

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí



Protokol

o zkoušce tepelného výkonu solárního kolektoru při ustálených podmínkách podle ČSN EN 12975-2

Kolektor: **SK 218**

Objednatel: Svoboda a spol.

Adresa: Chelčického 328, 500 02 Hradec Králové

Číslo: SOLAB 2013-1

Zpracovatel: doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D., Ing. Jiří Lorenc
Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Adresa: Technická 4, 166 07, Praha 6

Telefon: +420 224 352 481

Fax: +420 224 355 606

E-mail: tomas.matuska@fs.cvut.cz

Web: <http://solab.fs.cvut.cz>

Datum: červenec 2013

Obsah

1.	Všeobecně	3
2.	Popis solárního kolektoru	3
2.1.	Kolektor	3
2.2.	Zasklení (kryt kolektoru)	3
2.3.	Absorbér:	3
2.4.	Tepelná izolace a skříň	4
2.5.	Omezení	4
2.6.	Další omezení	4
2.7.	Fotografie kolektoru	4
2.8.	Popis kolektoru	5
2.9.	Montáž kolektoru	5
2.10.	Poznámky ke konstrukci kolektoru	5
3.	Zkušební trať	5
3.1.	Schéma zkušební trati	5
3.2.	Podmínky zkoušky	5
4.	Tepelný výkon a účinnost	5
4.1.	Křivka účinnosti (naměřená)	6
4.2.	Standardní křivka účinnosti (normalizovaná $G = 800 \text{ W/m}^2$)	6
5.	Tepelný výkon solárního kolektoru	7
6.	Stagnační teplota	8
7.	Tlaková ztráta	8
8.	Časová konstanta	9
9.	Účinná tepelná kapacita	9
10.	Modifikátor úhlu dopadu	9
11.	Pozorovaná selhání	9

1. Všeobecně

Referenční číslo kolektoru:	SOLAB 2013-1
Zkoušku provedl:	doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D, Ing. Jiří Lorenc
Zkušebna:	Solární laboratoř, Ústav techniky prostředí, ČVUT v Praze
Adresa:	Technická 4, 166 07 Praha 6
Datum:	červenec 2013

2. Popis solárního kolektoru

2.1. Kolektor

Výrobce:	Svoboda a spol., Chelčického 328, 500 02 Hradec Králové
Typové označení:	SK 218
Sériové číslo:	1
Rok výroby:	2012
Plochý/vakuovaný/podtlakový:	plochý, atmosférický
Celková délka x výška x hloubka:	2095 x 1100 x 105 mm
Celková plocha kolektoru:	2.304 m ²
Připojovací rozměr potrubí (DN):	Cu 18x1 mm
Hmotnost v prázdném stavu:	48 kg
Obsah kapaliny:	1.1 l
Rozsah průtoků:	od 10 do 100 l/h (dle výrobce)
Doporučený provozní přetlak:	300 kPa
Teplonosná látka: voda/olej/jiná	Solaren, Kolekton
Specifikace (přísady atd.):	monopropylenglykol + inhibitor
Alternativní teplonosná látka:	voda

2.2. Zasklení (kryt kolektoru)

Počet krytů:	1
Materiál krytu:	kalené sklo OPTIWHITE (ultra čiré)
Tloušťka krytu:	4 mm
Propustnost slunečního záření krytu:	92 %
Rozměry apertury:	1,00 m x 2,03 m = 2,03 m ² (změřená v SOLAB)

2.3. Absorbér:

Materiál:	měděný plech s přiletovanými trubkami solární pájkou (TWI)
Tloušťka absorbéru:	0,2 mm
Povrchová úprava, povlak:	ETA plus (firma BlueTec)
Pohltivost slunečního záření α :	95 %

Emisivita ε :	5 %
Konstrukční typ trubkového registru:	Z
Počet trubek nebo kanálů:	8
Průměr trubky nebo rozměr kanálu:	Cu 8 mm x 0.5 mm
Rozteč trubek nebo kanálů:	125 mm
Rozměry absorberu:	0,995 m x 2,01 m = 2,00 m ²

2.4. Tepelná izolace a skříň

Tloušťka tepelné izolace zadní strany:	40 mm + hliníkový reflektor se vzduchovou mezerou 8+3mm
Tloušťka tepelné izolace boční strany:	20 mm
Izolační materiál:	minerální vata ORSIL
Materiál skříně:	ABS UV oboustranně stabilizovaný
Těsnicí materiál:	silikonová směs (UV stabilizovaná pro výrobu oken)

2.5. Omezení

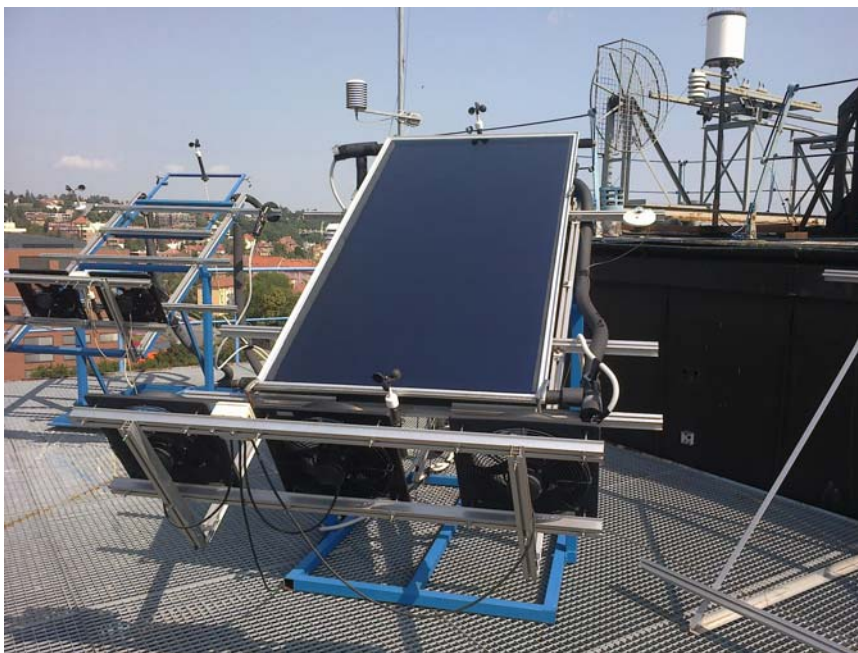
Nejvyšší provozní teplota:	100 °C
Nejvyšší provozní tlak:	1 MPa

2.6. Další omezení

Další omezení:	-
----------------	---

Poznámka: Údaje převzaty ze specifikace zaslané výrobcem

2.7. Fotografie kolektoru



Obr. 1 Pohled zepředu (při zkoušce)

2.8. Popis kolektoru

-

2.9. Montáž kolektoru

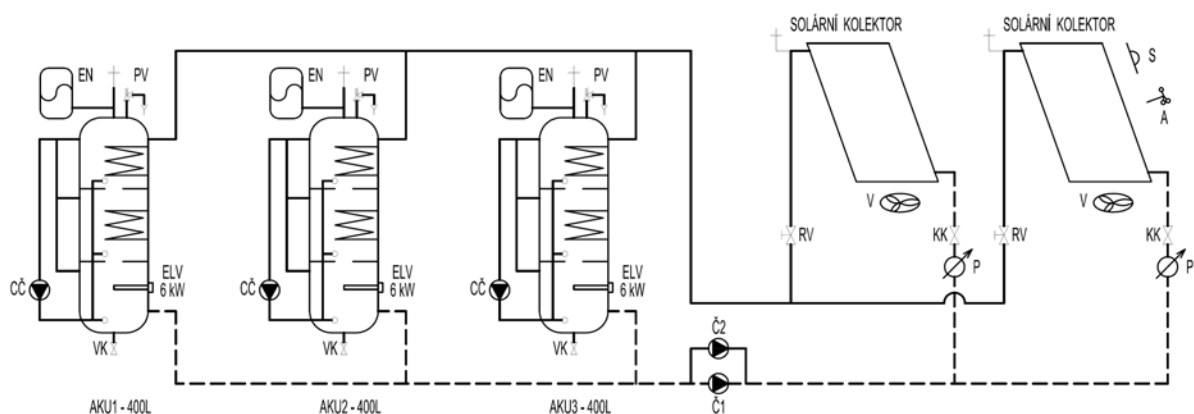
Na skloněné střeše:	ano
Vestavěný do skloněné střechy:	ano
Na ploché střeše:	ano
Na fasádě:	ano
Vestavěný do fasády:	ano

2.10. Poznámky ke konstrukci kolektoru

Kolektor se upevňuje za zasklívací lištu do podpěr, ve kterých leží volně plastová vana kolektorů.

3. Zkušební trať

3.1. Schéma zkušební trati



3.2. Podmínky zkoušky

Zkušební metoda:	vnější ustálená ANO	vnější kvazi-dynamická NE
Zdroj ozáření:	přirozené sluneční	
Zeměpisná šířka:	50°06' severní šířky	
Zeměpisná délka:	14°23' východní délky	
Sklon kolektoru:	30 °	
Azimut kolektoru:	jih (0°)	

4. Tepelný výkon a účinnost

Zkouška tepelného výkonu \dot{Q} solárního kolektoru probíhala za jasného počasí pro hodnoty slunečního ozáření vyšší než 700 W/m^2 . Účinnost solárního kolektoru η byla vyhodnocována pro plochu apertury A_a podle vztahu

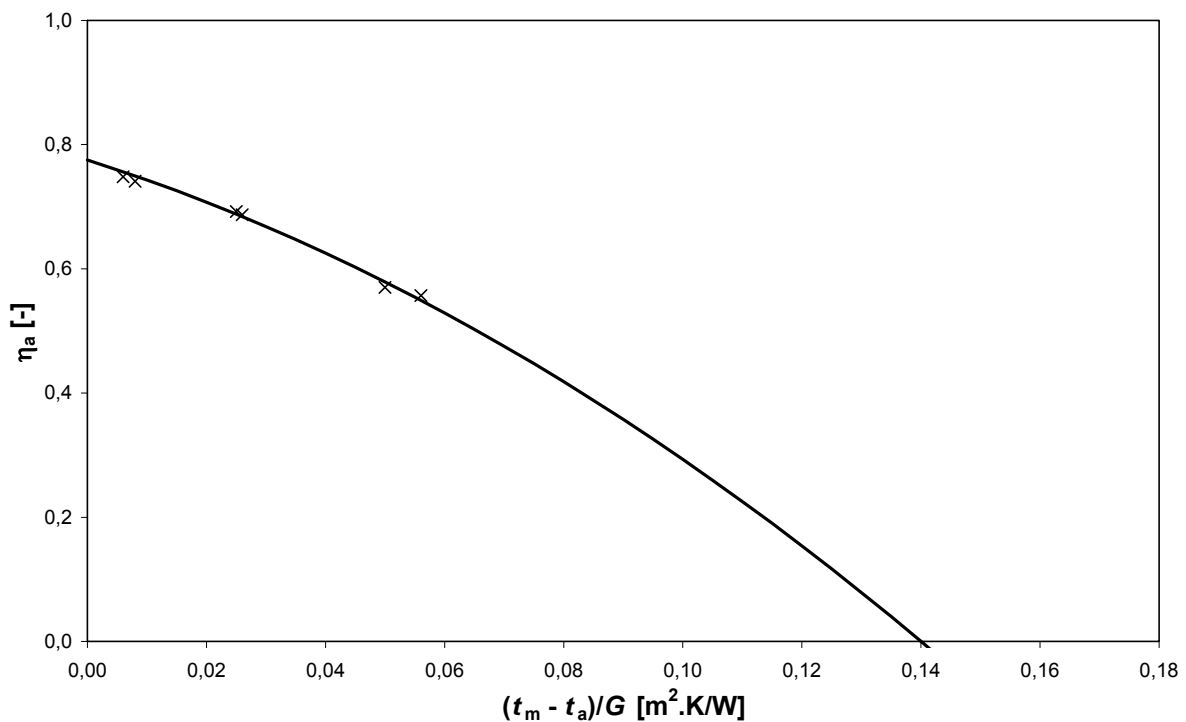
$$\eta_a = \frac{\dot{Q}}{A_a G}$$

Plocha apertury A_a : 2,03 m²
 Teplonosná látka použitá při zkoušce: voda
 Průtok teplonosné látky při zkoušce: 104,3 kg/h ± 3,2 kg/h

4.1. Křivka účinnosti (naměřená)

Tab. 1 Naměřené hodnoty (střední)

č.	G [W/m ²]	m [kg/h]	t _{in} [°C]	t _{out} [°C]	t _{out} - t _{in} [K]	t _m [°C]	t _a [°C]	(t _m - t _a)/G [m ² .K/W]	Q _{kol} [W]	η _a [-]	η _A [-]
1	1030	104,3	81,2	91,4	10,1	86,3	35,1	0,050	1193	0,570	0,579
2	1061	101,1	84,3	94,8	10,5	89,6	29,9	0,056	1199	0,557	0,565
3	983	105,0	48,7	60,1	11,4	54,4	29,3	0,026	1371	0,687	0,698
4	1040	105,0	48,8	60,9	12,1	54,9	28,4	0,025	1461	0,692	0,702
5	970	105,2	27,6	39,8	12,1	33,7	28,2	0,006	1474	0,748	0,759
6	955	105,4	29,3	41,1	11,8	35,2	27,9	0,008	1436	0,741	0,752



Graf 1 Naměřené body účinnosti a jejich proložení metodou nejmenších čtverců

4.2. Standardní křivka účinnosti (normalizovaná G = 800 W/m²)

Nahrazení křivkou druhého řádu:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right) - a_2 G \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$$

kde

G je celkové sluneční ozáření [W/m^2]

t_a teplota okolního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

t_m střední teplota teplosné látky [$^{\circ}\text{C}$]

$$t_m = \frac{t_{in} + t_{out}}{2}$$

kde t_{in} je teplota na vstupu do kolektoru [$^{\circ}\text{C}$]

t_{out} teplota na výstupu z kolektoru [$^{\circ}\text{C}$]

Součinitel η_0 vyjadřuje optické vlastnosti kolektoru a přenosové vlastnosti absorbéru, součinitelé a_1 a a_2 vyjadřují tepelnou ztrátu kolektoru.

Na základě plochy apertury:

$$\eta_{0a} = 0,775$$

$$a_{1a} = 3,028 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

$$a_{2a} = 0,022 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^2$$

Na základě plochy absorbéru

$$\eta_{0A} = 0,790$$

$$a_{1A} = 3,190 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

$$a_{2A} = 0,022 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^2$$

Tab. 2 Tabelární vyjádření křivky účinnosti – podle plochy apertury ($G = 800 \text{ W}/\text{m}^2$)

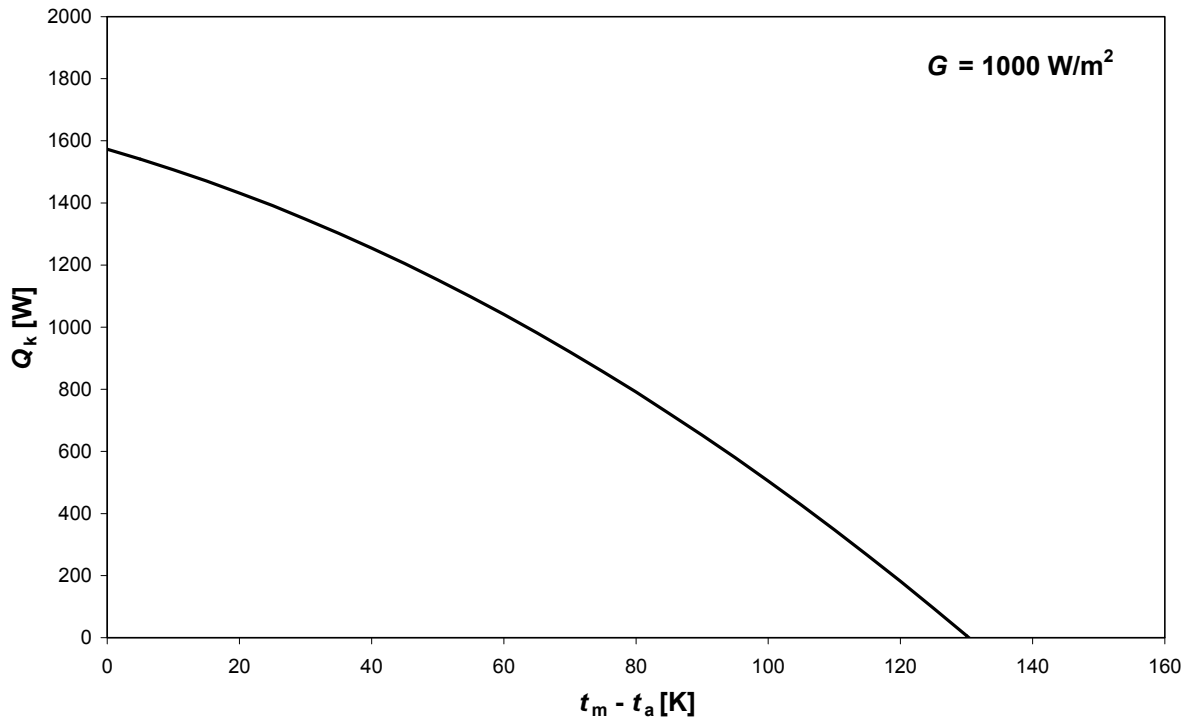
$(t_m - t_a)/G$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
η	0,775	0,743	0,707	0,668	0,625	0,579	0,529	0,475	0,418	0,358	0,293

5. Tepelný výkon solárního kolektoru

Špičkový tepelný výkon kolektoru byl stanoven pro sluneční ozáření $G = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$. Hodnoty tepelného výkonu pro jiné podmínky jsou uvedeny v tab. 3

Tab. 3 Tepelný výkon solárního kolektoru [W]

$t_m - t_a$	Sluneční ozáření G		
	W/m^2	W/m^2	W/m^2
[K]			
	400	700	1000
10	563	1035	1507
20	488	960	1432
30	404	876	1348
Poznámka: Hodnoty jsou stanoveny pro kolmý úhel dopadu slunečního záření			

Graf 2 Křivka výkonu solárního kolektoru pro $G = 1000 \text{ W/m}^2$

6. Stagnační teplota

Stagnační teplota je teplota při provozních podmínkách bez odběru tepla ze solárního kolektoru, kdy tepelný tok pohlcený absorberem se odvádí zpět do okolního prostředí tepelnými ztrátami obálky kolektoru.

Stagnační teplota nebyla měřením stanovena: $t_{sm} = \text{°C}$

Stagnační teplota je přepočtená pro jmenovité hodnoty $t_{as} = 30 \text{ °C}$ a $G_s = 1000 \text{ W/m}^2$.

Přepočtená stagnační teplota: $t_{stg} = \text{°C}$

7. Tlaková ztráta

Tlaková ztráta byla / nebyla stanovena

Teplonosná látka: voda

Teplota teplonosné látky: - °C

Jmenovitý objemový průtok: - l/h

Tab. 4 Naměřené hodnoty

m	Δp
[kg/h]	[Pa]
0	-
20	-
40	-
60	-
80	-
100	-

8. Časová konstanta

Časová konstanta ~~byla~~ / nebyla stanovena

9. Účinná tepelná kapacita

Tepelná kapacita kolektoru ~~byla~~ / nebyla stanovena výpočtem.

$C =$

Stanovení:

Výpočet:

Vnitřní:

Vnější:

10. Modifikátor úhlu dopadu

Modifikátor úhlu dopadu vyjadřuje závislost výkonu kolektoru na úhlu dopadu slunečního záření na kolektor. Modifikátor při zkoušce ~~byl~~ / nebyl stanoven.

Úhel: °

Modifikátor K_{θ} :

11. Pozorovaná selhání

Při měření okamžité účinnosti kolektoru SK 218 nebylo pozorováno jakéhokoliv selhání označeného jako „podstatná vada“, definované v 5.3.1 ČSN EN 12975-1:2006.

Datum: 12. 7. 2013

Zpracoval: Doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.

Podpis:

