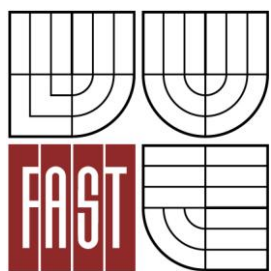




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VZDUCHOVÝ KOLEKTOR V TEPELNÉ BILANCI BUDOVY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ANNA DOSEDLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2013

Abstrakt

Předmětem předkládané diplomové práce je využití solární tepelné techniky pro výrobu nízkopotenciálního tepla. Teoretická část je věnována solární technice, variantám pasivního využití solární energie. Blíže popisuje solární fasády, jejich klasifikaci z hlediska základních kritérií. Aplikací tématu je projekt nuceného větrání administrativní budovy, při instalaci solární fasády. Práce obsahuje také experiment, který se zabývá tepelným chováním vzduchového kolektoru.

Klíčová slova

Solární technika, nízkoteplotní sluneční systémy, obnovitelný zdroj energie, sluneční kolektor, vzduchový kolektor, nucené větrání, Trombeho stěna, dvojitá fasáda.

Abstract

The subject of the thesis is the use of solar thermal technology for the production of low-potential heat. The theoretical part is focus in the solar technology, variants of passive use of solar energy. Describes in detail the solar facades, it's classification in terms of basic criteria. Applications on the project forced ventilation in administrative buildings, installation of solar facade. The work also includes an experiment that deals with the thermal behavior of the air collector.

Keywords

Solar technology, low-temperature solar systems, renewable energy source, solar collector, air collector, forced ventilation, Trombe wall, a double facade

Bibliografická citace VŠKP

DOSEDLOVÁ, Anna. *Vzduchový kolektor v tepelné bilanci budovy*. Brno, 2012. 96 s., 7 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Olga Rubinová, Ph.D..

Prohlášení:

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

V Brně dne 11. 1. 2013

.....
podpis autora
Bc. Anna Dosedlová

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

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

V Brně dne 11. 1. 2013

.....
podpis autora
Bc. Anna Dosedlová

Poděkování:

Tímto děkuji především vedoucí mé diplomové práce Ing. Olze Rubinové, Ph.D. za námět práce, cenné rady a obětavý přístup při tvorbě diplomové práce.

Dále děkuji Ing. Janu Vahalovi za vypůjčení, jím sestrojeného modelu vzduchového kolektoru a přátelům, kteří se podíleli na jeho přepravě při realizaci měření, zejména Bc. Marku Musilovi a Bc. Michalu Kysilkovi.

V Brně dne 11. 1. 2013

.....
podpis autora
Bc. Anna Dosedlová

ÚVOD

Slunce je veškerým zdrojem energie pro naši planetu. Řadí se mezi nevyčerpatelné zdroje energie. V důsledku rapidního nárůstu spotřeby stávajících zdrojů, zejména pak fosilních paliv, je kladen značný důraz na využívání přírodních ekologických a především obnovitelných zdrojů energie.

Při provozu budovy je převážná část spotřeby energie pokryta na provoz technických zařízení budov. A proto je třeba směřovat pozornost energetické úspory a efektivity již při návrhu všech částí TZB.

Tato diplomová práce se zabývá využitím solární energie pro výrobu nízkopotenciálního tepla. Je rozdělena do tří částí, kde první teoretická část je věnována pasivním systémům výroby solární energie, především dvojitým transparentním fasádám. Experimentální část se věnuje modelu vzduchového kolektoru, na kterém byla stanovena energetická účinnost. Poslední praktická část se věnuje projektu nuceného větrání administrativní budovy s využitím solární techniky.

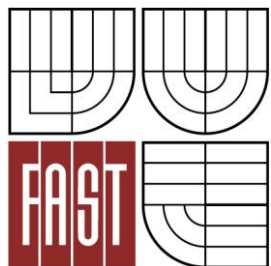
Obsah:

| | |
|---|----|
| ANALÝZA TÉMATU | 11 |
| <u>Část A</u> | |
| 1 SLUNCE A ENERGIE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ | 14 |
| 1.1 ENERGIE SLUNCE | 14 |
| 1.2 VYUŽITÍ ENERGIE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ | 15 |
| 2 PASIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY | 19 |
| 2.1 KLASIFIKACE PASIVNÍCH SYSTÉMŮ | 19 |
| 2.2 VYBRANÉ TYPY PASIVNÍCH SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ | 20 |
| 2.2.1 Akumulační solární stěna | 20 |
| 2.2.2 Akumulační solární stěna s předsazeným skleníkem | 22 |
| 2.2.3 Energetická střecha | 22 |
| 2.2.4 Energetická fasáda | 23 |
| 2.2.5 Dvojitě transparentní fasády | 23 |
| 2.2.6 Nezasklený solární vzduchový kolektor | 24 |
| 2.2.7 Transparentní tepelná izolace | 24 |
| 3 DVOJITÁ TRANSPARENTNÍ FASÁDA | 25 |
| 3.1 ROZDĚLNÍ DVOJITÝCH TRANSPARENTNÍCH FASÁD Z HLEDISKA ZÁKLADNÍCH KRITÉRIÍ | 27 |
| 3.1.1 Dle geometrie meziprostoru | 27 |
| 3.1.2 Dle aerodynamiky meziprostoru | 28 |
| 3.1.3 Dle uspořádání meziprostoru | 28 |
| 3.1.4 Dle možnosti otevření oken vnitřního pláště | 29 |
| 3.1.5 Dle druhu proskleného systému vnější transparentní stěny | 29 |
| 3.1.6 Dle využití fyzikální podstaty meziprostoru | 30 |
| <u>Část B</u> | |
| 4 ÚVOD | 32 |
| 5 ANALÝZA OBJEKTU | 33 |
| 6 PRŮTOKY VZDUCHU | 33 |
| 7 DISTRIBUCE VZDUCHU | 34 |

| | | |
|----------------------|---|----|
| 7.1 | PŘÍVOD VZDUCHU | 34 |
| 7.2 | ODVOD VZDUCHU | 36 |
| 7.3 | ODVĚTRÁVÁNÍ HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ | 38 |
| 8 | IZOLACE POTRUBÍ | 40 |
| 9 | ÚPRAVA VZDUCHU A NÁVRH VZT JEDNOTEK | 40 |
| 10 | PŘÍVOD VZDUCHU Z MEZIPROSTORU FASÁDY | 50 |
| 11 | TECHNICKÁ ZPRÁVA | 51 |
| <u>Část C</u> | | |
| 12 | ÚVOD | 59 |
| 13 | CÍL MĚŘENÍ | 59 |
| 14 | ANALÝZA MĚŘENÉHO MODELU | 60 |
| 15 | SLEDOVANÉ VELIČINY | 61 |
| 16 | POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE | 62 |
| 16.1 | UNIVERZÁLNÍ MĚŘICÍ ÚSTŘEDNA ALMEMO 3290-8 | 62 |
| 16.2 | TERMOČLÁNKOVÉ DRÁTY | 63 |
| 17 | POPIS MĚŘENÍ | 64 |
| 18 | VÝSLEDKY MĚŘENÍ | 65 |
| 18.1 | VÝSLEDKY Z 1. MĚŘENÍ | 66 |
| 18.1.1 | 1. měření I. etapa – bez stínícího prvku | 67 |
| 18.1.2 | 1. měření - II. etapa – se stínícím prvkem | 71 |
| 18.2 | VÝSLEDKY Z 2. MĚŘENÍ | 75 |
| 18.2.1 | 2. měření I. etapa – regulační klapka zcela uzavřena | 76 |
| 18.2.2 | 2. měření II. etapa – regulační klapka částečně otevřena | 80 |
| 18.2.3 | 2. měření - III. etapa – regulační klapka uzavřena/otevřena | 83 |
| 18.3 | VÝSLEDKY Z 3. MĚŘENÍ | 88 |
| 18.3.1 | 3. měření – RK zcela uzavřena, bez použití stínícího roštu | 89 |
| 19 | ZHODNOCENÍ | 94 |
| 20 | ZÁVĚR | 95 |



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

A. TEORETICKÉ ŘEŠENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ANNA DOSEDLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2013

OBSAH

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | SLUNCE A ENERGIE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ | 14 |
| 1.1 | ENERGIE SLUNCE..... | 14 |
| 1.2 | VYUŽITÍ ENERGIE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ | 15 |
| 2 | PASIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY | 19 |
| 2.1 | KLASIFIKACE PASIVNÍCH SYSTÉMŮ | 19 |
| 2.2 | VYBRANÉ TYPY PASIVNÍCH SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ | 20 |
| 2.2.1 | <i>Akumulační solární stěna.....</i> | <i>20</i> |
| 2.2.2 | <i>Akumulační solární stěna s předsazeným skleníkem</i> | <i>22</i> |
| 2.2.3 | <i>Energetická střecha</i> | <i>22</i> |
| 2.2.4 | <i>Energetická fasáda</i> | <i>23</i> |
| 2.2.5 | <i>Dvojitě transparentní fasády</i> | <i>23</i> |
| 2.2.6 | <i>Nezasklený solární vzduchový kolektor.....</i> | <i>24</i> |
| 2.2.7 | <i>Transparentní tepelná izolace</i> | <i>24</i> |
| 3 | DVOJITÁ TRANSPARENTNÍ FASÁDA | 25 |
| 3.1 | ROZDĚLNÍ DVOJITÝCH TRANSPARENTNÍCH FASÁD Z HLEDISKA ZÁKLADNÍCH KRITÉRIÍ | 27 |
| 3.1.1 | <i>Dle geometrie meziprostoru</i> | <i>27</i> |
| 3.1.2 | <i>Dle aerodynamiky meziprostoru.....</i> | <i>28</i> |
| 3.1.3 | <i>Dle uspořádání meziprostoru.....</i> | <i>28</i> |
| 3.1.4 | <i>Dle možnosti otevření oken vnitřního pláště</i> | <i>29</i> |
| 3.1.5 | <i>Dle druhu proskleného systému vnější transparentní stěny</i> | <i>29</i> |
| 3.1.6 | <i>Dle využití fyzikální podstaty meziprostoru</i> | <i>30</i> |

1 Slunce a energie slunečního záření

1.1 Energie Slunce

Vzniká termonukleárními reakcemi přeměny vodíku v hélium v nitru Slunce. Množství vodíku ve Slunci je v řádu miliard let nevyčerpatelné, proto lze považovat tuto energii za obnovitelný zdroj.

Slunce je absolutně černé těleso a jeho teplota je na povrchu zhruba 6 000 K. Celkový výkon, který Slunce vydává do okolí je $3,85 \cdot 10^{26}$ W. Z toho pouhá dvoumiliardtina dopadne na Zemi, tj. asi $1,8 \cdot 10^{17}$ kW, zbylý tok je vyzařován do mezihvězdného prostoru. Z celkového množství dopadajícího slunečního záření na Zemi, je přibližně 34 % odraženo zpět do kosmu, 19 % je pohlceno atmosférou a zbylých 47 % je Zemí absorbováno.

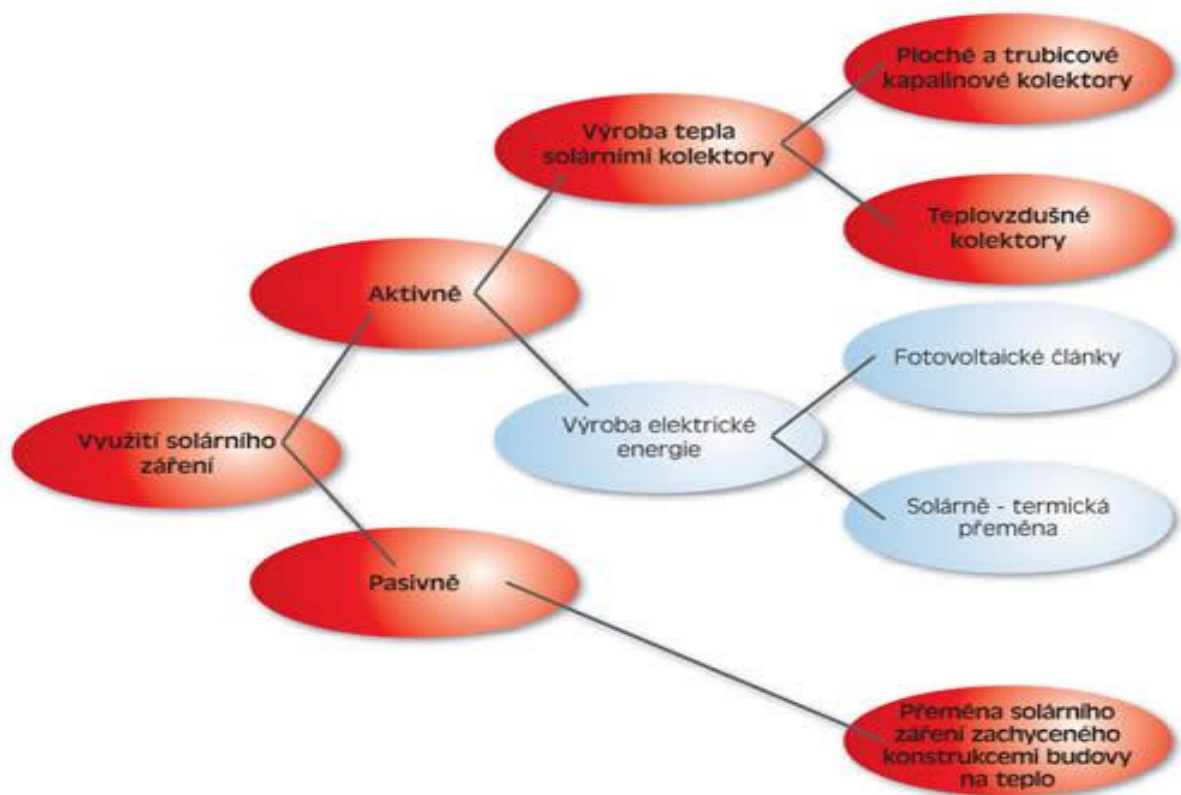
Tato zachycená energie ve formě záření je dle zákona zachování energie přeměněna na jiný druh energie beze zbytku. Mezi přeměny se řadí zejména:

- Přeměna v teplo, které se ze Země vypařuje ve formě infračerveného záření o vlnové délce 10 μm . Toto záření je zachyceno atmosférou, a tím dochází k trvalému zahřívání planety, jde o tzv. *skleníkový efekt*.
- Velké množství energie dopadající na hladiny oceánů se spotřebuje na odpaření vody. Vzniklá pára stoupá vzhůru, kde v chladnějších místech atmosféry kondenzuje a ohřívá okolí svým skupenským teplem.
- Ohřátý vzduch má menší hustotu a tak stoupá vzhůru, namísto něj se dostává vzduch chladnější a těžší. Vlivem tohoto proudění vzduchu vzniká vítr.

Všechny tyto změny jsou nezbytné pro život na Zemi.

Energie procházející přes plochu 1m^2 kolmou k slunečním paprskům, jenž je zachycena na povrchu zemské atmosféry má hodnotu přibližně $1360\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Což je tzv. *solární konstanta*.

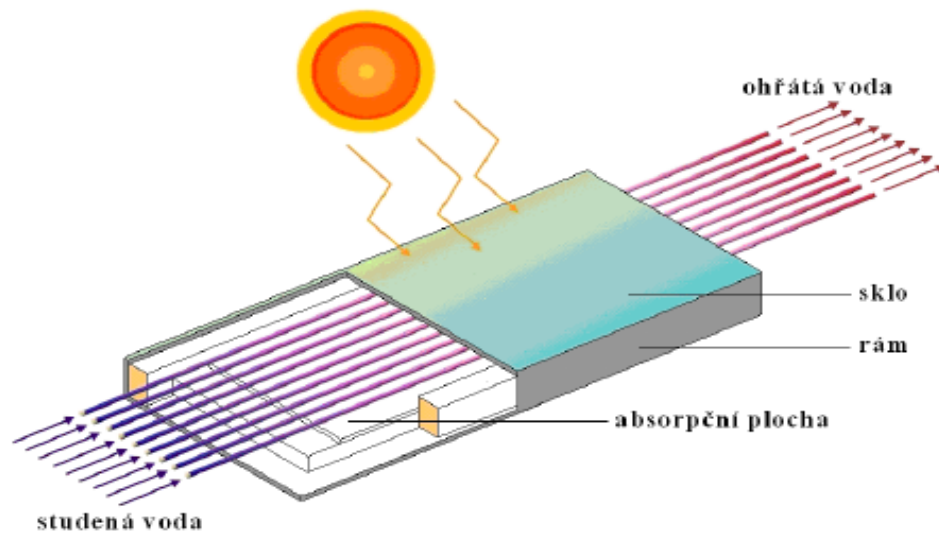
1.2 Využití energie slunečního záření



Obr. 1 možnosti využití solárního záření [1]

Pro přeměnu sluneční energii v teplo se využívají solární systémy, které mohou být:

1. Aktivní systémy - transformují sluneční energii v tepelnou nebo elektrickou. Využívají se především pro stávající budovy pro ohřev užitkové vody, bazénové vody a přitápění v přechodovém období. Systém je složen z kolektorového zařízení, zásobníku tepla pro akumulaci a vhodnou regulací soustavy.



Obr. 2 aktivní solární systém [2]

Kolektorové systémy

Kolektor slouží k aktivnímu zachycení energie slunečního záření, která je nejčastěji převedena na energii tepelnou. Jde o nízkoteplotní systémy. Dle druhu nosného média se dělí na kapalinové (vodní) a vzduchové nebo kombinace obou. Častým využitím kapalinových systémů je přitápění objektů v přechodném období a ohřev teplé užitkové vody, vzduchové se využívají pro předehřev venkovního vzduchu, teplovzdušné vytápění a větrání, vysoušení vnitřních prostor a sušení zemědělských produktů.

Hlavní součástí kolektorů je absorpční plocha, která ohřívá okolní vzduch. V případě kapalinových systémů je to proudící tekutinu v dutinách uvnitř absorbéru. Kolektor je kryt transparentní vrstvou nejčastěji ze skla či průhledné fólie. Na zadní straně absorbéru je umístěna tepelná izolace pro minimalizaci tepelných ztrát do okolí.

Vzduch jako teponosná látka

V porovnání s vodou, což je častější případ teponosné látky v kolektorech, se vzduch liší svými rozdílnými fyzikálními vlastnostmi, které jsou popsány v následující tabulce.

| fyzikální vlastnosti | vzduch | voda |
|-------------------------------------|--------|-------|
| hustota ρ [kg/m ³] | 1,205 | 998 |
| tepelná kapacita c [kJ/kg.K] | 1,01 | 4,183 |
| tepelná vodivost λ [W/m.K] | 0,025 | 0,599 |

Obr. 3 vlastnosti vzduchu a vody při teplotě 20°C a atmosférickém tlaku 101,4 kPa

Z tabulky je zřejmé, že k ohřátí 1 molu vody o 1K je potřeba čtyřnásobně více energie než k ohřátí 1 molu vzduchu. Vzduch se snadněji zahřeje i při slabém slunečním záření (zatažená obloha).

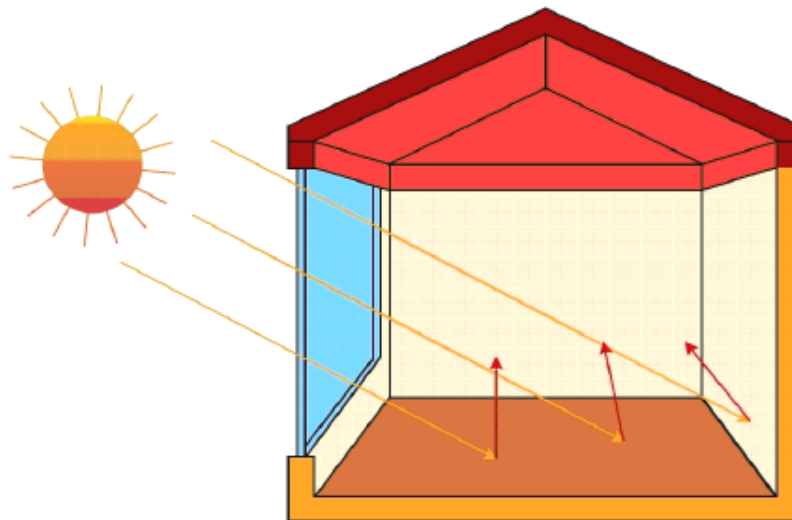
Mezi další výhody vzduchových systémů oproti vodním se řadí:

- Nehrozí zamrznutí při teplotách pod °C
- Vzduch se zahřeje 4x rychleji než voda
- Jsou méně náchylnější na napadení korozi – *atmosférický tlak obsahuje vodní páru, která kondenzuje na vnitřních plochách a tak dochází ke korozi.*
- Snadněji se zahřeje i při slabém slunečním záření, proto může pracovat i s nižšími teplotami

Mezi nevýhody se řadí:

- Nutnost větších průřezů pro proudění vlivem nižší tepelné kapacity
- Akumulace energie je vlivem nižší hustoty nutná přes jinou teplonosnou látku (voda, kámen, štěrk)
- Potřeba velkých ploch při přenesení tepla, vlivem nižší tepelné vodivosti

2. Pasivní systémy - transformují sluneční energii v tepelnou. Využívá přeměny sluneční energie v teplo vhodnou architektonickou úpravou budovy. Jejich výhodou je absence dalšího zařízení. Systém nachází využití především u novostaveb, kde již v prvotním návrhu lze stavbu účelně přizpůsobit danému prostředí. Lze ovšem použít na již stávající budovy vhodnou rekonstrukcí. Základním typem pasivního systému je zasklená plocha na jižní straně objektu.



Obr. 4 pasivní solární systém [2]

2 Pasivní solární systémy

Jsou nedílnou součástí stavby a proto již při prvotním návrhu budovy, který zahrnuje optimální energetickou bilanci, bychom měli pomýšlet na základní architektonické úpravy. Využíváme poznatků z tepelné techniky a stavební klimatologie.

Budova využívající pro vytápění pasivní systém musí být vhodně umístěna v orientaci k jihu. Jižní strana budovy nesmí být stíněna okolními budovami, neboť se na této straně nachází největší část prosklených ploch, kterými prostupuje sluneční záření do budovy. Tyto prosklené plochy je ovšem nutno zejména v letních měsících chránit proti nadměrnému oslunění. Naopak na návětrné a severní straně je nutno minimalizovat prosklenou plochu. Skladbu obvodového pláště je nutné volit tak, aby byl zajištěn co největší tepelný odpor a obvodový plášť byl dostatečně utěsněn. Tyto architektonické úpravy vytváří optimální teplotní podmínky v místnosti. Pro přeměnu energie nevyužívají žádné technické zařízení. Teplo se šíří převážně konvekcí vzduchu. V objektu vzniká vlivem teplotního gradientu přirozené proudění vzduchu. To vyrovnává teplotní rozdíly osluněné a neosluněné části budovy.

2.1 Klasifikace pasivních systémů

a) Dle způsobu využití solární energie:

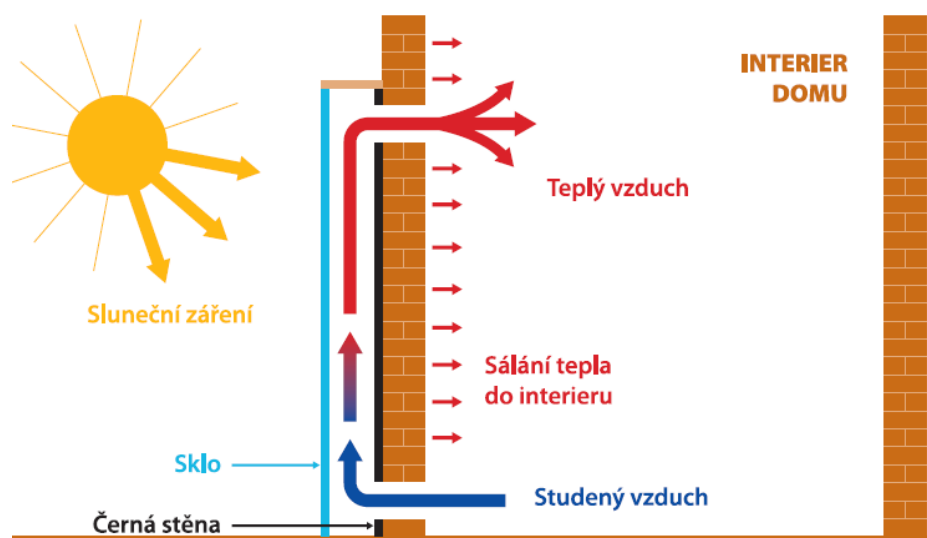
- Přímé – sluneční záření prochází přímo do místnosti přes zasklení
- Nepřímé – sluneční záření se do místnosti do místnosti dostává ve formě tepelné energie vyzařované z akumulací stěny
- Hybridní – pohyb vzduchu je realizován nuceným prouděním

b) Dle umístění v konstrukci:

- Prvky umístěné v obvodových stěnách orientovaných na jih
- Střešní prvky
- Přídavné prvky

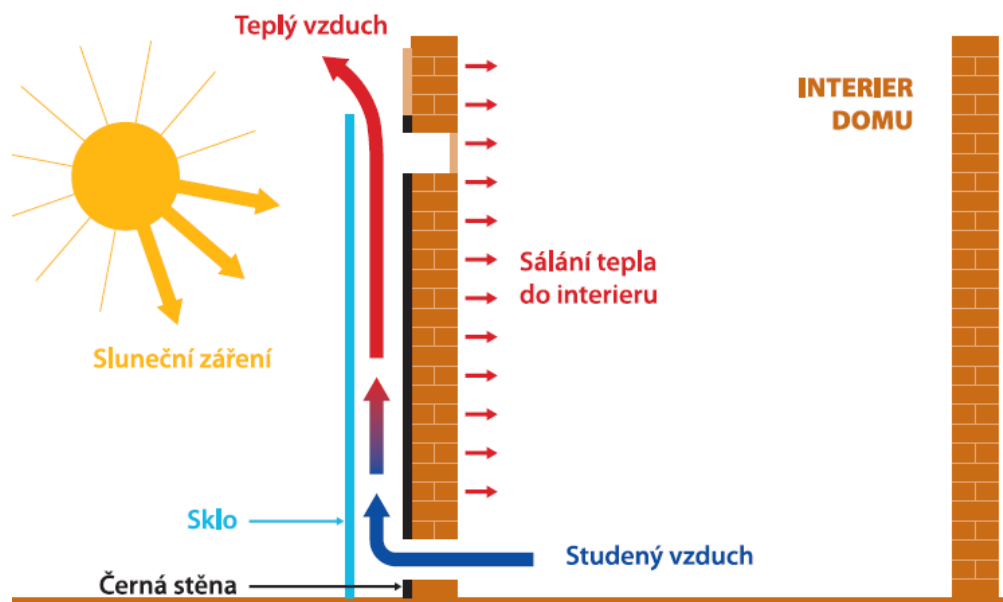
2.2 Vybrané typy pasivních solárních systémů**2.2.1 Akumulační solární stěna**

Jde o základní prvek solární architektury, nejčastěji známý pod pojmem Trombeho stěna. Jedná se o část obvodového pláště z masivního stavebního materiálu a velkou tepelnou kapacitou (cihla, beton, kámen), který je opatřen z vnější strany černým nátěrem a předsazenou průsvitnou deskou. Černá barva pohlcuje sluneční záření a ve vzniklé vzduchové mezeře mezi stěnou a skleněnou deskou se akumuluje vzniklé teplo. Toto teplo se šíří do objektu radiací (s jistým časovým zpožděním) a přirozenou konvekcí vzduchu průduchy ve stěně.



Obr. 5 Trombeho stěna v provozu jaro, podzim [3]

Otvory u podlahy umožňují chladnějším vzduchu v interiéru proudit do vzduchové mezery, kde se vlivem slunečního záření ohřeje. Ohřátý vzduch se naakumuluje v horní části Trombeho stěny a otvorem pod stropem proudí zpět do místnosti. Zde předá své teplo, ochladí se a klesne k podlaze. Otvorem v dolní části je opět nasáván do prostoru mezi stěnou a sklem. Tento proces se stále opakuje. Aby se přes noc co nejvíce zabránilo tepelným ztrátám místnosti, jsou klapky v otvorech stěny uzavřeny a teplo se šíří z naakumulované zdi pouze sáláním. Tento způsob vytápění se reguluje otevíráním a uzavíráním klapek průduchů. V horní části vzduchové mezery je taktéž klapka, umožňující při otevření průduchu odvod vzduchu ven do exteriéru. To se využívá zejména v letním období, kdyby se objekt přehříval. Při uzavření horního průduchu ve stěně neproniká teplý vzduch do místnosti, ale je odváděn v horní části vzduchové mezery přes otevřenou klapku ven do exteriéru. Vlivem proudění vzduchu ve vzduchové mezeře vzniká podtlak v místnosti. Pakliže na severní straně je větrací otvor, proudí do místnosti chladnější čerstvý vzduch. Tímto je místnost provětrávána a zároveň ochlazována.



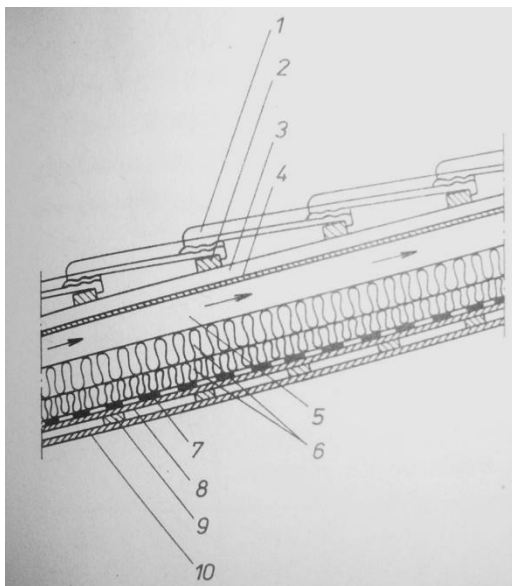
Obr. 6 Trombeho stěna v provozu léto [3]

2.2.2 Akumulační solární stěna s předsazeným skleníkem

Je založena na stejném principu jako Trombeho stěna, rozdíl je pouze ve větší vzdálenosti odsazení průsvitné plochy od stěny. Tloušťka mezery se pohybuje řádově v metrech a tak je umožněn přístup do vzniklého prostoru. Velikost tohoto prostoru je ovšem i nevýhodou, neboť teplo naakumulované ve stěně během dne se vlivem sálání sdílí jak do místnosti, tak do skleníku. Tento systém má nižší účinnost, jak Trombeho stěna. Jelikož velké množství vzduchu se ohřívá pomaleji, dochází tak k pomalejšímu vlivu přirozené konvekce.

2.2.3 Energetická střecha

Jde o střechu s dobrou tepelnou izolací, která je namísto klasickými pálenými taškami kryta skleněnými. Je typickým příkladem vzduchového kolektoru, který je zabudován do konstrukce střechy. Je vhodný pro střechy se sklonem min 30° pro zajištění dostatečného výškového rozdílu vstupních a výstupních otvorů.



- 1 – skleněné střešní tašky
- 2 – podpěrné latě
- 3 – nosné latě
- 4 – absorpční plocha (začerněný plech)
- 5 – vzduchový kanál
- 6 – tepelné izolace
- 7 – izolace proti vlhkosti
- 8 – nosná deska
- 9 – nosné latě
- 10 – bednění

Obr. 7: řez energetickou střechou [4]

2.2.4 Energetická fasáda

Jedná se o formu pasivního či hybridního solárního systému, jenž využívá sluneční energie jako ekologický a alternativní zdroj energie především k vytápění a větrání budov. Pracuje na obdobném principu jako Trombeho stěna. Odlišnost je pouze v tom, že absorpční plochu tvoří přímo fasáda, která není opatřena černým nátěrem. Přenos tepla do místností se děje taktéž konvencí a radiací. V letním provozu je fasáda schopna odvádět větší část tepelné zátěže zachycené ve vzduchové mezeře zpět do exteriéru. Jako nevýhoda tohoto systému se jeví poměrně drahá cena zasklení velkých ploch.

2.2.5 Dvojitě transparentní fasády

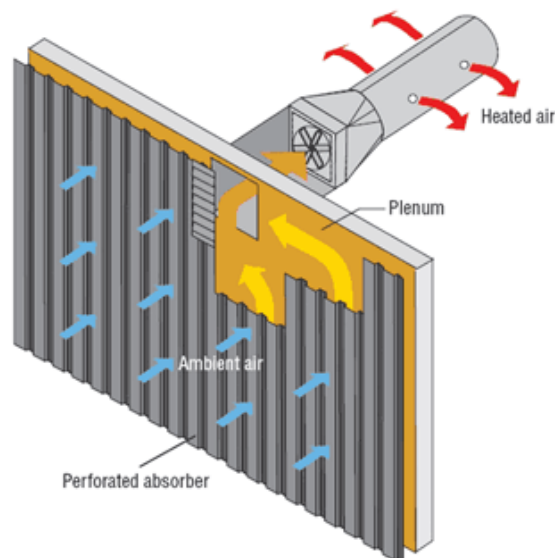
Je to jedna z forem moderní fasádní techniky, kdy fasáda je tvořena dvěma skleněnými plochami vzájemně od sebe odděleny vzduchovou mezerou. Ve vzniklém prostoru jsou instalovány stínící prvky. K hlavním výhodám tohoto systému se řadí snížení vlivu hluku z okolí před budovou, zlepšení tepelně izolačních schopností objektu, ochranu fasádního systému a v neposlední řadě slouží k ohřevu vzduchu, který proudí do místností uvnitř objektu.



Obr. 8 příklad transparentní dvojitě fasády, budova banky v Lucembursku [5]

2.2.6 Nezasklený solární vzduchový kolektor

Jde o jednoduchý kolektor, který je tvořen černě natřeným děrovaným trapézovým plechem, který je umístěn na fasádě ve vzdálenosti do 5 cm od obvodové stěny. Přes děrovaný plech se do vzduchové mezery vzduch dostává vlivem podtlaku, který vyvolává ventilátor umístěný v horní části. Jedná se o systém s vysokou účinností (60 -70%), kdy teplota vzduchu se může zvýšit až o 25 °C. vzduchová vrstva snižuje tepelné ztráty objektu, a plechový absorber navíc slouží jako ochrana proti povětrnostním vlivům. Uplatnění najde především u objektů s nezasklenou fasádou na jižní straně (výrobní haly).

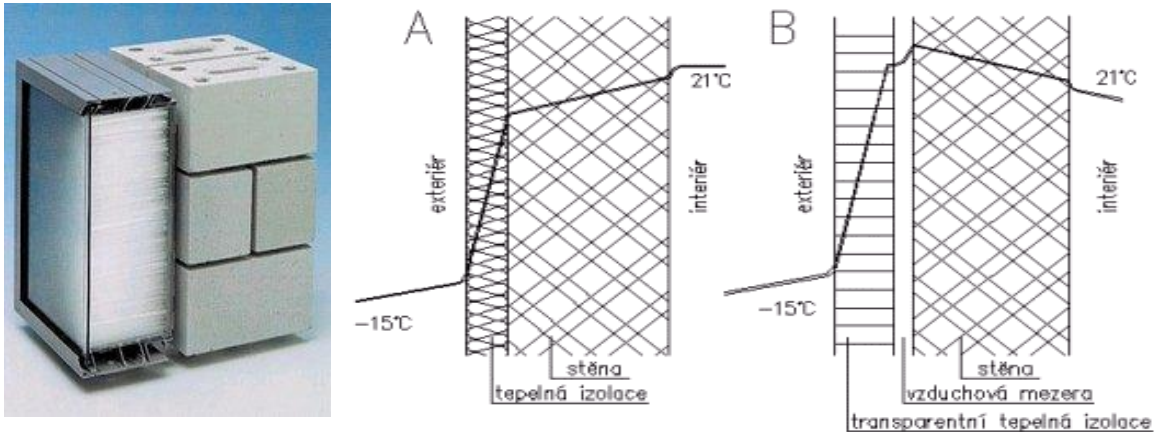


Obr. 9: princip nezaskleného solárního kolektoru [6]

2.2.7 Transparentní tepelná izolace

Jsou izolace z průhledného materiálu (sklo, polykarbonát), které jsou umístěny před obvodovou stěnu. Materiál umožňuje dobrou propustnost slunečního záření, ale vlivem vlastního vysokého tepelného odporu snižuje tepelné ztráty zpět do exteriéru.

Účinnost stěny roste s vyšším tepelným odporem transparentní izolace a s vyšší tepelnou vodivostí akumulční stěny. Přenos tepla do interiéru z naakumulované stěny se děje radiací.

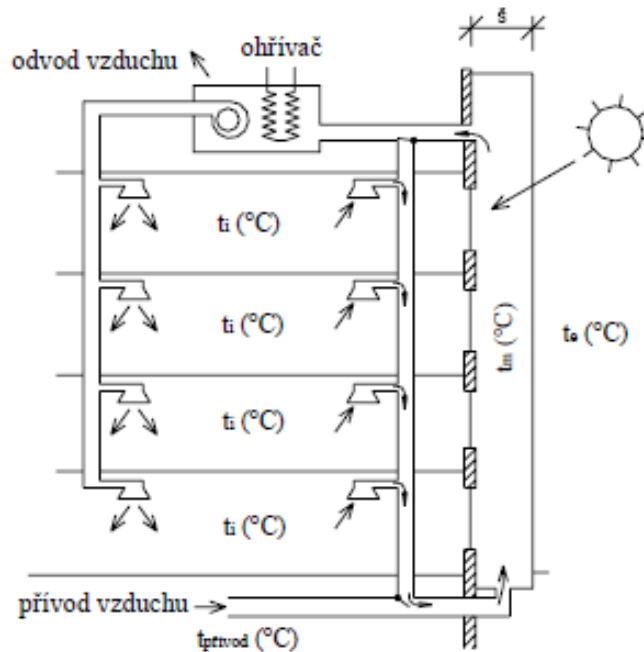


Obr. 10 vlevo transparentní izolace, vpravo průběhy teplot ve stěně s klasickou izolací (A) a transparentní izolací (B) [7]

3 Dvojitá transparentní fasáda

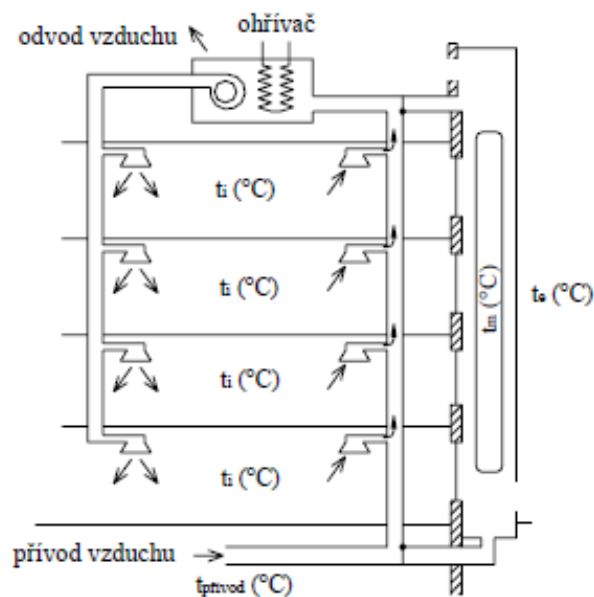
Využívá principu jednoduchého vzduchového kolektoru, který je popsán v předchozím textu. U budov s energetickou fasádou je třeba rozlišovat zimní a letní provoz.

- Zimní provoz – vzduch, ohřátý teplem zachyceným slunečním zářením, proudí potrubím do jednotlivých místností. Cirkulaci vzduchu umožňuje ventilátor, před něhož je zařazen ohříváč vzduchu (pro vytápění v noci a době kdy slunce nesvítí).



Obr. 11: schéma vytápění domu s energetickou fasádou (zimní provoz) [4]

- Letní provoz – může sloužit k odvodu tepelné zátěže od slunečního záření. To je zapříčiněno přirozenou cirkulací vzduchu uvnitř fasádního meziprostoru. Okruh fasády je otevřený, ohřátý vzduch se odvádí ven do okolního prostředí.



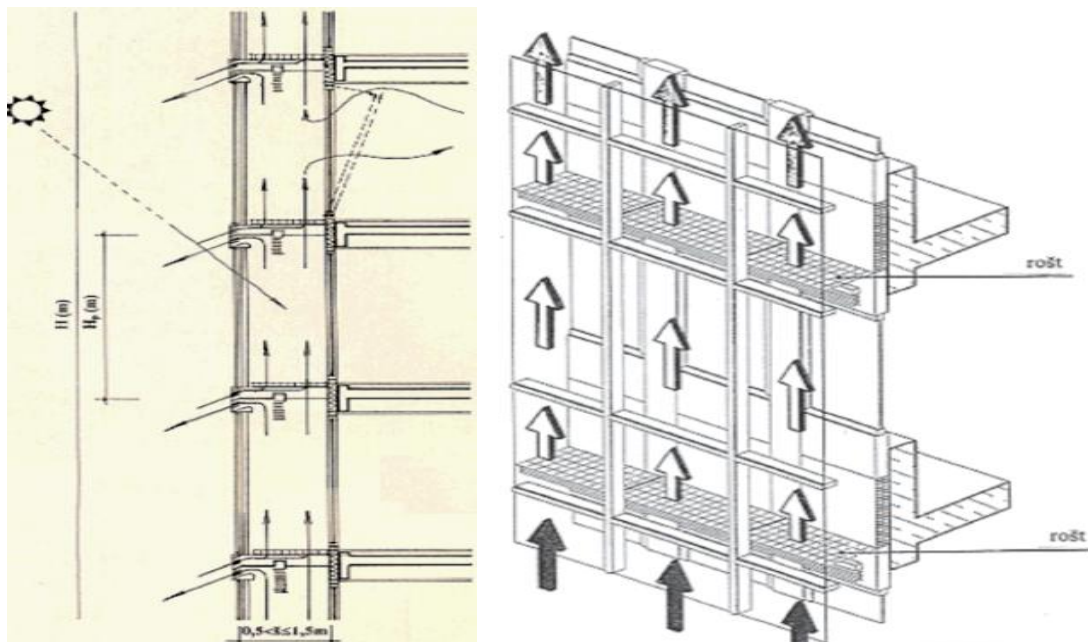
Obr. 12: schéma použití dvojité fasády (letní provoz) [4]

3.1 Rozdělní dvojitých transparentních fasád z hlediska základních kritérií

3.1.1 Dle geometrie meziprostoru

Meziprostor dvojitě transparentní fasády (dále DTF) nabízí velkou škálu řešených možností, proto fasády dělíme na:

1. DTF se štěrbinovým meziprostorem šířky 100 až 300 mm s výškou sekce totožnou s výškou okna
2. DTF s neprůchodným meziprostorem šířky 300 až 500 mm s výškou sekce totožnou s výškou podlaží.
3. DTF s průchozím (chodbovým) meziprostorem šířky 500 až 1500 mm. Výška sekce je podle šířky meziprostoru a jeho fyzikálních funkcí 1 až 4 podlaží. Šířka meziprostoru se může zvětšovat s výškou budovy, jak se zvětšuje objem ohřátého vzduchu. Vzniká pak šikmá stěna.
4. DTF s rozsáhlým halovým meziprostorem šířky 1500 až 12000 mm s výškou sekce 2 až 4 podlaží. Meziprostor může mít i transparentní střechu. [8]



Obr. 13 DTF s průchozím meziprostorem, z fyzikálního hlediska meziprostoru jde o otevřený okruh [8]

3.1.2 Dle aerodynamiky meziprostoru

1. DTF s pohybem vzduchu v meziprostoru založeném na přirozené konvekci. (výpočet rozdílu teplot vzduchu $\Delta\theta = \theta_{a,VÝST} - \theta_{a,VSTUP} [K]$ a současně průtokový množství vzduchu $q_v [m^3 \cdot s^{-1}]$)
2. DTF s pohybem vzduchu v meziprostoru založeném na přirozeném proudění z účinku větru. (výpočet rozdílu teplot vzduchu $\Delta\theta = \theta_{a,VÝST} - \theta_{a,VSTUP} [K]$ a průtokové množství vzduchu z účinku větru jako funkci celkového aerodynamického koeficientu)
3. DTF s nuceným pohybem vzduchu. Výpočet rozdílu teplot vzduchu $\Delta\theta = \theta_{a,VÝST} - \theta_{a,VSTUP} [K]$ při daném průtoku vzduchu $V [m^3/s]$
4. DTF s více režimy pohybu vzduchu. [8]

3.1.3 Dle uspořádání meziprostoru

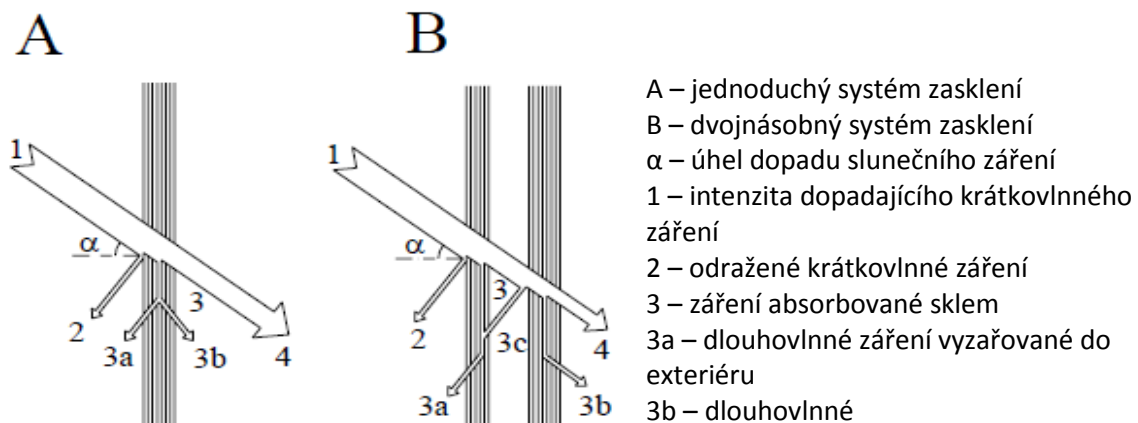
1. DTF kazetové – fasáda je rozdělena do sekcí s vlastním přívodem i odvodem vzduchu, tyto sekce jsou horizontálně i vertikálně uzavřené. V současné době se z konstrukčního hlediska realizují jako modulové resp. elementové fasády.
2. DTF komínové – meziprostor s převládajícím výškovým rozměrem. Vedle uzavřených sekcí je vertikální šachta na odvod vzduchu, probíhající po celé výšce budovy. Je vhodný pro nižší budovy.
3. DTF celoplošné – meziprostor není nikterak členěn a umožňuje tak proudění vzduchu po celé výšce stěny. Přívod vzduchu je ve spodní části pláště a odvod v horní. Není vhodný pro výskavé budovy, neboť ve vyšších podlažích dochází k nadměrnému přehřívání meziprostoru. Vhodný pro výškové budovy. [8]

3.1.4 Dle možnosti otevření oken vnitřního pláště

1. Vnitřní plášť s neotevíranými okny – meziprostor funguje jako uzavřený tepelně chráněný obal. V zimním období redukuje ztrátu prostupem tepla vnitřního pláště. Nevýhoda je přehřívání meziprostoru ve vyšších podlažích. Výměna vzduchu uvnitř budovy je zajištěna nuceným větráním.
2. Vnitřní plášť s otevíranými okny vnitřního i vnějšího pláště – umožňují přirozeně větrat vnitřní prostory. Přes meziprostor lze využít i příčné větrání vnitřních prostor.

3.1.5 Dle druhu proskleného systému vnější transparentní stěny

1. DTF s jednoduchým bezpečnostním proskleným systémem viz obr. 12 A
2. DTF s dvojnásobným bezpečnostním proskleným systémem viz obr. 12 B, jde o charakter uzavřené izolační jednotky – dvojsklo
3. DTF s kombinovanými konstrukcemi transparentních stěn zónově s jednoduchým i dvojnásobným proskleným systémem.



Obr. 14 sluneční záření dopadající na bezpečnostní prosklení [8]

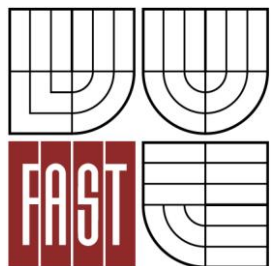
3.1.6 Dle využití fyzikální podstaty meziprostoru

1. DTF s otevřeným okruhem, viz obr. 11
2. DTF s více otevřenými okruhy po výšce sekce meziprostoru
3. DTF s polootevřeným okruhem po výšce sekce meziprostoru.
4. DTF s uzavřeným okruhem v zimním období

Z výše uvedené klasifikace lze sestavit značnou škálu možností koncepčního návrhu fasády, tyto možnosti se navzájem kombinují ve snaze přiblížit se optimalizovanému řešení při návrhu fasády.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ANNA DOSEDLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

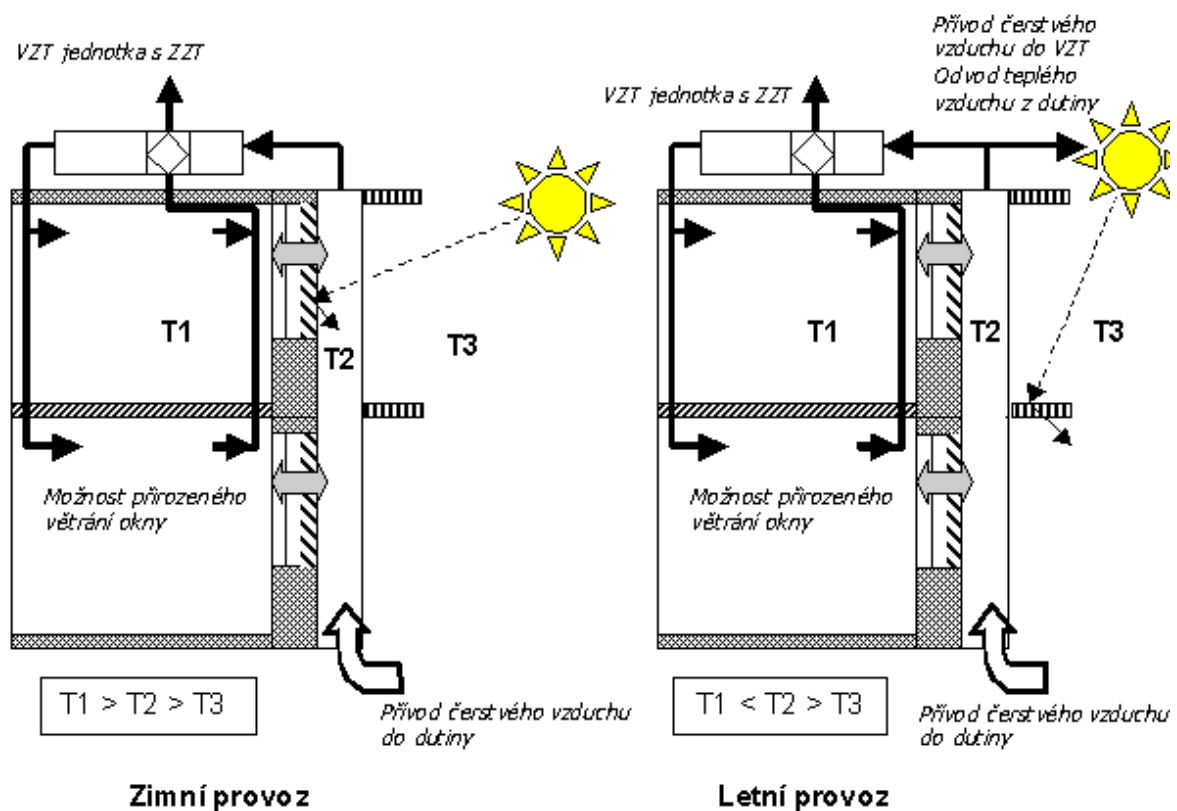
BRNO 2013

OBSAH

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4 | ÚVOD..... | 33 |
| 5 | ANALÝZA OBJEKTU | 33 |
| 6 | PRŮTOKY VZDUCHU | 34 |
| 7 | DISTRIBUCE VZDUCHU | 35 |
| 7.1 | PŘÍVOD VZDUCHU | 35 |
| 7.2 | ODVOD VZDUCHU | 37 |
| 7.3 | ODVĚTRÁVÁNÍ HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ | 39 |
| 8 | IZOLACE POTRUBÍ | 40 |
| 9 | ÚPRAVA VZDUCHU A NÁVRH VZT JEDNOTEK..... | 41 |
| 10 | PŘÍVOD VZDUCHU Z MEZIPROSTORU FASÁDY..... | 50 |
| 11 | TECHNICKÁ ZPRÁVA | 51 |

4 Úvod

V této části je problematika využívání sluneční energie zakomponována do projektu, který řeší nucené větrání v zadané administrativní budově. Ta využívá hybridního systému solární techniky, a to v podobě instalované dvojité transparentní fasády. Tato DP se zabývá kancelářskými prostory, které jsou umístěny ve 3 NP AŽ 6 NP. Pro tuto část objektu byla navržena soustava nuceného větrání v počtu 4 VZT jednotek, kde každá jednotka obsluhuje jedno podlaží.



5 Analýza objektu

Zadaná budova je využívána jako polyfunkční dům. Má 6 NP a 3 PP. Jde o skeletový konstrukční systém s lehkými obvodovými pláštěmi. Fasáda na jižní straně je navržena jako

dvojitá, celoplošná s celoročně otevřeným meziprostorem. V letním období se využívá fasáda pro zmírnění tepelné zátěže budovy otevřením okruhu ve střešním prostoru.

6 Průtoky vzduchu

Nadcházející tabulka popisuje dávky vzduchu pro 3 – 6 NP. V 6 NP je umístěna strojovna vzduchotechniky, a to v prostorách 3.19 – 3.22. Je uvažováno se 4 VZT jednotkami, kde každá jednotka spravuje jednotlivé podlaží. V kancelářích je rovnotlaký systém větrání. Hygienické místnosti jsou větrány podtlakovým systémem. Přívod vzduchu do těchto prostor je distribuován dveřními mřížkami, kudy proudí vzduch přiváděný do chodby. Uvažovaná dávka vzduchu na osobu je $30 \text{ m}^3/\text{h}$.

Tabulka 1: přehled místností a stanovených dávek vzduchu

| č.m. | účel místnosti | podlahová plocha | objem místnosti | návrhová teplota ti [°C] | | návrh dle | výměna vzduchu | přívodní vzduch V_p | odvodní vzduch V_o |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|------|---------------------------|----------------|-----------------------|----------------------|
| | | [m ²] | [m ³] | léto | zima | | n/h | [m ³ /h] | [m ³ /h] |
| 3.07 | WC ženy | 8,65 | 23,36 | - | - | 3 WC | - | - | 150 |
| 3.08 | wc ženy - předsíň | 3,10 | 8,37 | - | - | 2 UM | - | - | 60 |
| 3.09 | úklidová komora | 2,25 | 6,08 | - | - | 1 VÝ | - | - | 30 |
| 3.11 | čajová kuchyňka | 5,25 | 14,18 | - | - | 1 UM | - | - | 30 |
| 3.12 | wc muži předsíň | 4,65 | 12,56 | - | - | 2 UM | - | - | 60 |
| 3.13 | wc muži | 10,20 | 27,54 | - | - | 3 pis, 3WC | - | - | 225 |
| 3.18 | chodba | 161,14 | 435,08 | - | - | - | - | 555 | - |
| 3.19 | kancelář | 33,30 | 89,91 | 26 | 20 | 4 osoby | 1,3 | 120 | 120 |
| 3.20 | kancelář | 33,85 | 91,40 | 26 | 20 | 4 osoby | 1,3 | 120 | 120 |
| 3.21 | kancelář | 33,85 | 91,40 | 26 | 20 | 4 osoby | 1,3 | 120 | 120 |
| 3.22 | kancelář | 18,90 | 51,03 | 26 | 20 | 2 osoby | 1,2 | 60 | 60 |
| 3.23 | kancelář | 18,12 | 48,92 | 26 | 20 | 2 osoby | 1,2 | 60 | 60 |
| 3.24 | kancelář | 36,75 | 99,23 | 26 | 20 | 4 osoby | 1,2 | 120 | 120 |
| 3.25 | kancelář | 36,05 | 97,34 | 26 | 20 | 4 osoby | 1,2 | 120 | 120 |
| 3.26 | archiv | 23,15 | 62,51 | 26 | 20 | min 1,5 . h ⁻¹ | 1,6 | 100 | 100 |
| 3.27 | kancelář | 48,10 | 129,87 | 26 | 20 | 6 osob | 1,4 | 180 | 180 |
| 3.28 | archiv | 23,15 | 62,51 | 26 | 20 | min 1,5 . h ⁻¹ | 1,6 | 100 | 100 |
| 3.29 | kancelář | 36,05 | 97,34 | 26 | 20 | 4 osoby | 1,2 | 120 | 120 |
| 3.30 | kancelář | 34,50 | 93,15 | 26 | 20 | 4 osoby | 1,3 | 120 | 120 |
| 3.31 | kancelář | 18,75 | 50,63 | 26 | 20 | 2 osoby | 1,2 | 60 | 60 |
| 3.32 | kancelář | 20,24 | 54,65 | 26 | 20 | 2 osoby | 1,1 | 60 | 60 |
| 3.33 | kancelář | 43,20 | 116,64 | 26 | 20 | 5 osob | 1,3 | 150 | 150 |
| 3.34 | kancelář | 43,45 | 117,32 | 26 | 20 | 5 osob | 1,3 | 150 | 150 |
| 3.35 | archív | 27,75 | 74,93 | 26 | 20 | min 1,5 . h ⁻¹ | 1,6 | 120 | 120 |
| 3.36 | kancelář | 48,27 | 130,33 | 26 | 20 | 6 osob | 1,4 | 180 | 180 |
| celkové množství vzduchu na podlaží | | | | | | | | 2615 | 2615 |
| celkové množství vzduchu na objekt | | | | | | | | 10460 | 10460 |

7 Distribuce vzduchu

7.1 Přívod vzduchu

Pro distribuce vzduchu v místnostech jsou zvoleny jako koncové elementy štěrbinové výústě. Ty jsou osazený do SDK podhledu.

Štěrbinová výústě VSD35-1 Trox

Uvažovaný výstup vzduchu střídavě horizontální

Efektivní výstupní rychlost vzduchu

\dot{V}_t v l/s \dot{V}_t v m³/h

$$v_{\text{eff}} = \frac{\dot{V}_t}{s_{\text{eff}} \cdot L_1 \cdot 1000} \text{ [m/s]} \quad v_{\text{eff}} = \frac{\dot{V}_t}{s_{\text{eff}} \cdot L_1 \cdot 3600} \text{ [m/s]}$$

L_1 = délka štěrbinové vyústě v m

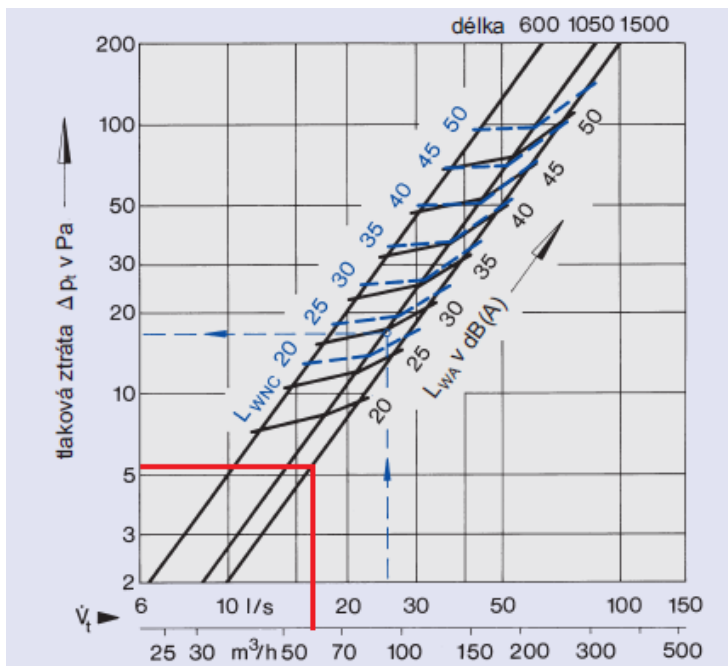
| Efektivní šířka štěrbin | | |
|-------------------------|--------------|--------|
| Výstup vzduchu | horizontální | šikmý |
| s_{eff} v m | 0,0062 | 0,0049 |

$$\begin{aligned} \dot{V}_t &= 60 \text{ m}^3/\text{h} \\ L_1 &= 1,5 \text{ m} \\ v_{\text{eff}} &= 1,79 \text{ m/s} \\ D &= 98 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_t &= 45 \text{ m}^3/\text{h} \\ L_1 &= 1,35 \text{ m} \\ v_{\text{eff}} &= 1,49 \text{ m/s} \\ D &= 98 \text{ mm} \end{aligned}$$

| Korekce k diagramu 1: nastavení škrťací klapky | | | | | | | |
|--|--------------|-------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
| D = 98 mm | | výstup vzduchu horizont | | | výstup vzduchu šikmý | | |
| úhel klapky | | 0° | 45° | 90° | 0° | 45° | 90° |
| $L_1 = 600$ | Δp_t | x 1 | x 1.3 | x 2.0 | x 1.7 | x 1.9 | x 2.6 |
| $L_1 = 1050$ | Δp_t | x 1 | x 1.3 | x 2.6 | x 1.4 | x 1.7 | x 3.0 |
| $L_1 = 1500$ | Δp_t | x 1 | x 1.5 | x 3.5 | x 1.2 | x 1.6 | x 3.8 |
| | L_{WA} | – | + 3 | + 5 | – | + 3 | + 5 |
| | L_{WNC} | – | + 3 | + 5 | – | + 4 | + 6 |

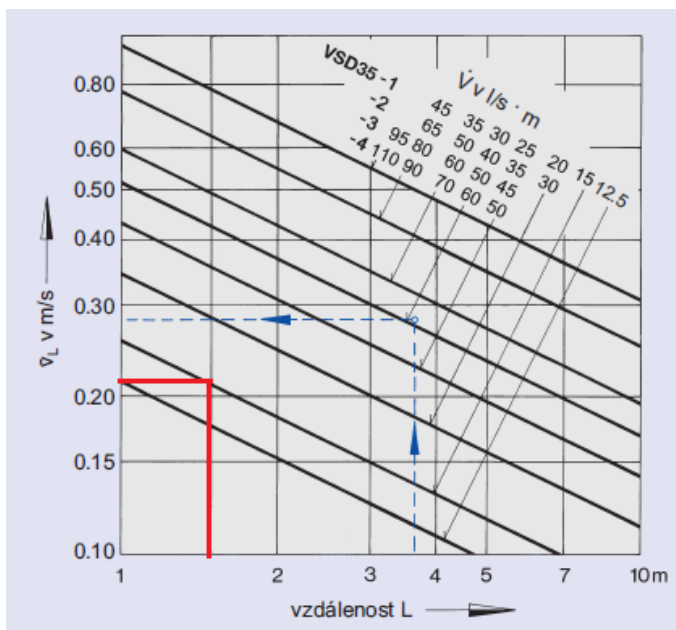
Akustický výkon a tlaková ztráta



$$\Delta p_t = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ Pa}$$

Hladina akustického výkonu je méně jak 20 dB

rychlost proudění u stěny



$$V_L = 0,21 \text{ m/s}$$

Je splněn požadavek na optimální rychlost vzduchu v pobytové zóně, která se pohybuje v rozmezí od 0,1 do 0,25 m/s.

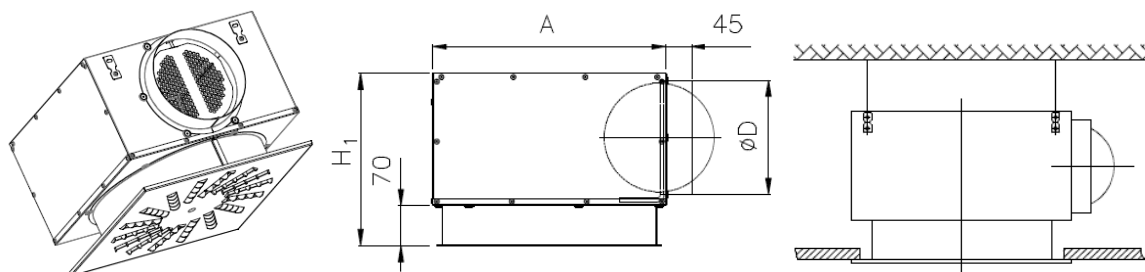
7.2 Odvod vzduchu

Odvod vzduchu z místnosti je řešen pomocí anemostatů. Průtok vzduchu na jeden anemostat je od 60 do 140 m³/h

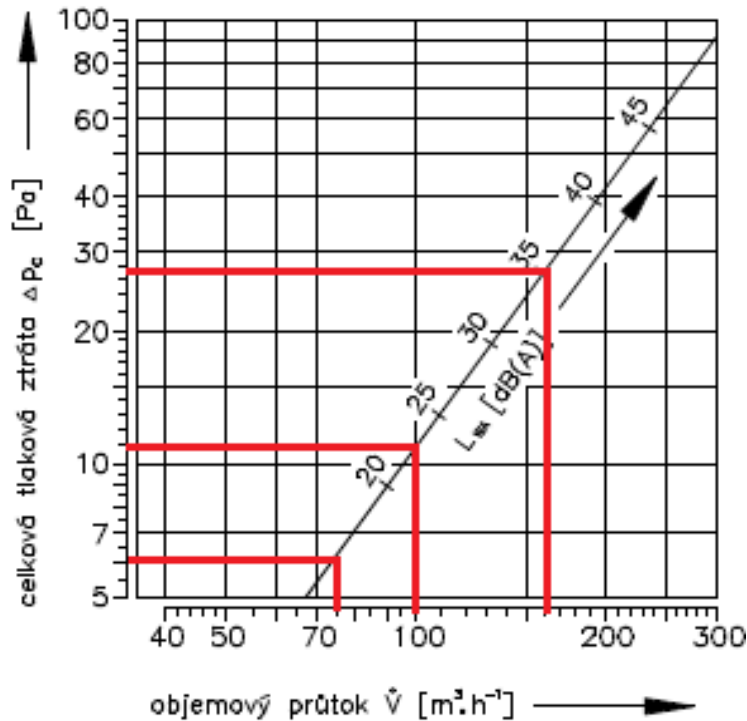
Návrh anemostatu:

| Jmenovitý rozměr | 300 8 lamel | 400, 500, 600, 625 16 lamel | 500 24 lamel | 600, 625 24 lamel | 600, 625 48 lamel | 625 54 lamel | 825 72 lamel |
|--------------------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| \dot{V}_{\max} [m ³ /h] | 180 | 320 | 420 | 660 | 850 | 950 | 1200 |
| \dot{V}_{\min} [m ³ /h] | 55 | 100 | 140 | 200 | 360 | 400 | 560 |
| L _{WAmax} [dB(A)] | 39 | 40 | 39 | 40 | 40 | 43 | 40 |
| L _{WAmin} [dB(A)] | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 |
| S _{ef} [m ²] | 0,007 | 0,014 | 0,021 | 0,0295 | 0,042 | 0,0473 | 0,0715 |

| Počet lamel | Jm. rozměr | C | øK | øD | øB | A | H ₁ | H ₂ |
|-------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|----------------|
| 8 | 300 | 298 | 300 | 158 | 278 | 310 | 290 | 180 |



VVM s příp. skříní – čtvercová čelní deska, jmenovitý rozměr 300

Tlaková ztráta a akustický výkon

$V_p = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ $\rightarrow \Delta p_c = \text{méně jak } 5 \text{ Pa}$ $L_{WA} = \text{méně jak } 20 \text{ dB}$

$V_p = 75 \text{ m}^3/\text{h}$ $\rightarrow \Delta p_c = 6 \text{ Pa}$ $L_{WA} = 8 \text{ dB}$

$V_p = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ $\rightarrow \Delta p_c = 11 \text{ Pa}$ $L_{WA} = 23 \text{ dB}$

$V_p = 160 \text{ m}^3/\text{h}$ $\rightarrow \Delta p_c = 29 \text{ Pa}$ $L_{WA} = 35 \text{ dB}$

Údaje pro objednávku – objednávkový klíč

- VVM 300 C/V/O/8/- TPM 001/96

VVM – typ

300 – jmenovitý rozměr

C – čelní deska čtvercová

V – vodorovné připojení

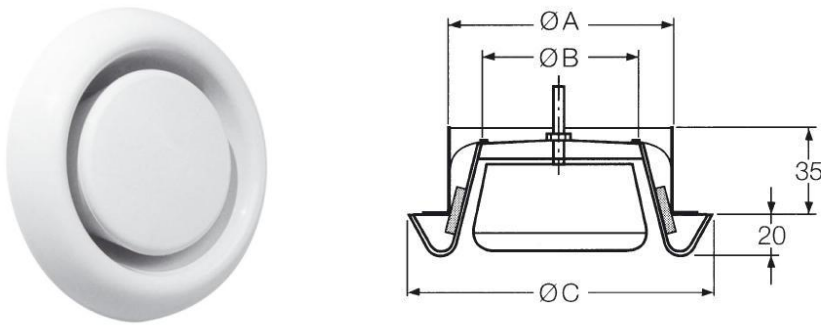
O – odvod vzduchu

8 – počet lamel

TPM 001/96 – technické podmínky

7.3 Odvětrávání hygienického zázemí

Pro odvod znehodnoceného vzduchu z hygienických místností jsou jako koncové elementy voleny plastové talířové ventily.



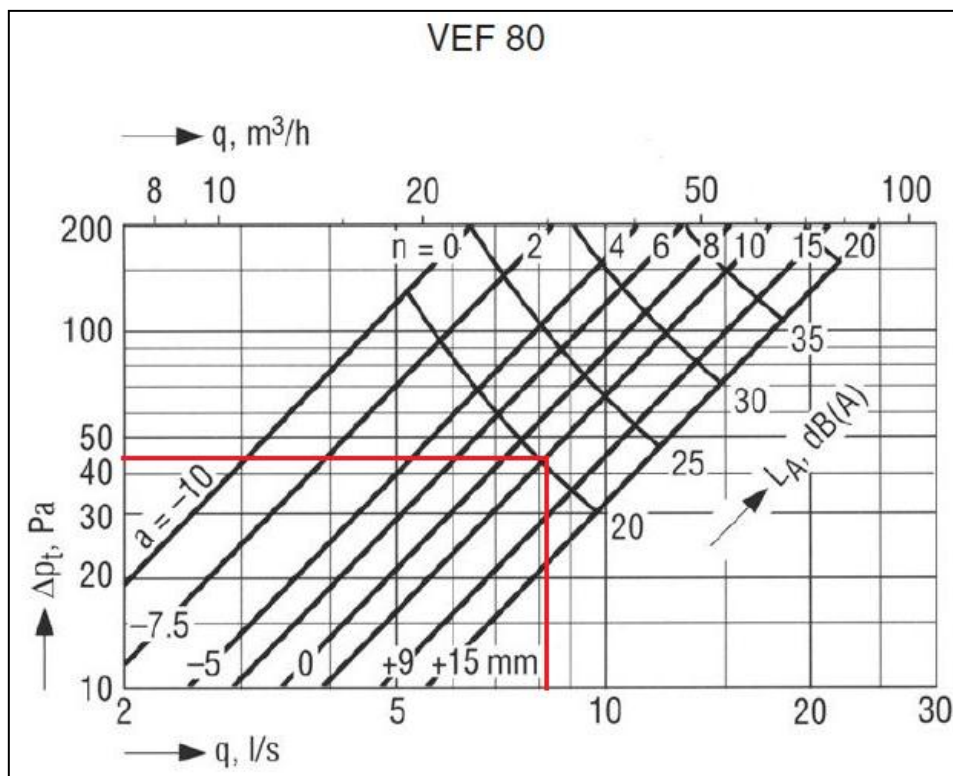
A = 80 mm

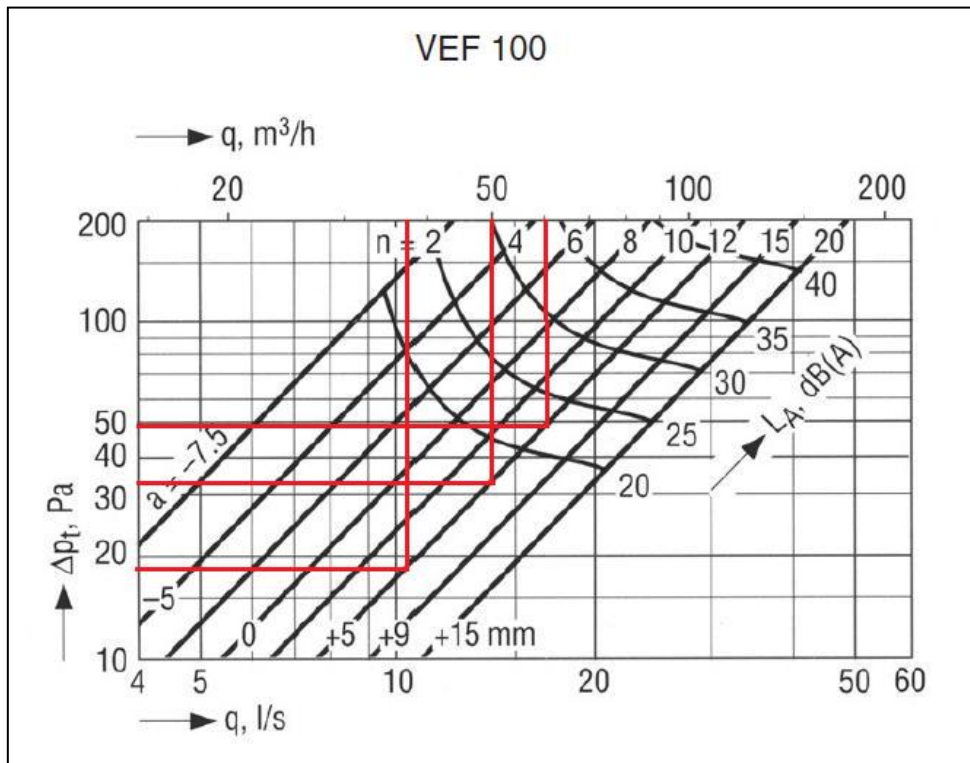
B = 45 mm

C = 120 mm

Hmotnost 0,09 kg

Tlaková ztráta a akustický výkon:





Talířový ventil VEF – 80

$$V_p = 30 \text{ m}^3/\text{h} \quad \rightarrow \quad \Delta p_t = 45 \text{ Pa} \quad L_A = 20 \text{ dB}$$

Talířový ventil VEF – 100

$$V_p = 37,5 \text{ m}^3/\text{h} \quad \rightarrow \quad \Delta p_t = 19 \text{ Pa} \quad L_A = \text{méně jak } 20 \text{ dB}$$

$$V_p = 50 \text{ m}^3/\text{h} \quad \rightarrow \quad \Delta p_t = 33 \text{ Pa} \quad L_A = \text{méně jak } 20 \text{ dB}$$

$$V_p = 60 \text{ m}^3/\text{h} \quad \rightarrow \quad \Delta p_t = 50 \text{ Pa} \quad L_A = 23 \text{ dB}$$

8 Izolace potrubí

Bude izolováno potrubí výfuku a sání deskami z minerálních vláken o tloušťce 50 mm. Pro zamezení vzniku kondenzaci vodní páry.

9 Úprava vzduchu a návrh VZT jednotek

Jsou uvažovánu 4 totožná zařízení pro nucené větrání se zpětným získáváním tepla. VZT jednotka je v provedení nad sebou. Pracuje v rovnotlakém režimu a obsahuje filtr, deskový výměník, vodní ohřívač a ventilátor.

Zimní provoz:

V objektu se nachází ústřední vytápění, která zajistí požadovanou teplotu interiéru. Navržená VZT jednotka je pouze pro větrání, nikoli teplovzdušné vytápění. Distribuovaný vzduch se předeřeje v meziprostoru fasády a v jednotce se dále dořeje na požadovanou teplotu. Teplota přívodního vzduchu se volí o 2 K nad teplotu interiéru.

Letní období:

V letním období jednotka využívá přívodu vzduchu z venkovního prostředí případně z meziprostoru fasády.



C.I.C. Jan Hřebec s.r.o. Tel: 326 531 311
 Na Zlaté stezce 1075 Fax: 326 531 312
 263 01 Dobříš Česká Republika

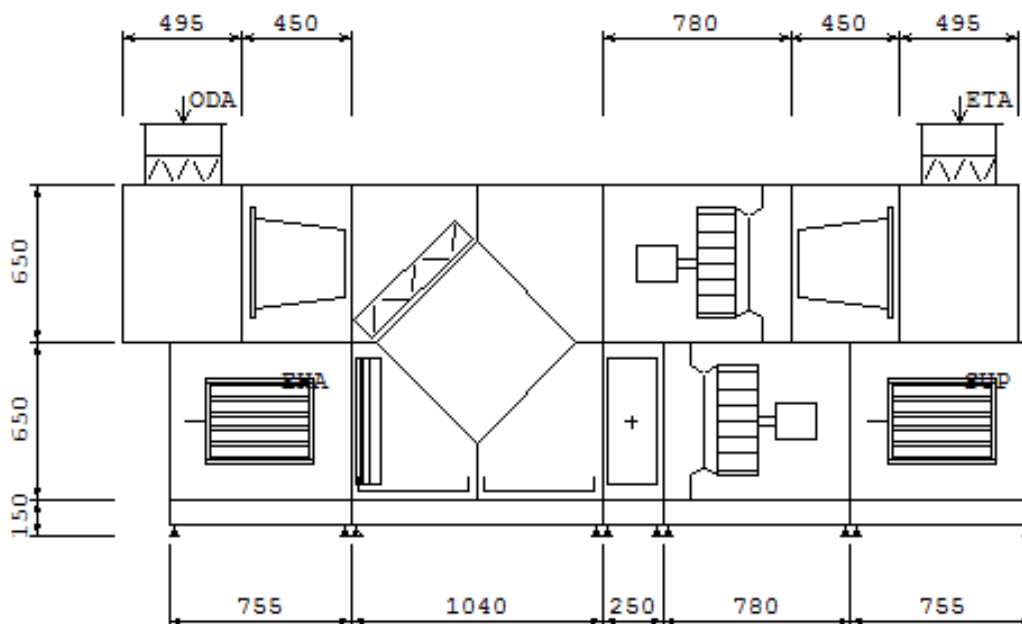
info@cic.cz
 nabidky@cic.cz
www.cic.cz

Akce: VZT jednotka pro nucené větrání kanceláří
 Projektant: Anna Dosedlová Datum: 24.12.2012

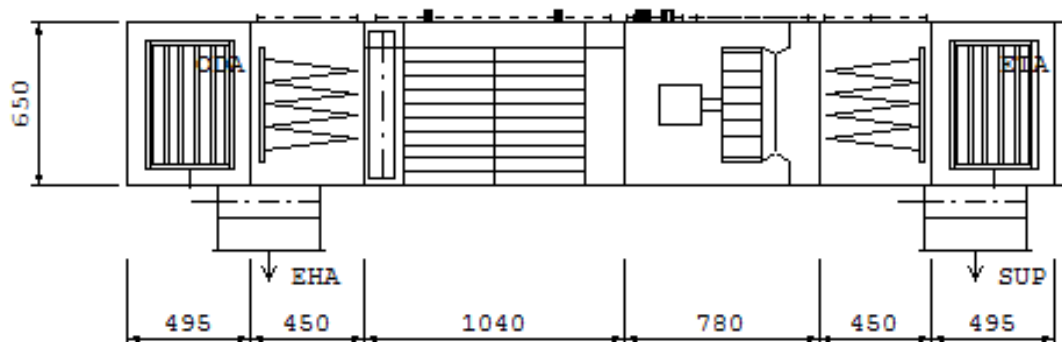
Zimní provoz

Velikost jednotky: H3.15 (řada TP12105), Průřezová rychlost: 2.40 / 2.40 m/s
 Vlastní rozměry (DxŠxV): 3770 x 650 x 1450 mm, tloušťka stěny: 50 mm
 Obrysově rozměry (DxŠxV): 3770 x 905 x 1705 mm
 Hmotnost: 425 kg, objemová hmotnost izolace: 50 kg/m³
 Jednotka je osazena rámem se stavitelnými nohami o celkové výšce 150 mm.
 Provedení pláště vnitřní : PZ, vnější strana: PZ

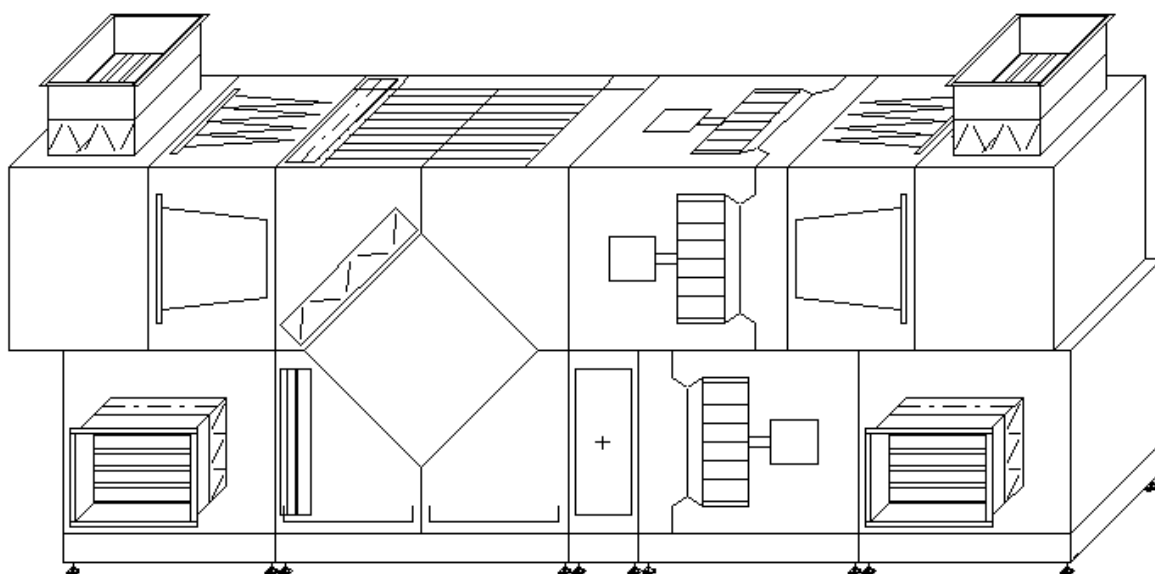
Pohled přední



Pohled shora



Pohled z perspektivy



- - - strana obsluhy

V x Š: , ODA=312x470 mm, SUP=312x412 mm, ETA=312x470 mm, EHA=312x412 mm

ODA - venkovní vzduch, SUP - přiváděný vzduch, ETA - odváděný vzduch, EHA - odpadní vzduch

PŘÍVODNÍ ČÁST

| | |
|---|--|
| - Klapková komora, s jednou klapkou | 6 Pa |
| - Filtrační komora, kapsový filtr G4 - 360 | 42 Pa |
| tlaková rezerva na zanesení filtrů | 50 Pa |
| - Rekuperační komora desková, s by passem | 148 Pa |
| přívod: | 2615 m ³ /h, -15.0 °C, 99 % / -0.1 °C |
| odvod: | 2615 m ³ /h, 22.0 °C, 50 % / 9.1 °C |
| Tepelný zisk: | 13.8 kW, účinnost: 43 % |
| odvod kondenzátu G: | DN32 |
| Př.: Sifon pro odvod kondenzátu | 2 ks |
| - Ohřívací komora vodní, dvouřadá | 74 Pa |
| přípojka topného média G: 1", výkon: | 29.8 kW |
| voda: 80/60°C, 0.757 m ³ /h | 2.5 kPa |
| vzduch: | 2615 m ³ /h, -12.0/22.0 °C |
| - Reg.: Regulační uzel RUK, MERUK-25-040-R204-0690-24SR | 1 ks |
| - Ventilátorová komora s volným oběžným kolem | 1 Pa |
| Průtok vzduchu | 2615 m ³ /h |
| Externí tlaková ztráta | 350 Pa |
| Ventilátor: RH31C Stahl, 2204 ot/min, účinnost: | 79%, výkon: 0.66 kW |
| dynamický tlak: 33 Pa, celkový tlak: | 709 Pa |
| Motor: 2P080M2, nap.: | 230/400 V, 2880 ot/min |
| Proud: 4/2.3 A, Zapojení: Y, krytí: IP55, výkon: | 1,1 kW |
| frekvenční měnič: 1x230V=>3x230V, 1.5 kW, IP20, 38 Hz | |
| Hladiny akustických výkonů | Lwa |
| pásmo | 31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [db(A)] |
| Hluk do okolí | 62 61 53 52 42 36 24 18 15 46 |
| Hluk do sání | 67 71 71 71 65 61 57 48 40 67 |
| Hluk do výtlaku | 70 75 79 82 80 77 73 67 62 82 |
| - Klapková komora, s jednou klapkou | 6 Pa |

ODVODNÍ ČÁST

| | |
|---|------------------------|
| - Klapková komora, s jednou klapkou | 6 Pa |
| - Filtrační komora, kapsový filtr G4 - 360 | 42 Pa |
| tlaková rezerva na zanesení filtrů | 50 Pa |
| - Ventilátorová komora s volným oběžným kolem | 1 Pa |
| Průtok vzduchu | 2615 m ³ /h |
| Externí tlaková ztráta | 350 Pa |
| Ventilátor: RH31C Stahl, 2448 ot/min, účinnost: | 79%, výkon: 0.65 kW |
| dynamický tlak: 33 Pa, celkový tlak: | 701 Pa |
| Motor: 2P080M2, nap.: | 230/400 V, 2880 ot/min |

| | |
|---|---|
| Proud: 4/2.3 A, Zapojení: Y, krytí: IP55, výkon: | 1,1 kW |
| frekvenční měnič: 1x230V=>3x230V, 1.5 kW, IP20, 43 Hz | |
| Hladiny akustických výkonů | Lwa |
| pásmo | 31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [db(A)] |
| Hluk do okolí | 59 58 50 49 39 33 21 15 12 43 |
| Hluk do sání | 65 70 73 74 70 68 64 57 51 73 |
| Hluk do výtlaku | 66 70 72 75 71 67 62 55 49 73 |
| - Rekuperační komora desková viz přívod | 166 Pa |
| Eliminátor kapek | 47 Pa |
| - Klapková komora, s jednou klapkou | 6 Pa |

PŘÍVODNÍ ČÁST

| | |
|---|---|
| - Klapková komora, s jednou klapkou | 6 Pa |
| - Filtrační komora, kapsový filtr G4 - 360 | 42 Pa |
| tlaková rezerva na zanesení filtrů | 50 Pa |
| - Rekuperační komora desková, s by passem | 174 Pa |
| přívod: | 2615 m ³ /h, 29.0 °C, 37 % / 28.6 °C |
| odvod: | 2615 m ³ /h, 28.0 °C, 50 % / 28.4 °C |
| Tepelný zisk: | 0.4 kW, účinnost: 42 % |
| odvod kondenzátu G: | DN32 |
| Př.: Sifon pro odvod kondenzátu | 2 ks |
| - Ohřívací komora vodní, s konzultací | 0 Pa |
| přípojka topného média G: , výkon: | 0.0 kW |
| voda: 80/60°C, 0.000 m ³ /h | 0.0 kPa |
| vzduch: | 2615 m ³ /h, 28.0/28.0 °C |
| Reg.: Regulační uzel RUK, MERUK--063-S510-0000-24SR | 1 ks |
| - Ventilátorová komora s volným oběžným kolem | 1 Pa |
| Průtok vzduchu | 2615 m ³ /h |
| Externí tlaková ztráta | 350 Pa |
| Ventilátor: RH31C Stahl, 2397 ot/min, účinnost: 79%, výkon: 0.61 kW | |
| dynamický tlak: 33 Pa, celkový tlak: | 660 Pa |
| Motor: 2P080M2, nap.: 230/400 V, 2880 ot/min | |
| Proud: 4/2.3 A, Zapojení: Y, krytí: IP55, výkon: | 1,1 kW |
| frekvenční měnič: 1x230V=>3x230V, 1.5 kW, IP20, 42 Hz | |
| Hladiny akustických výkonů | Lwa |
| pásmo | 31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [db(A)] |
| Hluk do okolí | 61 60 52 51 42 35 23 18 14 45 |
| Hluk do sání | 66 69 69 70 64 60 54 46 35 66 |
| Hluk do výtlačku | 69 74 78 81 80 76 72 67 61 81 |
| - Klapková komora, s jednou klapkou | 6 Pa |

ODVODNÍ ČÁST


| | |
|---|---|
| - Klapková komora, s jednou klapkou | 6 Pa |
| - Filtrační komora, kapsový filtr G4 - 360 | 42 Pa |
| tlaková rezerva na zanesení filtrů | 50 Pa |
| - Ventilátorová komora s volným oběžným kolem | 1 Pa |
| Průtok vzduchu | 2615 m ³ /h |
| Externí tlaková ztráta | 350 Pa |
| Ventilátor: RH31C Stahl, 2196 ot/min, účinnost: 79%, výkon: 0.65 kW | |
| dynamický tlak: 33 Pa, celkový tlak: | 707 Pa |
| Motor: 2P080M2, nap.: 230/400 V, 2880 ot/min | |
| Proud: 4/2.3 A, Zapojení: Y, krytí: IP55, výkon: | 1,1 kW |
| frekvenční měnič: 1x230V=>3x230V, 1.5 kW, IP20, 43 Hz | |
| Hladiny akustických výkonů | Lwa |
| pásmo | 31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [db(A)] |
| Hluk do okolí | 62 61 53 52 42 36 24 18 15 46 |

- Hluk do sání 68 73 76 77 73 71 67 60 54 76
 Hluk do výtlaku 69 73 75 78 74 70 65 58 52 76
- Rekuperační komora desková viz přívod 173 Pa
 - Eliminátor kapek 47 Pa
 - Klapková komora, s jednou klapkou 6 Pa

Výpočet bodů v h-x diagramu

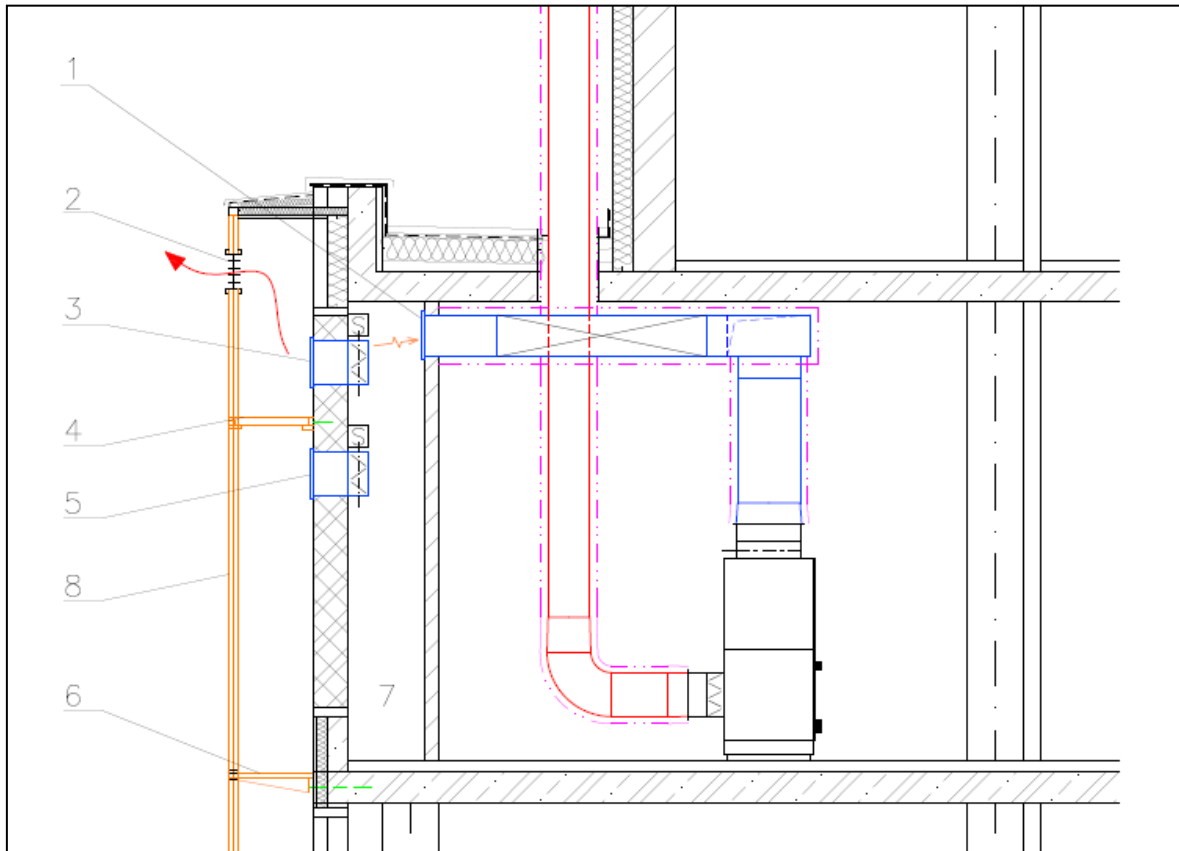
Identifikace:

Tlak vzduchu: 100 kPa
 Max. vlhkost při úpravách: 100 %
 Povrchová teplota chladiče: °C



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|-----------|--------|------|---|---|---|---|---|---|
| Zadání bodů | | | | | | | | | |
| Popis | ex | rekup. | in | | | | | | |
| Teplota t °C | 29 | 28,6 | 28,4 | | | | | | |
| rel. vlhkost φ % | 37 | 38,7 | | | | | | | |
| měr. vlhkost x g/kg s.v. | | | 11 | | | | | | |
| entalpie h kJ/kg s.v. | | | | | | | | | |
| Změna stavu [O,C,A,P,S,X] | | | | | | | | | |
| Průtok vzduchu V m ³ /h | 2615 | 2615 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Předaný výkon P kW | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Vypočteno | | | | | | | | | |
| Teplota t °C | 29,0 | 28,6 | 28,4 | | | | | | |
| rel. vlhkost φ % | 37% | 39% | 45% | | | | | | |
| měr. vlhkost x g/kg s.v. | 9,4 | 9,6 | 11,0 | | | | | | |
| entalpie h kJ/kg s.v. | 53,2 | 53,3 | 56,8 | | | | | | |
| hustota ρ kg/m ³ | 1,15 | 1,15 | 1,15 | | | | | | |
| t.vlhkého tepl. tv °C | 8,0 | 11,3 | 11,6 | | | | | | |
| Skut. průtok Vs m ³ /h | 2 763 | 2 760 | 0 | | | | | | |
| Norm. průtok Vn m ³ /h | 2 615 | 2 615 | 0 | | | | | | |
| Předaný výkon P kW | | | | | | | | | |
| Odpařené vody qw kg/h | | | | | | | | | |

10 Přívod vzduchu z meziprostoru fasády



- 1 – otvor pro přívod vzduchu do VZT jednotky
- 2 – větrací otvor ve dvojitě zaskleném předloženém obvodovém pláště
- 3 – regulační klapka č.1
- 4 – záklop po celé šířce meziprostoru
- 5 – regulační klapka č.2
- 6 – pochozí rošt
- 8 – zatemněná část dvojitě zaskleného předloženého obvodového pláště

Zimní provoz:

Ohřátý vzduch proudí přes otevřenou RK č.2 do prostoru (7). Zde je nasáván do otvoru (1) a přes kulisový tlumič hluku veden k VZT jednotce. RK č. 1 je uzavřena.

Letní provoz:

Obě RK jsou otevřeny. Vzduch z meziprostoru fasády proudí přes otevřenou RK č.2 do prostoru (7) a otevřenou RK č. 1 a větrací otvor (1) do okolí.

11 Technická zpráva

1 úvod

Předmětem této technické zprávy je návrh koncepce nuceného větrání prostorů kanceláří v objektu polyfunkčního domu., tak aby byly zajištěny předepsané hodnoty hygienických výměn výměny vzduchu a pohody prostředí v uvažovaných místnostech.

1.1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování projektové dokumentace jsou výkresy půdorysů a svislých řezů s pohledy. Zpracování vychází z právních předpisů českých technických norem a podkladů výrobců, zejména:

- Nařízení vlády č.361/2007 Sb. z prosince 2007, kterým se stanoví pod, ochrany zdraví při práci
- Nařízení vlády č.148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- ČSN 12 7010 navrhování větracích a klimatizačních zařízení
- ČSN 73 0540 tepelná ochrana budov

1.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

| | |
|--------------------------|---------------|
| Místo: | Blansko |
| Nadmořská výška: | 289,53 m n.m. |
| Letní výpočtová teplota: | 29 °C |
| Zimní výpočtová teplota: | -15 °C |

1.3 Hygienické opatření

Množství přivedeného čerstvého vzduchu vychází z množství vzduchu pro daný počet osob. VZT zajišťuje nucené větrání polyfunkčního domu. Přívod vzduchu do kanceláří, chodeb a odvod vzduchu z kanceláří a hygienických místností.

2 Popis technického řešení

Návrh řešení větrání předmětných prostor vychází ze současných stavebních dispozic a požadavků kladených na interní mikroklima jednotlivých místností. V zásadě jsou větrány místnosti, které to nezbytně potřebují z hlediska hygienického, funkčního či technologického. Pro rozvod vzduchu se počítá s nízkotlakým systémem.

Výměny vzduchu v jednotlivých místnostech jsou navrženy podle hygienických předpisů a podle výměn všeobecně stanovených 361/2007 Sb. Větrání kanceláří zajistí 4 VZT jednotky. Každá jednotka pracuje v totožném režimu a obsluhuje jedno podlaží. Přívod čerstvého vzduchu je realizován z meziprostoru dvojité fasády do jednotky, kde bude případně upraven a následně distribuován do prostoru. Odtah znehodnoceného vzduchu je vyveden nad střechu objektu. Jednotka obsahuje deskový výměník pro zpětné získávání tepla.

3 Nároky na energie

Elektrické příkony ventilátorů:

Příkon ventilátoru na přívodu $P_v = 1,1 \text{ kW}$

Příkon ventilátoru na odvodu $P_v = 1,1 \text{ kW}$

Celkový příkon pro 4 VZT jednotky $P = 8,8 \text{ kW}$

4 Vzduchotechnické potrubí

V objektu bude vzduch dopravován čtyřhranným potrubím pozinkovaným sk. I. Koncové přívodní a odvodní elementy umístěné do podhledů. Napojené ohebnými hadicemi nebo přes kruhové SPIRO potrubí. Délka ohebné hadice max 2,5 m. u spojů musí být provedeno vodivé propojení, tlumící vložky budou překlenuty pružným spojením pro odvedení statického náboje.

5 Protihluková opatření

Do rozvodných tras budou vloženy kulisové tlumiče hluku, které zabrání nadměrnému šíření hluku od ventilátorů do větraných místností a do meziprostoru fasády. Tyto tlumiče budou osazeny jak v přívodních, tak odvodních trasách vzduchovodů. Veškeré točivé stroje (jednotky, ventilátory) budou pružně uloženy za účelem zmenšení vibrací přenášejících se stavebními konstrukcemi – stavitelné nohy budou podloženy rýhovanou gumou. Veškeré vzduchovody budou napojeny na jednotky přes tlumící vložky. Všechny prostupy VZT potrubí stavebními konstrukcemi budou obloženy a dotěsněny izolací.

6 Protipožární opatření

Do vzduchovodů procházejících stavební konstrukcí ohraničující určitý požární úsek budou vřazeny protipožární klapky, zabraňující v případě požáru v některém požárním úseku jeho šíření do dalších úseků nebo na celý objekt. V případech, kdy nebude protipožární klapku možno osadit do požárně dělící konstrukce, bude potrubí mezi touto konstrukcí a požární klapkou opatřeno izolací s požadovanou dobou odolnosti. Rozdělení objektu na jednotlivé požární úseky je řešeno samostatným projektem požární ochrany.

7 Izolace a nátěry

Tepelná izolace splňuje jednak požadavky na povrchovou teplotu a jednak slouží k útlumu hluku vznikajícího provozem vzduchotechnických zařízení. V souladu s těmito požadavky je s přihlédnutím k hygienickým požadavkům navrženo provedení izolací v tloušťce 50 mm v provedení minerální vaty.

8 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

Montáž jednotlivých prvků ve VZT jednotce se musí provádět podle návodu výrobce. Při prvním zpuštění doporučuji provést kontrolu a seřízení jednotlivých částí. Obsluha musí být řádně proškolená a seznámena s VZT zařízením. To obsluhuje kvalifikovaný personál.

Obsluha se provádí pravidelně podle právních předpisů a doporučení výrobců. Při každé takové kontrole se bude vést zápis.

9 Nároky na související profese

9.1 Stavební úpravy

- pro potřebu prostorové koordinace je třeba k rozměrům udaným na výkresech připočítat na všechny strany nejméně 25 mm (tj. prostor pro příruby, závěsy, popř izolaci)
- všechny prostupy a trasy pro vzduchotechniku musí být nejméně o 50mm větší než je rozměr potrubí udaný na výkrese
- zajištění povrchové úpravy podlahy pro bezprašný provoz a vyspárování podlahy k instalaci vpusti
- zřízení instalačních šachet pro vedení jednotlivých vzduchovodů

9.2 měření a regulace

Navržený vzduchotechnický systém bude řízen a regulován samostatným systémem měření a regulace – profese MaR. Základní funkční parametry jsou:

- Ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- Zajištění tlumeného chodu konkrétních zařízení mimo pracovní dobu cca ½ max. výkonu, na přívodu i odvodu vzduchu, zajištění tlumeného chodu – frekvenční měniče.
- Regulace teploty vzduchu řízením výkonu teplovodního ohříváče v zimním období
- Regulace výkonu výměníku rozdělováním – kvalitativní směšování
- Umístění teplotních čidel dle požadavků
- Řízení účinnosti protimrazové ochrany deskového výměníku nastavováním obtokové klapky (na základě teploty odpadního vzduchu nebo tlakové ztráty)
- Ovládání uzavíracích klapek na jednotce včetně dodání servopohonů
- Ovládání uzavíracích klapek instalovaných do fasádního prostoru v souladu s nastavenou teplotou

- Protimrazová ochrana teplovodního výměníku – měření na straně vzduchu i vody. Při poklesu teploty pod stanovené hodnoty se spustí čerpadlo, oteře se trojcestný ventil na vstupu do ohřívače na 100 %. Jestliže teplota stále klesá, odstaví se ventilátory, uzavřou se vstupní klapky a zařízení je odstaveno mimo provoz.
- Signalizace bezporuchového chodu ventilátoru pomocí diferenčního snímače tlaku
- Měření a signalizace zanášení (tlakové ztráty) všech stupňů filtrace
- Poruchová signalizace
- Připojení regulace a signalizace stavu všech zařízení a velící centralizované stanoviště
- Zajištění požadované současnosti chodu jednotlivých zařízení v příslušných funkčních celcích
- Signalizace požárních klapek (Z/O) – podružná signalizace polohy na panel požárních klapek a systému EPS

9.3 Silová elektroinstalace

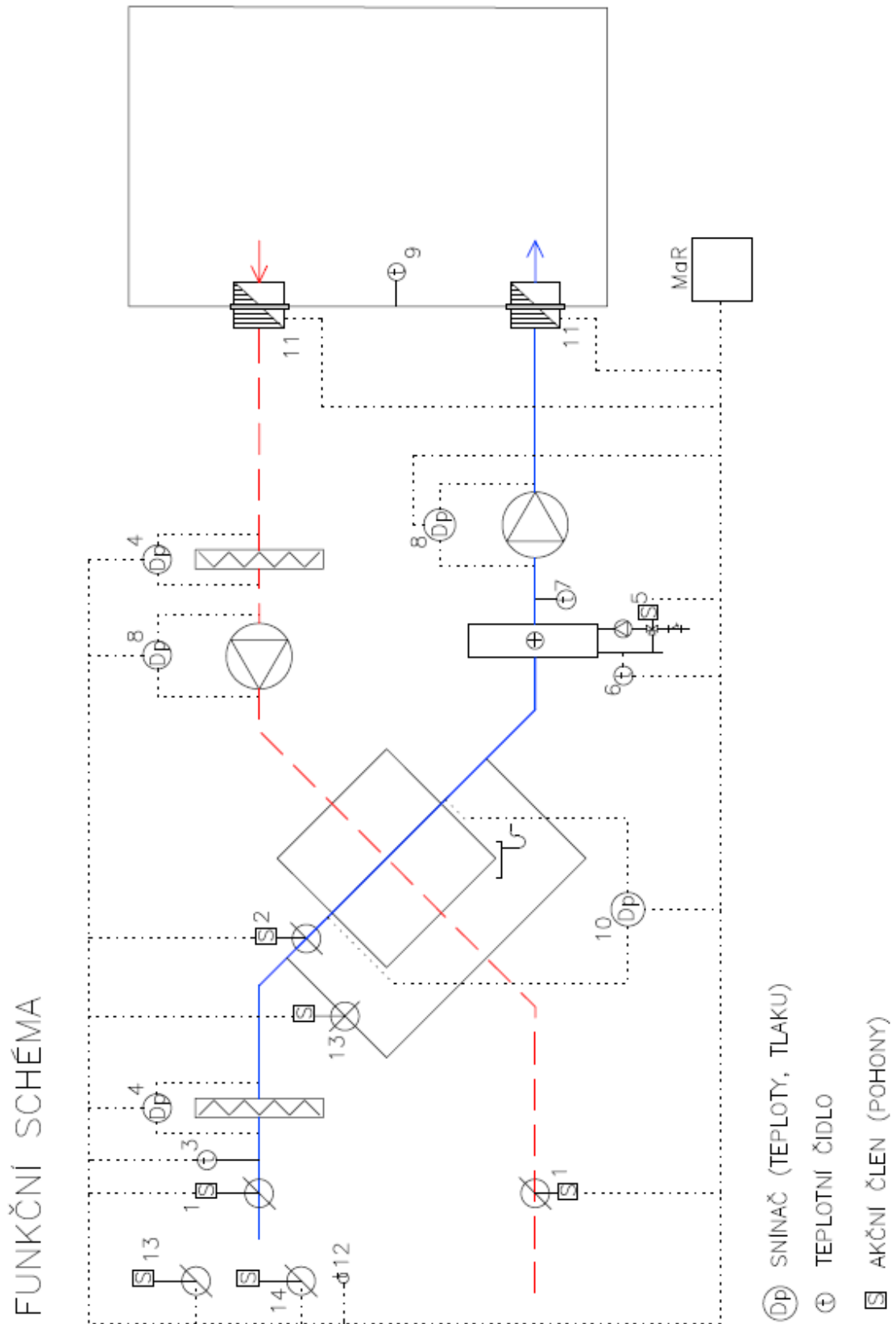
elektrické propojení vzduchotechnických elementů a elementů regulace není součástí dodávky vzduchotechniky. Zajištění dodávky jističe pro napájení VZT jednotek a připojení k elektrické síti 230,400V/50 Hz. Bude provedena revize silového kabelu, popř. společně s celým systémem MaR. Uzemnění všech zařízení

9.4 Zdravotní technika

Odvod kondenzátu od vzduchotechnických jednotek umístěných ve strojovně vzduchotechniky. Svod kondenzátu bude napojen na odpadní potrubí upřesnění dle investora.

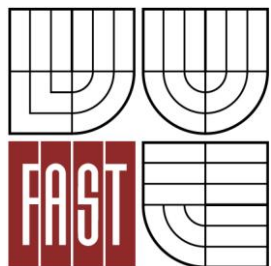
10 Závěr

Navržená větrací zařízení splňují nároky kladené na provoz daného typu a charakteru. Zabezpečí v daných místnostech optimální pohodu prostředí požadovanou předpisy.





VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

C. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ANNA DOSEDLOVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

OBSAH

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 12 | ÚVOD | 59 |
| 13 | CÍL MĚŘENÍ | 59 |
| 14 | ANALÝZA MĚŘENÉHO MODELU | 60 |
| 15 | SLEDOVANÉ VELIČINY | 61 |
| 16 | POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE | 62 |
| 16.1 | UNIVERZÁLNÍ MĚŘICÍ ÚSTŘEDNA ALMEMO 3290-8 | 62 |
| 16.2 | TERMOČLÁNKOVÉ DRÁTY | 63 |
| 17 | POPIS MĚŘENÍ | 64 |
| 18 | VÝSLEDKY MĚŘENÍ | 65 |
| 18.1 | VÝSLEDKY Z 1. MĚŘENÍ | 66 |
| 18.1.1. | <i>měření I. etapa– bez stínícího prvku</i> | 67 |
| 18.1.2 | <i>1. měření - II. etapa – se stínícím prvkem</i> | 71 |
| 18.2 | VÝSLEDKY Z 2. MĚŘENÍ..... | 75 |
| 18.2.1. | <i>2. měření I. etapa – regulační klapka zcela uzavřena</i> | 76 |
| 18.2.2 | <i>2. měření II. etapa – regulační klapka částečně otevřena</i> | 80 |
| 18.2.3 | <i>2. měření - III. etapa – regulační klapka uzavřena/otevřena</i> | 83 |
| 18.3 | VÝSLEDKY Z 3. MĚŘENÍ | 88 |
| 18.3.1 | <i>3. měření – RK zcela uzavřena, bez použití stínícího roštu</i> | 89 |
| 19 | ZHODNOCENÍ | 94 |

12 Úvod

Experimentální část se zabývá modelem vzduchového kolektoru, který představuje zmenšený model dvojitě fasády.

13 Cíl měření

Cílem měření bylo zhodnotit tepelné chování modelu kolektoru při zachycování slunečním záření. Především se jedná o stanovení jeho možného tepelného výkonu, který je kolektor schopen při daných klimatických podmínkách vyrobit.

Pro realizaci experimentu bylo třeba model umístit na osluněné místo, které by bylo přímému slunečnímu záření vystaveno po celou dobu měření. Jelikož je samotný model dosti objemný, přeprava na takové místo je značně omezena. Blízkost zdroje elektrické energie, pro chod ventilátoru a napájení měřící stanice, bylo třeba taktéž zohlednit. Proto se jako optimální řešení umístění vzduchového kolektoru jevil plac na ulici Rybkově v Brně před vchodem do budovy E stavební fakulty VUT (obr. 1). Zde byl model vždy přepraven ze skladu a umístěn tak, aby byl orientován přední stranou směrem k jihu. Azimut kolektoru je 170° (při orientaci 0° sever).



Obr. 1: místo měření [9]

14 Analýza měřeného modelu

Jedná se o dřevěnou rámovou konstrukci, kde zadní strana je vyplněna tepelnou izolací a přední zasklená strana chrání plechový absorbér. Krycí sklo lze měnit ve variantách jednoduché, dvojitě a trojitě zasklení. Mezi absorbérem a krycím sklem je vzduchová mezera. V horní části uvnitř vzduchové mezery je kruhový otvor, pro připojení potrubí. Zde je také umístěn anemometr, pro měření rychlosti proudění vzduchu. Kolektor má dole dva kruhové otvory pro přívod čerstvého vzduchu do meziprostoru.

| | |
|--------------------------------|-------|
| DN připojovacího potrubí | 0,1 m |
| výška plechového absorbérů h | 1,5 m |
| šířka kolektoru \check{s} | 0,8 m |

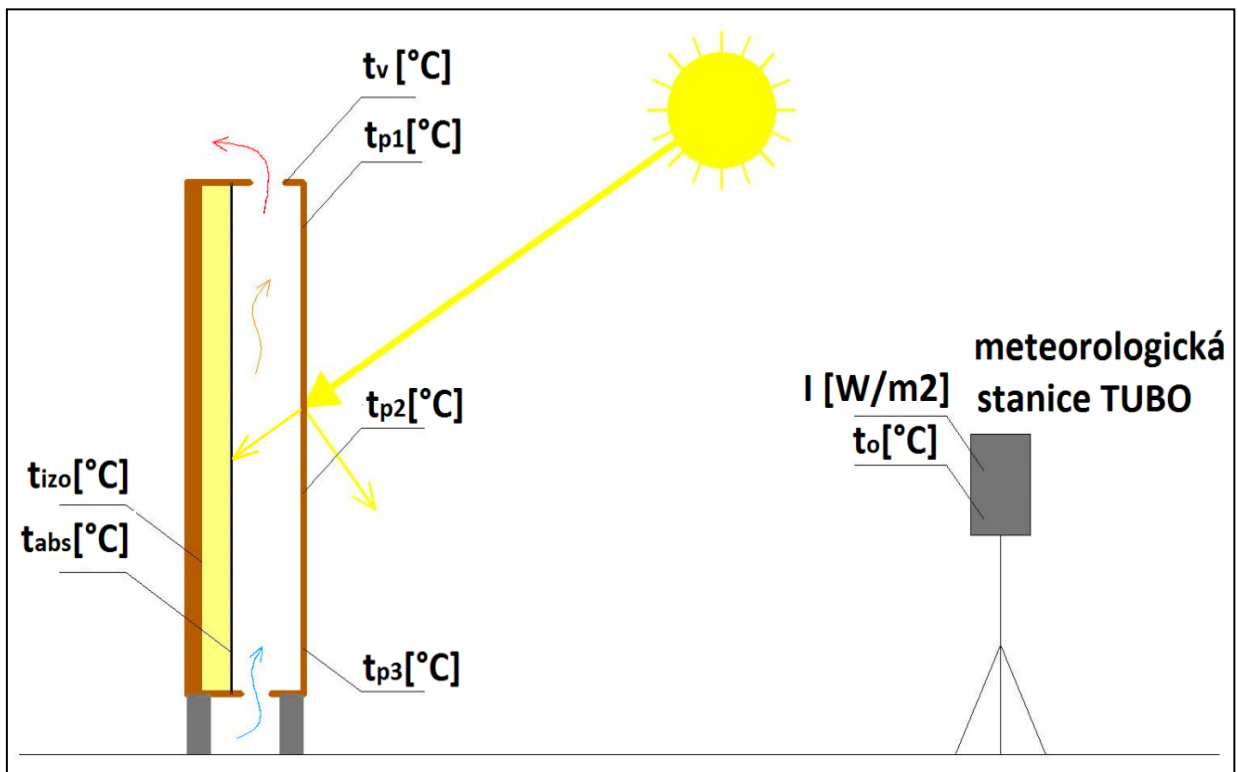


Obr. 2: fyzický model kolektoru - přední a zadní strana

15 Sledované veličiny

V experimentu byly měřeny především výsledné teploty vzduchu v připojovacím potrubí na kolektoru, rychlost proudění vzduchu v potrubí a rozložení povrchových teplot na přední straně krycího skla. Dále byla sledována teplota absorberu a izolace. Čidla pro měření jsou součástí modelu a jsou umístěné ve spodní části. Dále byl sledován vliv stínění a změna rychlosti proudění.

Hodnoty, pro průběh intenzity slunečního záření a venkovní teploty, byly získané z permanentní meteorologické stanice TUBO, která sídlí na stavební fakultě VUT Brno.



Obr. 3: schéma kolektoru a sledovaných veličin

16 Použité měřicí přístroje

Pro realizaci experimentu byl vypůjčen samotný model kolektoru od Ing. Jana Vahaly. Ostatní měřicí technika byla zapůjčena z ústavu TZB stavební fakulty VUT v Brně.

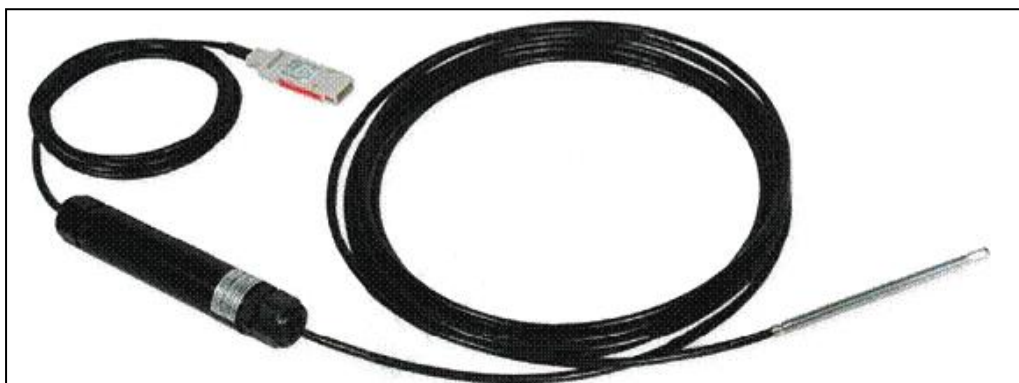
16.1 Univerzální měřicí ústředna ALMEMO 3290-8

Jde o univerzální měřicí přístroj pro zaznamenávání a ukládání sledovaných veličin. Data se zobrazují na LCD displeji a zároveň se ukládají do paměti. Výstup z měření lze převést buď přímo na tiskárnu či do počítače příslušnými kabely. Ústředna má 9 měřících vstupů a 2 výstupy.



Obr. 4: měřicí ústředna ALMEMO 3290-8 [9]

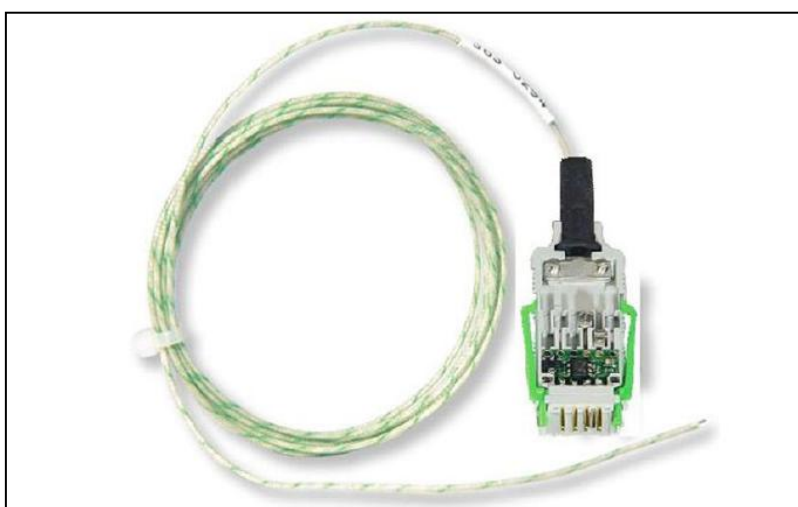
Byly zaznamenávány teploty na povrchu krycího skla, výsledná teplota v připojovacím potrubí a teplota absorberu i tepelné izolace. Rychlost proudění výstupního vzduchu byla změřena termoanemometrickým čidlem, jenž bylo umístěno trvale v průřezu připojovacího potrubí.



Obr. 5 Termoanemometrické čidlo pro měření rychlosti proudění vzduchu FVA935TH5 [9]

16.2 Termočláňkové dráty

Pro měření všech sledovaných teplot byly použity termočláňkové dráty typu K (NiCr-Ni). Ke konstrukci byly připevněny lepicí páskou a s ústřednou byly propojeny propojovacími kabely s konektory.



Obr. 6: termočláňkové dráty pro měření teploty [9]

17 Popis měření

Před realizací měření bylo potřeba přepravit fyzický model na určené místo a zajistit přívod vzduchu ve spodní části kolektoru. To bylo provedeno uložením modelu na dřevěné klíny. Připevnit termočlánky na sledovaná místa a zapojit je do měřicí ústředny spolu s konektorem od anemometru, který byl umístěn v připojovacím potrubí.

Vzduch v kolektoru proudí nuceně vlivem podtlaku, který vyvolává ventilátor, umístěný ve vrchní části. Regulaci rychlosti proudění vzduchu lze provádět regulační klapkou na boční větví vzduchovodu.

Postup měření:

1. Všechna čidla jsou zapojena do měřicí ústředny a ta je napojena na elektrický proud
2. Zapnutí přístroje a přepnutí do příslušného měřicího kanálu
3. Nastavení ukládání dat do paměti v cyklu 1 min.
4. Zapojení ventilátoru do elektrické sítě
5. Aktivace měření stiskem tlačítka START na měřicí ústředně.

18 Výsledky měření

Zaznamenaná data byla zpracována a vyhodnocena výpočetním programem Microsoft Office Excel. Byly provedeny 3 měření:

1. dne 18. 6. 2012 v čase od 12:28 do 13:32 hod s krycím izolačním trojsklem. Sledovaný vliv stínění.
2. dne 31. 10. 2012 v čase od 13:26 do 15:12 hod s krycím izolačním dvojsklem. Sledovaná vliv změny rychlosti vzduchu.
3. dne 5. 12. 2012 v čase od 12:22 do 13:21 hod s krycím izolačním dvojsklem

použité vztahy pro výpočet:

- *užitečný výkon* $Q = m \cdot c \cdot (t_v - t_o)$ [W]

- *účinnost kolektoru* $\eta = \frac{Q}{I \cdot \xi \cdot h}$ [%]

18.1 Výsledky z 1. měření

Měření bylo rozloženo do dvou etap, kde v první etapě proběhlo měření bez stínícího prvku a ve druhé se stínícím prvkem přiloženým před krycí sklo kolektoru.



Obr. 7: I. etapa 1. měření - bez stínění



Obr. 8: II. etapa 1. měření - se stíněním

Vstupní hodnoty:

| | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| hustota vzduchu ρ | 1,158 kg/m ³ |
| tepelná kapacita vzduchu c | 1010 J/kg.K |
| Rychlost větru | 30 m/s |
| Průměrná venkovní teplota vzduchu | 32,8 °C |
| Časový krok | 1 minuta |
| Doba měření | 64 minut |

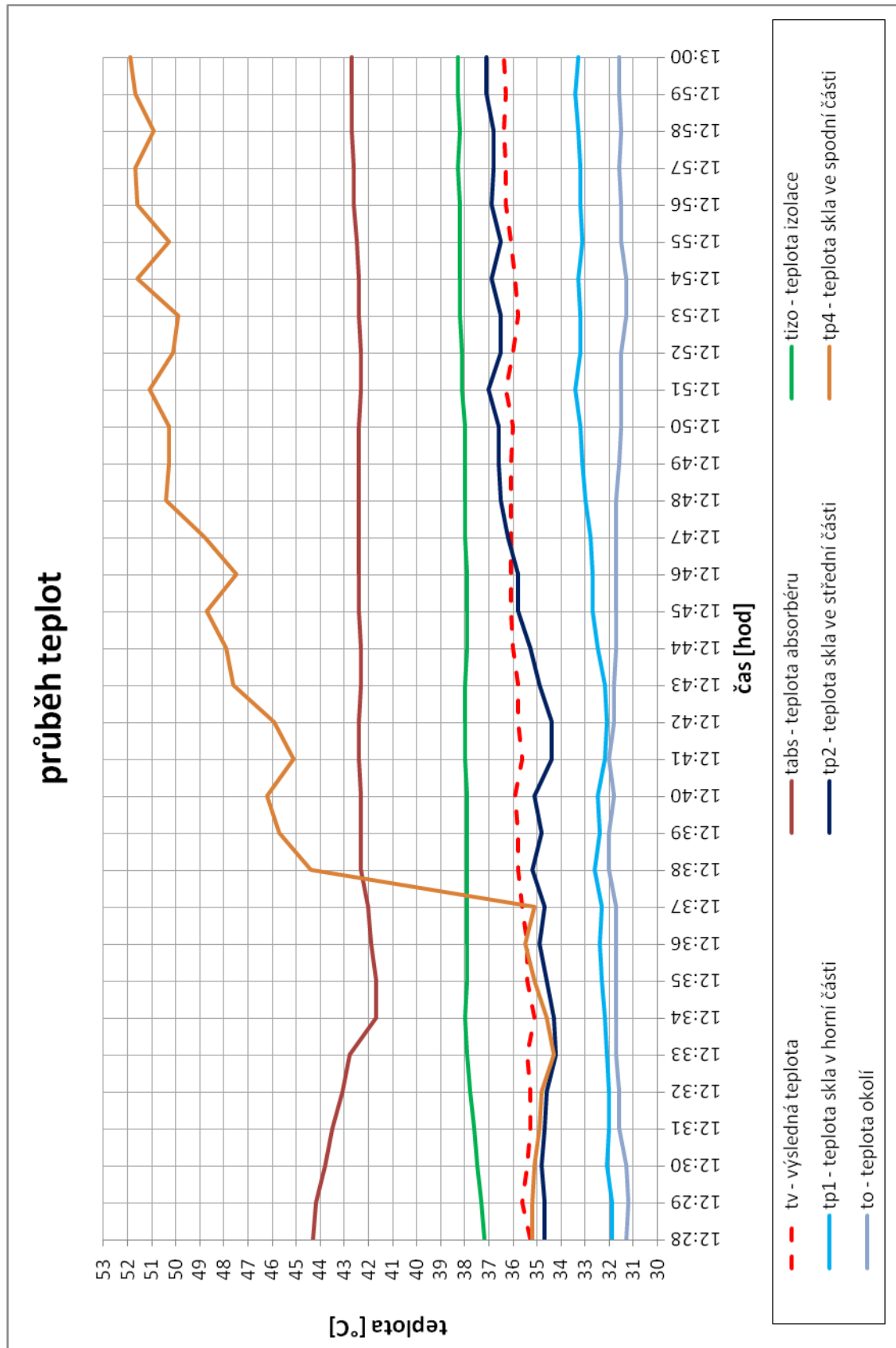
18.1.1. měření I. etapy – bez stínícího prvku

Tabulka 1: výsledky 1. měření I. etapy - bez stínění

| čas měření | t_v [°C] | t_{abs} [°C] | teplota absorberu | t_{top} [°C] | teplota zadní strany izolace | teplota zadní strany kolektoru | t_{vt} [°C] | teplota krycího skla ve vrchní části | t_{pz} [°C] | teplota krycího skla ve střední části | t_{ps} [°C] | teplota krycího skla ve spodní části | v [m/s] | rychlost proudění vzduchu v přípojovacím potrubí | t_o [°C] | teplota okolního vzduchu | I [W/m^2] | intenzita slunečního záření | hmotnostní průtok | rozdíl teplot $t_v - t_o$ | užitečný výkon kolektoru | účinnost kolektoru |
|------------|------------|----------------|-------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------|--|------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| t [hod] | t_v [°C] | t_{abs} [°C] | t_{top} [°C] | t_{vt} [°C] | t_{pz} [°C] | t_{ps} [°C] | t_{vt} [°C] | t_{ps} [°C] | t_{pz} [°C] | t_{ps} [°C] | t_{vt} [°C] | t_{ps} [°C] | v [m/s] | v [m/s] | t_o [°C] | t_o [°C] | I [W/m^2] | I [W/m^2] | m [kg/s] | Δt [°C] | Q [W] | η [%] |
| 12:28 | 35,3 | 44,3 | 37,2 | 32,5 | 34,7 | 33,4 | 31,9 | 31,9 | 34,7 | 33,4 | 33,4 | 35,2 | 3,097 | 3,097 | 31,3 | 31,3 | 894 | 894 | 0,0282 | 4,0 | 113,8 | 10,6 |
| 12:29 | 35,6 | 44,2 | 37,3 | 31,9 | 34,7 | 32,8 | 31,9 | 31,9 | 34,7 | 32,8 | 32,8 | 35,2 | 3,116 | 3,116 | 31,2 | 31,2 | 899 | 899 | 0,0283 | 4,4 | 126,0 | 11,7 |
| 12:30 | 35,4 | 43,8 | 37,5 | 32,8 | 34,8 | 31,6 | 32,1 | 32,1 | 34,8 | 31,6 | 31,6 | 35,1 | 3,097 | 3,097 | 31,3 | 31,3 | 896 | 896 | 0,0282 | 4,1 | 116,7 | 10,8 |
| 12:31 | 35,3 | 43,5 | 37,6 | 32,4 | 34,7 | 30,6 | 32,0 | 32,0 | 34,7 | 30,6 | 30,6 | 34,9 | 3,078 | 3,078 | 31,6 | 31,6 | 902 | 902 | 0,0280 | 3,7 | 104,6 | 9,7 |
| 12:32 | 35,3 | 43,1 | 37,8 | 32,5 | 34,6 | 30,4 | 32,0 | 32,0 | 34,6 | 30,4 | 30,4 | 34,8 | 2,983 | 2,983 | 31,6 | 31,6 | 902 | 902 | 0,0271 | 3,7 | 101,4 | 9,4 |
| 12:33 | 35,4 | 42,8 | 37,9 | 32,4 | 34,2 | 30,0 | 32,1 | 32,1 | 34,2 | 30,0 | 30,0 | 34,3 | 2,955 | 2,955 | 31,7 | 31,7 | 900 | 900 | 0,0269 | 3,7 | 100,4 | 9,3 |
| 12:34 | 35,1 | 41,7 | 38,0 | 32,5 | 34,3 | 32,4 | 32,2 | 32,2 | 34,3 | 32,4 | 32,4 | 34,6 | 3,012 | 3,012 | 31,7 | 31,7 | 900 | 900 | 0,0274 | 3,4 | 94,1 | 8,7 |
| 12:35 | 35,4 | 41,7 | 37,9 | 32,3 | 34,6 | 33,0 | 32,3 | 32,3 | 34,6 | 33,0 | 33,0 | 35,1 | 3,078 | 3,078 | 31,7 | 31,7 | 899 | 899 | 0,0280 | 3,7 | 104,6 | 9,7 |
| 12:36 | 35,4 | 41,9 | 37,9 | 32,9 | 34,9 | 33,7 | 32,4 | 32,4 | 34,9 | 33,7 | 33,7 | 35,5 | 2,993 | 2,993 | 31,7 | 31,7 | 902 | 902 | 0,0272 | 3,7 | 101,7 | 9,4 |
| 12:37 | 35,6 | 42,0 | 37,9 | 32,4 | 34,7 | 32,2 | 32,3 | 32,3 | 34,7 | 32,2 | 32,2 | 35,1 | 3,069 | 3,069 | 31,7 | 31,7 | 894 | 894 | 0,0279 | 3,9 | 109,9 | 10,2 |
| 12:38 | 35,8 | 42,3 | 37,9 | 32,6 | 35,2 | 31,4 | 32,6 | 32,6 | 35,2 | 31,4 | 31,4 | 44,4 | 2,955 | 2,955 | 32,0 | 32,0 | 885 | 885 | 0,0269 | 3,8 | 103,1 | 9,7 |
| 12:39 | 35,8 | 42,3 | 37,9 | 32,8 | 34,8 | 30,4 | 32,4 | 32,4 | 34,8 | 30,4 | 30,4 | 45,7 | 3,012 | 3,012 | 32,0 | 32,0 | 880 | 880 | 0,0274 | 3,8 | 105,1 | 9,9 |
| 12:40 | 35,9 | 42,3 | 37,9 | 32,8 | 35,1 | 31,3 | 32,5 | 32,5 | 35,1 | 31,3 | 31,3 | 46,2 | 2,974 | 2,974 | 31,8 | 31,8 | 880 | 880 | 0,0270 | 4,1 | 112,0 | 10,6 |
| 12:41 | 35,6 | 42,4 | 38,0 | 32,6 | 34,4 | 29,7 | 32,2 | 32,2 | 34,4 | 29,7 | 29,7 | 45,1 | 3,021 | 3,021 | 32,0 | 32,0 | 879 | 879 | 0,0275 | 3,6 | 99,9 | 9,5 |
| 12:42 | 35,8 | 42,4 | 38,0 | 32,2 | 34,4 | 30,4 | 32,1 | 32,1 | 34,4 | 30,4 | 30,4 | 45,9 | 2,974 | 2,974 | 31,8 | 31,8 | 883 | 883 | 0,0270 | 4,0 | 109,3 | 10,3 |
| 12:43 | 35,8 | 42,3 | 38,0 | 32,8 | 34,9 | 31,6 | 32,2 | 32,2 | 34,9 | 31,6 | 31,6 | 47,6 | 2,964 | 2,964 | 31,8 | 31,8 | 878 | 878 | 0,0270 | 4,0 | 108,9 | 10,3 |
| 12:44 | 36,0 | 42,3 | 37,9 | 33,3 | 35,3 | 32,1 | 32,5 | 32,5 | 35,3 | 32,1 | 32,1 | 47,9 | 2,907 | 2,907 | 31,7 | 31,7 | 875 | 875 | 0,0264 | 4,3 | 114,8 | 10,9 |
| 12:45 | 36,1 | 42,4 | 37,9 | 32,8 | 35,8 | 32,7 | 32,7 | 32,7 | 35,8 | 32,7 | 32,7 | 48,7 | 2,879 | 2,879 | 31,7 | 31,7 | 864 | 864 | 0,0262 | 4,4 | 116,4 | 11,2 |
| 12:46 | 36,1 | 42,4 | 37,9 | 33,0 | 35,8 | 35,8 | 32,7 | 32,7 | 35,8 | 35,8 | 35,8 | 47,5 | 2,945 | 2,945 | 31,7 | 31,7 | 864 | 864 | 0,0268 | 4,4 | 119,0 | 11,5 |
| 12:47 | 36,1 | 42,4 | 38,0 | 33,1 | 36,2 | 36,2 | 32,8 | 32,8 | 36,2 | 36,2 | 36,2 | 48,8 | 3,040 | 3,040 | 31,7 | 31,7 | 868 | 868 | 0,0277 | 4,4 | 122,9 | 11,8 |
| 12:48 | 36,1 | 42,4 | 38,0 | 33,1 | 36,5 | 37,2 | 33,0 | 33,0 | 36,5 | 37,2 | 37,2 | 50,4 | 3,040 | 3,040 | 31,7 | 31,7 | 872 | 872 | 0,0277 | 4,4 | 122,9 | 11,7 |
| 12:49 | 36,1 | 42,4 | 38,0 | 33,3 | 36,6 | 36,9 | 33,1 | 33,1 | 36,6 | 36,9 | 36,9 | 50,3 | 3,031 | 3,031 | 31,6 | 31,6 | 869 | 869 | 0,0276 | 4,5 | 125,3 | 12,0 |
| 12:50 | 36,0 | 42,4 | 38,0 | 33,0 | 36,6 | 37,4 | 33,2 | 33,2 | 36,6 | 37,4 | 37,4 | 50,3 | 2,974 | 2,974 | 31,5 | 31,5 | 868 | 868 | 0,0270 | 4,5 | 122,9 | 11,8 |
| 12:51 | 36,3 | 42,3 | 38,1 | 33,4 | 37,0 | 37,9 | 33,4 | 33,4 | 37,0 | 37,9 | 37,9 | 51,1 | 3,012 | 3,012 | 31,5 | 31,5 | 866 | 866 | 0,0274 | 4,8 | 132,8 | 12,8 |
| 12:52 | 36,0 | 42,3 | 38,1 | 32,7 | 36,5 | 37,5 | 33,2 | 33,2 | 36,5 | 37,5 | 37,5 | 50,1 | 2,974 | 2,974 | 31,5 | 31,5 | 863 | 863 | 0,0270 | 4,5 | 122,9 | 11,9 |
| 12:53 | 35,8 | 42,4 | 38,2 | 32,7 | 36,5 | 37,5 | 33,2 | 33,2 | 36,5 | 37,5 | 37,5 | 49,9 | 3,012 | 3,012 | 31,3 | 31,3 | 866 | 866 | 0,0274 | 4,5 | 124,5 | 12,0 |
| 12:54 | 35,9 | 42,4 | 38,2 | 33,2 | 36,9 | 38,2 | 33,3 | 33,3 | 36,9 | 38,2 | 38,2 | 51,6 | 2,974 | 2,974 | 31,3 | 31,3 | 857 | 857 | 0,0270 | 4,6 | 125,7 | 12,2 |
| 12:55 | 36,1 | 42,5 | 38,2 | 33,1 | 36,5 | 37,6 | 33,1 | 33,1 | 36,5 | 37,6 | 37,6 | 50,3 | 2,945 | 2,945 | 31,5 | 31,5 | 859 | 859 | 0,0268 | 4,6 | 124,5 | 12,1 |
| 12:56 | 36,3 | 42,6 | 38,2 | 33,1 | 36,9 | 38,2 | 33,2 | 33,2 | 36,9 | 38,2 | 38,2 | 51,6 | 2,974 | 2,974 | 31,5 | 31,5 | 860 | 860 | 0,0270 | 4,8 | 131,1 | 12,7 |
| 12:57 | 36,3 | 42,6 | 38,3 | 32,1 | 36,8 | 38,2 | 33,2 | 33,2 | 36,8 | 38,2 | 38,2 | 51,7 | 3,145 | 3,145 | 31,6 | 31,6 | 854 | 854 | 0,0286 | 4,7 | 135,8 | 13,2 |
| 12:58 | 36,4 | 42,7 | 38,2 | 33,1 | 36,8 | 37,9 | 33,3 | 33,3 | 36,8 | 37,9 | 37,9 | 50,9 | 3,002 | 3,002 | 31,5 | 31,5 | 852 | 852 | 0,0273 | 4,9 | 135,1 | 13,2 |
| 12:59 | 36,3 | 42,7 | 38,3 | 33,3 | 37,1 | 38,4 | 33,4 | 33,4 | 37,1 | 38,4 | 38,4 | 51,7 | 3,002 | 3,002 | 31,6 | 31,6 | 850 | 850 | 0,0273 | 4,7 | 129,6 | 12,7 |
| 13:00 | 36,4 | 42,7 | 38,3 | 33,5 | 37,1 | 38,3 | 33,3 | 33,3 | 37,1 | 38,3 | 38,3 | 51,9 | 3,040 | 3,040 | 31,6 | 31,6 | 848 | 848 | 0,0277 | 4,8 | 134,1 | 13,2 |

1. měření dne 18.6.2012

I. etapa - měřeno bez stínění

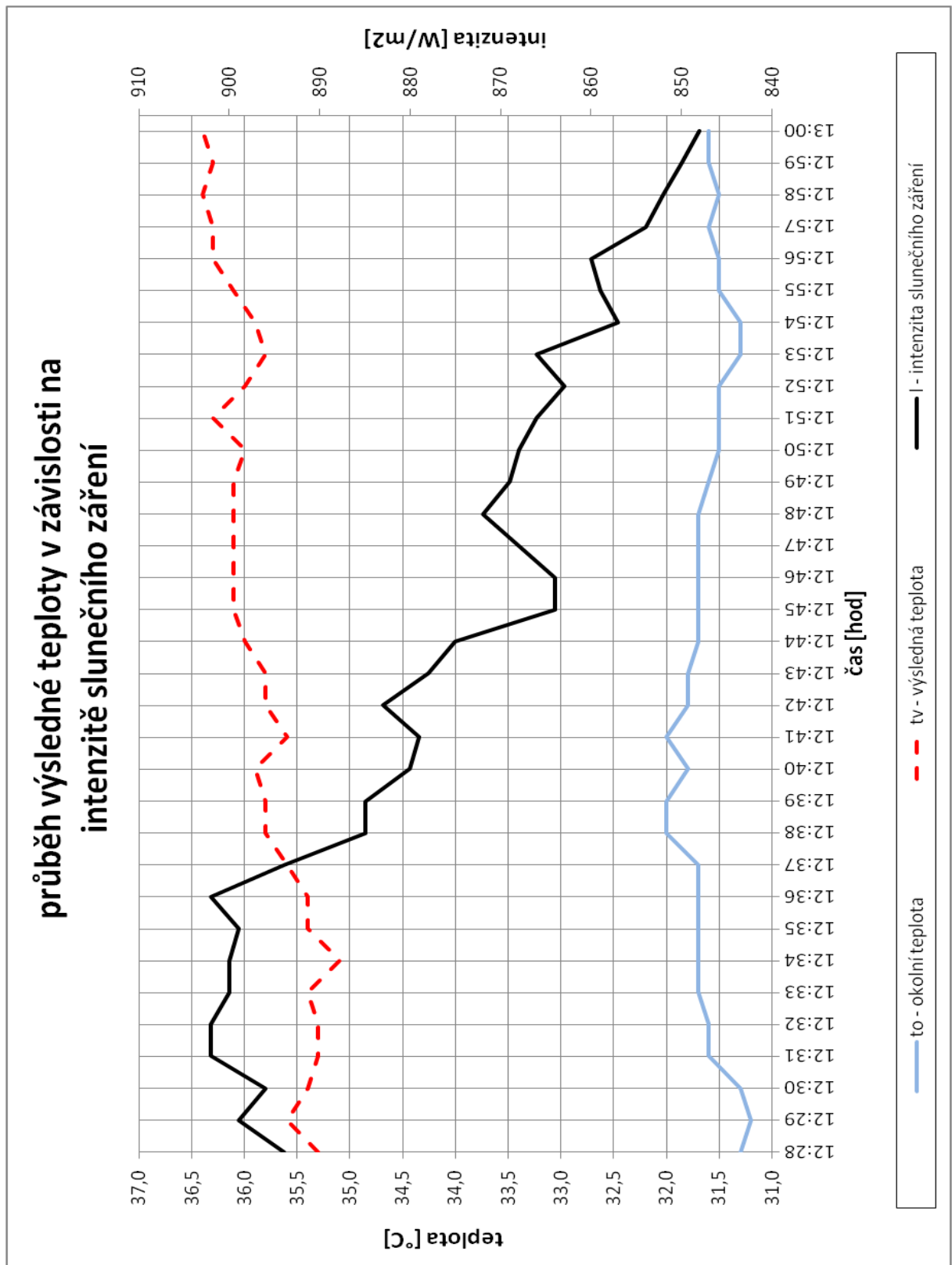


Graf 1: průběh teplot I. etapa 1. měření - bez stínění

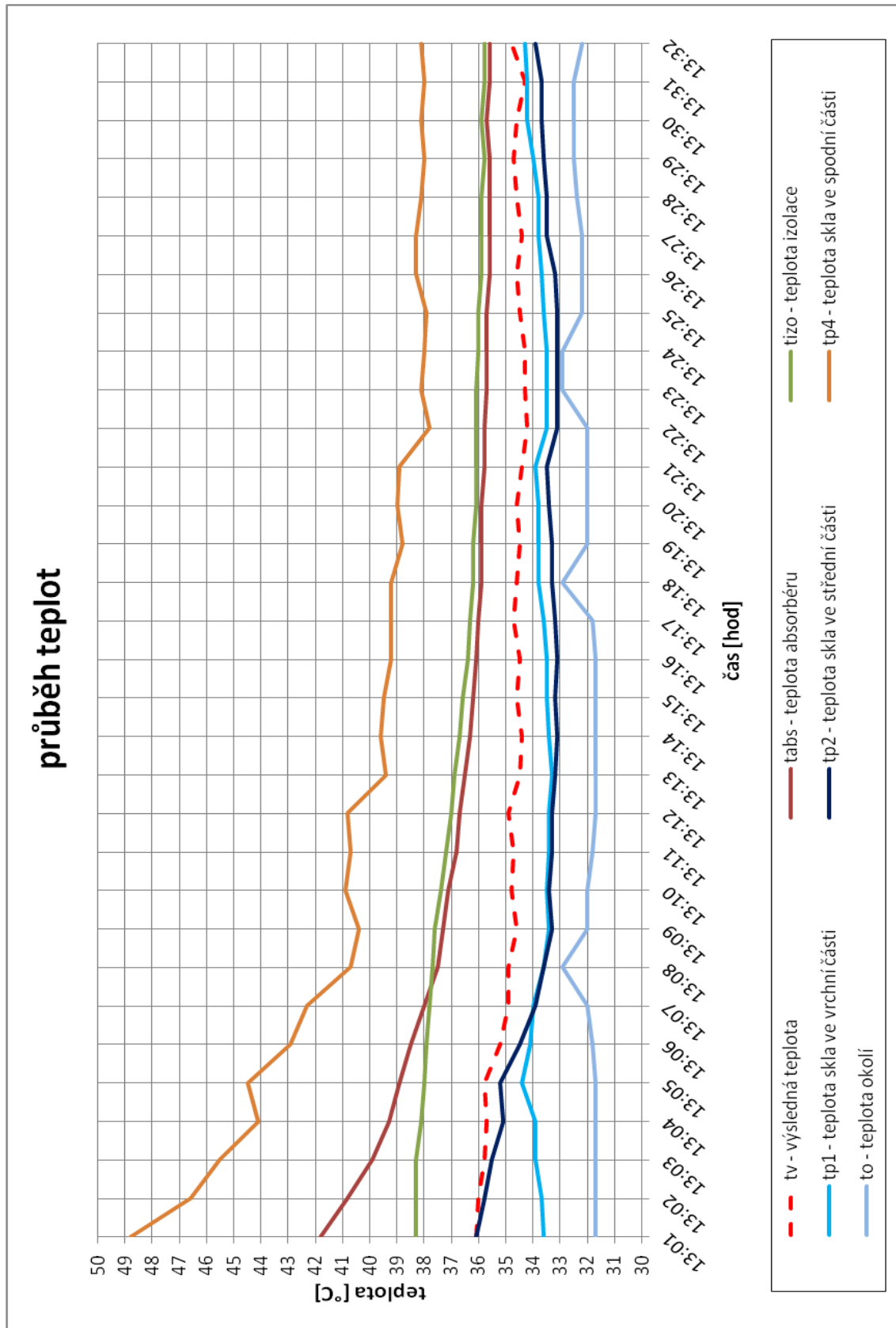
Vyhodnocení 1. měření – bez použití stínícího roštu

Výsledná teplota se po celou dobu pohybovala okolo 36 °C. Vzduch proudící kolektorem se tedy ohřál o 5 °C. Absorbér měl z počátku teplotu 44,3 °C, ale během 6 minut se ochladil na 41,7 °C. Po zbytek záznamu se teplota nijak zásadně nelišila. Tento pokles si vysvětluji změnou přirozeného proudění v mezeře na nucené, uvedením ventilátor do provozu, při čemž se zvýšila rychlost proudění vzduchu. Čím vyšší byla rychlost proudění vzduchu, tím byly vyšší tepelné ztráty absorbéru. Teplota izolace se po celou dobu měření pohybovala okolo 38 °C. Krycí sklo mělo v horní části teplotu o 1 °C vyšší, jak teplota okolí, tento rozdíl se po zbytek měření nijak výrazně nelišil. Uprostřed byla hodnota 35,6 °C prvních 20 minut měření byla nižší než výsledná teplota v potrubí, ovšem ve zbylém čase se zvýšila nad tuto teplotu. To bylo způsobeno vlivem sálání okolních ploch. Teplota skla ve spodní části byla na začátku měření okolo 35 °C, ale po 10 minutách nastalo zvýšení o 9 °C. Tento náhlý nárůst si vysvětluji hrubou chybou měření, která vznikla při odtržení termočlánku od krycího skla. Po zbytek měření byl zaznamenám exponenciální nárůst k teplotám zhruba 51 °C. To bylo zapříčiněno odrazovou složkou slunečního záření od povrchu země.

Při průběhu měření byla jasná obloha a intenzita slunečního záření dosahovala hodnot 870 W/m². Teplotní rozdíl okolní a výsledné teploty byl přibližně 4 °C po celou dobu. Na grafu není patrný pozvolný nárůst teplot, neboť počátek měření byl uskutečněn po delší době, kdy již byl kolektor vystaven slunečnímu záření. Z grafu 2 je zřejmý vliv akumulace tepelné energie v kolektoru, neboť se snižující intenzitou slunečního se mírně zvyšovala výsledná teplota.



Graf 2: závislost výsledné teploty na intenzitě slunečního záření - I. etapa 1. měření

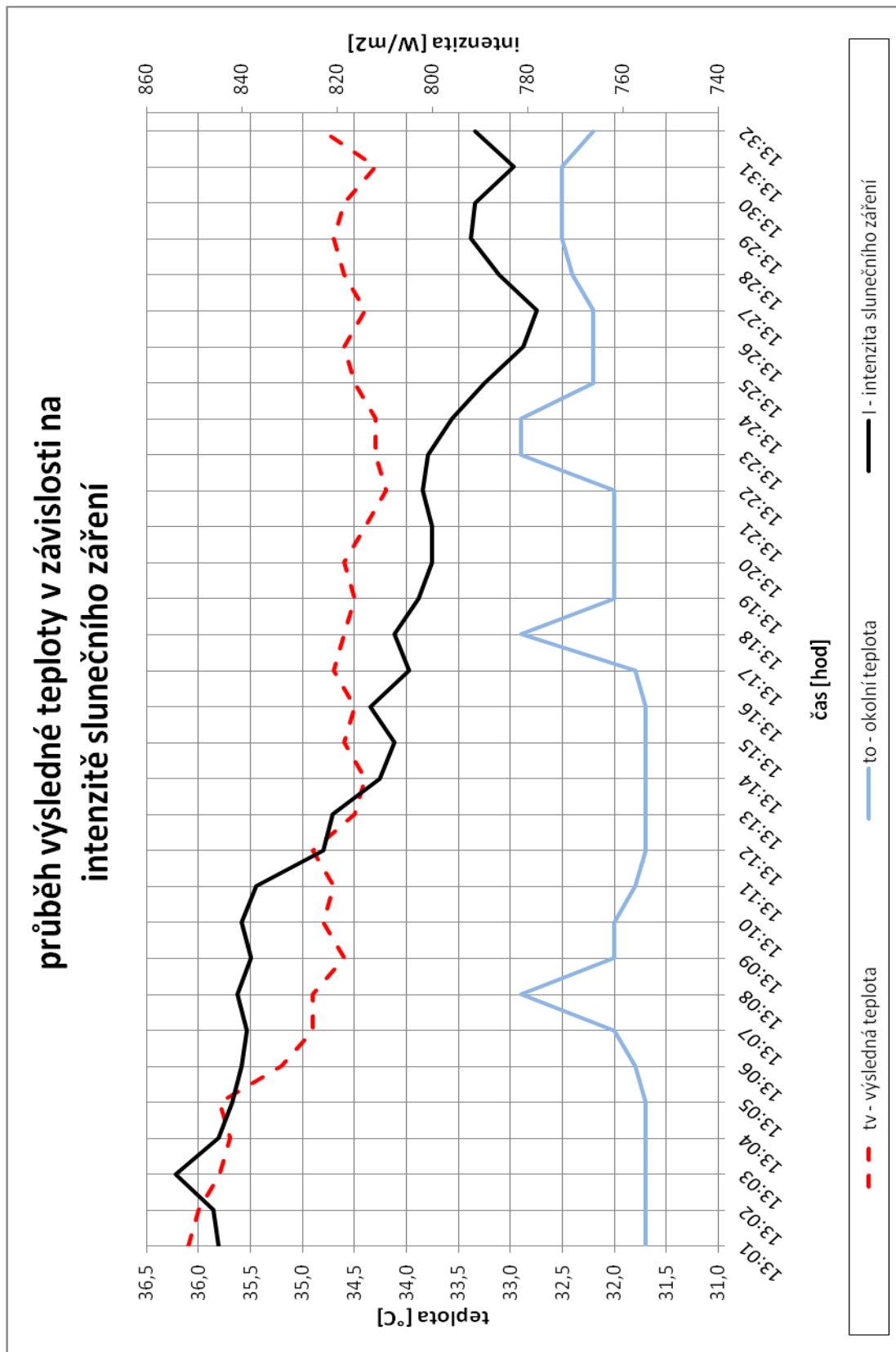


Graf 3: průběh teplot II. etapy 1. měření - se stíněním

Vyhodnocení 1. měření – s použitím stínícího roštu

Výsledná teplota vzduchu se po umístění stínícího roštu pozvolna snížila o 1 °C. Po zbytek měření se udržovala na stejné hodnotě. Teplota absorberu pozvolna klesala z 42 °C a po 15 minutách se ustálila na hodnotě 35 °C. U teploty skla v horní části byla naměřena průměrná hodnota 33,7 °C s minimálními rozdíly. Ve střední části klesla pozvolna o 3 °C. Teplota skla ve spodní části pozvolna klesala k teplotám okolo 38 °C. Křivka poklesu měla stejnou směrnici, jako křivka znázorňující průběh teploty absorberu. Z počátku byl rozdíl těchto dvou teplot 7 °C, asi po 15 minutách byl rozdíl již 2 °C.

Z grafu 3 je patrný pokles teplot vlivem stínění. Po zhruba 12 – 15 min dojde k ustálení teplot. V grafu 4 je znázorněn pokles výsledné teploty, jednak po přiložení stínícího roštu, kdy se pokles projevil po 12 – 15 min, ale také vlivem snižujícího dopadajícího slunečního záření.



Graf 4: závislost výsledné teploty na intenzitě slunečního záření - II. etapa 1. měření

18.2 Výsledky z 2. Měření

Druhé měření se uskutečnilo 31. 10. 2012 a bylo rozloženo do tří etap, kde každé etapě připadala jiná poloha regulační klapky na boční větví vzduchovodu. Ventilátor byl umístěn za regulační klapkou, tedy při jejím pootevření docházelo k nasávání venkovního vzduchu, a jelikož ventilátor pracoval stále se stejnými otáčkami, docházelo tak ke snížení rychlosti nasávání vzduchu z meziprostoru kolektoru.



Obr. 9: realizace 2. měření



Obr. 10: zadní strana kolektoru s ventilátorem a regulačními klapkami

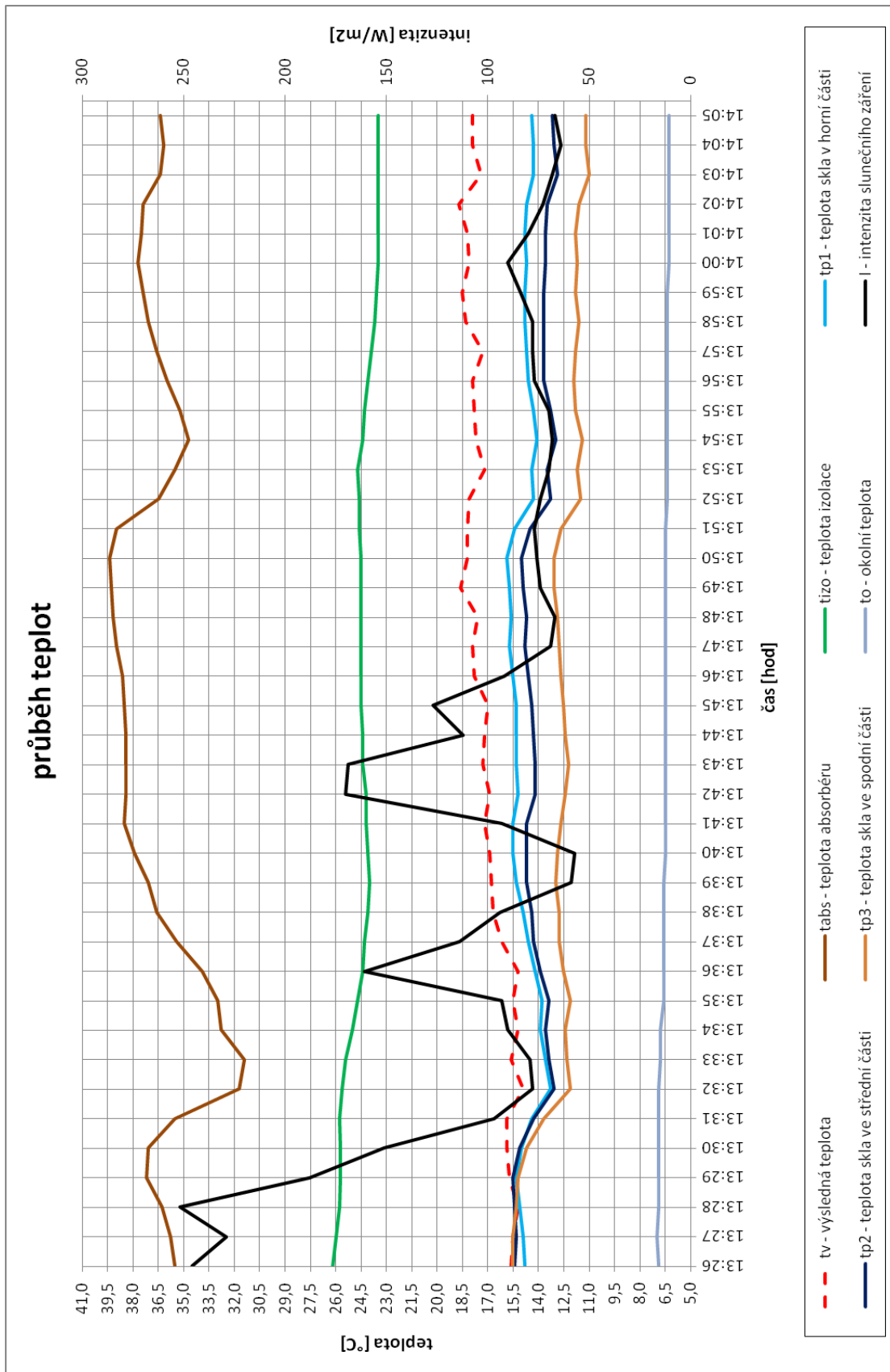
Vstupní hodnoty:

| | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| hustota vzduchu ρ | 1,265 kg/m ³ |
| tepelná kapacita vzduchu c | 1005 J/kg.K |
| Rychlost větru | 4 m/s |
| Průměrná venkovní teplota vzduchu | 6,5 °C |
| Časový krok | 1 minuta |
| Doba měření | 106 minut |

18.2.1. 2. měření I. etapy – regulační klapka zcela uzavřena

Tabulka 3: výsledky 2.měření I. etapy – RK plně uzavřena

| 2. měření dne 31.10.2012 | čas měření | výsledná teplota v potrubí | teplota absorběru | teplota zadní strany izolace | povrchová teplota krycího skla ve vrchní části | povrchová teplota krycího skla ve střední části | povrchová teplota krycího skla ve spodní části | rychlost proudění vzduchu v připojovacím potrubí | teplota okolního vzduchu | intenzita slunečního záření | hmotnostní průtok | rozdíl teplot $t_v - t_o$ | užitečný výkon kolektoru | účinnost kolektoru |
|-----------------------------|------------|----------------------------|-------------------|------------------------------|--|---|--|--|--------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| | t [hod] | t_v [°C] | t_{abs} [°C] | t_{izo} [°C] | t_{p1} [°C] | t_{p2} [°C] | t_{p3} [°C] | v [m/s] | t_o [°C] | I [W/m ²] | m [kg/s] | Δt [°C] | Q [W] | η [%] |
| I. etapy - RK plně uzavřena | 13:26 | 15,6 | 35,5 | 26,2 | 14,8 | 15,4 | 15,5 | 0,77 | 6,9 | 246 | 0,0077 | 8,7 | 67,50 | 22,9 |
| | 13:27 | 15,5 | 35,8 | 26,0 | 14,9 | 15,3 | 15,5 | 0,79 | 7,0 | 229 | 0,0079 | 8,5 | 67,39 | 24,5 |
| | 13:28 | 15,2 | 36,3 | 25,8 | 15,1 | 15,4 | 15,3 | 0,77 | 6,9 | 252 | 0,0077 | 8,3 | 65,84 | 22,6 |
| | 13:29 | 15,7 | 37,2 | 25,7 | 15,3 | 15,5 | 15,2 | 0,74 | 6,9 | 188 | 0,0073 | 8,8 | 63,29 | 23,1 |
| | 13:30 | 15,9 | 37,1 | 25,7 | 15,0 | 15,1 | 14,7 | 0,75 | 6,9 | 151 | 0,0075 | 9,0 | 65,08 | 26,5 |
| | 13:31 | 15,9 | 35,5 | 25,8 | 14,4 | 14,3 | 13,7 | 0,76 | 6,9 | 97 | 0,0076 | 9,0 | 67,17 | 32,5 |
| | 13:32 | 14,9 | 31,7 | 25,6 | 13,3 | 13,1 | 12,1 | 0,70 | 6,9 | 78 | 0,0070 | 8,0 | 61,26 | 39,7 |
| | 13:33 | 15,6 | 31,4 | 25,4 | 13,6 | 13,4 | 12,3 | 0,73 | 6,8 | 79 | 0,0072 | 8,8 | 63,42 | 52,2 |
| | 13:34 | 15,2 | 32,8 | 25,0 | 13,9 | 13,6 | 12,4 | 0,73 | 6,8 | 90 | 0,0072 | 8,4 | 62,10 | 60,2 |
| | 13:35 | 15,5 | 33,0 | 24,7 | 13,8 | 13,4 | 12,1 | 0,73 | 6,6 | 93 | 0,0072 | 8,9 | 61,92 | 60,7 |
| | 13:36 | 15,2 | 33,9 | 24,4 | 14,2 | 13,9 | 12,5 | 0,73 | 6,6 | 161 | 0,0073 | 8,6 | 63,80 | 50,3 |
| | 13:37 | 16,2 | 35,4 | 24,3 | 14,6 | 14,3 | 12,8 | 0,74 | 6,6 | 114 | 0,0073 | 9,6 | 65,39 | 47,6 |
| | 13:38 | 16,7 | 36,6 | 24,1 | 14,9 | 14,4 | 12,8 | 0,71 | 6,6 | 94 | 0,0071 | 10,1 | 66,09 | 47,7 |
| | 13:39 | 16,8 | 37,1 | 24,0 | 15,3 | 14,7 | 13,0 | 0,70 | 6,6 | 59 | 0,0070 | 10,2 | 67,65 | 52,7 |
| | 13:40 | 16,9 | 37,9 | 24,1 | 15,5 | 14,7 | 12,9 | 0,74 | 6,5 | 57 | 0,0073 | 10,4 | 74,36 | 76,5 |
| | 13:41 | 17,2 | 38,5 | 24,2 | 15,5 | 14,7 | 12,7 | 0,76 | 6,5 | 93 | 0,0076 | 10,7 | 78,82 | 86,7 |
| | 13:42 | 16,9 | 38,4 | 24,2 | 15,2 | 14,2 | 12,4 | 0,73 | 6,5 | 170 | 0,0072 | 10,4 | 76,13 | 67,0 |
| | 13:43 | 17,3 | 38,4 | 24,4 | 15,3 | 14,2 | 12,2 | 0,79 | 6,5 | 169 | 0,0079 | 10,8 | 83,98 | 57,2 |
| | 13:44 | 17,2 | 38,4 | 24,4 | 15,3 | 14,3 | 12,4 | 0,71 | 6,5 | 112 | 0,0070 | 10,7 | 75,41 | 46,2 |
| | 13:45 | 17,0 | 38,5 | 24,5 | 15,3 | 14,4 | 12,5 | 0,74 | 6,5 | 127 | 0,0074 | 10,5 | 78,65 | 45,4 |
| | 13:46 | 17,8 | 38,6 | 24,5 | 15,5 | 14,6 | 12,7 | 0,70 | 6,5 | 92 | 0,0069 | 11,3 | 75,80 | 50,5 |
| | 13:47 | 17,9 | 39,0 | 24,5 | 15,7 | 14,8 | 12,8 | 0,74 | 6,5 | 69 | 0,0073 | 11,4 | 81,29 | 67,7 |
| | 13:48 | 17,6 | 39,2 | 24,5 | 15,6 | 14,7 | 12,9 | 0,74 | 6,5 | 67 | 0,0073 | 11,1 | 81,74 | 76,8 |
| | 13:49 | 18,6 | 39,3 | 24,5 | 15,7 | 14,9 | 13,1 | 0,69 | 6,5 | 74 | 0,0069 | 12,1 | 79,61 | 87,9 |
| | 13:50 | 18,2 | 39,4 | 24,5 | 15,9 | 15,0 | 13,1 | 0,71 | 6,5 | 76 | 0,0071 | 11,7 | 82,87 | 96,6 |
| | 13:51 | 18,2 | 39,0 | 24,6 | 15,4 | 14,5 | 12,7 | 0,74 | 6,5 | 77 | 0,0073 | 11,7 | 86,29 | 97,8 |
| | 13:52 | 18,1 | 36,5 | 24,6 | 14,3 | 13,3 | 11,5 | 0,73 | 6,4 | 74 | 0,0072 | 11,7 | 85,71 | 94,9 |
| | 13:53 | 17,2 | 35,5 | 24,7 | 14,4 | 13,5 | 11,7 | 0,75 | 6,4 | 70 | 0,0075 | 10,8 | 86,19 | 96,7 |
| | 13:54 | 17,7 | 34,7 | 24,4 | 14,1 | 13,0 | 11,4 | 0,73 | 6,4 | 68 | 0,0073 | 11,3 | 83,51 | 96,3 |
| | 13:55 | 17,8 | 35,2 | 24,3 | 14,3 | 13,3 | 11,8 | 0,72 | 6,4 | 70 | 0,0071 | 11,4 | 81,34 | 96,1 |
| 13:56 | 17,9 | 36,0 | 24,1 | 14,6 | 13,7 | 11,9 | 0,71 | 6,4 | 77 | 0,0070 | 11,5 | 79,81 | 93,3 | |
| 13:57 | 17,3 | 36,6 | 23,9 | 14,7 | 13,7 | 11,8 | 0,68 | 6,4 | 78 | 0,0068 | 10,9 | 77,04 | 87,6 | |
| 13:58 | 18,3 | 37,1 | 23,7 | 14,8 | 13,7 | 11,6 | 0,70 | 6,4 | 78 | 0,0069 | 11,9 | 79,71 | 87,7 | |
| 13:59 | 18,5 | 37,4 | 23,6 | 14,8 | 13,7 | 11,8 | 0,70 | 6,4 | 84 | 0,0069 | 12,1 | 81,08 | 85,3 | |
| 14:00 | 18,1 | 37,7 | 23,5 | 14,7 | 13,6 | 11,7 | 0,73 | 6,3 | 90 | 0,0072 | 11,8 | 85,26 | 86,1 | |
| 14:01 | 18,2 | 37,5 | 23,5 | 14,8 | 13,6 | 11,8 | 0,71 | 6,3 | 80 | 0,0070 | 11,9 | 84,59 | 84,9 | |
| 14:02 | 18,7 | 37,4 | 23,5 | 14,7 | 13,5 | 11,6 | 0,73 | 6,3 | 73 | 0,0073 | 12,4 | 88,62 | 90,3 | |
| 14:03 | 17,4 | 36,4 | 23,5 | 14,3 | 12,9 | 11,0 | 0,71 | 6,3 | 68 | 0,0071 | 11,1 | 84,17 | 90,2 | |
| 14:04 | 17,9 | 36,2 | 23,5 | 14,3 | 13,1 | 11,2 | 0,70 | 6,3 | 64 | 0,0069 | 11,6 | 82,13 | 96,1 | |
| 14:05 | 17,9 | 36,4 | 23,5 | 14,4 | 13,2 | 11,2 | 0,69 | 6,3 | 67 | 0,0068 | 11,6 | 80,54 | 98,7 | |

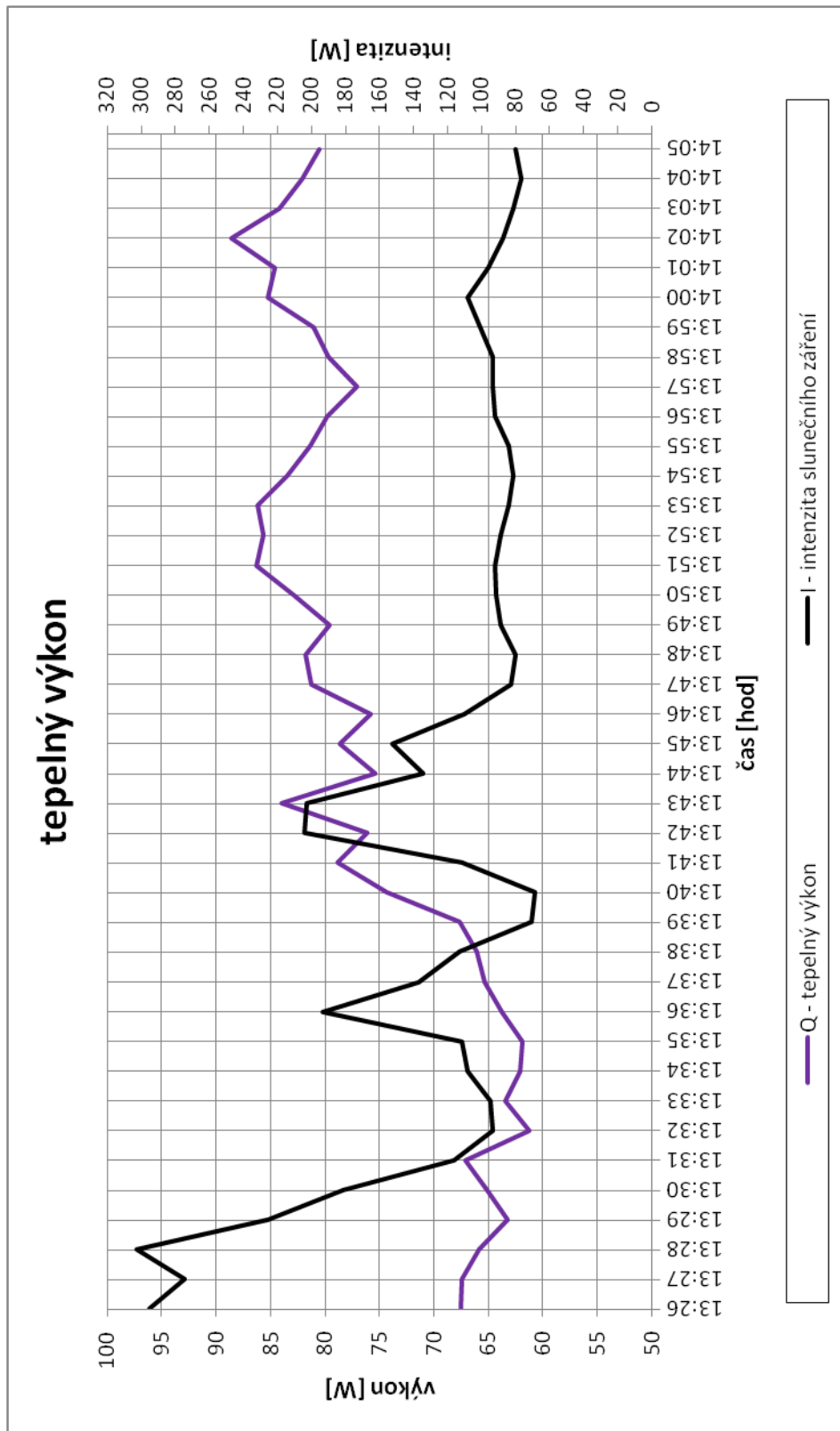


Graf 5: průběh teplot a intenzity slunečního záření - I. etapa 2. měření

Vyhodnocení 2. měření – RK zcela uzavřena

Z grafu 5 je patrný rozdíl výsledné a okolní teploty, který byl před začátkem měření 9 °C. Kolektor měl při převozu teplotu interiéru, kde byl skladován. Jelikož začátek měření byl zahájen ihned po převozu na určené místo, nedošlo k vyrovnání teplot. Z grafu je ale zřejmé, že po 4 minutách od počátku měření se teploty (t_v , t_{p1} , t_{p2} , t_{p3}) začaly měnit. Nastal mírný nárůst výsledné teploty v připojeném potrubí o 3 °C, vzduch v tomto místě se nadále pohyboval okolo 18 °C. U Povrchové teploty skla v horní a střední části byl zaznamenán po uplynutí teplotního útlumu pokles, ovšem vlivem dopadajícího slunečního záření na plochu krycího skla se teploty pozvolna zvyšovaly. V posledních 10 minutách je vidět mírný pokles, neboť nepůsobila již přímá složka slunečního záření, nýbrž pouze difúzní. Největší oscilace byla zaznamenána u průběhu teploty absorbéru. Z grafu je zřetelná závislost průběhu teplot absorbéru a slunečního záření. Hliníkový absorbér reaguje velmi rychle na změnu slunečního záření, neboť má vysoký součinitel tepelné vodivosti, $\lambda = 237 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, a poměrně malou měrnou tepelnou kapacitu, $c = 896 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Reakce na změnu dopadajícího množství slunečního záření je téměř okamžitá. Na průběhu teploty izolace je vidět pokles teploty s jistým zpožděním. Během 4 minut došlo ke snížení slunečního záření, kdežto k poklesu teploty došlo během 8 minut. Teplotní útlum byl tedy 4 minuty.

V nadcházejícím grafu 6 je průběh tepelného výkonu v závislosti na intenzitě slunečního záření.

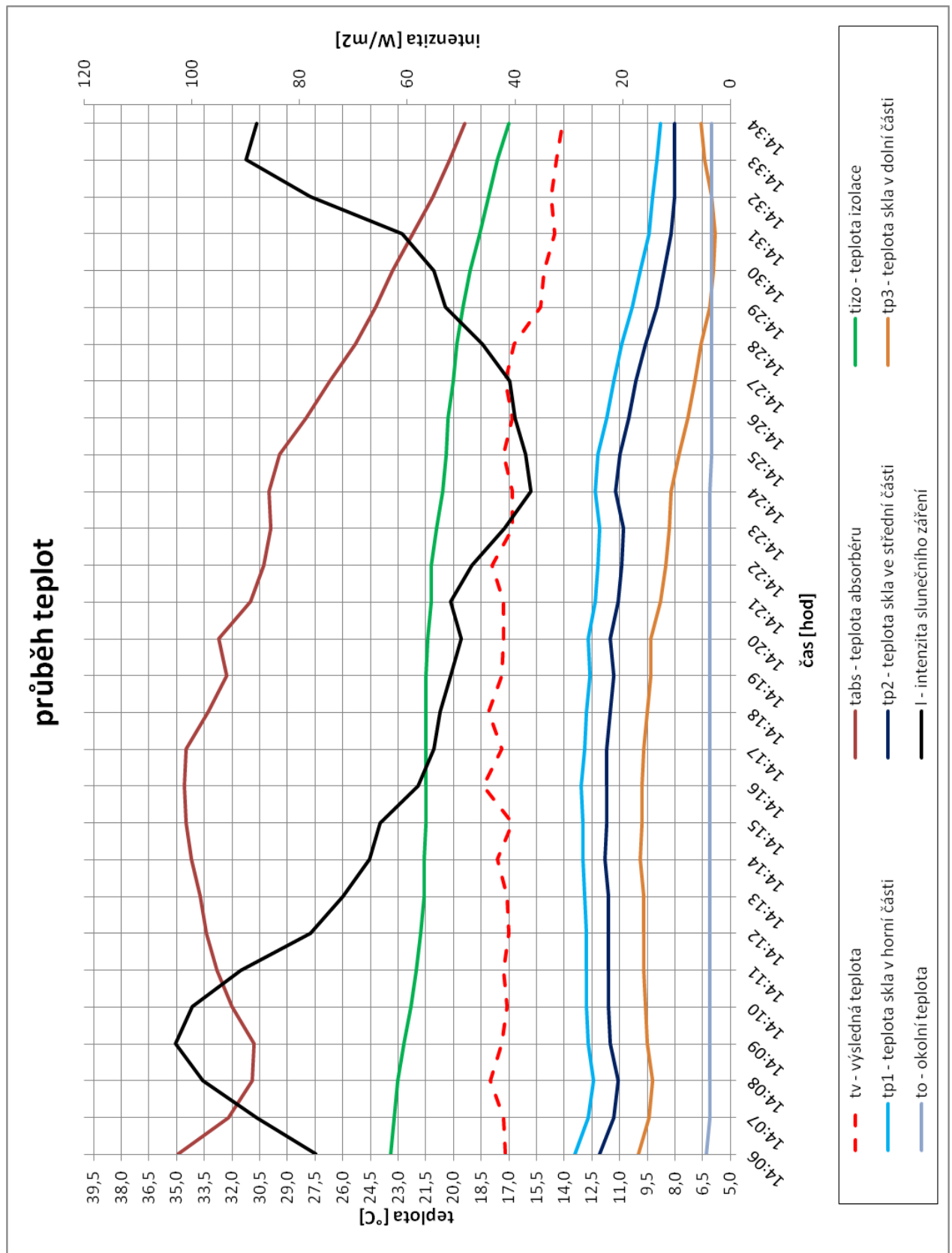


Graf 6: průběh tepelného výkonu a intenzity slunečního záření – I. etapa – 2. měření

18.2.2 2. měření II. etapy – regulační klapka částečně otevřena

Tabulka 4: výsledky 2.měření II. etapy – RK částečně otevřena

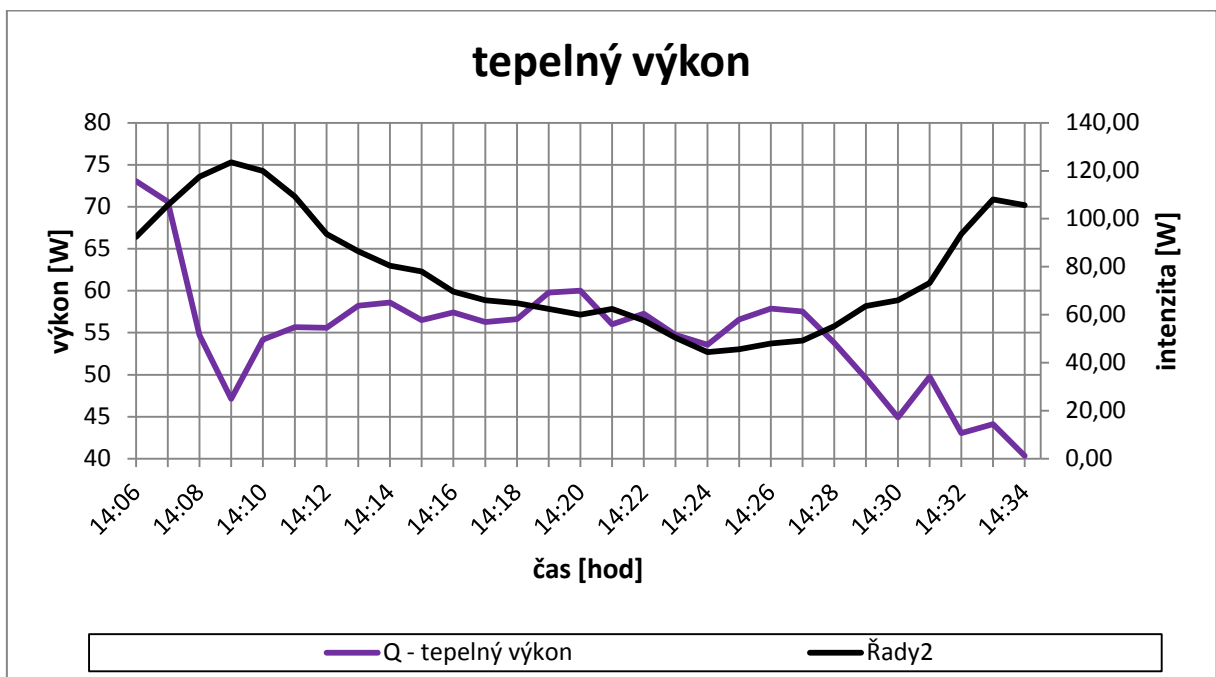
| 2. měření dne 31.10.2012 | čas měření | výsledná teplota v potrubí | teplota absorberu | teplota zadní strany izolace | povrchová teplota krycího skla ve vrchní části | povrchová teplota krycího skla ve střední části | povrchová teplota krycího skla ve spodní části | rychlost proudění vzduchu v přípojovacím potrubí | teplota okolního vzduchu | intenzita slunečního záření | hmotnostní průtok | rozdíl teplot $t_v - t_o$ | užitečný výkon kolektoru | účinnost kolektoru |
|--------------------------------|------------|----------------------------|-------------------|------------------------------|--|---|--|--|--------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| | t [hod] | t_v [°C] | t_{abs} [°C] | t_{izo} [°C] | t_{p1} [°C] | t_{p2} [°C] | t_{p3} [°C] | v [m/s] | t_o [°C] | I [W/m ²] | m [kg/s] | Δt [°C] | Q [W] | η [%] |
| II. etapa - RK otevřena na 25% | 14:06 | 17,2 | 34,9 | 23,4 | 13,4 | 12,1 | 10,0 | 0,64 | 6,3 | 77 | 0,0063 | 10,9 | 73,05 | 88,2 |
| | 14:07 | 17,3 | 32,2 | 23,2 | 12,7 | 11,3 | 9,4 | 0,62 | 6,1 | 88 | 0,0062 | 11,2 | 70,59 | 79,5 |
| | 14:08 | 18,0 | 30,9 | 23,0 | 12,4 | 11,1 | 9,2 | 0,48 | 6,1 | 98 | 0,0048 | 11,9 | 54,71 | 55,3 |
| | 14:09 | 17,4 | 30,8 | 22,7 | 12,7 | 11,5 | 9,5 | 0,42 | 6,1 | 103 | 0,0041 | 11,3 | 47,11 | 42,9 |
| | 14:10 | 17,1 | 32,0 | 22,3 | 12,8 | 11,6 | 9,6 | 0,48 | 6,1 | 100 | 0,0047 | 11,0 | 54,17 | 46,4 |
| | 14:11 | 17,3 | 32,8 | 22,0 | 12,8 | 11,6 | 9,7 | 0,49 | 6,1 | 91 | 0,0049 | 11,2 | 55,65 | 47,3 |
| | 14:12 | 17,0 | 33,4 | 21,8 | 12,8 | 11,6 | 9,7 | 0,50 | 6,1 | 78 | 0,0050 | 10,9 | 55,58 | 49,8 |
| | 14:13 | 17,1 | 33,7 | 21,6 | 12,9 | 11,6 | 9,7 | 0,53 | 6,1 | 72 | 0,0052 | 11,0 | 58,23 | 56,9 |
| | 14:14 | 17,6 | 34,2 | 21,6 | 13,0 | 11,8 | 9,9 | 0,52 | 6,1 | 67 | 0,0052 | 11,5 | 58,59 | 63,4 |
| | 14:15 | 16,8 | 34,5 | 21,5 | 13,0 | 11,7 | 9,8 | 0,51 | 6,1 | 65 | 0,0051 | 10,7 | 56,50 | 66,8 |
| | 14:16 | 18,4 | 34,6 | 21,5 | 13,1 | 11,7 | 9,8 | 0,50 | 6,1 | 58 | 0,0050 | 12,3 | 57,40 | 73,0 |
| | 14:17 | 17,4 | 34,5 | 21,5 | 12,9 | 11,7 | 9,7 | 0,49 | 6,1 | 55 | 0,0049 | 11,3 | 56,29 | 76,6 |
| | 14:18 | 18,1 | 33,3 | 21,5 | 12,8 | 11,5 | 9,5 | 0,49 | 6,1 | 54 | 0,0049 | 12,0 | 56,60 | 81,3 |
| | 14:19 | 17,4 | 32,3 | 21,5 | 12,6 | 11,3 | 9,3 | 0,51 | 6,1 | 52 | 0,0051 | 11,3 | 59,78 | 91,0 |
| | 14:20 | 17,3 | 32,7 | 21,4 | 12,7 | 11,5 | 9,3 | 0,52 | 6,1 | 50 | 0,0052 | 11,2 | 60,02 | 94,8 |
| | 14:21 | 17,3 | 31,0 | 21,2 | 12,3 | 11,1 | 8,8 | 0,49 | 6,1 | 52 | 0,0049 | 11,2 | 56,02 | 89,8 |
| | 14:22 | 17,9 | 30,3 | 21,2 | 12,2 | 10,9 | 8,5 | 0,50 | 6,1 | 48 | 0,0050 | 11,8 | 57,26 | 83,3 |
| | 14:23 | 16,8 | 29,9 | 20,9 | 12,1 | 10,8 | 8,3 | 0,49 | 6,1 | 42 | 0,0048 | 10,7 | 54,74 | 84,0 |
| | 14:24 | 16,8 | 30,0 | 20,6 | 12,3 | 11,2 | 8,2 | 0,48 | 6,1 | 37 | 0,0048 | 10,7 | 53,56 | 87,0 |
| | 14:25 | 17,3 | 29,4 | 20,4 | 12,2 | 11,0 | 7,8 | 0,51 | 6,0 | 38 | 0,0050 | 11,3 | 56,58 | 97,0 |
| 14:26 | 16,8 | 28,0 | 20,3 | 11,7 | 10,5 | 7,3 | 0,53 | 6,0 | 40 | 0,0053 | 10,8 | 57,86 | 92,5 | |
| 14:27 | 17,2 | 26,7 | 20,0 | 11,3 | 10,1 | 6,9 | 0,52 | 6,0 | 41 | 0,0052 | 11,2 | 57,52 | 96,0 | |
| 14:28 | 16,7 | 25,3 | 19,8 | 10,9 | 9,6 | 6,6 | 0,49 | 6,0 | 46 | 0,0049 | 10,7 | 53,79 | 92,6 | |
| 14:29 | 15,3 | 24,2 | 19,5 | 10,3 | 9,0 | 6,1 | 0,47 | 6,0 | 53 | 0,0047 | 9,3 | 49,57 | 86,8 | |
| 14:30 | 15,1 | 23,3 | 19,1 | 9,9 | 8,6 | 5,9 | 0,45 | 6,0 | 55 | 0,0044 | 9,1 | 44,93 | 79,1 | |
| 14:31 | 14,5 | 22,2 | 18,6 | 9,4 | 8,2 | 5,8 | 0,53 | 6,0 | 61 | 0,0053 | 8,5 | 49,77 | 86,8 | |
| 14:32 | 14,7 | 21,1 | 18,1 | 9,2 | 8,0 | 6,0 | 0,48 | 6,0 | 78 | 0,0048 | 8,7 | 43,06 | 72,5 | |
| 14:33 | 14,4 | 20,2 | 17,6 | 9,0 | 8,0 | 6,4 | 0,51 | 6,0 | 90 | 0,0050 | 8,4 | 44,12 | 70,4 | |
| 14:34 | 14,1 | 19,4 | 17,0 | 8,8 | 8,0 | 6,6 | 0,48 | 6,0 | 88 | 0,0047 | 8,1 | 40,32 | 61,2 | |



Graf 7: průběh teplot a intenzity slunečního záření - II. etapa 2. měření

Vyhodnocení 2. měření – RK částečně otevřena

Okolní teplota se nikterak neměnila v porovnání s předchozími etapami, udržovala se i nadále okolo 6,5 °C. Vliv změny polohy regulační klapky se projevil zejména na snížení rychlosti w , tím také poklesl tepelný výkon Q (viz graf 8). Povrchové teploty skla se udržovaly na stejných hodnotách, ovšem v posledních 8 minutách se snížily o 3 °C. U výsledné teploty vzduchu nebyl zaznamenán vliv změny polohy RK ve sledované době. Největší kolísání teploty bylo zaznamenáno u absorbéru. Ve 14:09 hod se začala snižovat intenzita slunečního záření a po 8 minutách i teplota absorbéru, která po zbytek této etapy měření klesala.

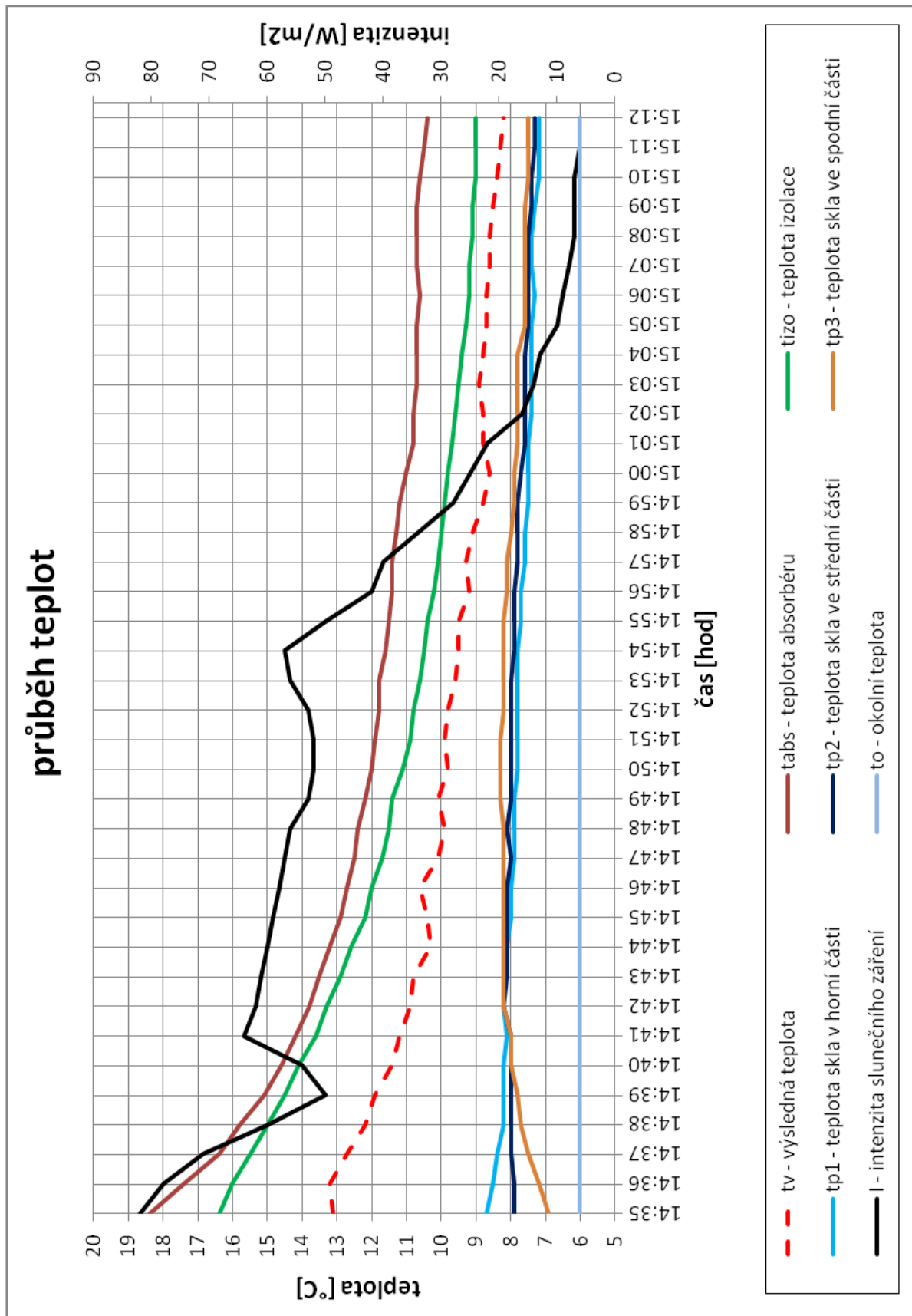


Graf 8: průběh tepelného výkonu 2. etapa – 2. měření

18.2.3 2. měření - III. etapa – regulační klapka uzavřena/otevřena

Tabulka 5: výsledky 2.měření III. etapy – RK uzavřena/otevřena

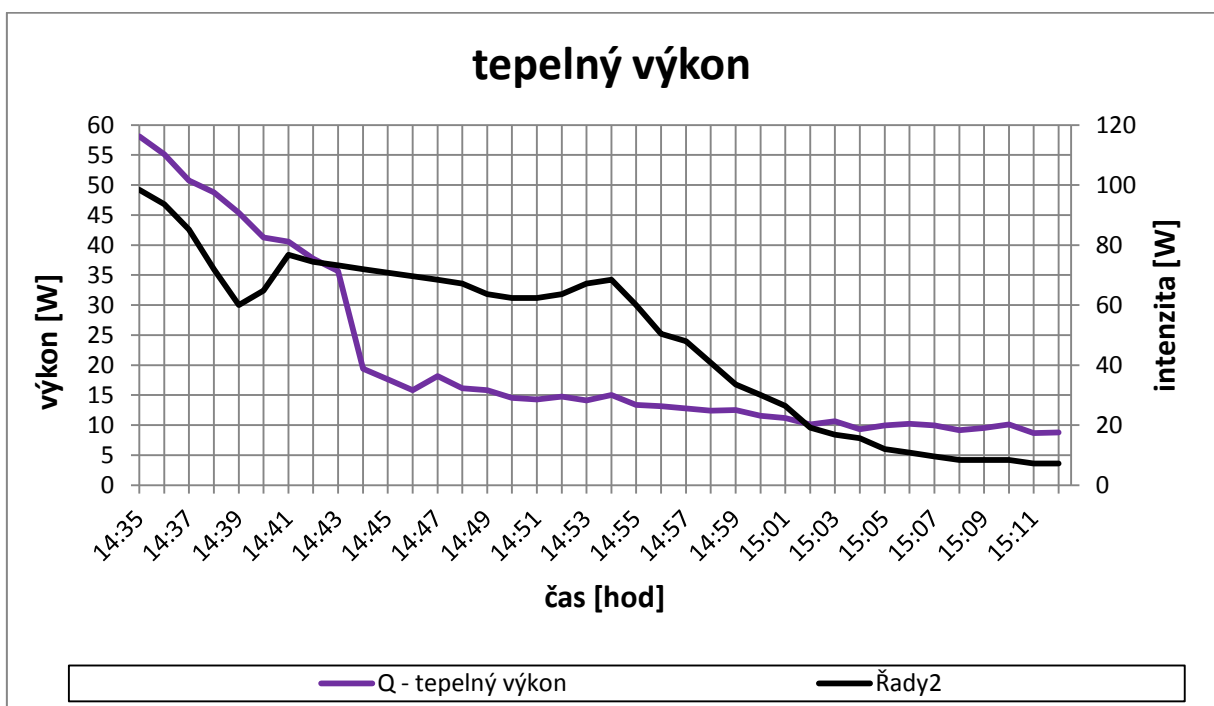
| 2. měření dne 31.10.2012 | čas měření | výsledná teplota v potrubí | teplota absorbéru | teplota zadní strany izolace | povrchová teplota krycího skla ve vrchní části | povrchová teplota krycího skla ve střední části | povrchová teplota krycího skla ve spodní části | rychlost proudění vzduchu v připojovacím potrubí | teplota okolního vzduchu | intenzita slunečního záření | hmotnostní průtok | rozdíl teplot $t_v - t_o$ | užitečný výkon kolektoru | účinnost kolektoru |
|-------------------------------|------------|----------------------------|-------------------|------------------------------|--|---|--|--|--------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| | t [hod] | t_v [°C] | t_{abs} [°C] | t_{izo} [°C] | t_{p1} [°C] | t_{p2} [°C] | t_{p3} [°C] | v [m/s] | t_o [°C] | I [W/m ²] | m [kg/s] | Δt [°C] | Q [W] | η [%] |
| III. etapa - RK plně uzavřena | 14:35 | 13,1 | 18,4 | 16,4 | 8,7 | 7,9 | 6,9 | 0,72 | 6,0 | 82 | 0,0071 | 7,1 | 58,12 | 57,3 |
| | 14:36 | 13,2 | 17,4 | 16,0 | 8,5 | 7,9 | 7,2 | 0,71 | 6,0 | 78 | 0,0071 | 7,2 | 55,12 | 54,4 |
| | 14:37 | 12,7 | 16,4 | 15,5 | 8,4 | 8,0 | 7,5 | 0,70 | 6,0 | 71 | 0,0069 | 6,7 | 50,75 | 53,0 |
| | 14:38 | 12,2 | 15,8 | 15,0 | 8,2 | 8,0 | 7,7 | 0,72 | 6,0 | 60 | 0,0071 | 6,2 | 48,77 | 55,9 |
| | 14:39 | 11,9 | 15,1 | 14,5 | 8,2 | 8,0 | 7,8 | 0,70 | 6,0 | 50 | 0,0069 | 5,9 | 45,35 | 58,4 |
| | 14:40 | 11,4 | 14,6 | 14,1 | 8,2 | 8,0 | 8,0 | 0,68 | 6,0 | 54 | 0,0068 | 5,4 | 41,26 | 58,5 |
| | 14:41 | 11,2 | 14,2 | 13,6 | 8,1 | 8,0 | 8,0 | 0,71 | 6,0 | 64 | 0,0071 | 5,2 | 40,55 | 59,3 |
| | 14:42 | 10,9 | 13,8 | 13,3 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 0,70 | 6,0 | 62 | 0,0070 | 4,9 | 37,74 | 54,7 |
| | 14:43 | 10,8 | 13,5 | 12,9 | 8,2 | 8,1 | 8,2 | 0,70 | 6,0 | 61 | 0,0070 | 4,8 | 35,67 | 49,3 |
| | 14:44 | 10,3 | 13,2 | 12,6 | 8,1 | 8,1 | 8,2 | 0,40 | 6,0 | 60 | 0,0040 | 4,3 | 19,40 | 26,2 |
| III. etapa - RK plně otevřena | 14:45 | 10,4 | 12,9 | 12,2 | 8,0 | 8,1 | 8,2 | 0,39 | 6,1 | 59 | 0,0038 | 4,3 | 17,66 | 24,3 |
| | 14:46 | 10,6 | 12,7 | 12,0 | 8,0 | 8,1 | 8,2 | 0,35 | 6,1 | 58 | 0,0035 | 4,5 | 15,81 | 22,1 |
| | 14:47 | 10,1 | 12,5 | 11,7 | 7,9 | 8,0 | 8,2 | 0,42 | 6,0 | 57 | 0,0042 | 4,1 | 18,17 | 25,9 |
| | 14:48 | 9,9 | 12,4 | 11,5 | 7,9 | 8,1 | 8,2 | 0,38 | 6,0 | 56 | 0,0038 | 3,9 | 16,16 | 23,2 |
| | 14:49 | 10,1 | 12,2 | 11,4 | 7,9 | 8,0 | 8,3 | 0,38 | 6,0 | 53 | 0,0038 | 4,1 | 15,80 | 23,0 |
| | 14:50 | 9,8 | 12,0 | 11,1 | 7,8 | 8,0 | 8,3 | 0,37 | 6,1 | 52 | 0,0036 | 3,7 | 14,53 | 21,5 |
| | 14:51 | 9,9 | 11,9 | 10,9 | 7,8 | 8,0 | 8,3 | 0,37 | 6,0 | 52 | 0,0036 | 3,9 | 14,29 | 21,3 |
| | 14:52 | 9,8 | 11,8 | 10,8 | 7,8 | 8,0 | 8,2 | 0,38 | 6,0 | 53 | 0,0038 | 3,8 | 14,75 | 22,1 |
| | 14:53 | 9,6 | 11,8 | 10,6 | 7,8 | 8,0 | 8,2 | 0,38 | 6,0 | 56 | 0,0037 | 3,6 | 14,13 | 22,1 |
| | 14:54 | 9,5 | 11,6 | 10,5 | 7,8 | 7,9 | 8,2 | 0,40 | 6,0 | 57 | 0,0040 | 3,5 | 15,01 | 22,4 |
| | 14:55 | 9,5 | 11,5 | 10,4 | 7,7 | 7,9 | 8,2 | 0,37 | 6,0 | 50 | 0,0037 | 3,5 | 13,38 | 20,3 |
| | 14:56 | 9,2 | 11,4 | 10,2 | 7,7 | 7,9 | 8,1 | 0,38 | 6,0 | 42 | 0,0038 | 3,2 | 13,18 | 20,6 |
| | 14:57 | 9,3 | 11,4 | 10,1 | 7,6 | 7,8 | 8,1 | 0,38 | 6,0 | 40 | 0,0038 | 3,3 | 12,81 | 20,7 |
| | 14:58 | 9,1 | 11,3 | 10,0 | 7,6 | 7,8 | 8,0 | 0,38 | 6,0 | 34 | 0,0038 | 3,1 | 12,38 | 20,8 |
| | 14:59 | 8,8 | 11,2 | 9,9 | 7,5 | 7,8 | 7,9 | 0,40 | 6,0 | 28 | 0,0040 | 2,8 | 12,49 | 22,1 |
| | 15:00 | 8,6 | 11,0 | 9,8 | 7,5 | 7,7 | 7,9 | 0,39 | 6,0 | 25 | 0,0039 | 2,6 | 11,58 | 21,7 |
| | 15:01 | 8,8 | 10,8 | 9,7 | 7,5 | 7,6 | 7,8 | 0,40 | 6,0 | 22 | 0,0039 | 2,8 | 11,20 | 22,4 |
| | 15:02 | 8,8 | 10,8 | 9,6 | 7,4 | 7,6 | 7,8 | 0,37 | 6,0 | 16 | 0,0036 | 2,8 | 10,11 | 21,9 |
| | 15:03 | 8,9 | 10,7 | 9,5 | 7,4 | 7,6 | 7,8 | 0,38 | 6,0 | 14 | 0,0038 | 2,9 | 10,67 | 25,5 |
| | 15:04 | 8,8 | 10,7 | 9,4 | 7,4 | 7,6 | 7,8 | 0,33 | 6,0 | 13 | 0,0033 | 2,8 | 9,32 | 25,1 |
| 15:05 | 8,7 | 10,7 | 9,3 | 7,4 | 7,5 | 7,6 | 0,36 | 6,0 | 10 | 0,0035 | 2,7 | 9,97 | 31,1 | |
| 15:06 | 8,7 | 10,6 | 9,2 | 7,3 | 7,5 | 7,6 | 0,37 | 6,0 | 9 | 0,0037 | 2,7 | 10,24 | 37,1 | |
| 15:07 | 8,6 | 10,7 | 9,2 | 7,4 | 7,5 | 7,6 | 0,37 | 6,0 | 8 | 0,0037 | 2,6 | 9,96 | 41,7 | |
| 15:08 | 8,6 | 10,7 | 9,1 | 7,4 | 7,5 | 7,6 | 0,35 | 6,0 | 7 | 0,0034 | 2,6 | 9,16 | 45,1 | |
| 15:09 | 8,5 | 10,7 | 9,1 | 7,3 | 7,4 | 7,6 | 0,37 | 6,0 | 7 | 0,0036 | 2,5 | 9,53 | 54,9 | |
| 15:10 | 8,4 | 10,6 | 9,0 | 7,2 | 7,4 | 7,5 | 0,40 | 6,0 | 7 | 0,0040 | 2,4 | 10,11 | 67,1 | |
| 15:11 | 8,3 | 10,5 | 9,0 | 7,2 | 7,3 | 7,5 | 0,35 | 6,0 | 6 | 0,0035 | 2,3 | 8,69 | 66,9 | |
| 15:12 | 8,2 | 10,4 | 9,0 | 7,2 | 7,3 | 7,5 | 0,37 | 6,0 | 6 | 0,0037 | 2,2 | 8,76 | 78,0 | |



Graf 9: průběh teplot a intenzity slunečního záření - III. etapa 2. měření

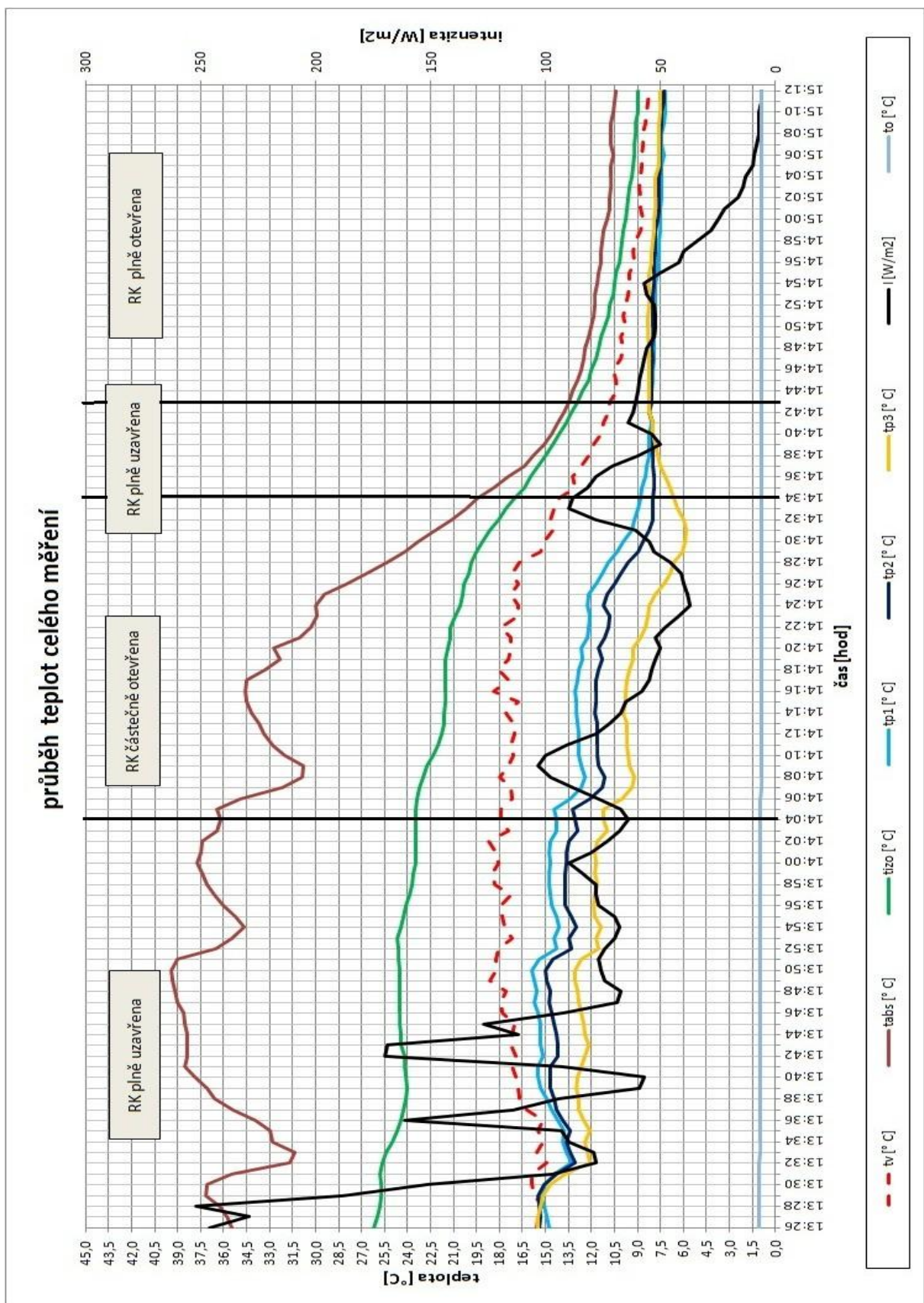
Vyhodnocení 2. měření – RK zcela uzavřena/otevřena

V poslední části tohoto měření již na absorbér nedopadalo přímé sluneční záření. Docházelo tedy k vychládání zařízení. Rychlost vychládání je patrná z grafu 9. Po půl hodině klesla výsledná teplota o 5 °C, obdobný průběh měly i teploty absorbéru a izolace. Povrchové teploty skla, měřené ve 3 bodech měli téměř konstantní průběh, v závěrečných 6 minutách poklesly o 0,5 °C. z grafu 10 je patrný pokles tepelného výkonu s klesající intenzitou.

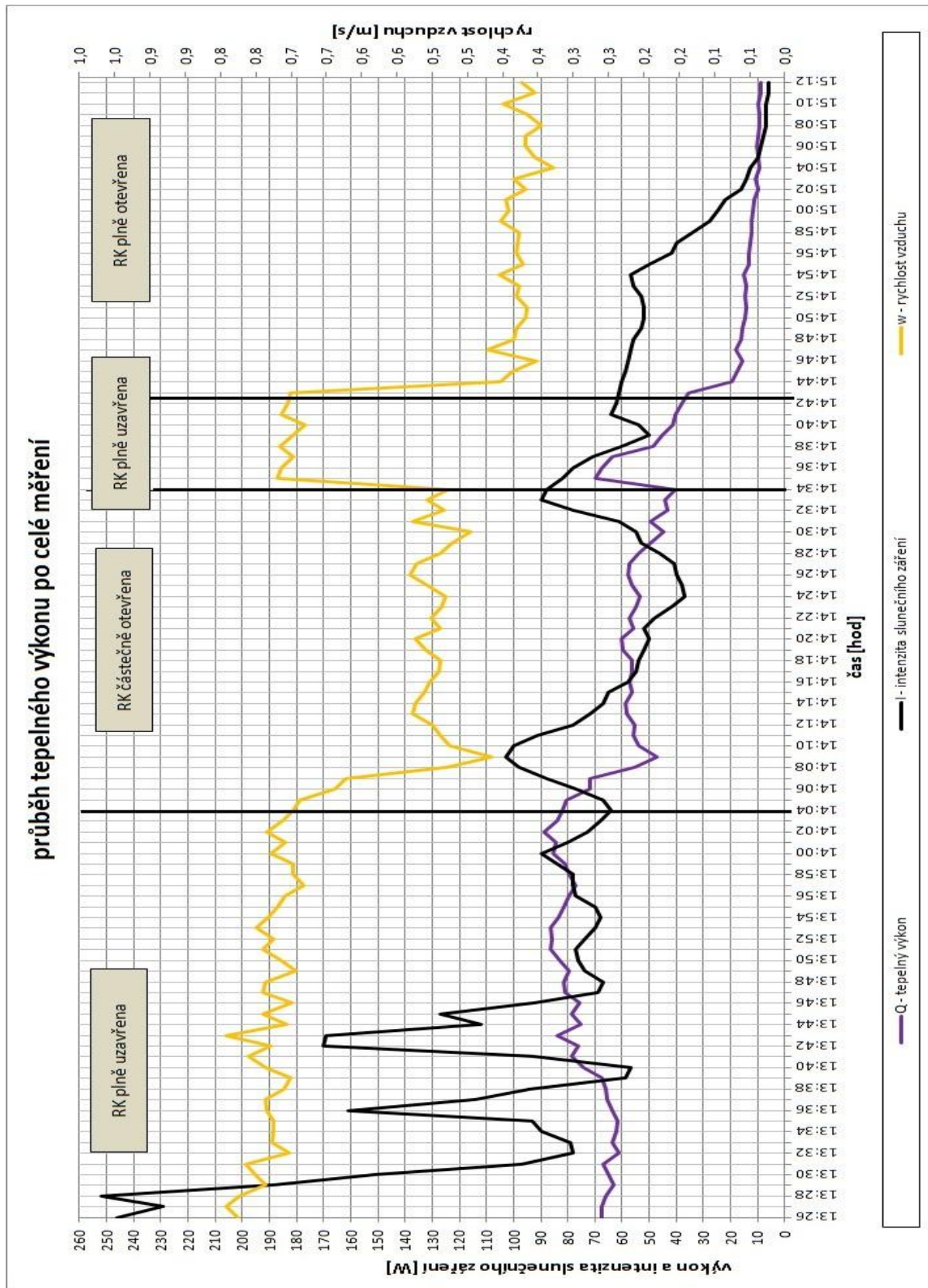


Graf 10: průběh tepelného výkonu 2. měření - III. etapa

Na grafu 11 je vidět celkový průběh teplot po celou dobu měření a význam změn, které byly vyvolány změnou rychlosti proudění vzduchu. Je také patrné, jak se měnilo sluneční záření (slunce za mrakem/jasná obloha), to se nejvíce podepsalo na tepelném chování absorbéru, který jak již bylo řečeno na tuhle změnu reaguje nejrychleji, díky svým fyzikálním vlastnostem (nízká měrná tepelná kapacita, vysoká tepelná vodivost). Z grafu 12 vidíme, že rychlost vzduchu v přípojném potrubí se při poloze regulační klapka uzavřena pohybovala v průměru 0,7 m/s. V čase, kdy bylo částečně umožněno nasávat vzduch i z boční větve se rychlost snížila na 0,5 m/s.



Graf 11: celkový průběh teplot 2. měření



Graf 12: průběh tepelného výkonu za celou dobu 2.měření

18.3 Výsledky z 3. měření

Poslední měření se uskutečnilo 5. 12. 2012



Graf 13: snímek z poslední měření

Vstupní hodnoty:

| | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| hustota vzduchu ρ | 1,244 kg/m ³ |
| tepelná kapacita vzduchu c | 1006 J/kg.K |
| Rychlost větru | 1,2 m/s |
| Průměrná venkovní teplota vzduchu | 1,7 °C |
| Časový krok | 1 minuta |
| Doba měření | 70 minut |

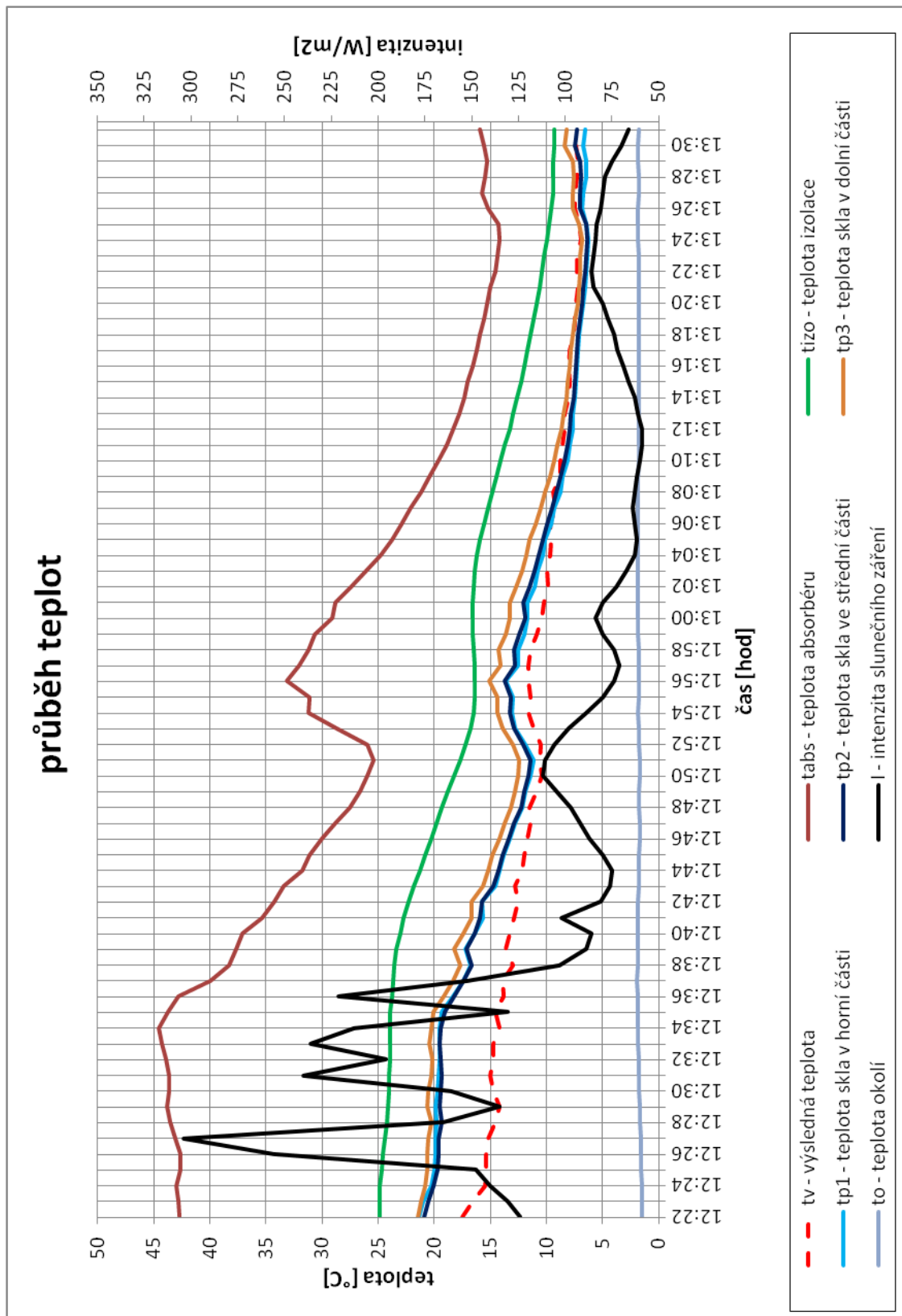
18.3.1 3. měření – RK zcela uzavřena, bez použití stínícího roštu

Tabulka 6: výsledky 3. měření - 1. část

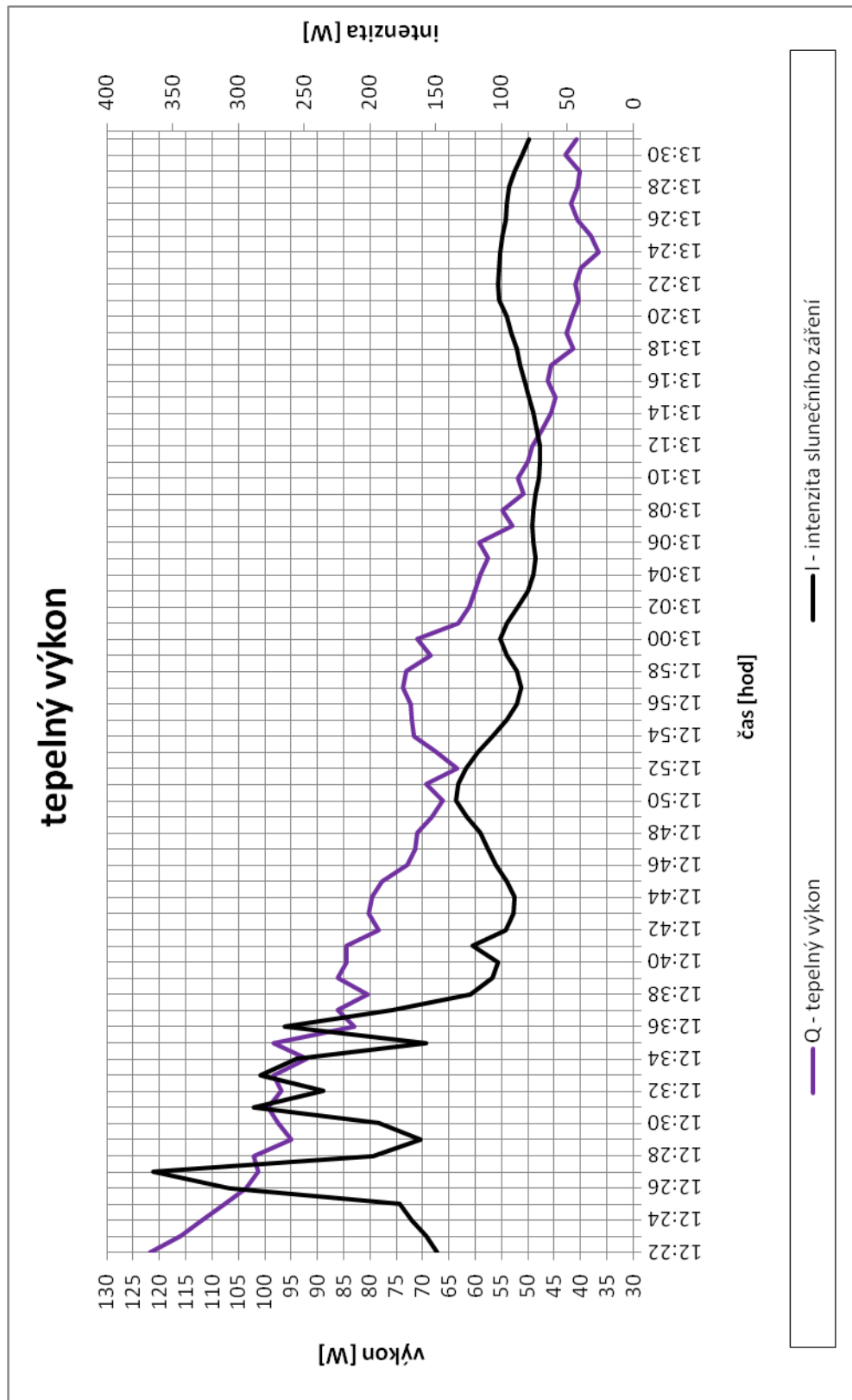
| 3. měření dne 5.12.2012 | | čas měření | výsledná teplota v potrubí | teplota absorberu | teplota zadní strany izolace | povrchová teplota krycího skla ve vrchní části | povrchová teplota krycího skla ve střední části | povrchová teplota krycího skla ve spodní části | rychlost proudění vzduchu v připojovacím potrubí | teplota okolního vzduchu | intenzita slunečního záření | hmotnostní průtok | rozdíl teplot $t_v - t_o$ | užitečný výkon kolektoru | účinnost kolektoru |
|-------------------------|------------|----------------|----------------------------|-------------------|------------------------------|--|---|--|--|--------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| t [hod] | t_v [°C] | t_{abs} [°C] | t_{izo} [°C] | t_{p1} [°C] | t_{p2} [°C] | t_{p3} [°C] | v [m/s] | t_o [°C] | I [W/m ²] | m [kg/s] | Δt [°C] | Q [W] | η [%] | | |
| RK plně uzavřena | 12:22 | 17,5 | 42,7 | 24,9 | 21,4 | 20,9 | 21,5 | 0,78 | 1,5 | 124 | 0,0076 | 16,0 | 121,90 | 81,92 | |
| | 12:23 | 16,6 | 42,8 | 24,9 | 21,0 | 20,5 | 21,2 | 0,78 | 1,5 | 131 | 0,0076 | 15,1 | 115,92 | 73,74 | |
| | 12:24 | 15,5 | 43,0 | 24,9 | 20,3 | 20,1 | 20,8 | 0,81 | 1,5 | 140 | 0,0079 | 14,0 | 111,96 | 66,64 | |
| | 12:25 | 15,4 | 42,6 | 24,7 | 20,0 | 19,7 | 20,6 | 0,79 | 1,6 | 148 | 0,0077 | 13,8 | 107,55 | 60,56 | |
| | 12:26 | 15,4 | 42,6 | 24,6 | 19,9 | 19,6 | 20,6 | 0,76 | 1,6 | 256 | 0,0075 | 13,8 | 103,54 | 33,70 | |
| | 12:27 | 15,2 | 43,1 | 24,4 | 19,9 | 19,6 | 20,5 | 0,76 | 1,6 | 304 | 0,0074 | 13,6 | 101,24 | 27,75 | |
| | 12:28 | 14,6 | 43,5 | 24,2 | 19,8 | 19,3 | 20,3 | 0,80 | 1,7 | 165 | 0,0079 | 12,9 | 102,04 | 51,53 | |
| | 12:29 | 14,2 | 43,8 | 24,1 | 19,9 | 19,5 | 20,6 | 0,77 | 1,7 | 135 | 0,0075 | 12,5 | 94,87 | 58,56 | |
| | 12:30 | 14,7 | 43,6 | 24,0 | 19,7 | 19,4 | 20,5 | 0,77 | 1,8 | 161 | 0,0075 | 12,9 | 97,53 | 50,48 | |
| | 12:31 | 15,0 | 43,6 | 24,0 | 19,6 | 19,3 | 20,3 | 0,77 | 1,8 | 240 | 0,0075 | 13,2 | 99,42 | 34,52 | |
| | 12:32 | 14,7 | 43,9 | 23,9 | 19,5 | 19,4 | 20,2 | 0,76 | 1,8 | 196 | 0,0075 | 12,9 | 96,78 | 41,15 | |
| | 12:33 | 14,7 | 44,3 | 23,9 | 19,5 | 19,5 | 20,4 | 0,78 | 1,9 | 236 | 0,0076 | 12,8 | 98,27 | 34,70 | |
| | 12:34 | 14,2 | 44,5 | 23,9 | 19,5 | 19,4 | 20,3 | 0,76 | 1,9 | 213 | 0,0074 | 12,3 | 91,92 | 35,96 | |
| | 12:35 | 14,6 | 43,7 | 23,9 | 19,3 | 19,1 | 20,1 | 0,79 | 1,9 | 131 | 0,0077 | 12,7 | 98,24 | 62,49 | |
| | 12:36 | 13,8 | 42,8 | 23,8 | 18,3 | 18,2 | 19,2 | 0,71 | 1,9 | 221 | 0,0069 | 11,9 | 83,05 | 31,32 | |
| | 12:37 | 13,9 | 39,9 | 23,7 | 17,4 | 17,4 | 18,3 | 0,74 | 2 | 152 | 0,0072 | 11,9 | 86,17 | 47,24 | |
| | 12:38 | 13,0 | 38,3 | 23,6 | 16,8 | 16,7 | 17,7 | 0,74 | 1,9 | 103 | 0,0072 | 11,1 | 80,37 | 65,03 | |
| | 12:39 | 13,6 | 37,6 | 23,4 | 17,2 | 17,1 | 18,2 | 0,75 | 1,9 | 89 | 0,0073 | 11,7 | 86,08 | 80,60 | |
| | 12:40 | 13,3 | 37,1 | 23,0 | 16,4 | 16,4 | 17,4 | 0,75 | 1,9 | 86 | 0,0074 | 11,4 | 84,54 | 81,91 | |
| | 12:41 | 12,9 | 35,3 | 22,7 | 15,7 | 15,9 | 16,7 | 0,78 | 1,9 | 102 | 0,0076 | 11,0 | 84,45 | 68,99 | |
| | 12:42 | 12,5 | 34,2 | 22,3 | 15,8 | 15,8 | 16,7 | 0,75 | 1,9 | 81 | 0,0073 | 10,6 | 78,29 | 80,55 | |
| | 12:43 | 12,8 | 33,4 | 21,8 | 14,6 | 14,7 | 15,7 | 0,74 | 1,8 | 76 | 0,0073 | 11,0 | 80,29 | 88,04 | |
| | 12:44 | 12,2 | 31,8 | 21,3 | 14,2 | 14,3 | 15,2 | 0,78 | 1,8 | 75 | 0,0076 | 10,4 | 79,54 | 88,38 | |
| | 12:45 | 12,0 | 31,1 | 20,8 | 13,8 | 13,9 | 14,8 | 0,78 | 1,8 | 80 | 0,0076 | 10,2 | 77,71 | 80,95 | |
| | 12:46 | 11,7 | 30,0 | 20,3 | 13,3 | 13,4 | 14,2 | 0,74 | 1,7 | 87 | 0,0073 | 10,0 | 72,99 | 69,91 | |
| | 12:47 | 11,4 | 28,8 | 19,8 | 12,8 | 12,9 | 13,7 | 0,75 | 1,7 | 92 | 0,0073 | 9,7 | 71,36 | 64,64 | |
| | 12:48 | 11,5 | 27,5 | 19,3 | 12,2 | 12,3 | 13,2 | 0,75 | 1,8 | 97 | 0,0073 | 9,7 | 71,08 | 61,07 | |
| | 12:49 | 10,9 | 26,6 | 18,8 | 11,9 | 12,0 | 12,8 | 0,76 | 1,8 | 105 | 0,0075 | 9,1 | 68,27 | 54,19 | |
| | 12:50 | 10,4 | 26,0 | 18,2 | 11,4 | 11,6 | 12,5 | 0,78 | 1,7 | 112 | 0,0076 | 8,7 | 66,28 | 49,32 | |
| | 12:51 | 10,6 | 25,4 | 17,7 | 11,2 | 11,4 | 12,4 | 0,79 | 1,7 | 111 | 0,0077 | 8,9 | 69,36 | 52,07 | |
| | 12:52 | 10,5 | 26,0 | 17,2 | 11,9 | 12,1 | 13,0 | 0,74 | 1,8 | 106 | 0,0073 | 8,7 | 63,50 | 49,92 | |
| | 12:53 | 11,2 | 28,7 | 16,8 | 12,8 | 12,9 | 13,9 | 0,73 | 1,8 | 98 | 0,0071 | 9,4 | 67,52 | 57,41 | |
| | 12:54 | 11,6 | 31,2 | 16,5 | 13,1 | 13,3 | 14,4 | 0,75 | 1,9 | 89 | 0,0073 | 9,7 | 71,65 | 67,09 | |
| | 12:55 | 11,4 | 31,1 | 16,4 | 13,0 | 13,2 | 14,4 | 0,76 | 1,8 | 80 | 0,0075 | 9,6 | 72,02 | 75,03 | |
| | 12:56 | 11,6 | 33,1 | 16,4 | 13,6 | 13,7 | 15,1 | 0,75 | 1,8 | 74 | 0,0073 | 9,8 | 72,39 | 81,52 | |

Tabulka 7: výsledky 3. měření - 2. část

| 3. měření dne 5.12.2012 | čas měření | výsledná teplota v potrubí | teplota absorberu | teplota zadní strany izolace | povrchová teplota krycího skla ve vrchní části | povrchová teplota krycího skla ve střední části | povrchová teplota krycího skla ve spodní části | rychlost proudění vzduchu v připojovacím potrubí | teplota okolního vzduchu | intenzita slunečního záření | hmotnostní průtok | rozdíly teplot $t_v - t_o$ | užitečný výkon kolektoru | účinnost kolektoru |
|-------------------------|------------|----------------------------|-------------------|------------------------------|--|---|--|--|--------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| | t [hod] | t_v [°C] | t_{abs} [°C] | t_{izo} [°C] | t_{p1} [°C] | t_{p2} [°C] | t_{p3} [°C] | v [m/s] | t_o [°C] | I [W/m ²] | m [kg/s] | Δt [°C] | Q [W] | η [%] |
| RK plně uzavřena | 12:57 | 11,6 | 32,0 | 16,4 | 12,5 | 12,8 | 14,1 | 0,77 | 1,8 | 71 | 0,0075 | 9,8 | 73,81 | 86,63 |
| | 12:58 | 11,4 | 31,2 | 16,5 | 12,5 | 12,9 | 14,3 | 0,78 | 1,8 | 74 | 0,0076 | 9,6 | 73,14 | 82,37 |
| | 12:59 | 10,9 | 30,7 | 16,6 | 12,0 | 12,4 | 13,6 | 0,78 | 1,9 | 80 | 0,0076 | 9,0 | 68,57 | 71,43 |
| | 13:00 | 10,4 | 29,1 | 16,6 | 11,7 | 11,9 | 13,3 | 0,85 | 1,9 | 84 | 0,0083 | 8,5 | 70,94 | 70,38 |
| | 13:01 | 10,2 | 28,8 | 16,6 | 11,7 | 12,1 | 13,3 | 0,78 | 1,9 | 80 | 0,0076 | 8,3 | 63,24 | 65,87 |
| | 13:02 | 9,9 | 27,4 | 16,5 | 11,1 | 11,5 | 12,7 | 0,78 | 1,9 | 73 | 0,0076 | 8,0 | 61,18 | 69,84 |
| | 13:03 | 10,0 | 26,1 | 16,4 | 10,8 | 11,1 | 12,2 | 0,75 | 1,9 | 67 | 0,0074 | 8,1 | 60,06 | 74,71 |
| | 13:04 | 9,7 | 24,8 | 16,2 | 10,3 | 10,7 | 11,8 | 0,77 | 1,9 | 63 | 0,0075 | 7,8 | 58,97 | 78,01 |
| | 13:05 | 9,6 | 23,8 | 15,9 | 10,1 | 10,3 | 11,5 | 0,76 | 1,9 | 62 | 0,0074 | 7,7 | 57,55 | 77,35 |
| | 13:06 | 9,7 | 22,9 | 15,6 | 9,6 | 10,0 | 11,0 | 0,77 | 1,9 | 63 | 0,0075 | 7,8 | 59,20 | 78,31 |
| | 13:07 | 9,2 | 22,1 | 15,2 | 9,3 | 9,5 | 10,5 | 0,74 | 1,9 | 64 | 0,0072 | 7,3 | 53,07 | 69,10 |
| | 13:08 | 9,4 | 21,2 | 14,8 | 8,8 | 9,1 | 10,1 | 0,75 | 1,9 | 63 | 0,0073 | 7,5 | 54,96 | 72,70 |
| | 13:09 | 8,8 | 20,4 | 14,5 | 8,6 | 8,8 | 9,7 | 0,75 | 1,9 | 62 | 0,0073 | 6,9 | 50,97 | 68,50 |
| | 13:10 | 8,8 | 19,6 | 14,1 | 8,1 | 8,4 | 9,3 | 0,75 | 1,8 | 60 | 0,0074 | 7,0 | 51,91 | 72,09 |
| | 13:11 | 8,6 | 18,9 | 13,7 | 7,9 | 8,1 | 9,0 | 0,75 | 1,8 | 59 | 0,0073 | 6,8 | 50,03 | 70,66 |
| | 13:12 | 8,4 | 18,3 | 13,3 | 7,7 | 7,9 | 8,7 | 0,76 | 1,8 | 59 | 0,0074 | 6,6 | 49,13 | 69,40 |
| | 13:13 | 8,4 | 17,8 | 13,0 | 7,7 | 7,8 | 8,5 | 0,73 | 1,8 | 61 | 0,0071 | 6,6 | 47,21 | 64,50 |
| | 13:14 | 8,0 | 17,3 | 12,6 | 7,5 | 7,6 | 8,2 | 0,75 | 1,8 | 63 | 0,0073 | 6,2 | 45,61 | 60,34 |
| | 13:15 | 7,9 | 17,0 | 12,3 | 7,4 | 7,5 | 8,1 | 0,75 | 1,8 | 66 | 0,0073 | 6,1 | 44,88 | 56,67 |
| | 13:16 | 8,0 | 16,6 | 12,0 | 7,3 | 7,4 | 7,9 | 0,76 | 1,8 | 69 | 0,0074 | 6,2 | 46,34 | 55,96 |
| | 13:17 | 7,9 | 16,2 | 11,7 | 7,2 | 7,3 | 7,8 | 0,76 | 1,8 | 72 | 0,0074 | 6,1 | 45,59 | 52,76 |
| | 13:18 | 7,6 | 15,9 | 11,4 | 7,1 | 7,2 | 7,7 | 0,73 | 1,8 | 74 | 0,0071 | 5,8 | 41,49 | 46,72 |
| | 13:19 | 7,5 | 15,6 | 11,2 | 6,9 | 7,0 | 7,5 | 0,76 | 1,8 | 77 | 0,0075 | 5,7 | 42,76 | 46,28 |
| | 13:20 | 7,4 | 15,3 | 10,9 | 6,7 | 6,8 | 7,2 | 0,76 | 1,8 | 80 | 0,0074 | 5,6 | 41,69 | 43,43 |
| | 13:21 | 7,2 | 15,0 | 10,6 | 6,6 | 6,7 | 7,1 | 0,76 | 1,8 | 85 | 0,0074 | 5,4 | 40,36 | 39,57 |
| | 13:22 | 7,3 | 14,6 | 10,4 | 6,5 | 6,6 | 7,0 | 0,76 | 1,8 | 86 | 0,0074 | 5,5 | 40,94 | 39,67 |
| | 13:23 | 7,3 | 14,4 | 10,2 | 6,4 | 6,5 | 7,0 | 0,74 | 1,8 | 85 | 0,0072 | 5,5 | 39,98 | 39,20 |
| | 13:24 | 6,9 | 14,2 | 10,0 | 6,3 | 6,4 | 6,8 | 0,75 | 1,9 | 84 | 0,0073 | 5,0 | 36,64 | 36,35 |
| | 13:25 | 7,1 | 14,3 | 9,8 | 6,5 | 6,5 | 7,1 | 0,75 | 1,9 | 83 | 0,0073 | 5,2 | 38,11 | 38,26 |
| | 13:26 | 7,5 | 15,2 | 9,6 | 6,8 | 7,0 | 7,7 | 0,74 | 1,9 | 81 | 0,0072 | 5,6 | 40,55 | 41,72 |
| | 13:27 | 7,5 | 15,8 | 9,4 | 6,7 | 7,0 | 7,7 | 0,75 | 1,8 | 80 | 0,0073 | 5,7 | 41,77 | 43,51 |
| 13:28 | 7,3 | 15,5 | 9,4 | 6,5 | 6,9 | 7,6 | 0,75 | 1,8 | 79 | 0,0073 | 5,5 | 40,62 | 42,85 | |
| 13:29 | 7,2 | 15,3 | 9,4 | 6,5 | 7,0 | 7,7 | 0,77 | 1,9 | 75 | 0,0075 | 5,3 | 40,07 | 44,52 | |
| 13:30 | 7,4 | 15,6 | 9,3 | 6,7 | 7,5 | 8,4 | 0,79 | 1,9 | 70 | 0,0077 | 5,5 | 42,86 | 51,03 | |
| 13:31 | 7,4 | 15,9 | 9,3 | 6,6 | 7,3 | 8,2 | 0,74 | 1,8 | 66 | 0,0073 | 5,6 | 40,87 | 51,61 | |



Graf 14: průběh teplot a intenzity slunečního záření - 3. měření



Graf 15: průběh tepelného výkonu - 3.měření

Vyhodnocení 3. měření

I přesto, že byla teplota okolního vzduchu 1,7 °C, teploty kolektoru se pohybovali při začátku měření ve značně vyšších hodnotách. Kolektor měl teplotu blízkou teplotě interiéru, kde byl skladován. V tomto měření bylo zaznamenáno spíše vychládání systému na okolní teplotu, než nárůst vlivem působícího slunečního záření. Pouze v čase 12:51 došlo k nárůstu teploty absorberu o 8 °C během 5 minut. V tento čas se také ostatní teploty mírně zvýšily, ovšem po zbylý čas docházelo pouze k poklesu, neboť intenzita dopadajícího záření byla nízká, navíc spíše charakteru difúzního záření, a stále docházelo k vyrovnávání teplot s okolním prostředím. Z grafu 15 je vidět klesající tepelný výkon, který je na teplotách kolektoru závislý.

19 zhodnocení

V experimentu bylo sledováno tepelné chování vzduchového kolektoru za odlišných podmínek. Jelikož nebyl kolektor umístěn trvale v exteriéru na místě, kde by přímé sluneční záření dopadalo na plochu absorberu po nejdelší možnou dobu, ale při každém měření se převážel ze skladu o poměrně vysoké teplotě interiéru, nebylo stanovení tepelného výkonu a následně tepelné účinnosti přesné.

V prvním měření, kdy byly teplotní rozdíly výsledné a vstupující teploty nejmenší a tedy i tepelné ztráty systému nízké, je zřetelné vyrovnávání teplot s okolím a vzápětí mírný a pozvolný nárůst sledovaných teplot. Zde tedy není tepelné chování, vlivem působícího slunečního záření, ovlivněno vyrovnáváním teplot s okolním prostředím. V druhé půli měření se teplená účinnost vlivem stínícího prvku snížila o téměř polovinu.

U druhého i třetího měření byl rozdíl teplot vlivem naakumulovaného tepla v kolektoru ze skladu na počátku měření značný a po většinu času mírně klesal. Ve druhém měření při nasávání chladného venkovního vzduchu z boční větve po pootevření regulační klapky, došlo k výraznějšímu poklesu teplot. U posledního měření docházelo po celou dobu měření k poklesu teplot a vyrovnání s okolním prostředím.

Sledovaný model vykazuje velkou akumulaci tepelné energie, proto pro přesnější zachycení tepelného chování vlivem působícího slunečního záření, doporučuji kolektor trvale umístit ve venkovním prostředí.

20 závěr

Dvojité transparentní fasády najdou uplatnění jak u rekonstrukcí, tak při výstavbě nových moderních budov. Především díky možnostem využívajících obnovitelného zdroje energie ve formě slunečního záření a svou akumulační schopností snižovat v zimě tepelné ztráty objektu. V jarním období zajistí přirozenou výměnu vzduchu. Zvyšují komfort uživatele jednak s možností přirozeného kontaktu s okolím, přirozeného osvětlení přilehlých prostor tak i snížení vlivu hluku z okolí před budovou.

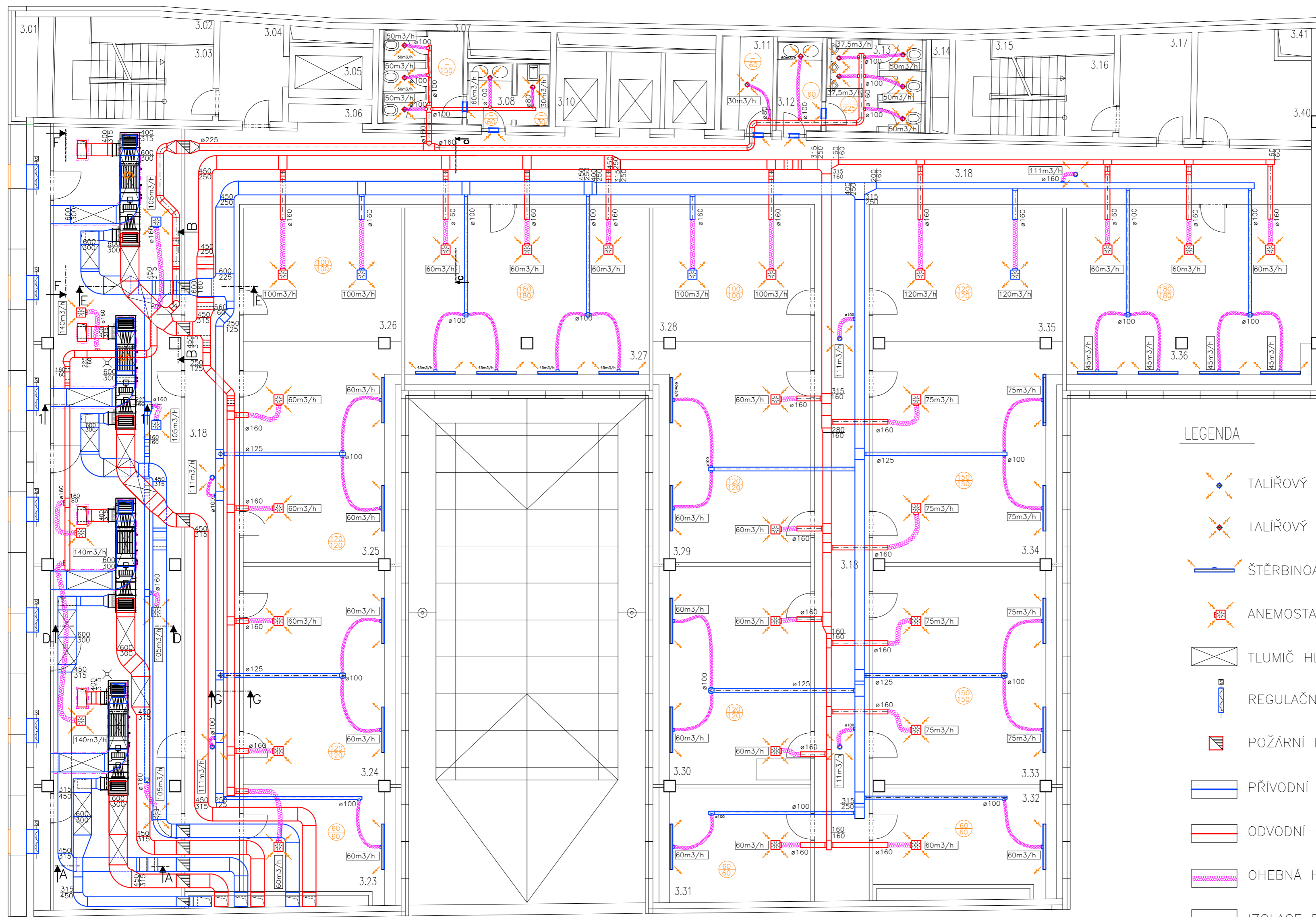
Tato diplomová práce shrnula využívání solární energie pro výrobu nízkopotenciálního tepla. V experimentální části bylo sledováno tepelné chování vzduchového kolektoru při působení slunečního záření. Část s aplikací zadaného tématu se věnuje využití energetické fasády pro přehřev vzduchu.

Seznam použitých zdrojů











- [1] Energie slunce [online]. [cit. 2012-10-06]. Dostupné z: <http://www.i-ekis.cz/?page=slunce-teplo>
- [2] ufmi.ft.utb.cz [online]. [cit. 2012-11-06]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_13.pdf
- [3] envic-sdruzeni.cz [online]. [cit. 2012-11-06]. Dostupné z: <http://www.envic-sdruzeni.cz/aktuality/aktuality-obsah/trombeho-stena-zakladni-informace.htm>
- [4] CIHELKA, J., *Solární tepelná technika*, nakladatelství T. Malina, Praha 1994 ISBN 80-900759-5-9
- [5] gavaportal.sk [online]. [cit. 2012-18-09]. Dostupné z: http://www.gavaportal.sk/detail_clanku/article-Moznosti_pouzitia_fasadnych_systemov.html
- [6] ecobuildtrends.com [online]. [cit. 2012-18-09]. Dostupné z: <http://www.ecobuildtrends.com/2011/02/solar-air-heating.html>
- [7] tzb-info.cz [online]. [cit. 2012-18-09]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1705-pasivni-solarni-energie-nove-trendy>
- [8] BIELEK, B., BIELEK, M., PALKO, M. *dvojitě transparentné fasády budov*, 1.diel. 1 vyd. Bratislava: Coreal, 2002. ISBN 80-968846-0-3
- [9] ahlborn.cz [online]. [cit. 2012-18-09]. Dostupné z: <http://www.ahlborn.cz/cs/kategorie/merici-ustredny/>
- [10] FILLEUX, CH., GÜTERMANN, A., *Solární teplovzdušné vytápění*, vydavatelství HEL 1 vyd., ISBN 80-86167-28-3
- [11] HALLER, A., HUMM, O., VOSS, K., *solární energie využití při obnově budov*, 2001, ISBN 80-7159-580-7

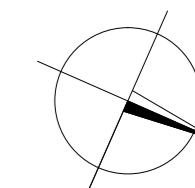
Seznam příloh


| | |
|--------------|----------------------------|
| Příloha č.1 | PŮDORYS ROZVODU VZT |
| Příloha č.2 | PŮDORYS A ŘEZY ROZVODU VZT |
| Příloha č. 3 | SVISLÝ ŘEZ |



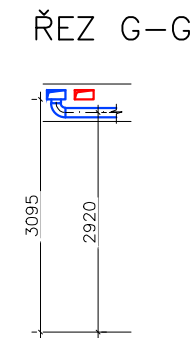
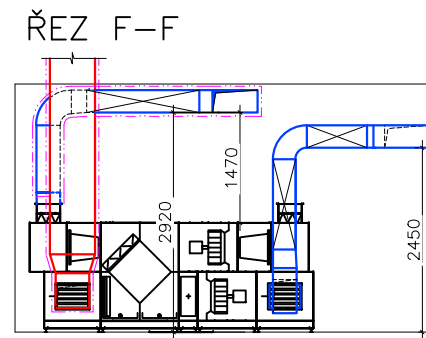
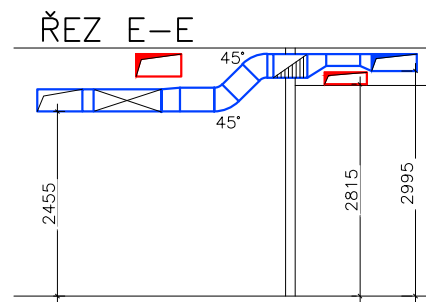
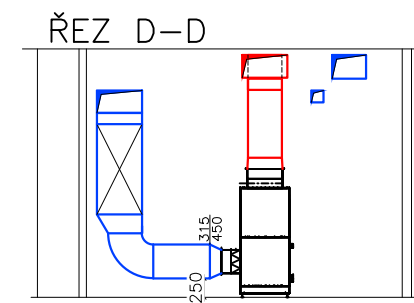
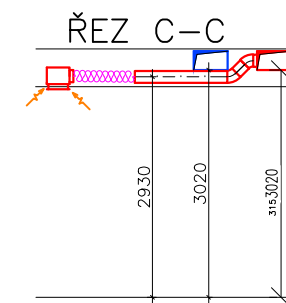
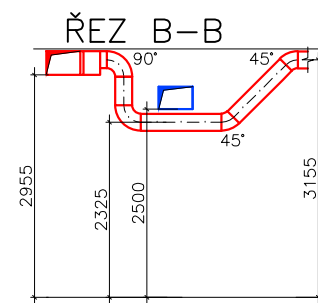
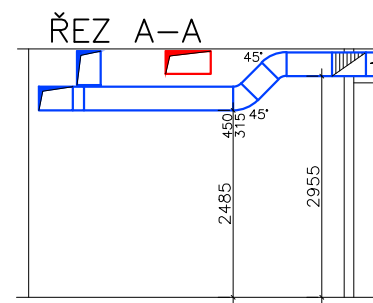
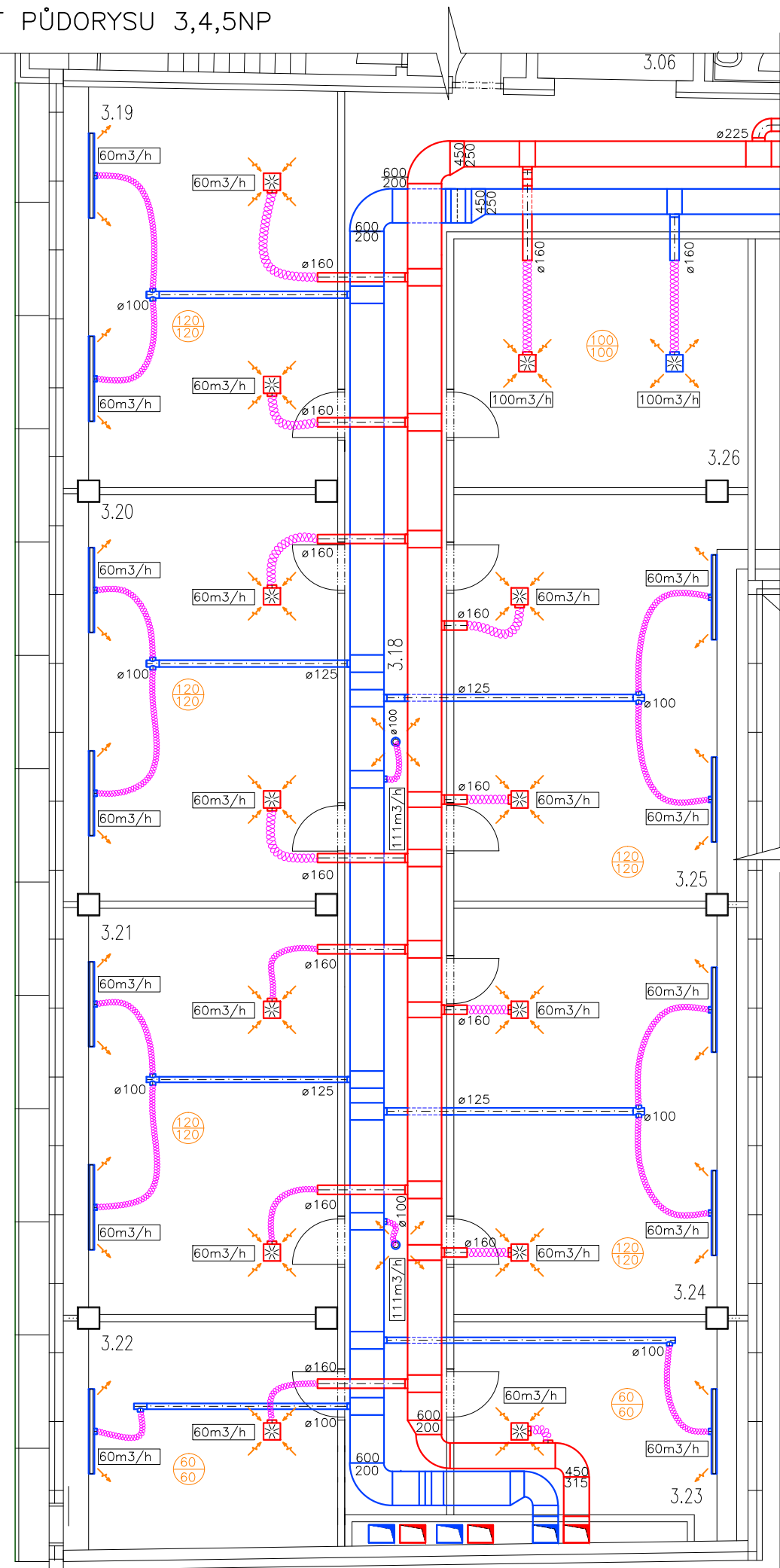
LEGENDA

-  TALIŘOVÝ VENTIL PŘÍVODNÍ
-  TALIŘOVÝ VENTIL ODVODNÍ
-  ŠTĚRBINOÁ VYÚSTĚ
-  ANEMOSTAT
-  TLUMIČ HLUKU
-  REGULAČNÍ Klapka SE SERVOPOHONEM
-  POŽÁRNÍ Klapka
-  PŘÍVODNÍ POTRUBÍ
-  ODVODNÍ POTRUBÍ
-  OHEBNÁ HADICE
-  IZOLACE POTRUBÍ
-  DVEŘNÍ MŘIŽKA





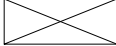



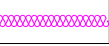






| | | | | |
|--|---------------------------|---|----------------------------------|------------|
| DIPLOMOVÁ PRÁCE | |  VUT V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ VEVEŘÍ 331/95 602 00 Brno TEL. 541 141 111 | ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV | |
| STUDENT | Bc. ANNA DOSEDOVÁ | | FORMÁT | 4 x A4 |
| VED. DIP. PRÁCE | Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D. | DATUM | 01/2013 | |
| VZDUCHOVÝ KOLEKTOR V TEPELNÉ BILANCI BUDOVY | | T | VSU 1:100 | ĚK SÜÖÜW 1 |
| PŮDORYS ROZVODU VZDUCHOTECHNIKY | | | | |

ČÁST PŮDORYSU 3,4,5NP



LEGENDA

-  TALÍŘOVÝ VENTIL PŘIVODNÍ
-  TALÍŘOVÝ VENTIL ODVODNÍ
-  ŠTĚRBINOÁ VYÚSTĚ
-  ANEMOSTAT
-  TLUMIČ HLUKU
-  REGULAČNÍ Klapka SE SERVOPOHONEM
-  PŘIVODNÍ POTRUBÍ
-  ODVODNÍ POTRUBÍ
-  OHEBNÁ HADICE
-  IZOLACE POTRUBÍ
-  POŽÁRNÍ Klapka
-  DVEŘNÍ MŘIŽKA

| | | | |
|--|---------------------------|--|---------------|
| DIPLOMOVÁ PRÁCE | |  VUT V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ VEVEŘÍ 331/95 602 00 Brno TEL. 541 141 111 | |
| STUDENT | Bc. ANNA DOSEDLOVÁ | | |
| VED. DIP. PRÁCE | Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D. | ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV | |
| VZDUCHOVÝ KOLEKTOR V TEPELNÉ BILANCI BUDOVY | | FORMÁT | 2 x A4 |
| | | DATUM | 01/2013 |
| PŮDORYS a ŘEZY ROZVODU VZDUCHOTECHNIKY | | T VSU 1:100 | ŠK SŮDŮV 2 |

OTVOR V PŘEDLOŽENÉ ČÁSTI FASÁDY
PRO ODVOD VZDUCHU

REGULAČNÍ KLAPKA SE SERVOPOHONEM

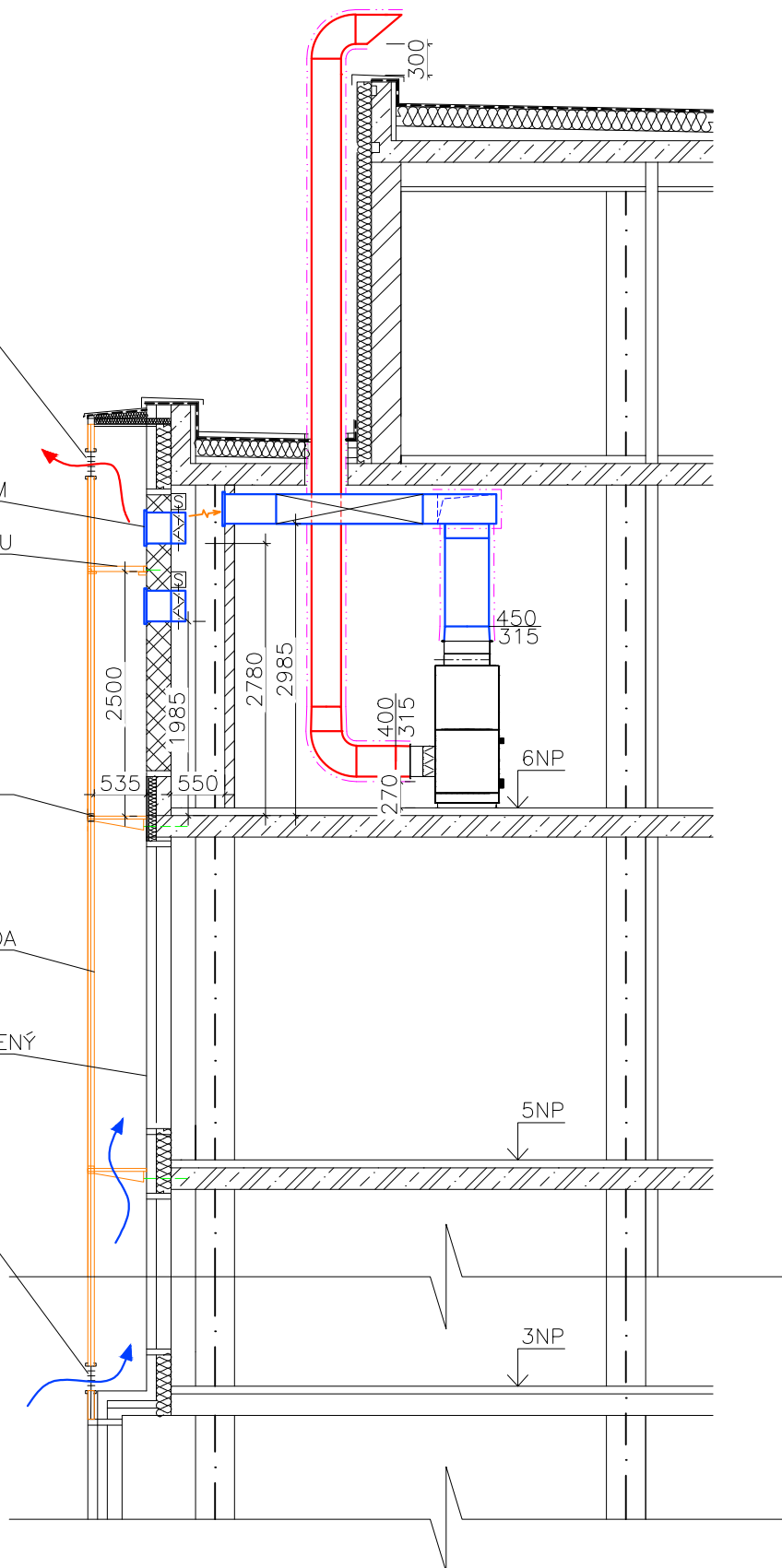
ZÁKLOP PO CELÉ ŠÍŘCE MEZIPROSTORU


POCHOZÍ ROŠT Z TAHOKOVU

DVOJITĚ ZASKLENÁ PŘEDLOŽENÁ FASÁDA

LEHKÝ OBVODOVÝ PLÁŠŤ – CELOPROSKLENÝ

OTVOR V PŘEDLOŽENÉ ČÁSTI FASÁDY
PRO PŘÍVOD VZDUCHU



| DIPLOMOVÁ PRÁCE | |  VUT V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ VEVEŘÍ 331/85 602 00 Brno TEL. 541 141 111 | |
|--|---------------------------|--|----------------------------------|
| STUDENT | Bc. ANNA DOSEDLOVÁ | | ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV |
| VED. DIP. PRÁCE | Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D. | | |
| VZDUCHOVÝ KOLEKTOR V TEPELNÉ BILANCI BUDOVY | | FORMÁT | 1 x A4 |
| | | DATUM | 01/2013 |
| SVISLÝ ŘEZ | | T VSU 1:75 | ěK SÜÖÜW 3 |