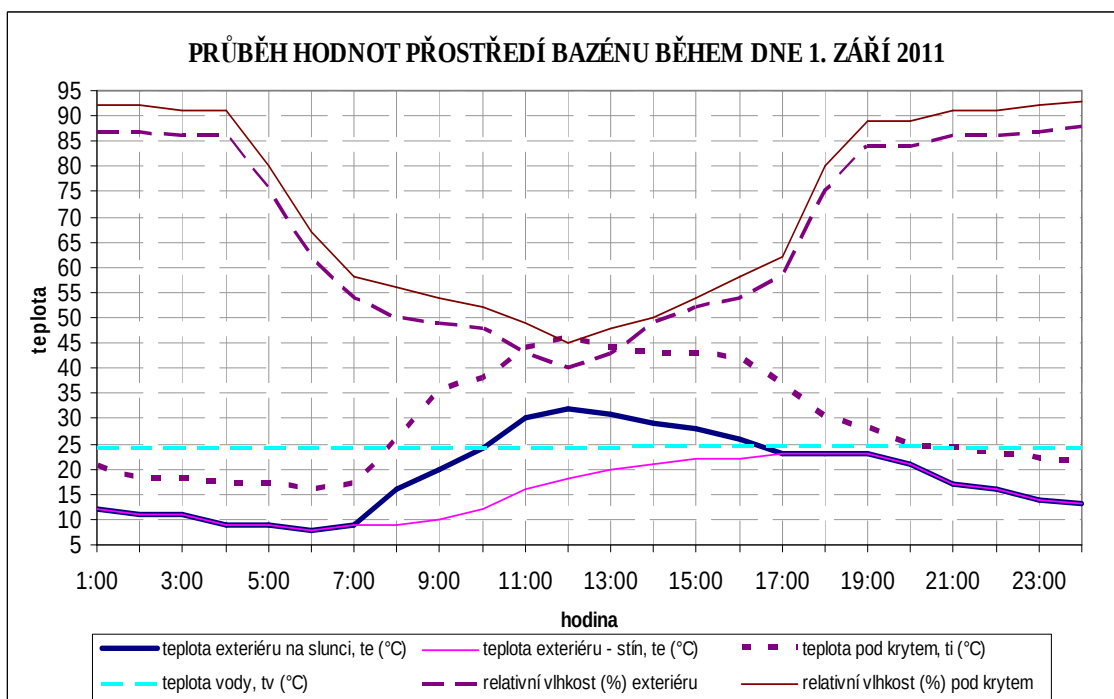
hod.	teplota exteriér u na slunci, t_e (°C)	teplota exteriér u - stín, t_{es} (°C)	teplota pod krytem, t_i (°C)	teplota a vody, t_v (°C)	relativní vlhkost (%) exteriéru	relativní vlhkost (%) pod krytem	Hodnoty naměřené v den 1. ZÁŘÍ 2011
1:00	12	12	21	24	87	92	Hodnoty teplot a vlhkosti měřené po časovém intervalu 1 hodiny po celý den. ➤ Jasně, slunečné počasí. Teploty i nadprůměrné než je obvyklé pro tento měsíc. Průměrné naměřené hodnoty: - teplota vody $t_v = 24$ °C - venkovní teplota $t_e = 19$ °C - relativní vlhkost vzduchu mimo kryt bazénu 67% - teplota pod krytem bazénu $t_i = 29$ °C - relativní vlhkost vzduchu mimo kryt bazénu 72% - teplota stejného místa, jen teploměr umístěný ve stínu $t_{es} = 25$ °C
2:00	11	11	18	24	87	92	
3:00	11	11	18	24	86	91	
4:00	9	9	17	24	86	91	
5:00	9	9	17	24	75	80	
6:00	8	8	16	24	62	67	
7:00	9	9	17	24	54	58	
8:00	16	9	26	24	50	56	
9:00	20	10	36	24	49	54	
10:00	24	12	38	24	48	52	
11:00	30	16	44	24	43	49	
12:00	32	18	46	24	40	45	
13:00	31	20	44	24	43	48	
14:00	29	21	43	24,5	49	50	
15:00	28	22	43	24,5	52	54	
16:00	26	22	42	24,5	54	58	
17:00	23	23	37	24,5	58	62	
18:00	23	23	30	24,5	75	80	
19:00	23	23	28	24,5	84	89	
20:00	21	21	25	24,5	84	89	
21:00	17	17	24	24,5	86	91	
22:00	16	16	23	24,5	86	91	
23:00	14	14	22	24,5	87	92	
0:00	13	13	21	24,5	88	93	
průměr. hodnoty	19	15	29	24	67	72	

Slunce

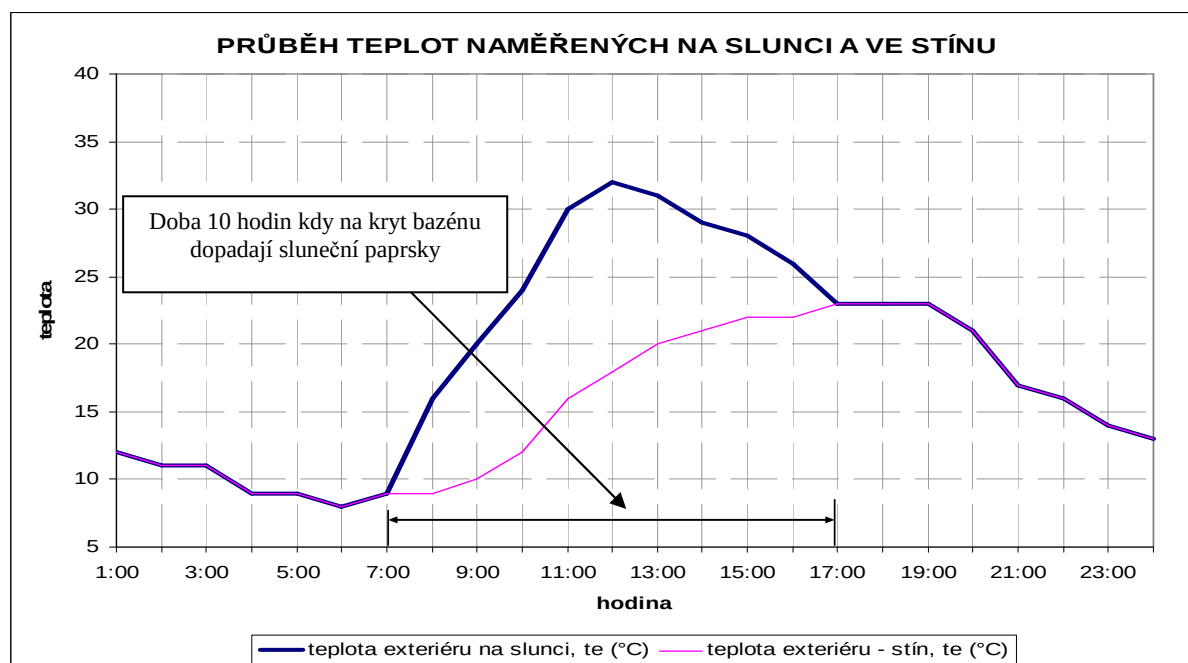
 Východ slunce 06:01

 Západ slunce 19:34

Graf průběhu hodnot po celý den



Časová doba je kryt bazénu vystaven slunečnímu záření

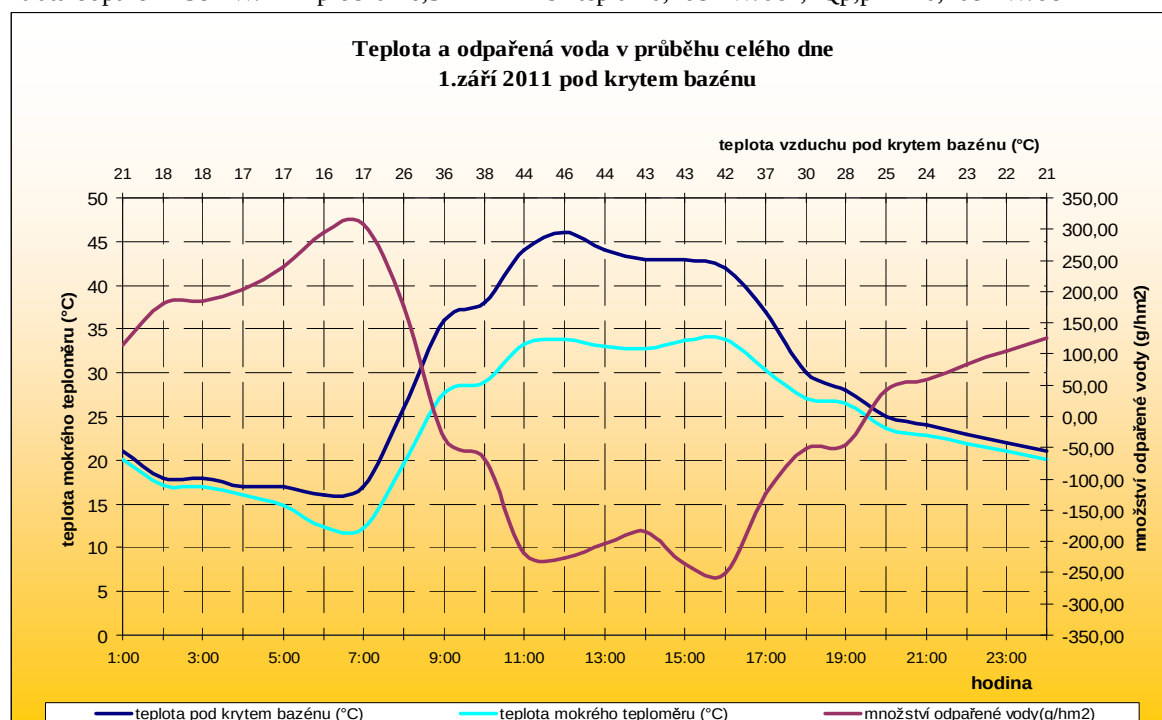


C4.1.1 Stanovení ztrát odparem pro den 1.9.2011 pomocí softwaru teruna

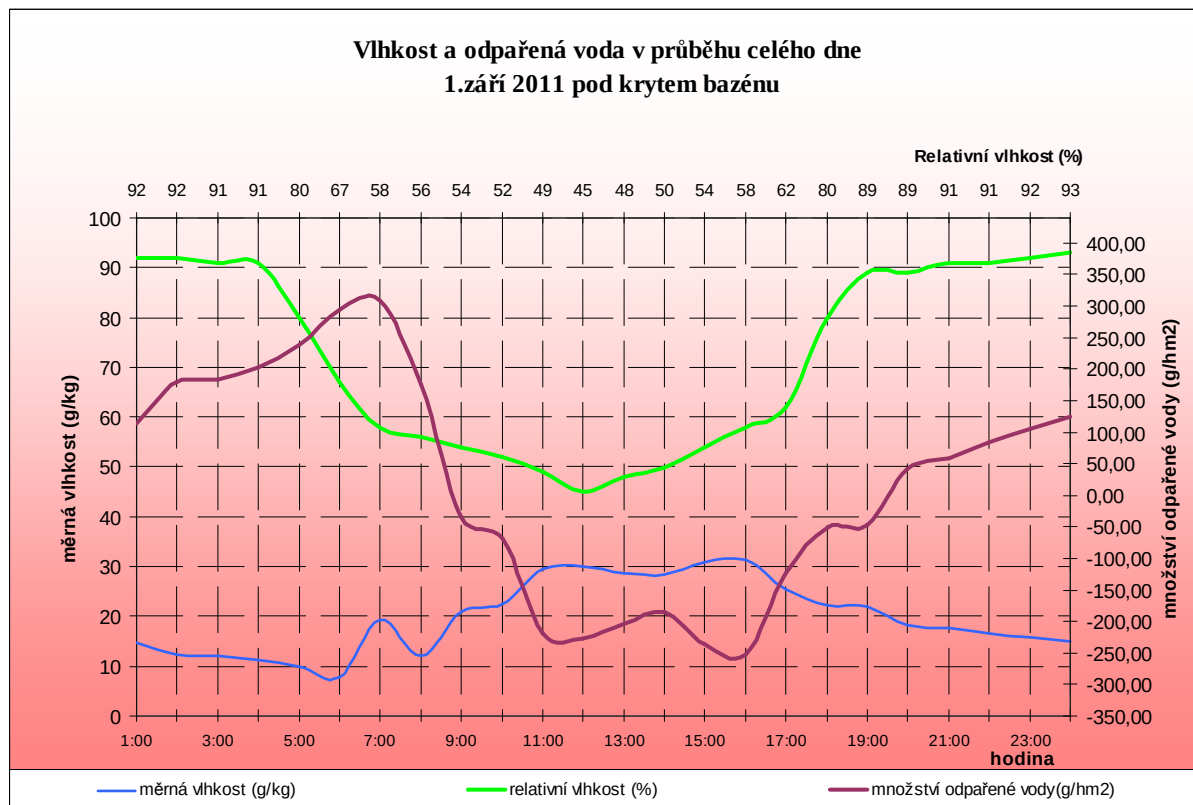
-PRO KRYTÝ BAZÉN

Výstup hodnot z programu TERUNA .

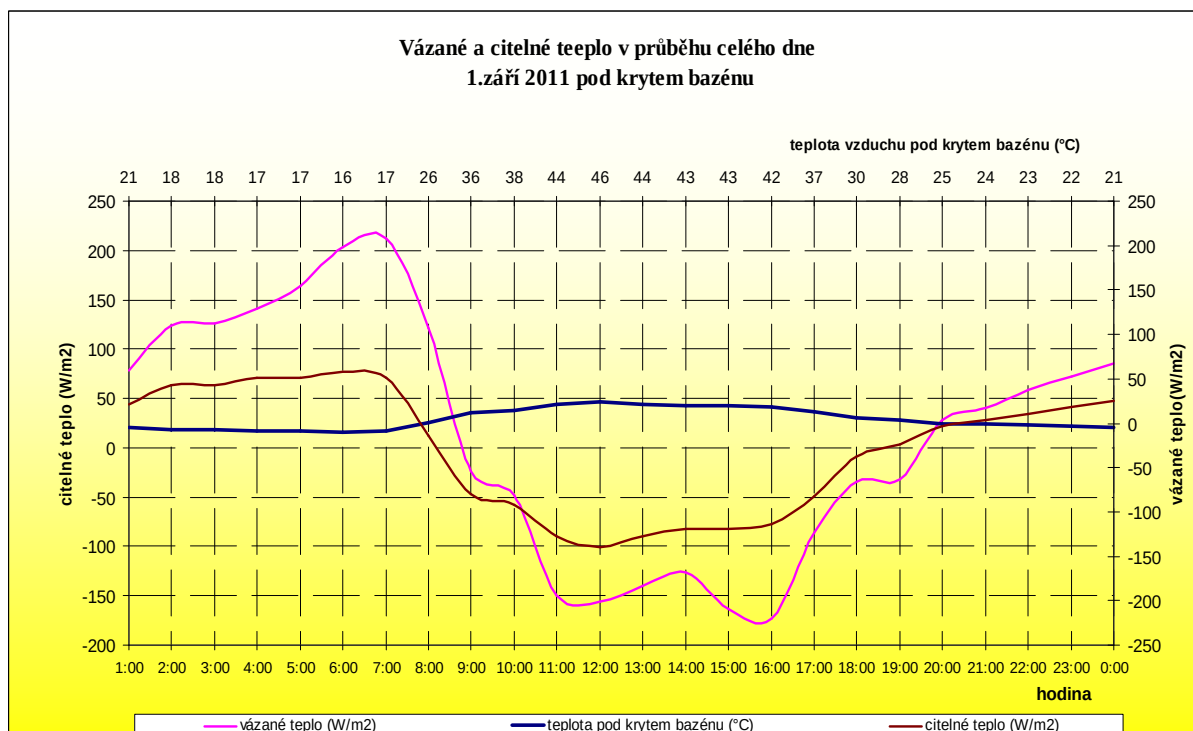
Hodina	teplota pod krytem bazénu (°C)	citelné teplo (W/m2)	vázané teplo (W/m2)	teplota mokrého teploměru (°C)	měrná vlhkost (g/kg)	množství odpařené vody(g/hm2)	množství odpařené vody(g/h)	relativní vlhkost (%)
1:00	21	21,43	78,83	20,07	14,77	114,53	3034,92	92
2:00	18	43,48	124,25	17,14	12,21	180,52	4783,83	92
3:00	18	43,47	126,59	17,03	12,08	183,92	4873,91	91
4:00	17	50,95	140,27	16,05	11,32	203,79	5400,56	91
5:00	17	50,83	164,44	14,83	9,93	238,90	6330,80	80
6:00	16	58,23	202,83	12,41	7,78	294,67	7808,76	67
7:00	17	50,59	212,43	12,2	19,32	308,62	8178,41	58
8:00	26	-14,18	121,26	19,59	12,1	176,17	4668,57	56
9:00	36	-79,92	-23,22	27,73	20,9	-33,73	-893,92	54
10:00	38	-92,29	-47,71	28,99	22,5	-69,32	-1836,88	52
11:00	44	-128	-149,95	33,32	29,43	-217,85	-5773,15	49
12:00	46	-139,21	-156,24	33,89	29,97	-227,00	-6015,42	45
13:00	44	-127,94	-140,51	33,05	28,8	-204,15	-5409,90	48
14:00	43	-118,73	-126,75	32,73	28,47	-184,20	-4881,19	50
15:00	43	-118,94	-162,74	33,73	30,86	-236,49	-6267,03	54
16:00	42	-113,22	-173,23	33,81	31,48	-251,73	-6670,82	58
17:00	37	-82,85	-85,61	30,27	25,53	-124,40	-3296,63	62
18:00	30	-37,8	-34,7	27,07	22,17	-50,43	-1336,42	80
19:00	28	-24,3	-31,81	26,5	21,96	-46,22	-1224,91	89
20:00	25	-3,57	28,49	23,59	18,3	41,40	1097,06	89
21:00	24	3,48	40,21	22,88	17,61	58,43	1548,40	91
22:00	23	10,57	58,16	21,9	16,55	84,51	2239,49	91
23:00	22	17,74	72,35	21,05	15,73	105,14	2786,19	92
0:00	21	24,97	86,13	20,16	14,94	125,16	3316,86	93
		-705,21	323,77	579,99	12461,49			

V průběhu dne se odpařilo **12461 g** vody.Ztráta odparem $-381 \text{ W/m}^2 \times \text{plocha } 26,5 \text{ m}^2 \Rightarrow \text{zisk tepla } 10,108 \text{ kW/den}$, $Q_{p,p} = -10,108 \text{ kW/den}$ 

Vlhkost a odpařená voda v průběhu celého dne
1. září 2011 pod krytem bazénu



Vázané a citelné teplo v průběhu celého dne
1. září 2011 pod krytem bazénu



C4.1.2 Porovnání výsledků ztrát odparem ze softwarem Teruna s numerickým výpočtem.

- PRO KRYTÝ BAZÉN

Vstupní hodnoty: t_i , t_v , relativní vlhkost pod krytem

Výpočet:

Tlak syté vodní páry v blízkosti hladiny

$t = t_v$

$$p_v'' = \exp\left(23.58 - \frac{4044.2}{235.6 + t}\right)$$

Parciální tlak vodní páry ve vzduchu při teplotě

vzduchu a dané vlhkosti, $t = t_i$

$$p_v'' = \exp\left(23.58 - \frac{4044.2}{235.6 + t}\right) \quad p_v = \varphi p_v''$$

Plocha $A = 26,5 \text{ m}^2$

$I_w = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$

β_p součinitel přenosu hmoty pro vnitřní bazén

$1,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg/h.m}^2\text{Pa}$

$$Q_{p,p} = 1/1000 \cdot \beta_p \cdot A \cdot (p_v'' - p_v) \cdot I_w / 3600$$

hod.	teplota pod krytem t_i (°C)	teplota vody t_v (°C)	relativní vlhkost (%) pod krytem	p_v'' pro teplotu vody	$p_{v,vz}''$ pro teplotu vzduchu	p_v , pro teplotu vzduchu při dané vlhkosti vzduchu	$Q_{p,p}(\text{kW})$
1:00	21	24	92	2985,19	2427,64	2233,43	2,213502
2:00	18	24	92	2985,19	2064,90	1899,71	3,19612
3:00	18	24	91	2985,19	2064,90	1879,06	3,25692
4:00	17	24	91	2985,19	1938,57	1764,10	3,59542
5:00	17	24	80	2985,19	1938,57	1550,86	4,223302
6:00	16	24	67	2985,19	1819,06	1218,77	5,201122
7:00	17	24	58	2985,19	1938,57	1124,37	5,479066
8:00	26	24	56	2985,19	3362,77	1883,15	3,244885
9:00	36	24	54	2985,19	5941,52	3208,42	-0,6573
10:00	38	24	52	2985,19	6624,75	3444,87	-1,35351
11:00	44	24	49	2985,19	9097,60	4457,82	-4,33609
12:00	46	24	45	2985,19	10081,87	4536,84	-4,56877
13:00	44	24	48	2985,19	9097,60	4366,85	-4,06822
14:00	43	24,5	50	3075,94	8637,32	4318,66	-3,65913
15:00	43	24,5	54	3075,94	8637,32	4664,15	-4,67642
16:00	42	24,5	58	3075,94	8154,35	4729,52	-4,86889
17:00	37	24,5	62	3075,94	6275,09	3890,56	-2,3986
18:00	30	24,5	80	3075,94	4244,35	3395,48	-0,94087
19:00	28	24,5	89	3075,94	3781,27	3365,33	-0,8521
20:00	25	24,5	89	3075,94	3169,08	2820,48	0,75217
21:00	24	24,5	91	3075,94	2985,19	2716,52	1,058284
22:00	23	24,5	91	3075,94	2810,66	2557,70	1,525911
23:00	22	24,5	92	3075,94	2645,10	2433,50	1,891632
0:00	21	24,5	93	3075,94	2534,34	2356,93	2,117063

2950,712

5,375513

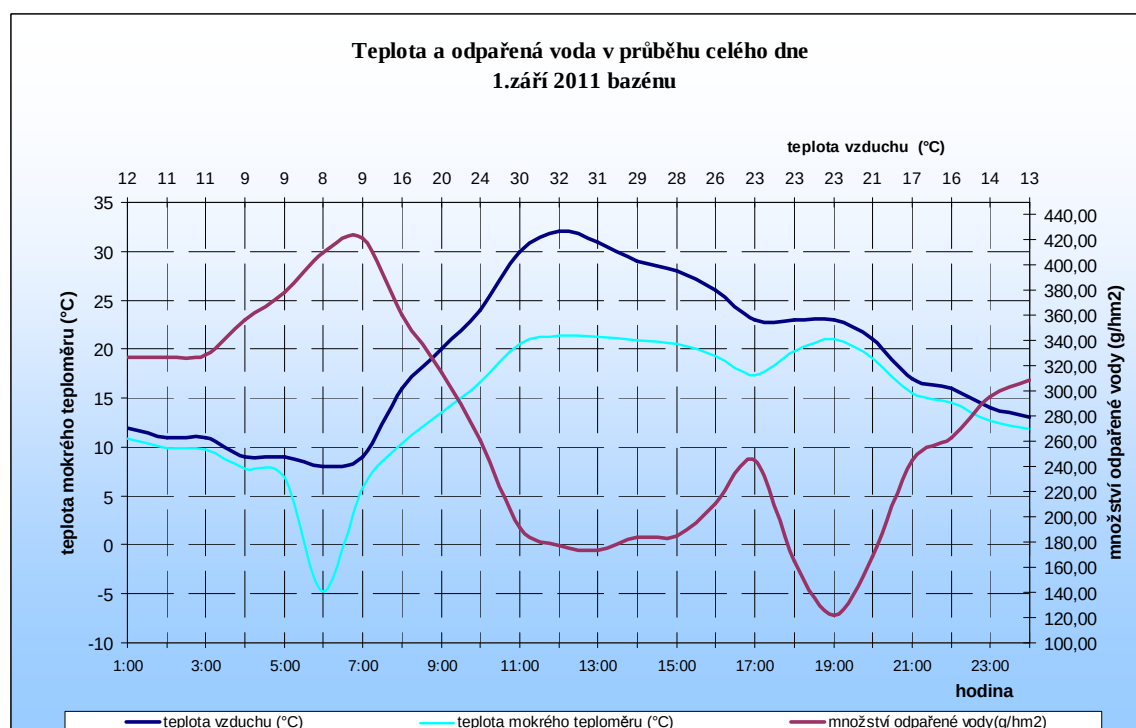
$Q_{p,p} = 5,376 \text{ kW/den}$

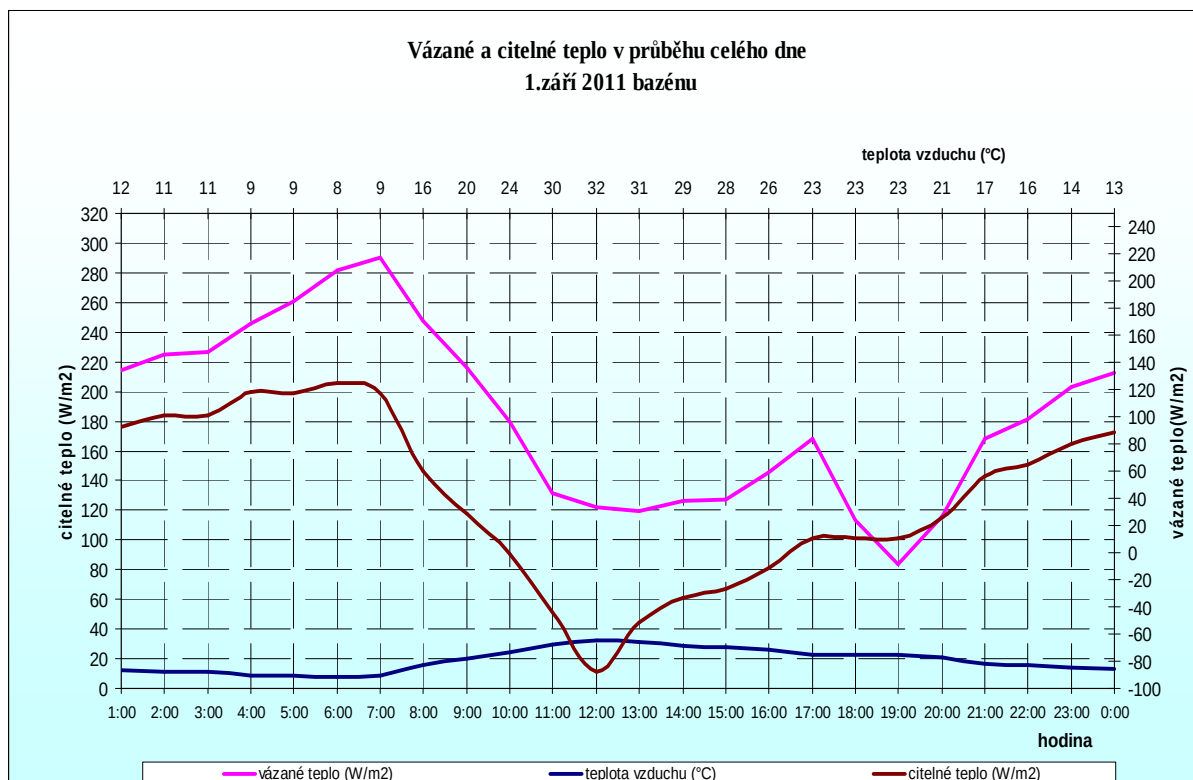
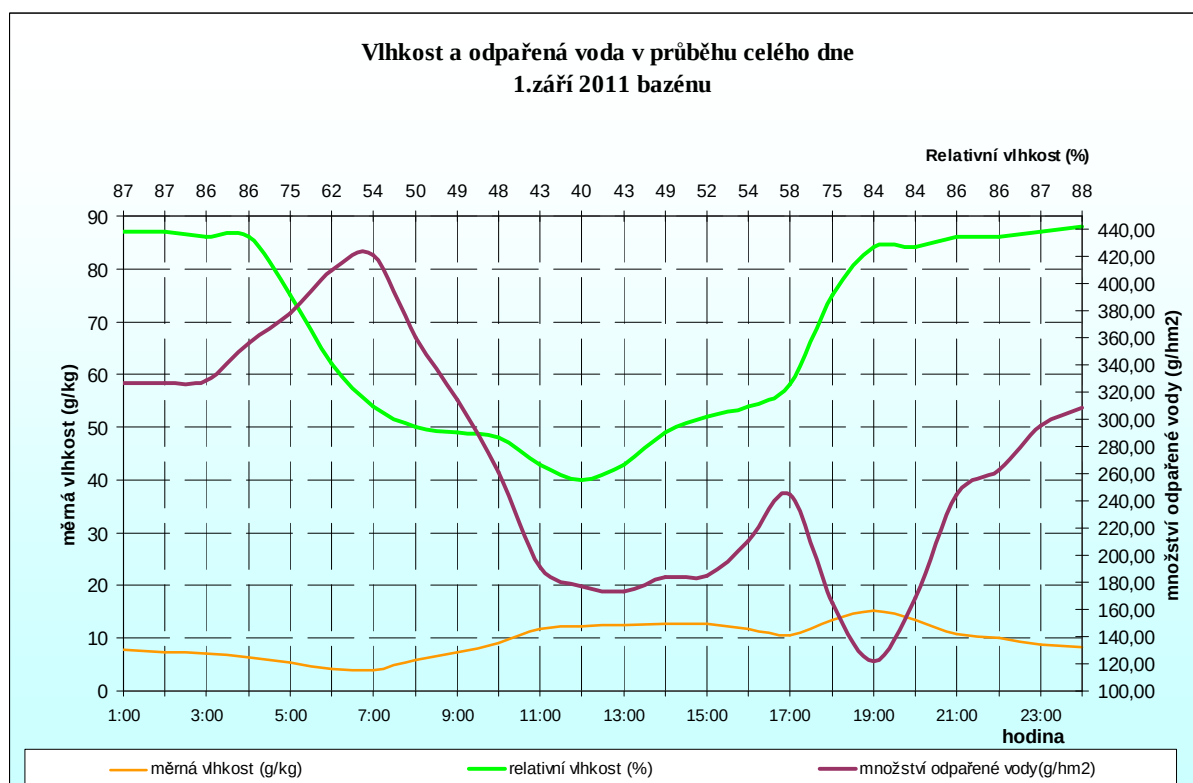
C4.2.1 Stanovení ztrát odparem pro den 1.9.2011 pomocí softwaru teruna

-PRO NEKRYTÝ BAZÉN

Výstup hodnot z programu TERUNA .

Hodina	teplota venkovního prostoru (°C)	citelné teplo (W/m ²)	vázané teplo (W/m ²)	teplota mokrého teploměru (°C)	měrná vlhkost (g/kg)	množství odpařené vody (g/hm ²)	množství odpařené vody(g/h)	relativní vlhkost (%)
1:00	12	93,1	214,71	10,81	7,79	326,82	8660,69	87
2:00	11	101,31	224,97	9,84	7,29	326,82	8660,69	87
3:00	11	101,29	226,55	9,75	7,2	329,11	8721,42	86
4:00	9	117,92	245,49	7,84	6,29	356,62	9450,47	86
5:00	9	117,71	260,72	6,88	5,48	378,74	10036,69	75
6:00	8	124,64	281,89	-4,74	4,22	409,47	10850,88	62
7:00	9	117,41	289,98	5,84	3,93	421,25	11163,12	54
8:00	16	60,14	247,73	10,36	5,79	359,88	9536,94	50
9:00	20	29,04	216,32	13,5	7,31	314,26	8327,89	49
10:00	24	-0,95	180,05	16,6	9,17	261,57	6931,70	48
11:00	30	-43,99	131,74	20,5	11,72	191,40	5072,10	43
12:00	32	-87,81	122,04	21,43	12,23	177,30	4698,44	40
13:00	31	-50,91	119,24	21,29	12,42	184,26	4590,67	43
14:00	29	-33,25	126,8	20,86	12,63	184,26	4882,92	49
15:00	28	-26,13	127,03	20,59	12,65	184,56	4891,67	52
16:00	26	-11,76	145,21	19,26	11,66	211,00	5591,53	54
17:00	23	10,32	168,41	17,34	10,45	244,71	6484,72	58
18:00	23	10,67	113,32	19,79	13,58	167,66	4363,54	75
19:00	23	10,84	83,91	21	15,25	121,93	3231,07	84
20:00	21	25,87	116,32	19,09	13,46	169,03	4479,19	84
21:00	17	56,74	168,3	15,5	10,69	244,55	6480,69	86
22:00	16	64,62	181,16	14,54	10,02	263,23	6975,68	86
23:00	14	80,59	203,24	12,73	8,9	295,32	7825,98	87
0:00	13	88,69	212,75	11,87	8,42	309,14	8192,09	88
		956,1	4407,88					
								170100,78

V průběhu dne se odpařilo **170 101** g/den vody.Ztráta odparem 5363,98 W/m² x plocha 26,5 m² => Q_{p,p} = 142,15 kW/den



C4.2.2 Porovnání výsledků ztrát odparem ze softwarem Teruna s numerickým výpočtem.

- PRO NEKRYTÝ BAZÉN

Vstupní hodnoty: t_i , t_v , relativní vlhkost pod krytem

Výpočet:

Tlak syté vodní páry v blízkosti hladiny
 $t = t_v$

$$p_v'' = \exp\left(23.58 - \frac{4044.2}{235.6 + t}\right)$$

$$Q_{p,p} = 1/1000 \cdot \beta_p \cdot A \cdot (p_v'' - p_v) \cdot I_w / 3600$$

Parciální tlak vodní páry ve vzduchu při teplotě
 vzduchu a dané vlhkosti, $t = t_i$

$$p_v'' = \exp\left(23.58 - \frac{4044.2}{235.6 + t}\right) \quad p_v = \varphi p_v''$$

Plocha $A = 26,5 \text{ m}^2$

$I_w = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$

β_p součinitel přenosu hmoty pro vnitřní bazén
 $2,9 \cdot 10^{-4} \text{ kg/h.m}^2\text{Pa}$

hod.	teplota exteriéru na slunci (°C)	teplota vody (°C)	relativní vlhkost (%) mimo kryt	pv'' pro teplotu vody	pv'' pro teplotu vzduchu	pv, pro teplotu vzduchu při dané vlhkosti vzduchu	$Q_{p,p}(\text{kW})$
1:00	12	24	87	2985,19	1403,04	1220,646	9,417012
2:00	11	24	87	2985,19	1313,12	1142,415	9,834512
3:00	11	24	86	2985,19	1313,12	1129,284	9,90459
4:00	9	24	86	2985,19	1148,33	987,5668	10,66091
5:00	9	24	75	2985,19	1148,33	861,2501	11,33504
6:00	8	24	62	2985,19	1072,98	665,2467	12,38107
7:00	9	24	54	2985,19	1148,33	620,1001	12,62201
8:00	16	24	50	2985,19	1819,06	909,5282	11,07739
9:00	20	24	49	2985,19	2339,33	1146,273	9,813923
10:00	24	24	48	2985,19	2985,19	1432,89	8,284308
11:00	30	24	43	2985,19	4244,35	1825,069	6,19132
12:00	32	24	40	2985,19	4755,92	1902,367	5,778797
13:00	31	24	43	2985,19	4493,82	1932,341	5,618832
14:00	29	24,5	49	3075,94	4007,00	1963,429	5,937241
15:00	28	24,5	52	3075,94	3781,27	1966,26	5,922132
16:00	26	24,5	54	3075,94	3362,77	1815,895	6,724599
17:00	23	24,5	58	3075,94	2810,66	1630,184	7,715701
18:00	23	24,5	75	3075,94	2810,66	2107,997	5,165708
19:00	23	24,5	84	3075,94	2810,66	2360,957	3,815711
20:00	21	24,5	84	3075,94	2488,12	2090,021	5,26164
21:00	17	24,5	86	3075,94	1938,57	1667,172	7,518304
22:00	16	24,5	86	3075,94	1819,06	1564,388	8,066841
23:00	14	24,5	87	3075,94	1599,23	1391,327	8,990434
0:00	13	24,5	88	3075,94	1498,32	1318,522	9,378984

1485,464 **197,417**

$$Q_{p,p} = 197,4 \text{ kW/den}$$

Závěr:

Numerický výpočet ztrát odparem je v obou případech (s krytem, bez krytu) vyšší než výpočet pomocí softwaru. Numerickým výpočtem jsem nedocílila výpočtu zisku, který zajišťuje kryt bazénu.

C5 pátá část experimentálního měření

Odvlhčování prostoru bazénu

Kryté venkovní rodinné bazény tuto problematiku neřeší. K odstranění vlhkosti stačí odhrnout nebo zahrnout kryt bazénu. Avšak v interiérovém provedení je nutností opatření odvlhčovacího zařízení. Tablety Ceserit se používají hlavně v místnostech sklepu a koupelen. V prostorech o ploše okolo 20m².

V tabulce je inzerována délka použitelnosti jedné tablety na základě tepelných a vlhkostních podmínek.

Hygrometrie (Relativní vlhkost v %)	Trvanlivost (1 TAB v 20m² pokoji) * V závislost i na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu	
	Teplota nižší než 15 °C	Teplota vyšší než 15 °C
Pod 65%HR	cca 3-4 měsíce	cca 2-3 měsíce
Nad 65%HR	cca 2 měsíce	cca 1,5 měsíce

Na základě experimentu a fotek níže dokazují, že pod krytem je vlhkosti vyšší než 65%.

Důkazem zvýšené vlhkosti je pokus s aplikací tablety Ceserit v prostoru bazénu pod krytem.

Obr. 21 fotka pořízena 1 den po vložení tablety.

Obr. 22 fotografie pořízená po týdnu.



Obr. 22 Stav tablety po jednou dnu



Obr.23 Po jednom týdnu

Závěr:

Díky vysoké vlhkosti se tableta celá rozpouští a neplní svůj účel, kdy krystaly obsažené v tabletě absorbují nadbytečnou vlhkost vzduchu, která se pak ve formě solného



Obr.23 Stav po 14 dnech

roztoku sráží a stéká do nádržky.

Tabletu tvoří vysoce absorpční aktivní krystaly. Obsahuje Chlorid vápenatý. Tableta pohlcuje a fixuje nadměrnou vlhkost ze vzduchu a přeměňuje ji na solný roztok. Tento solný roztok (solanka) se shromažďuje ve spodní nádobě.

Jelikož je tento speciální aktivně prostředek plně integrován do modré fáze díky jedinečnému systému zapouzdření, je působení tablet dlouhodobé a trvá po celou dobu života tablety.

Závěr

Přírodní zdroje jsou stále ještě minimálně využívány po celém světě. Jako první každého určitě napadne pohodlnost lidí v obstarávání tepla. Výjimky se, ale také najdou. Například ostrov Island, který dokáže efektivně využívat teplo ze středu Země. Žilo by se nám mnohem lépe bez havárií ropných tankerů na mořích a výbuchů jaderných elektráren. Toto jsou všechno nedávné události. I když se staly v dostatečné vzdálenosti od naší malé republiky, ale stále ovlivňují planetu Zemi na které žijeme všichni. Stačí jen postavit větrné a vodní elektrárny na střechy dát dva kolektory a zasadit několik stromů. Důležitý je jen výběr správné lokality. Zvykli jsme si už na tekoucí horkou vodu zvednutím páky koupelnové baterie. Zvykli jsme si i na pohodlný vyhřátý domov otočením termoregulační hlavice. Lidstvo během krátké doby prodělalo velmi rychlý vývoj díky množství energie, kterou spotřebovalo. Budoucnost nám právě ukáže, jak si lidstvo dovede poradit se vzrůstající energetickou spotřebou.

Seznam použitých zdrojů

Knižní publikace

- [2] Matuška Tomáš.. *Alternativní zdroje energie*. : , 2010. ISBN .
- [3] Karl-Heinz Remmers. *Velká solární zařízení*. Brno: Era group spol.s.r.o., 2007. ISBN 978-80-7366-110-6
- [5] Heinz Lader a Frank Spate. *Solární zařízení*. Praha: Grada Publishing a.s., 2003. ISBN 80-247-0362-9

Topenářská příručka. Praha: Agentura ČSTZ,, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.

Normové a legislativní podklady:

Zákon č. 258/2000 Sb.. *o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů*. : , 2001.

ČSN 73 0548 . *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: , 1986.

ČSN EN ISO 8497 (73 0556) . *Tepelná izolace – Stanovení prostupu tepla v ustáleném stavu tepelné izolace pro kruhové potrubí*. : , 1998.

DIN 4757, část 2 . *solární vytápěcí systémy s organickými teplotonosnými médii, požadavky na bezpečnou realizaci*

ČSN EN ISO 9488 . *Solární energie – Slovník*.. : , 2001.

Internetové zdroje

- [1] AKEPON. *solarni-elektrarny*. [online]. 9.1.2013 [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: <http://www.akepon.cz/solarni-elektrarny.html>
- [4] Teruna. *tepelné chování místnosti / budovy*. [online]. 9.1.2013 [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: http://www.technikabudov.cz/tep_chovani.html

- [6] Dokumentace plynových kotlů Gruppo Imar Partner. *dokumentace*. [online]. 9.1.2013 [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: <http://www.gruppoimar.cz/dokumentace/>
- [7] Ing. Ludvík Trnka a RNDr. Yvonna Gaillyová CSc.,. *Velkoplošné instalace fototermických kolektorů pro velké odběratele* [online]. . [cit. 2013-01-09]. ISBN . Dostupné z: http://www.veronica.cz/dokumenty/velkoplosne_solary.pdf
- [8] Alpy 4000. *rady-tipy-metodika-windchil*. [online]. 9.1.2013 [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: <http://alpy4000.cz/rady-tipy-metodika-windchill.php>

tzbinfo. *Velkoplošné solární systémy*. [online]. 10.1.2013 [cit. 2013-01-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1949-velkoplosne-solarni-systemy>

Seznam obrázku

<i>Obr.1 Mapa slunečního záření</i>	5
<i>Obr.2 Lýrový absorbér</i>	9
<i>Obr.3 Serpentinový absorbér</i>	9
<i>Obr.4 Schématický řez plochého kolektoru</i>	10
<i>Obr.5 Zapojení kolektorů</i>	13
<i>Obr.6 Systém Drain-Back</i>	14
<i>Obr. 8 Mateřská školka v Ostravě – Proskovicích</i>	7
<i>Obr.9 Navržený solární okruh pro MŠ 8</i>	
<i>Obr.10 Mateřská školka byla inspirací pro další realizace solárních kolektorů v okolí</i>	8
<i>Obr.11 Mozaika bazénového dna</i>	15
<i>Obr.12 Odvodňovací systém</i>	15
<i>Obr.13 Odpařená vody z bazénu</i>	17
<i>Obr.14 příslušenství bazénu</i>	18
<i>Obr.15 El. Ohřívač, EOVTi 3 – 12 kW</i>	19
<i>Obr.16 měřící zařízení</i>	20
<i>Obr.17 Teploměr pro měření vody v bazénu</i>	20
<i>Obr.18 Teploměr venkovní</i>	21
<i>Obr.19 Odsunutý kryt bazénu</i>	22
<i>Obr.20 Zastřešený kryt bazénu</i>	22
<i>Obr.21 Software Teruna</i>	24
<i>Obr. 22 Stav tablety po jednu dnu</i>	79
<i>Obr.23 Po jednom týdnu</i>	79
<i>Obr.23 Stav po 14 dnech</i>	79

Seznam použitých zkratek

l	délka (m)
m	hmotnost (kg)
p	tlak (Pa)
t	teplota ($^{\circ}\text{C}$)
T	teplotní rozdíl (K)
V	objem (m^3)
w	rychlost průtoku (m/s)
Q	tepelný výkon
M	hmotnostní průtok (kg/h)
h	výška (m)
H_T	měrná tepelná ztráta (kW)
J	kvadratický moment průřezu trubky (cm^4)
η_k	průměrná denní účinnost solárního kolektoru (%)
$H_{T\text{den}}$	denní dávka na plochu kol. ($\text{kWh}/\text{m}^2\text{den}$)
p	srážka z tepelných zisků
η_0	optická účinnost (%)
t_{es}	průměrná teplota exteriéru v době slunečního svitu ($^{\circ}\text{C}$)
$t_{k,m}$	průměrná teplota teplotonosné kapaliny v solárních kolektorech
$H_{T\text{dif}}$	teoreticky možná dopadající dávka difúzního ozáření ($\text{kWh}/\text{m}^2\text{den}$)
$H_{T\text{teor}}$	teoreticky možná dopadající dávka ozáření ($\text{kWh}/\text{m}^2\text{den}$)
β_n	souč. přenosu hmoty pro zakrývaný bazén
$t_{w,p}$	požadovaná teplota bazénové vody v provozu
α	součinitel přestupu tepla sáláním a prouděním ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

Seznam příloh

- 1) Výkres č.1 : Půdorys veřejného bazénu + umístění kolektorového pole
- 2) Výkres č.2 : Řez objektem
- 3) Výkres č.3 : Dimenzování kolektorového pole
- 4) Výkres č.4 : Schéma zapojení kolektorového pole
- 5) Výkres č.5 : Půdorys technické místnosti