

Určenie parametrov priestorovej konfigurácie kolektorového poľa s natáčavými kolektormi

Radim Rybár, Peter Tauš a Dušan Kudelas¹

The determination of space parameters of the heliostatic collector field

The assurance of perpetual perpendicular insolation of solar collector absorber surface may increase the insolation energy byca 42-45 %. A consequence of the increase in the energy production may be the reduction of the solar collectors' surface area.

For the large scale solar collector field conception is advantageous to build collector sections with several collectors in one heliostat. For the conception of the solar collector field with heliostat collectors is important to make a regular identification of space parameters of all parts of the solar system field. The placement of the heliostats is a basic condition for the optimal insolation conditions of heliostat solar collectors' field.

Key words: renewable energies, heliostat, renewable energy

Úvod

Pre zostavenie kolektorového poľa s natáčavými kolektormi je potrebné určiť parametre určujúce zdanlivú polohu slnka na oblohe, na základe čoho je možné stanoviť podmienky insolácie kolektorov samotných, ako aj celého kolektorového poľa pozostávajúceho z natáčavých kolektorov.

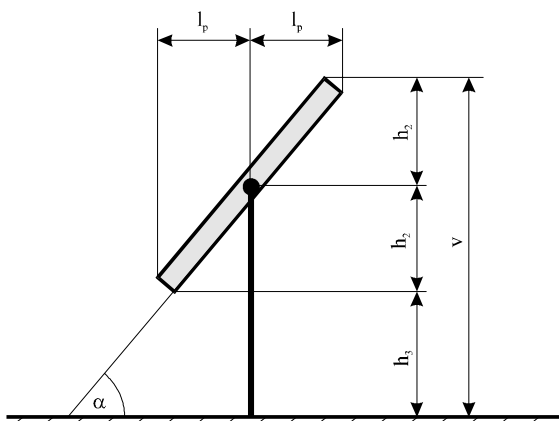
Základnou podmienkou orientácie absorpčnej plochy solárnych kolektorov je zabezpečenie kolmého dopadu slnečných lúčov na oslnenú plochu. Táto požiadavka je funkciou relatívneho pohybu slnka po oblohe.

Určenie dĺžky tieňa oslneného objektu, dopadajúceho na vodorovnú plochu

Konfigurácia a priestorové usporiadanie kolektorového poľa závisí od dĺžky a smeru tieňa ktorý vrhá solárny kolektor, resp. sekcia solárnych kolektorov.

Pre potrebu zostavenia veľkoplošného kolektorového poľa je vhodné vytvoriť kolektorové sekcie pozostávajúce z troch solárnych kolektorov, určených pre vertikálnu montáž, vzájomne paralelne zapojených. Približné rozmery takto vzniknutého panelu sú výška $h_{kol} = 2$ m, šírka $s_{kol} = 3$ m. Panel pozostávajúci z troch kolektorov je umiestnený na nosnej konštrukcii, ktorá je vo svojom strede klbovo ukotvená o nosný stĺp s výškou $h_1 = 1$ m, umožňujúci otáčanie sekcie kolektorov okolo vertikálnej a horizontálnej osi.

Výška sekcie v závisí od dennej a ročnej doby, pričom platí pravidlo, že na začiatku a na konci dňa je najvyššia, o 12.00 hodine je najnižšia. V závislosti na ročnom období v čase o 12.00 hod. je najvyššia v decembri a najnižšia v júni. Výška sekcie je funkciou uhlu výšky slnka nad obzorom h . Kolektorová sekcia v bokoryse je znázornená na Obr. 1.



Obr. 1. Kolektorová sekcia (bokorys).
Fig. 1. Collector section (lateral view).

Hodnoty výšky kolektorovej sekcie v v závislosti na ročnom období sú uvedené v Tab. 1.

¹ Ing. Radim Rybár, PhD., Ing. Peter Tauš, Ing. Dušan Kudelas, PhD., TU v Košiciach, F BERG, Ústav podnikania a cestovného ruchu, Park Komenského 19, 042 00 Košice, radim.rybar@tuke.sk, peter.taus@tuke.sk, dušan.kudelas@tuke.sk
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 7. 3. 2006)

Tab. 1. Hodnoty výšky kolektorovej sekcie v [m].

Tab. 1. Collector section height values [m].

Mesiac	5	6	7	8	9	10	11	12
	19	18	17	16	15	14	13	
XII.					1,993709	1,978581	1,964327	1,958572
XI a I.					1,986286	1,965016	1,94693	1,939693
X a II.				1,986771	1,956203	1,919616	1,890054	1,878817
IX. a III.			1,986054	1,94693	1,890769	1,830401	1,784452	1,766044
VIII. a IV.		1,988282	1,948876	1,883929	1,801463	1,716058	1,648519	1,622515
VII. a V.	1,994393	1,965108	1,908289	1,822938	1,724533	1,619505	1,534057	1,5
VI.	1,988362	1,952396	1,889177	1,800208	1,692143	1,580419	1,485268	1,445417

Určenie vzájomných vzdialeností kolektorových sekcií

Pri určovaní vzájomných rozstupov kolektorových sekcií je výhodné použiť súradnicový systém [x,y] s osou x a y, kde priesečníkom osí je bod so súradnicami [0,0], zhodný s osou nosného stĺpu. Hranicu tieňa, ktorá je jednoznačne určená jeho azimutom a dĺžkou, je potom možné charakterizovať jeho súradnicami x a y. Pre určenie súradnice x platí vzťah:

$$x = l' \cdot \sin a$$

Pre súradnicu y platí vzťah:

$$y = \frac{x}{\operatorname{tga}}$$

Hodnoty súradnic x tieňov kolektorovej sekcie dopadajúcich na vodorovnú plochu sú uvedené v Tab. 2.

Tab. 2. Hodnoty súradnic x tieňov kolektorovej sekcie dopadajúcich na vodorovnú plochu [m].

Tab. 2. Values of coordinates x of the collector section shadows projected to the horizontal surface [m].

Mesiac	Hodina							
	5	6	7	8	9	10	11	12
XII.					-11,63	-4,50	-1,83	0,00
XI a I.					-8,11	-3,65	-1,56	0,00
X a II.				-10,54	-4,84	-2,60	-1,18	0,00
IX. a III.			-11,69	-5,54	-3,30	-1,98	-0,95	0,00
VIII. a IV.		-12,92	-6,16	-3,87	-2,60	-1,68	-0,85	0,00
VII. a V.	-17,22	-7,31	-4,56	-3,17	-2,29	-1,56	-0,83	0,00
VI.	-11,72	-6,17	-4,11	-2,98	-2,20	-1,53	-0,83	0,00
Mesiac	Hodina							
	13	14	15	16	17	18	19	
XII.	1,83	4,50	11,63					
XI a I.	1,56	3,65	8,11					
X a II.	1,18	2,60	4,84	10,54				
IX. a III.	0,95	1,98	3,30	5,54	11,69			
VIII. a IV.	0,85	1,68	2,60	3,87	6,16	12,92		
VII. a V.	0,83	1,56	2,29	3,17	4,56	7,31	17,22	
VI.	0,83	1,53	2,20	2,98	4,11	6,17	11,72	

Tab. 3. Hodnoty súradnic y tieňov kolektorovej sekcie dopadajúcich na vodorovnú plochu [m].

Tab. 3. Values of coordinates y of the collector section shadows projected to the horizontal surface [m].

Mesiac	Hodina							
	5	6	7	8	9	10	11	12
XII.					13,48	8,49	7,19	6,88
XI a I.					8,89	6,55	5,85	5,67
X a II.				6,25	4,61	4,14	3,97	3,94
IX. a III.			2,40	2,45	2,53	2,62	2,72	2,75
VIII. a IV.		-1,68	0,43	1,13	1,51	1,79	1,99	2,07
VII. a V.	-7,70	-1,71	-0,21	0,48	1,00	1,35	1,62	1,73
VI.	-5,79	-1,72	-0,34	0,36	0,82	1,19	1,48	1,61
Mesiac	Hodina							
	13	14	15	16	17	18	19	
XII.	7,19	8,49	13,48					
XI a I.	5,85	6,55	8,89					
X a II.	3,97	4,14	4,61	6,25				
IX. a III.	2,72	2,62	2,53	2,45	2,40			
VIII. a IV.	1,99	1,79	1,51	1,13	0,43	-1,68		
VII. a V.	1,62	1,35	1,00	0,48	-0,21	-1,71	-7,70	
VI.	1,48	1,19	0,82	0,36	-0,34	-1,72	-5,79	

Hodnoty súradnic y tieňov kolektorovej sekcie dopadajúcich na vodorovnú plochu sú uvedené v Tab. 3.

V prípade umiestnenia kolektorového poľa v južnom svahu, s uhlom sklonu svahu β , je metodika určenia súradníc hranice tieňa x a y totožná. Rovina, v ktorej sa nachádza súradnicový systém, zvierá s horizontálnou rovinou uhol β .

Celoročná prevádzka solárneho zariadenia

Pri celoročnej prevádzke solárneho zariadenia sa určia vzájomné rozostupy kolektorových sekcií v jednom rade na základe dĺžky tieňa vrhaného kolektorovou sekciou v mesiaci december o 12:00 hod., t. j. veľkosťou súradnice y , vtedy keď súradnica x má nulovú hodnotu. Súradnica y má v mesiaci december o 12:00 hod. hodnotu 6,88 m. Táto vzdialenosť bude predstavovať vzájomné rozostupy nosných stĺpov kolektorových sekcií umiestnených v jednom rade.

Vzájomné vzdialenosti radov kolektorových sekcií sú závislé na maximálnej veľkosti súradnice x hranice tieňa kolektorovej sekcie. Maximálnu hodnotu súradnice $y = 17,22$ m dosiahne hranica tieňa v V. a VII. mesiaci o 5. a 19. hodine. To by predstavovalo neúmerne veľké rozostupy, a s tým spojený značný záber pôdy. Výška slnka nad obzorom je však vtedy len $6,07^\circ$, čo v teréne s relatívne členitým reliéfom znamená, že slnko sa nachádza za obzorom. Ak by sa vynechali okrajové denné hodnoty y prislúchajúce uhlu výšky slnka nad obzorom $h < 10^\circ$, ktoré sú zvýraznené v Tab. 4., vtedy by mala najväčšiu hodnotu súradnica hranice tieňa $x = 7,31$ m v V. a VII. mesiaci o 6. a 18. hodine. Táto vzdialenosť predstavuje vzájomné rozostupy radov kolektorov (nosných stĺpov).

Tab. 4. Denné hodnoty x prislúchajúce uhlu výšky slnka nad obzorom $h < 10^\circ$ [m].
Tab. 4. Daily values of x for angle of sun height $h < 10^\circ$ [m].

Mesiac	Hodina									
	5	6	7	8	9	15	16	17	18	19
XII.					-11,63	11,63				
XI a I.					-8,11	8,11				
X a II.				-10,54	-4,84	4,84	10,54			
IX. a III.			-11,69	-5,54	-3,30	3,30	5,54	11,69		
VIII. a IV.		-12,92	-6,16	-3,87	-2,60	2,60	3,87	6,16	12,92	
VII. a V.	-17,22	-7,31	-4,56	-3,17	-2,29	2,29	3,17	4,56	7,31	17,22
VI.	-11,72	-6,17	-4,11	-2,98	-2,20	2,20	2,98	4,11	6,17	11,72

Ak by bolo kolektorové pole situované na južnom svahu vtedy by boli vzájomné vzdialenosti nosných stĺpov kolektorových sekcií v rámci jedného radu pre uhly sklonu svahu 5° až 50° určené obdobným spôsobom. Hodnoty súradníc y pre jednotlivé uhly sklonu svahu sú uvedené v Tab. 4. Avšak vzhľadom na skutočnosť že pri azimute slnka a väčšom ako 90° dochádza k predlžovaniu tieňov, bude sa uvažovať len s hodnotami súradnice x , pre $a < 90^\circ$. Hodnoty súradníc hranice tieňa x pre jednotlivé uhly sklonu svahu (maximálna hodnota súradnice x prislúcha III. a IX. mesiacu o 7:00 a 17:00) sú uvedené v Tab. 5.

Tab. 5. Hodnoty súradníc y pre jednotlivé uhly sklonu svahu.
Tab. 5. Values of coordinates y for individual angles of slope angle.

Uhol svahu β [°]	Súradnica y [m]
5	5,33
10	4,38
15	3,74
20	3,28
25	2,93
30	2,69
35	2,50
40	2,35
45	2,23
50	2,13

Tab. 6. Hodnoty súradníc hranice tieňa x pre jednotlivé uhly sklonu svahu.
Tab. 6. Values of coordinates x for individual angles of slope angle.

Uhol svahu β [°]	Súradnica x [m]
5	10,96
10	10,13
15	9,74
20	9,24
25	8,78
30	8,37
35	7,99
40	7,65
45	7,34
50	7,05

Sezónna prevádzka solárneho zariadenia

Pri sezónnej prevádzke solárneho zariadenia dĺžka sezóny závisí od dĺžky obdobia v ktorom teplota vzduchu neklesne na 0°C . V našich klimatických podmienkach (mesto Košice) je to od apríla do konca októbra. Pri návrhu solárneho zariadenia sa vychádza z údajov platných pre mesiac október, kedy sú dni kratšie a slnko je nižšie nad obzorom, t. j. dĺžka tieňov je väčšia ako v apríli. Určenie parametrov je inak obdobné ako pri zariadeniach s celoročnou prevádzkou.

Vzájomná vzdialenosť nosných stĺpov kolektorových sekcií v rámci jedného radu je daná súradnicou y pre mesiac október o 12:00 hod., ktorá má hodnotu $y = 3,94$ m, čo je o 2,94 m menej, ako pri zariadení s celoročnou prevádzkou (solárne zariadenie je umiestnené na vodorovnej ploche). To znamená výrazné skrátenie vzdialeností medzi jednotlivými sekciami v rámci jednotlivých radov a tým úsporu priestoru a inštalačného materiálu.

Uhol svahu β [°]	Súradnica y [m]
5	3,40
10	3,02
15	2,73
20	2,51
25	2,34
30	2,20
35	2,10
40	2,02
45	1,96
50	1,92

Vzdialenosť radov určená súradnicou x má rovnakú hodnotu ako pri zariadení s celoročnou prevádzkou, t. j. $x = 7,31$ m v V. a VII. mesiaci o 6. a 18. hodine.

Pri zariadení umiestnenom v južnom svahu sú hodnoty y pre jednotlivé uhly sklonu svahu uvedené v

Tab. 7.

Tab. 7. Hodnoty y pre jednotlivé uhly sklonu svahu.

Tab. 7. Values of coordinates y for individual angles of slope angle.

Hodnoty súradnice x sú rovnaké ako pri zariadení s celoročnou prevádzkou, ktoré boli uvedené v Tab. 6.

Záver

Pri statickej orientácii dochádza ku kolmému dopadu slnečných lúčov viacmenej výnimočne, čoho následkom je skutočnosť, že kolektory väčšinu doby svojej prevádzky pracujú s vyššími optickými stratami ako je ich hodnota, vyplývajúca z konštrukčného riešenia kolektorov.

V niektorých prípadoch inštalácie, napr. pri veľkoplošných solárnych systémoch so sezónnou akumuláciou môže byť nielen technicky, ale aj ekonomicky opodstatnená inštalácia kolektorov na heliostatické nosné konštrukcie.

Literatúra - References

- [1] Rybár, P., Tauš, P., Rybár, R.: Alternatívne zdroje energie 1 : Slnečná energia., Košice : Elfa, 2001.
- [2] Rybár, R., Tauš, P., Kudelas, D.: Využívanie solárnych zariadení na ohrev TÚV v mestskej zástavbe Košíc., *AT&P Journal, Bratislava 3/2005*.
- [3] Šimko, V., Kováč, D., Kováčová, I.: Teoretická elektrotechnika I, Košice, Elfa, 2000, ISBN 80-88964-34-2.
- [4] Wittenberger, G., Pinka, J.: Využitie geotermálnej energie na Slovensku, *Acta Montanistica Slovaca, Ročník 10 (2005), číslo 4, 387-391, ISSN 1335-1788*.
- [5] Wittenberger, G., Pinka, J.: Súčasný stav geotermálnych vrtoch GTD 1,2,3 v Ďurkove, 3. mezinárodná konferencia : *Netradiční metody využití ložisek, Ostrava, október 2005, Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské Technické univerzity Ostrava, číslo 1, rok 2005, ročník LI, 325-328*.