

# Tepelný výkon solárnych kolektorov



Spolufinancované  
Európskou úniou  
cez program Erasmus+

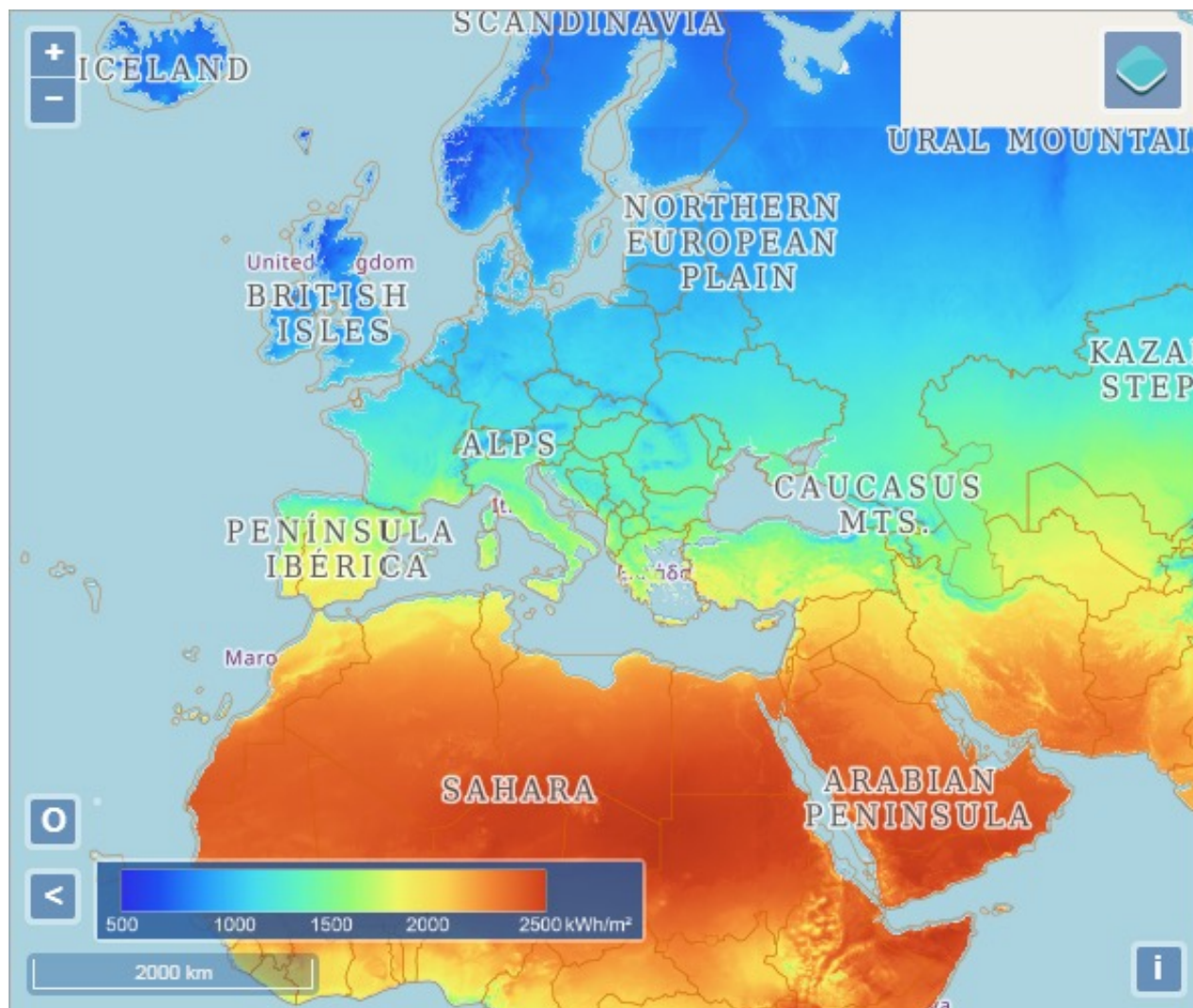


STU

SLOVAK UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

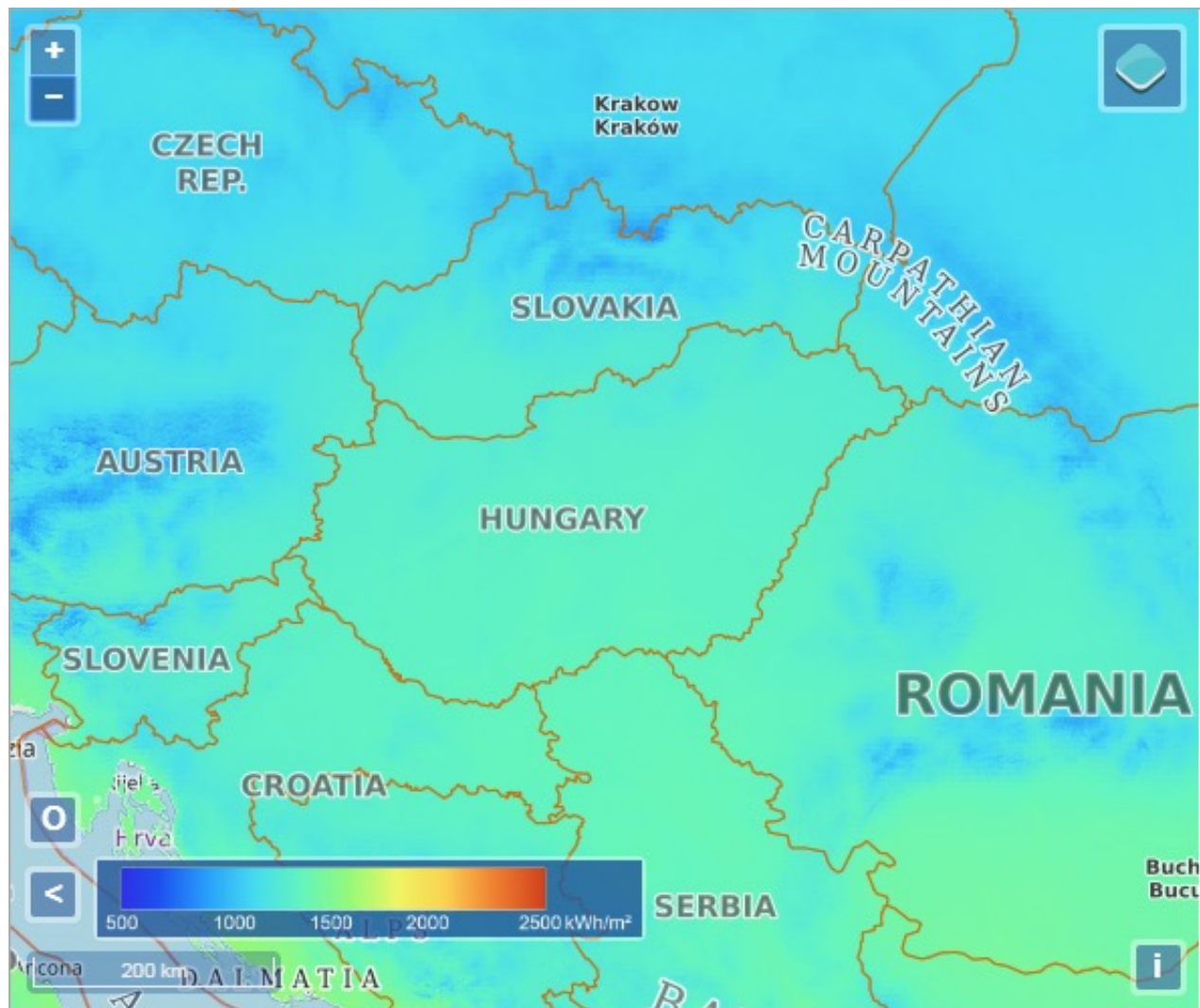


# Dostupné slnečné žiarenie



Zdroj: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP)

# Dostupné slnečné žiarenie



Zdroj: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP)

# Tepelný výkon solárnych kolektorov

Meteorologické údaje (ročné, mesačné, denné, hodinové)

- Slnéčné žiarenie
- Vonkajšia teplota

Typ solárneho kolektora

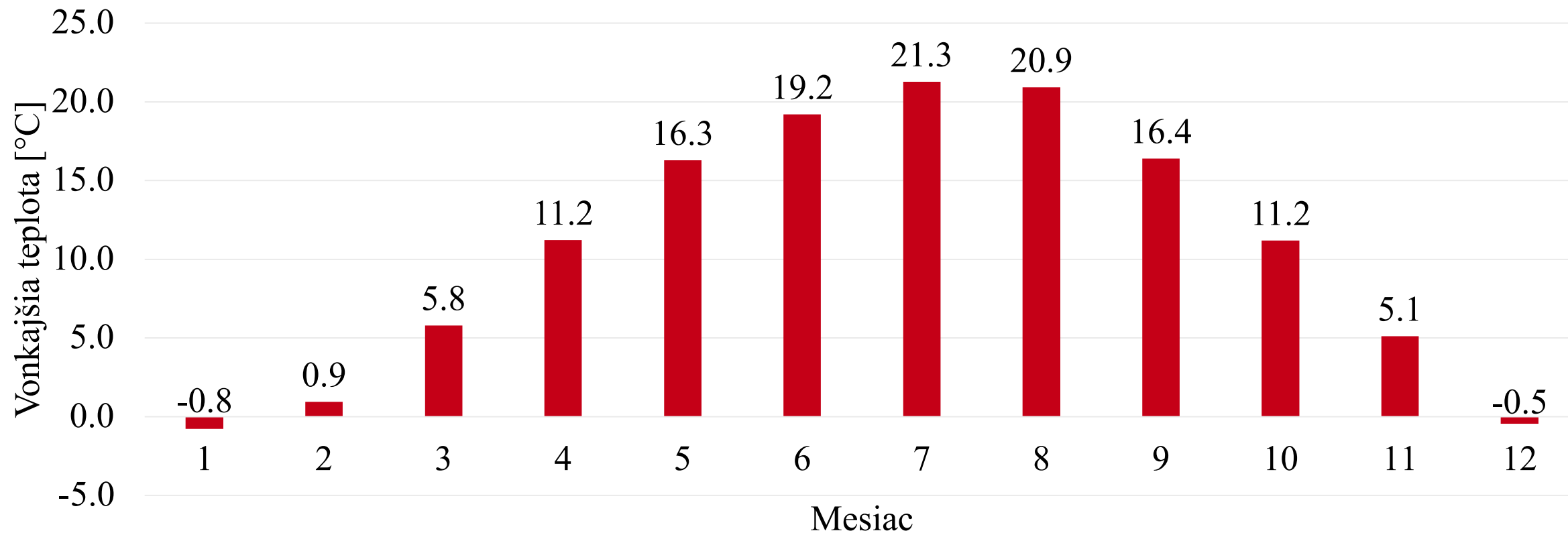
Dostupná strešná plocha, vlastnosti budovy

- Strecha – orientácia, uhol sklonu

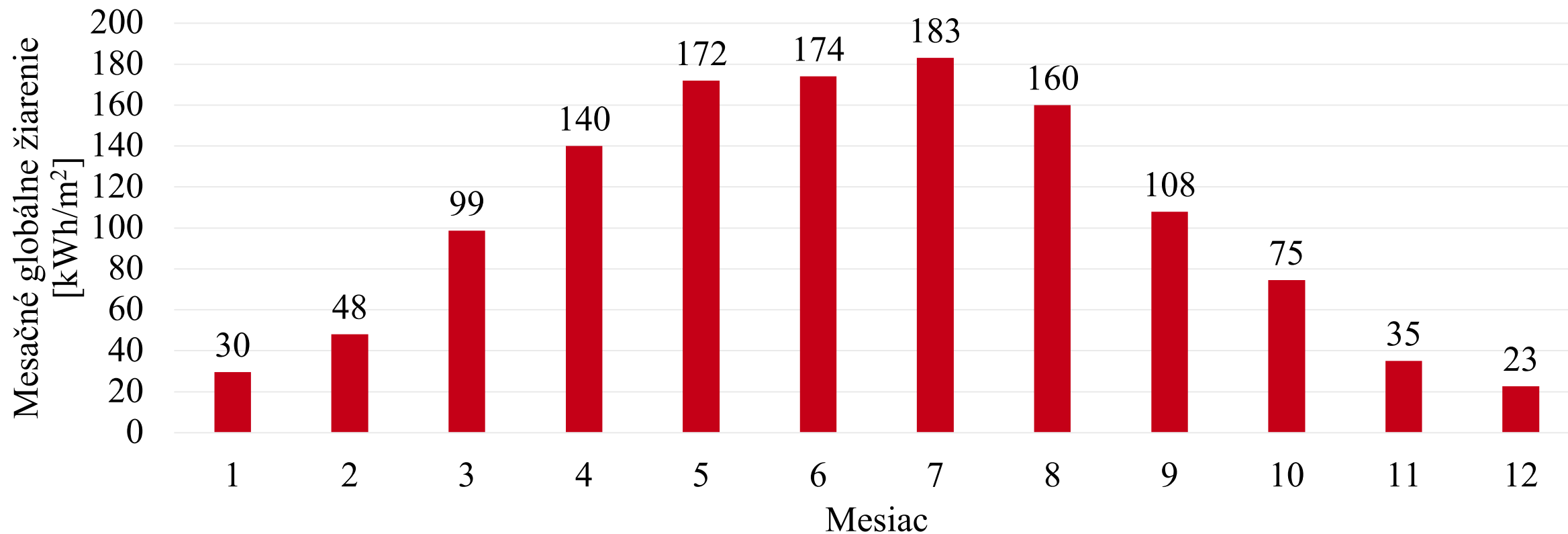
Dopyt po energii

- Príprava teplej vody
- Ohrev bazénovej vody
- Vykurovanie
- Iné

# Meteorologické údaje



# Meteorologické údaje



# Solárne kolektory

## Typ

- Ploché kolektory
- Vákuové trubicové kolektory

## Typické parametre ([Solar Keymark database](#))

- Optická účinnosť:  $\eta_0$
- Koeficienty závislosti od teploty:  $a_1, a_2$
- Závislosť od uhla dopadu slnečného žiarenia:  $K_{dir}(50^\circ)$

# Technický list solárneho kolektora



Page 1/2

Annex to Solar Keymark Certificate - Summary of EN ISO 9806:2013 Test Results		Licence Number TSU 001-16/D	
Date issued 2016-10-03		Date issued 2016-10-03	
Issued by TSU Piešťany, s.p.		Issued by TSU Piešťany, s.p.	
Licence holder ELVOSOLAR a.s.		Country Slovak republic	
Brand (optional)		Web www.elvosolar.sk	
Street, Number Arétovej 22, P.O. BOX 108		E-mail ancic@elvosolar.sk	
Postcode, City SK-841 01 Bratislava		Tel +421 905609462	
Collector Type Flat plate collector, glazed			
Collector name ELVOSOLAR TS300-2.03		Power output per collector G <sub>b</sub> = 850 W/m <sup>2</sup> , G <sub>d</sub> = 150 W/m <sup>2</sup> θ <sub>m</sub> - θ <sub>a</sub>	
Area (A <sub>g</sub> )	Area (A <sub>g</sub> )	0 K	10 K
Length	Width	30 K	50 K
Height	Height	70 K	90 K
W	W	W	W
2,03	2,008	1,445	1,375
1,008	75	1,234	1,074
		899	708

Data required for CDR (EU) No 812/2013 - Reference Area A <sub>sol</sub>	
Zero-loss efficiency (η <sub>0</sub> )	0,712
First-order coefficient (a <sub>1</sub> )	3,18 W/(m <sup>2</sup> K)
Second-order coefficient (a <sub>2</sub> )	0,010 W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )
Incidence angle modifier IAM (50°)	0,95

Energy Labelling Information	
Reference Area, A <sub>ref</sub> (m <sup>2</sup> )	2,03
Collector efficiency (η <sub>ref</sub> )	57 %

Data required for CDR (EU) No 812/2013 - Reference Area A <sub>ref</sub>	
Zero-loss efficiency (η <sub>0</sub> )	0,712
First-order coefficient (a <sub>1</sub> )	3,18 W/(m <sup>2</sup> K)
Second-order coefficient (a <sub>2</sub> )	0,010 W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )
Incidence angle modifier IAM (50°)	0,95

Technický skúšobný ústav Piešťany, s.p.  
Address: Krajná cesta 2029/9, 02101 Piešťany, Slovak Republic  
Phone: +421 33 79 57 111, Fax: +421 33 77 23 716, E-mail: sv@tsu.sk, web: www.tsu.eu

Page 2/2

Annex to Solar Keymark Certificate		Licence Number TSU 001-16/D	
Supplementary Information		Issued 2016-10-03	
Annual collector output in kWh/collector at mean fluid temperature θ <sub>m</sub> , based on ISO 9806:2013 test results			
Collector name	Standard Locations	Athens	Davos
		Stockholm	Würzburg
		25°C 50°C 75°C	25°C 50°C 75°C
ELVOSOLAR TS300-2.03		2,335 1,707 1,164	1,793 1,277 843
		1,319 888 763	1,432 961 599
Annual output per m <sup>2</sup> gross area			
		1,130 841 573	883 629 415
		650 437 277	705 474 295
Fixed or tracking collector			
		Fixed (slope = latitude - 13°, rounded to nearest 5°)	
Annual irradiation on collector plane			
		1765 kWh/m <sup>2</sup>	1714 kWh/m <sup>2</sup>
		1166 kWh/m <sup>2</sup>	1244 kWh/m <sup>2</sup>
Mean annual ambient air temperature			
		18,5°C	3,2°C
		7,5°C	9,0°C
Collector orientation or tracking mode			
		South, 23°	South, 30°
		South, 43°	South, 33°

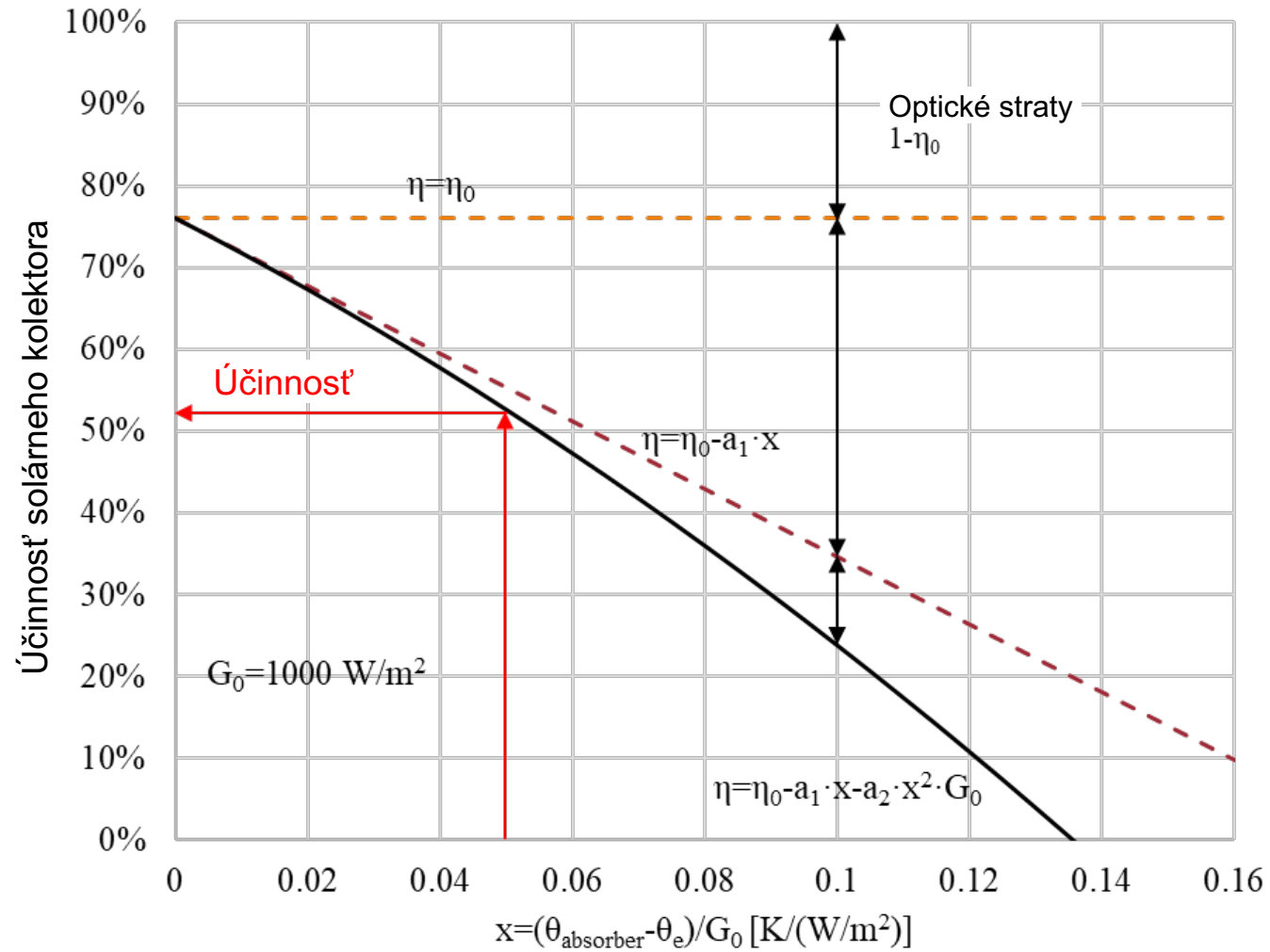
Data required for CDR (EU) No 811/2013 - Reference Area A <sub>ref</sub>	
Collector efficiency (η <sub>ref</sub> )	57 %

Technický skúšobný ústav Piešťany, s.p.  
Address: Krajná cesta 2029/9, 02101 Piešťany, Slovak Republic  
Phone: +421 33 79 57 111, Fax: +421 33 77 23 716, E-mail: sv@tsu.sk, web: www.tsu.eu

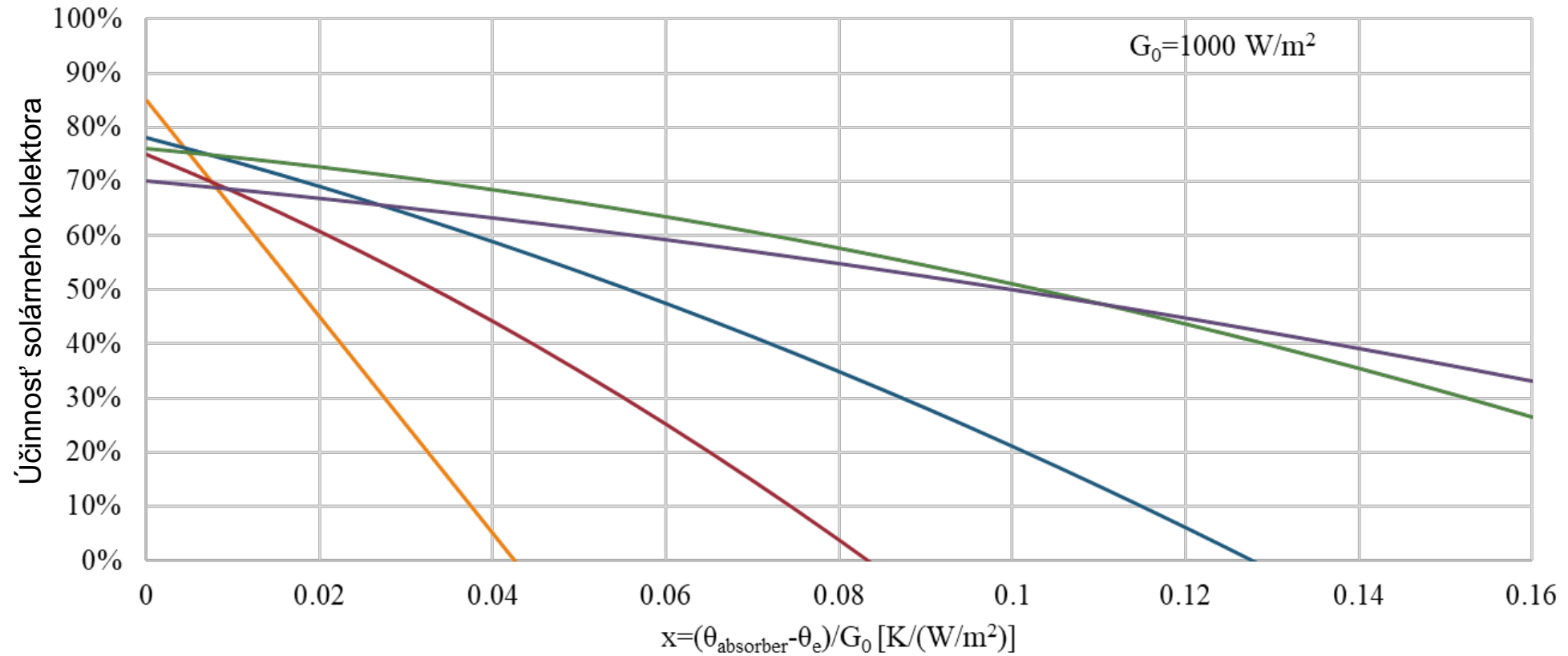




# Účinnost' solárneho kolektora



# Účinnosť solárneho kolektora



— Nezasklený plochý kolektor

— Zasklený plochý kolektor bez selektívnej vrstvy

— Zasklený plochý kolektor so selektívnym absorbérom

— Vákuový plochý kolektor

— Vákuový trubicový kolektor

# Dopyt po energii

## Príprava teplej vody

- Čistá potreba teplej vody (obvykle ročná)
- Straty z uskladnenia a distribúcie (obvykle ročné)

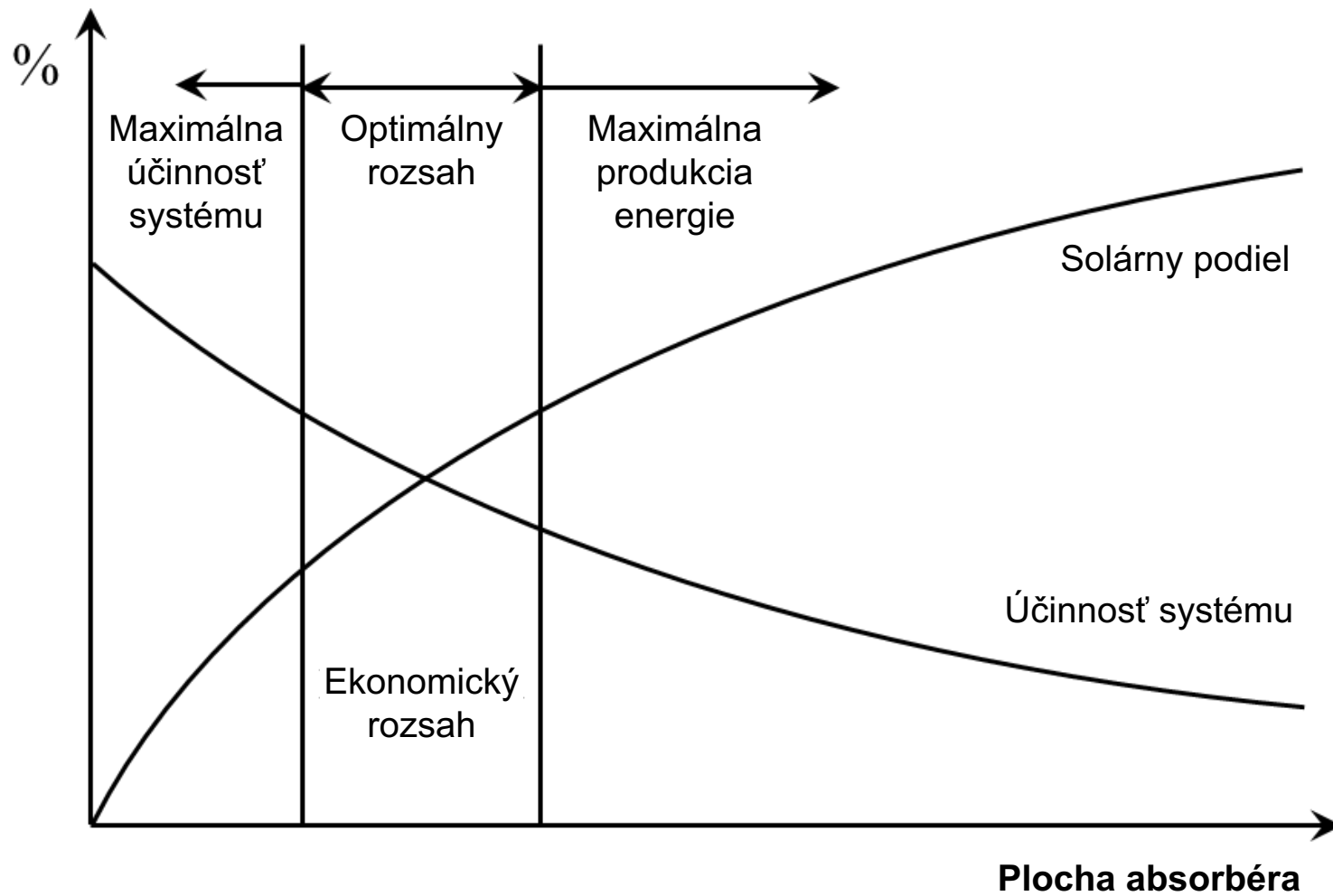
## Vykurovanie

- Čistá potreba energie na vykurovanie (sezónna)
- Straty z uskladnenia a distribúcie (sezónne)

## Ohrev bazénovej vody

## Iné

# Veľkosť systému

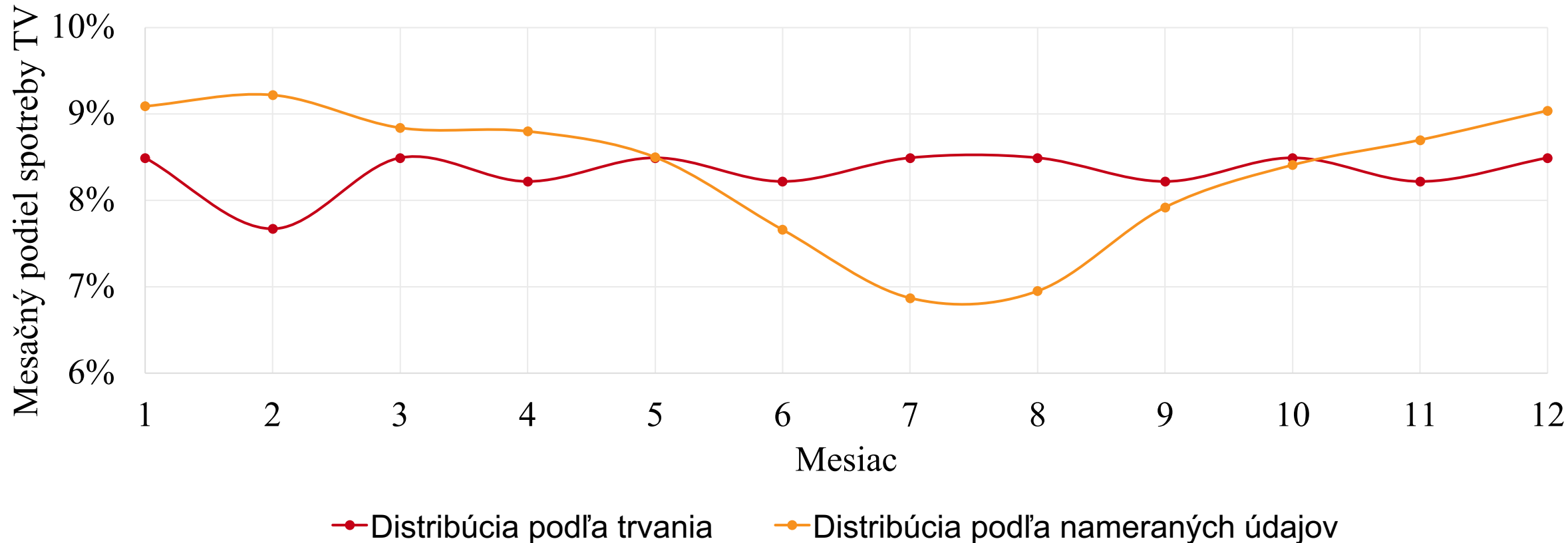


# Produkcia energie solárnym kolektorom: mesačná metóda

## Vstupné parametre

- Parametre kolektora,  $\eta_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $K_{dir}(50^\circ)$ , plocha
- Mesačné dopadajúce slnečné žiarenie,  $Q_{s,i}$
- Mesačná potreba energie systému prípravy teplej vody,  $Q_{demand,i}$
- Mesačná vonkajšia teplota,  $t_{e,i}$
- Referenčná teplota solárneho kolektora,  $t_{ref}$
- Teplota teplej vody,  $t_{DHW}$
- Teplota studenej vody,  $t_{CW}$
- Faktor odberu tepla slnečného kolektra,  $FR$
- Prietok solárnym kolektorom,  $FR'/FR$
- Veľkosť zásobníka teplej vody,  $V_t$

# Mesačná potreba energie na prípravu teplej vody (TV)



# Produkcia energie solárnym kolektorom: mesačná metóda

$$\frac{X_{c1}}{X} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot t_{HMV} + 3,86 \cdot t_{v\acute{i}z} - 2,32 \cdot t_{e,i}}{t_{ref} - t_{e,i}}$$

$$\frac{X_{c2}}{X} = \left( \frac{V_{t,a}}{V_{t,opt}} \right)^{-0,25} = \left( \frac{0,7 \cdot V_t}{0,075 \cdot A_{koll}} \right)^{-0,25}$$

$$X = \left( FR \cdot a_1 + FR \cdot a_2 \cdot (t_{HMV} - t_{e,i}) \right) \cdot \frac{FR'}{FR} \cdot (t_{ref} - t_{e,i}) \cdot \tau_m \cdot \frac{A_{koll}}{Q_{igény,i}} \cdot \frac{1}{1000}$$

# Produkcia energie solárnym kolektorom: mesačná metóda

$$X_c = X \cdot \frac{X_{c1}}{X} \cdot \frac{X_{c2}}{X}$$

$$Y = \eta_0 \cdot Q_{s,i} \cdot \frac{FR'}{FR} \cdot K_{dir}(50^\circ) \cdot \frac{A_{koll}}{Q_{igény,i}}$$

$$f_i = \min(1,029 \cdot Y - 0,065 \cdot X_c - 0,245 \cdot Y^2 + 0,0018 \cdot X_c^2 + 0,0215 \cdot Y^3; 1)$$

$$Q_{koll,i} = f_i \cdot Q_{HMV,tot,i}$$



# Mesačná metóda – rodinný dom

Výsledná potreba energie systému prípravy teplej vody:

$$Q_{DHW} = q_{DHW} \cdot \left( 1 + \frac{q_{DHW,d}}{100} + \frac{q_{DHW,s}}{100} \right) \cdot C_k \cdot \alpha_k \cdot A_N$$

# Čistá potreba energie na prípravu teplej vody ( $A_N=133 \text{ m}^2$ )

Nad  $80 \text{ m}^2$ :  $15 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$

Typ budovy	Čistá potreba energie na TV $q_{DHW} [\text{kWh/m}^2/\text{year}]$
Obytná	30
Administratívna	9
Vzdelávacia	7

$$q_{DHW} = \frac{(80 \cdot 30 + 53 \cdot 15)}{133} = 24.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$$

# System prípravy teplej vody

Kondenzačný kotol:  $C_k = 1.16$

Distribučné straty:  $q_{DHW,d} = 13\%$

Straty zásobníka:  $q_{SHW,s} = 23.4\%$

Solárne kolektory

▪ orientácia, uhol sklonu: juh,  $30^\circ$

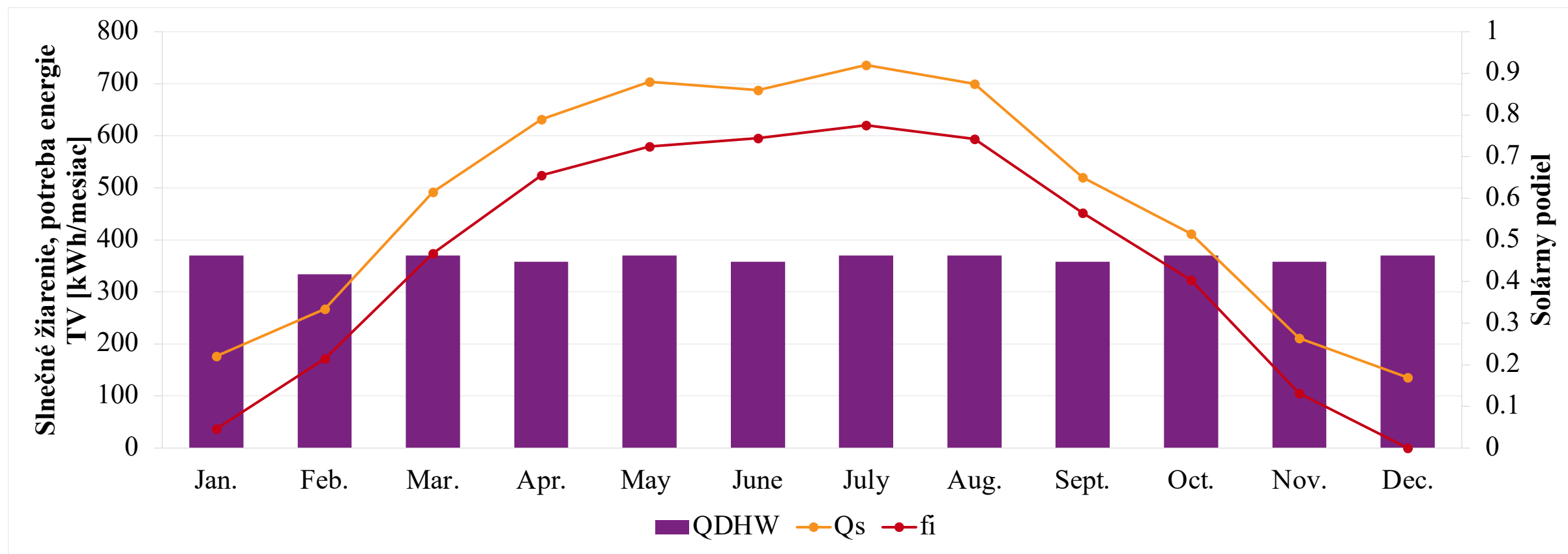
$\eta_0$	$a_1$	$a_2$	$K_{dir(50^\circ)}$	FR	FR'/FR	$t_{ref}$	$t_h$	$t_{HMV}$	$A_{koll}$	$V_t$
0.79	3.79	0.01	0.92	0.95	0.8	100	10.6	50	4	0.2
[1]	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )]	[1]	[1]	[1]	[°C]	[°C]	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]

# System přípravy teplej vody

Dodaná energia

$$Q_{DHW} = q_{DHW} \cdot \left(1 + \frac{q_{DHW,d}}{100} + \frac{q_{DHW,s}}{100}\right) \cdot A_N = 24.0 \cdot \left(1 + \frac{13}{100} + \frac{23.4}{100}\right) \cdot 133 = 4354 \frac{\text{kWh}}{\text{rok}}$$

# Výkon solárneho kolektora



Ročný solárny podiel: 45.7%; Ročná energia na prípravu teplej vody: 1991 kWh

# Zjednodušená sezónna metóda

Limitácie metódy:

- Len príprava teplej vody pre obytné budovy.
- Objem zásobníka je aspoň 50 l/m<sup>2</sup> plochy solárneho kolektora.

# Zjednodušená metóda

Stanovenie maximálnej produkcie energie kolektorom:

- Typ solárneho kolektora (plochý / vákuový trubicový kolektor)
- Hrubá plocha solárneho kolektora
- Referenčná plocha systému
- Uskladnenie a distribúcia

Redukčný faktor

Výpočet solárneho podielu

# System prípravy teplej vody

Kondenzačný kotol:  $C_k = 1.16$

Distribučné straty:  $q_{DHW,d} = 13\%$

Straty zásobníka:  $q_{DHW,s} = 23.4\%$

Solárne kolektory

- ploché
- 4 m<sup>2</sup> hrubá kolektorová plocha
- orientácia, sklon: juh, 30°



# Maximálna produkcia energie kolektormi – plochý kolektor

		Referenčná plocha [m <sup>2</sup> ]															
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	200	250	300	
Hrubá plocha kolektorov [m <sup>2</sup> ]	[kWh] /rok	1,5	725	779	817	845	867	884	898	908	917	924	930	936	957	971	980
	2	844	944	1006	1053	1089	1119	1142	1160	1175	1187	1198	1207	1245	1268	1284	
	2,5	911	1054	1159	1230	1283	1326	1362	1388	1411	1430	1446	1461	1517	1553	1578	
	3	963	1123	1265	1373	1451	1510	1558	1595	1626	1653	1676	1696	1775	1826	1861	
	4	1036	1224	1395	1547	1687	1796	1888	1948	1999	2043	2081	2115	2250	2337	2397	
	5	1089	1295	1485	1661	1822	1971	2109	2206	2296	2367	2423	2472	2672	2803	2893	
	6	1138	1349	1554	1745	1925	2093	2247	2377	2499	2599	2686	2765	3046	3227	3352	
	7	1184	1398	1608	1813	2005	2187	2361	2502	2634	2758	2875	2979	3374	3610	3775	
	8	1231	1445	1658	1868	2072	2264	2448	2605	2750	2883	3008	3126	3645	3956	4165	
	10	1291	1539	1752	1968	2178	2387	2590	2762	2924	3077	3223	3360	4014	4518	4848	

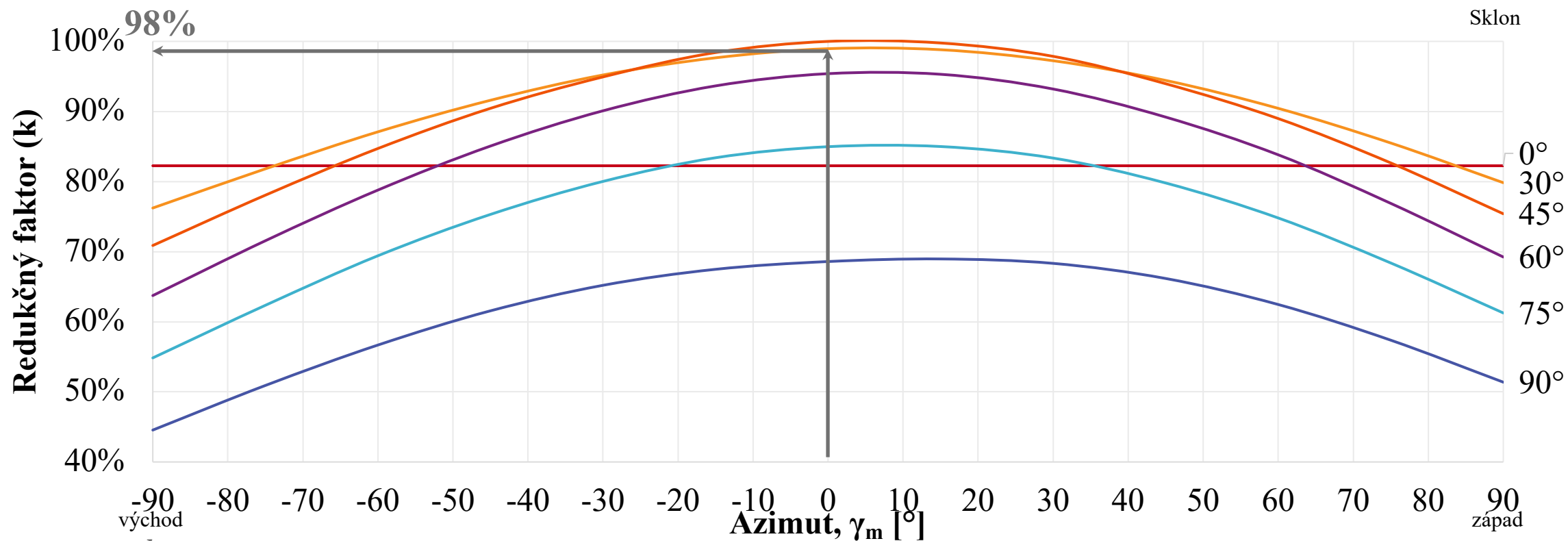
# Čistá potreba energie na prípravu teplej vody ( $A_N=133 \text{ m}^2$ )

Nad  $80 \text{ m}^2$ :  $15 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$

Typ budovy	Čistá potreba energie na TV $q_{DHW} [\text{kWh/m}^2/\text{year}]$
Obytná	30
Administratívna	9
Vzdelávacia	7

$$q_{DHW} = \frac{(80 \cdot 30 + 53 \cdot 15)}{133} = 24.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$$

# Redukčný faktor pre solárne kolektory



$$k = (9.88 \cdot 10^{-9} \cdot \alpha_m^2 - 1.18 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha_m) \cdot \gamma_m^2 + (-4.99 \cdot 10^{-8} \cdot \alpha_m^2 + 9.25 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha_m) \cdot \gamma_m + (-1.17 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha_m^2 + 9.11 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_m + 0.821)$$

# Solárny podiel

$$q_{coll} = \frac{Q_{coll,max} \cdot k}{A_N} = \frac{2043 \cdot 0.98}{133} = \mathbf{15.05 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})}$$

$$\alpha_{coll} = \frac{q_{coll}}{q_{DHW} \cdot \left(1 + \frac{q_{DHW,d}}{100} + \frac{q_{DHW,s}}{100}\right)} =$$
$$\frac{15.05}{24.0 \cdot \left(1 + \frac{13}{100} + \frac{23.4}{100}\right)} = 0.460$$

# Ďakujem za pozornosť!

Financované Európskou úniou. Vyjadrené názory a postoje sú názormi a vyhláseniami autora(-ov) a nemusia nevyhnutne odrážať názory a stanoviská Európskej únie alebo Európskej výkonnej agentúry pre vzdelávanie a kultúru (EACEA). Európska únia ani EACEA za ne nepreberajú žiadnu zodpovednosť.

Spolufinancované  
Európskou úniou  
cez program Erasmus+

