

FRANTIŠEK SMOLEN

**PRÍJEM KRÁTKOVLNNEHO ŽIARENIA RÔZNE ORIENTOVANÝMI SVAHMI
A STENAMI V BRATISLAVE**

František Smolen: The uptake of short-wave radiation by differently oriented slopes and walls in Bratislava. Geogr. Čas., 29, 1977, 4; 14 figures, 14 tables, 5 references.

In the present work, the intensity of direct solar radiation in Bratislava is studied. As fundamental data, there are given results for the entire long-wave and short-wave regions of the solar spectrum. Based on direct measurements, we calculated the intensity of direct solar radiation falling on slopes oriented towards the cardinal points and inclined to the horizontal plane by the angles of 0°, 15°, 30° and 45°. In similar way, we calculated the intensity of direct solar radiation falling on the southern, western, northern and eastern walls. For the years' extreme months (June and December), we have established special nomographs.

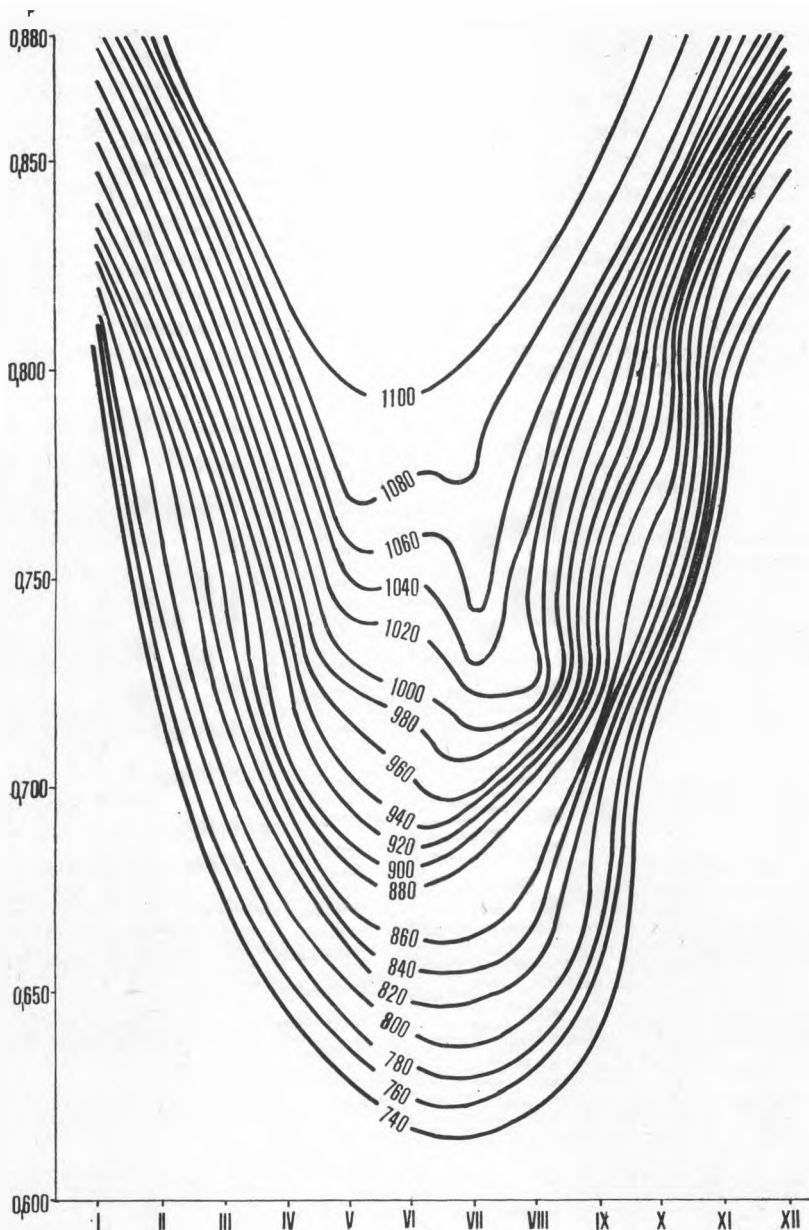
Projekcia, staviteľstvo a využívanie rôznych zariadení si vyžadujú poznať zvláštnosti klímy a podiel vplyvu klimatických faktorov na životné prostredie. Medzi týmito faktormi dôležitú úlohu hrá slnečné žiarenie.

Hlbšie poznanie radiačných procesov má veľký význam pre riešenie mnohých úloh spojených s projekciou, napr. pri zhodnotení energetických možností danej oblasti a pri úprave životného prostredia z hľadiska svetelnej klímy, ultrafialového žiarenia atď. Poznanie klimatických pomerov danej oblasti, ako aj mestskej klímy a mikroklimy obytných a administratívnych budov si vyžaduje využívanie poznatkov o slnečnom žiarení. V zimnom období slnečné žiarenie môže slúžiť ako doplnkový zdroj na vyhrievanie budov, čo umožňuje skracovať dĺžku vykurovacieho obdobia a môže mať veľký ekonomický efekt.

Pre správne vyhodnotenie vplyvu slnečného žiarenia na budovy a zástavbu v komplexe s inými meteorologickými činiteľmi je nevyhnutné poznať zákonitosť časového a priestorového rozloženia slnečného žiarenia na širšom území, a to nielen na horizontálnu plochu, ale predovšetkým na plochu kolmú alebo sklonenú k horizontále pod určitým uhlom. Toľko z názorov zahraničných odborníkov, ktorí sa usilujú o praktickú aplikáciu výsledkov získaných pri štúdiu radiačných procesov na povrchu zeme [1].

Z tohto hľadiska poukážeme na niektoré výsledky, ktoré sme získali pre Bratislavu na základe aktinometrických meraní Hydrometeorologického ústavu v Bratislave [2].

Vzhľadom na to, že intenzita priameho slnečného žiarenia závisí najmä od



Obr. 1. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia na poludnie od koeficientu priepustnosti spodnej vrstvy atmosféry v jednotlivých mesiacoch [W/m^2].

Tabuľka 1

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia I_g v Bratislave za obdobie 1954—1959
[W/m²]

Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I					322	626	718	725	738	745	669	597	398			
II				154	513	660	722	732	740	713	652	562	419	140		
III				366	584	766	795	809	819	837	774	763	652	456		
IV			429	590	659	794	811	818	849	833	811	765	694	504	331	
V	311	562	675	714	788	804	835	854	835	807	782	738	577	364		244
VI	356	493	604	712	763	765	812	838	832	818	796	761	698	502		328
VII	331	479	604	696	749	768	772	807	816	802	777	687	564	445		291
VIII	118	343	577	689	738	784	809	816	809	780	729	645	532	397		174
IX			271	444	615	703	760	779	797	801	789	745	680	519	237	
X				299	524	608	692	739	736	740	703	652	438	258		
XI					412	617	729	769	769	752	720	638	462			
XII					246	522	653	706	726	718	679	590	218			
Rok	93	215	359	557	694	749	775	791	786	750	700	566	354	190		87
Zima	—	—	51	360	603	698	721	735	725	667	583	345	47	—		—
Jar	103	331	544	652	783	803	821	842	836	797	770	695	512	232		81
Leto	269	438	595	699	750	772	798	821	819	800	768	698	598	448		264
Jeseň	—	91	248	517	643	727	763	768	765	738	678	527	259	79		—

fyzikálneho stavu a optickej hrúbky atmosféry, ktorou slnečné lúče prenikajú, ukážeme, do akej miery je intenzita priameho slnečného žiarenia závislá od koeficientu priepustnosti v spodnej vrstve atmosféry počas roka (obr. 1). Na obraze 1 je znázornená závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia na poludnie od priemerného koeficientu priepustnosti atmosféry v jednotlivých mesiacoch. Z obrazu vidíme, že ak napr. priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dosiahne na poludnie v letných mesiacoch 740 W/m^2 pri koeficiente priepustnosti 0,615, na dosiahnutie tej istej intenzity v decembri musí koeficient priepustnosti stúpnuť až na hodnotu 0,825. Z priebehu jednotlivých izočiari počas roka tiež môžeme vidieť, že čím je väčšia intenzita, tým je potrebnější menšia zmena koeficientu priepustnosti v spodnej vrstve atmosféry na to, aby intenzita priameho slnečného žiarenia bola stála po celý rok.

Priemerné hodinové hodnoty intenzity priameho slnečného žiarenia sú uvedené v tab. 1—3. V tabuľke 1 sú uvedené priemerné hodinové hodnoty intenzity priameho slnečného žiarenia pre celú oblasť slnečného spektra. Z tabuľky vidíme, že priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia vykazuje výrazný denný chod s jedným maximom na poludnie a s minimom pri východe a západe Slnka. Bratislava ako veľkomesto s vyvinutým priemyslom bude sa vyznačovať menšou intenzitou priameho slnečného žiarenia ako miesta s menším znečistením atmosféry, napr. v Hurbanove [3] alebo v Poprade [4]). Oslabenie intenzity priameho slnečného žiarenia v Bratislave v porovnaní s uvedenými miestami sa môže v jednotlivých oblastiach spektra pohybovať medzi 9—11 % a jej priemerná ročná hodnota je na poludnie 791 W/m^2 . Ak sledujeme denný chod intenzity priameho slnečného žiarenia v celej oblasti slnečného spektra v jednotlivých mesiacoch, vidíme, že poľudňajšie maximum sa môže posúvať medzi 12—13. hod. V priebehu roka najväčšia priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia v dopoľudňajších hodinách a na poludnie pripadá v Bratislave na máj, keď jej priemerná hodnota na poludnie je 854 W/m^2 , čo je hodnota oproti priemernej ročnej intenzite na poludnie vyššia o 7 %. Ak porovnáme jednotlivé ročné obdobia, dostaneme, že v jarnom období dopadne v Bratislave v dopoľudňajších hodinách (od 9 do 12 hod.) priemerne o 3 % a v popoľudňajších hodinách (od 12 do 16 hod.) priemerne o 1 % viac slnečnej energie ako v letnom období. Takéto rozloženie intenzity priameho slnečného žiarenia počas dňa a roka je závislé predovšetkým od priepustnosti atmosféry, a preto ešte výraznejšie sa prejavuje v červenej oblasti slnečného spektra s vlnovou dĺžkou $625 \leq \lambda \leq 2800 \text{ nm}$. Priemerné hodnoty priameho slnečného žiarenia v označenej spektrálnej oblasti sú uvedené na tab. 2. Z tabuľky vidíme, že priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia v červenej oblasti slnečného spektra je v jarnom období medzi 9—16. hod. vyššia oproti letu priemerne až o 6 %. Priemerné poľudňajšie maximum intenzity priameho slnečného žiarenia v máji je v červenej oblasti slnečného spektra 570 W/m^2 , čo oproti intenzite v celej oblasti spektra predstavuje iba 66,7 %. V celoročnom priemere tento pomer môže dosiahnuť až 68 %.

Z bioklimatologického hľadiska je často potrebné poznať intenzitu priameho slnečného žiarenia v oblasti kratších vlnových dĺžok, preto sme vypočítali aj intenzitu krátkovlnného slnečného žiarenia s vlnovou dĺžkou $0 < \lambda \leq 625 \text{ nm}$. Priemerné hodinové hodnoty krátkovlnného slnečného žiarenia sú uvedené v tab. 3. Z tabuľky vidíme, že kým najväčšie hodnoty intenzity krátkovln-

Tabuľka 2

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia I_r v Bratislave za obdobie 1954—1959
[W/m²]

Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I					227	474	532	535	536	537	518	468	306			
II				101	344	482	534	529	546	541	516	461	328	84		
III				297	431	534	551	553	558	563	529	513	458	324		
IV			317	446	472	544	546	546	562	558	539	529	485	384	246	
V	211	389	481	499	528	528	551	570	546	539	518	488	414	289	178	
VI	232	340	424	478	495	495	520	526	531	528	516	477	433	365	262	
VII	223	352	429	469	488	507	502	514	525	526	500	451	386	270	157	
VIII	82	285	426	470	486	501	516	525	525	505	497	431	373	267	107	
IX		237	348	433	477	501	507	516	516	514	505	471	382	186		
X			241	408	451	476	508	505	504	481	457	343	186			
XI				300	476	526	534	543	530	512	499	388				
XII				209	410	502	548	555	549	516	416	156				
Rok	62	160	266	395	487	516	529	538	535	518	490	398	247	135	70	
Zima	—	—	33	260	456	523	537	546	542	516	448	263	28	—	—	
Jar	70	235	408	468	535	541	551	563	555	535	520	477	374	179	59	
Leto	179	326	426	472	490	501	513	522	527	520	504	453	397	301	175	
Jeseň	—	79	197	380	468	501	516	521	517	502	487	401	190	62	—	

Tabuľka 3

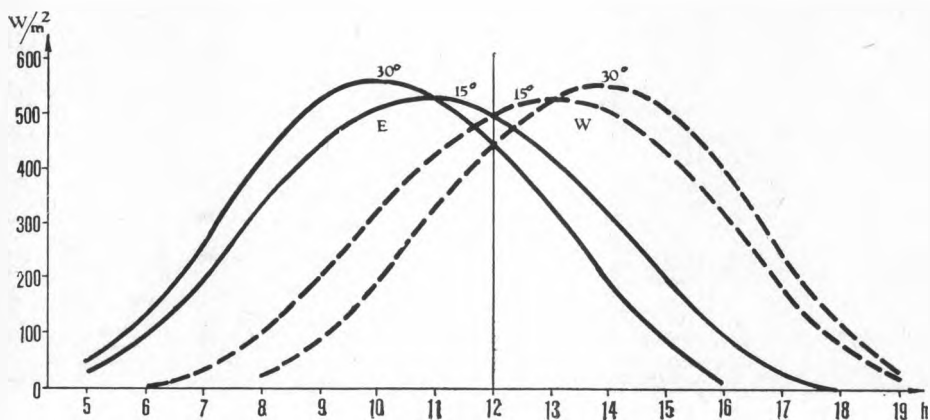
Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia I_k v Bratislave za obdobie 1954—1959
[W/m²]

Čas Mesiac	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I				95	152	186	190	202	208	151	129	92			
II			53	169	178	188	203	194	172	136	101	91	56		
III			69	153	232	244	256	261	274	245	250	194	132		
IV		112	144	187	250	265	272	287	275	272	236	209	120	85	
V	100	173	194	215	260	276	284	284	289	268	264	250	163	75	66
VI	124	153	180	234	268	270	292	312	301	290	280	284	265	137	66
VII	108	127	175	227	261	261	270	293	291	276	277	236	178	175	134
VIII	26	58	151	219	252	283	293	291	284	275	232	214	159	130	67
IX		34	96	182	226	259	272	281	285	275	240	209	137	51	
X			58	116	157	216	231	231	236	222	195	95	72		
XI				112	141	203	235	226	222	208	139	74			
XII				37	112	151	158	171	169	163	174	62			
Rok	31	55	93	162	207	234	246	253	250	232	210	168	107	54	28
Zima			18	100	147	175	184	189	183	150	135	82	19		
Jar	33	95	136	185	247	262	271	277	279	262	256	218	138	53	22
Leto	89	113	169	227	260	271	285	299	292	280	263	245	201	147	89
Jeseň		11	51	137	175	226	246	246	248	235	191	126	70	17	

Tabuľka 4

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na horizontálnu plochu
v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m²]

Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I					8	87	172	236	261	244	190	107	25			
II					57	160	255	327	356	341	276	183	80			
III				55	182	313	429	497	523	508	435	317	184	58		
IV			57	174	315	453	563	632	655	632	553	435	298	160	45	
V	29	131	267	414	549	652	715	737	708	634	516	375	228	98	13	
VI	48	160	299	444	579	688	754	780	756	686	571	431	287	149	45	
VII	27	124	253	397	525	627	703	731	710	641	530	395	253	126	31	
VIII		76	198	340	469	571	641	668	648	583	468	331	191	75	2	
IX		6	97	223	352	464	530	563	547	486	378	249	118	91		
X			26	136	253	345	400	412	380	311	210	95	5			
XI				43	149	235	285	295	267	203	112	19				
XII				4	79	160	214	230	207	151	69					
Rok	8	46	114	214	331	430	494	518	495	429	324	207	108	42	8	
Zima	—	—	—	23	109	196	259	282	264	206	120	35	—	—	—	
jar	10	63	165	304	438	546	614	638	616	541	423	285	149	47	4	
Leto	25	120	250	394	524	629	699	726	705	636	523	386	244	117	27	
Jeseň	—	2	41	134	251	348	405	424	398	334	233	121	41	3	—	



Obr. 2. Ožiarenie východného E a západného W-svahu so sklonmi 15° a 30° v Bratislave [W/m^2].

ného slnečného žiarenia pripadajú v ročnom priemere prevažne na jún, kedy najväčšia hodnota na poľudnie je $312 \text{ W}/\text{m}^2$, najmenšie hodnoty pripadajú na zimné mesiace. V zimných mesiacoch intenzita krátkovlnného slnečného žiarenia je na poľudnie 63 % z hodnôt v letných mesiacoch. Podiel krátkovlnného slnečného žiarenia v celkovej energii slnečného spektra sa mení s rastúcou výškou Slnka. V ročnom priemere na priame slnečné žiarenie z krátkovlnnej oblasti spektra pripadá 17 % pri výške Slnka 5° a 37 % pri výške Slnka 65°.

Pre niektoré praktické účely a sledovanie niektorých mikroklimatických zvláštností je veľmi dôležité poznať intenzitu priameho slnečného žiarenia, ktorá dopadá na horizontálnu plochu, prípadne na plochy sklonené k slnečným lúčom pod rôznym uhlom, ako aj plochy orientované do rôznych svetových strán. Preto hodnoty intenzity priameho slnečného žiarenia v Bratislave sa prepočítali na horizontálnu plochu, ako aj na plochy sklonené k horizontále pod uhlami 15°, 30°, 45° a 90° a orientované do hlavných svetových strán.

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia, dopadajúca na horizontálnu plochu v Bratislave, je uvedená v tab. 4. Porovnaním intenzity priameho slnečného žiarenia, dopadajúceho na horizontálnu plochu I_z s intenzitou pri kolmom dopade slnečných lúčov I_g , vidíme, že najväčšie rozdiely počas dňa pripadajú na ranné a neskoršie popoľudňajšie hodiny. V ročnom chode najväčší rozdiel pripadá na zimné mesiace. Kým v ranných a neskorších popoľudňajších hodinách pomer I_z/I_g je v Bratislave priemerne iba 9–12 %, na poľudnie táto hodnota môže obsiahnuť v ročnom priemere 66 %, v lete 87 % a v zime 38 %. Ako vidíme z jednotlivých údajov v tab. 4, intenzita priameho slnečného žiarenia, dopadajúceho na horizontálnu plochu, má počas dňa maximum na poľudnie. Poľudňajšia intenzita priameho slnečného žiarenia dosahuje v júni $780 \text{ W}/\text{m}^2$. V decembri táto hodnota klesne na $230 \text{ W}/\text{m}^2$. Uvedené výsledky ukazujú, že v Bratislave v decembri dopadá na horizontálnu plochu na poľudnie iba 29 % z júnového popoľudňajšieho maxima.

Rozložením intenzity priameho slnečného žiarenia pri kolmom dopade sl-

Tabuľka 5

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na východný svah so sklonom 15° v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m²]

Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I					93	185	253	280	260	198	109	12			
II					161	270	341	375	356	293	192	81			
III				168	322	441	517	542	514	444	327	186	55		
IV			170	314	458	576	648	664	633	555	433	287	143	21	
V	104	254	410	555	665	728	740	708	628	510	366	216	83		
VI	127	283	440	582	694	763	781	754	679	564	420	269	133	24	
VII	89	237	385	530	638	704	734	711	640	530	391	246	114	17	
VIII	34	187	335	479	587	652	675	650	578	468	325	182	56		
IX		65	215	354	472	550	569	548	479	373	235	98			
X			87	246	355	415	424	385	307	200	79				
XI				116	244	304	310	273	200	101					
XII				45	165	232	246	218	154	66					
Rok	29	100	196	329	441	509	523	501	429	322	198	100	34	4	
Zima				100	206	275	301	278	215	122	31				
Jar	35	142	297	445	560	631	649	618	542	424	279	138	35		
Leto	83	236	387	530	639	707	730	705	632	521	379	232	101	14	
Jeseň		22	100	239	257	423	434	402	329	225	105	33			

Tabuľka 6

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na západný svah so
sklonom 15° v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m²]

Čas Mesiac	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I						80	176	245	274	258	196	103			
II					39	151	258	332	366	342	273	165			
III				29	163	300	418	498	537	514	427	301	140		
IV			23	151	299	441	555	633	664	636	553	433	287	135	
V			107	247	396	532	641	714	740	714	632	508	357	198	58
VI		25	137	277	426	565	676	753	783	761	682	564	422	263	119
VII		4	103	236	376	507	624	701	731	710	634	517	375	225	87
VIII			48	177	318	451	564	642	675	657	577	459	313	170	23
IX				75	209	346	456	539	577	567	494	382	243	52	
X				17	133	251	348	410	428	400	327	210	66		
XI					44	151	240	297	315	292	222	112			
XII						79	165	225	246	226	157	36			
Rok		31	35	101	200	321	426	499	528	507	431	315	184	87	24
Zima				13	103	200	267	295	276	209	101				
Jar			43	142	286	424	538	615	649	621	537	414	262	111	20
Leto		10	96	230	373	508	621	698	729	709	631	514	370	219	76
Jeseň				31	128	249	348	415	440	419	348	232	103	17	

Tabuľka 7

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na východný svah so sklonom 30° v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m²]

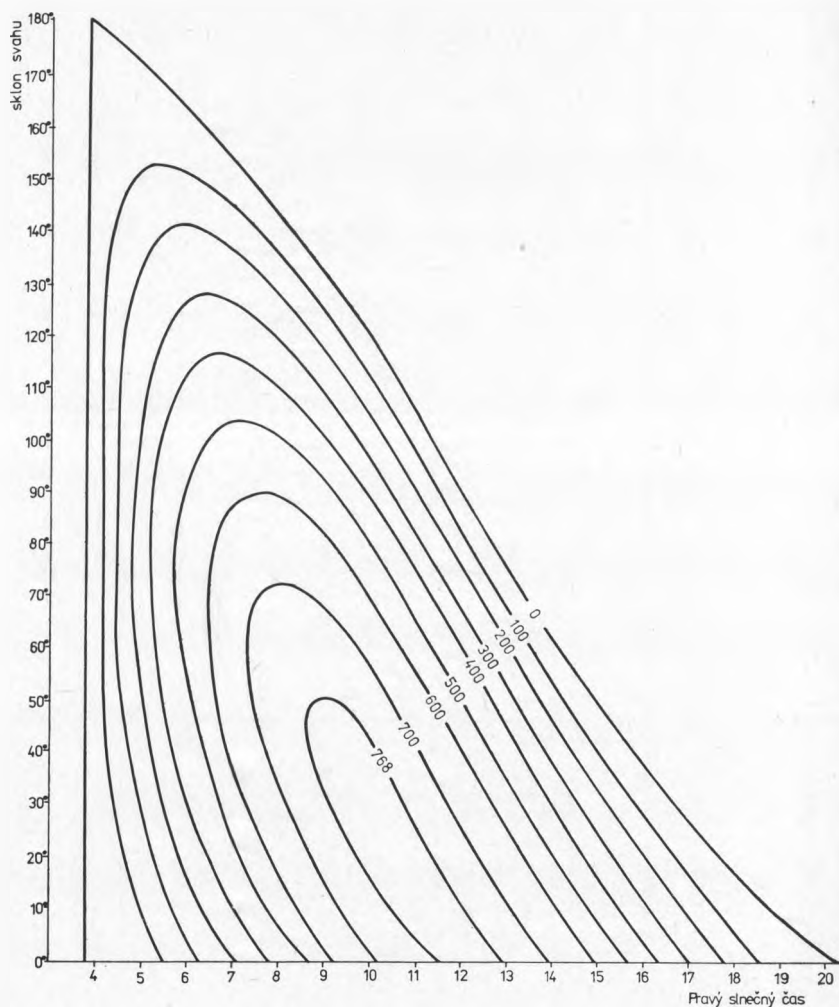
Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I					172	271	318	306	241	138	20						
II					255	362	405	397	331	225	94						
III				269	440	539	576	551	469	350	197	42					
IV			271	432	569	659	687	652	567	441	283	120					
V	172	360	524	657	736	754	715	632	504	352	190	42					
VI	198	388	551	680	761	783	754	676	555	404	241	89					
VII	146	333	492	628	708	733	715	643	526	382	224	80					
VIII	64	285	449	587	666	689	663	586	468	322	161	20					
IX		119	318	461	558	598	568	496	379	234	77						
X			142	339	433	657	419	333	213	75							
XI				182	322	351	315	232	119								
XII				84	240	287	263	193	90								
Rok	48	146	265	422	521	553	526	450	334	197	88	20					
Zima	—	—	—	170	291	336	322	255	151	35	—	—					
Jar	57	211	408	555	645	673	639	556	432	277	117	14					
Leto	136	335	498	632	711	736	711	635	516	369	209	63					
Jeseň	—	40	154	327	438	469	434	354	237	103	26	—					

Tabuľka 8

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na západný svah so sklonom 30° v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m²]

Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I								103	211	284	309	271	174				
II							36	170	286	366	385	344	239				
III						2	157	310	438	530	558	507	396	211			
IV						125	288	441	567	652	675	633	538	296	216		
V					62	216	376	523	644	722	745	706	607	462	284	98	
VI					90	243	403	551	675	756	784	748	658	529	359	185	
VII					59	202	353	502	623	703	729	694	606	471	310	137	
VIII					2	146	300	448	572	654	687	648	555	414	253	43	
IX						52	205	350	479	568	608	577	491	351	91		
X						4	140	273	380	446	463	422	312	122			
XI							56	179	279	343	360	317	197				
XII								107	205	269	286	234	69				
Rok					18	82	193	330	447	525	549	509	403	246	126	38	
Zima					—	—	12	127	234	306	327	283	160	—	—	—	
Jar					—	114	274	424	550	635	659	615	514	357	167	33	
Leto					50	197	352	500	623	705	733	696	606	471	307	121	
Jeseň					—	19	134	267	380	452	477	438	334	158	31	—	

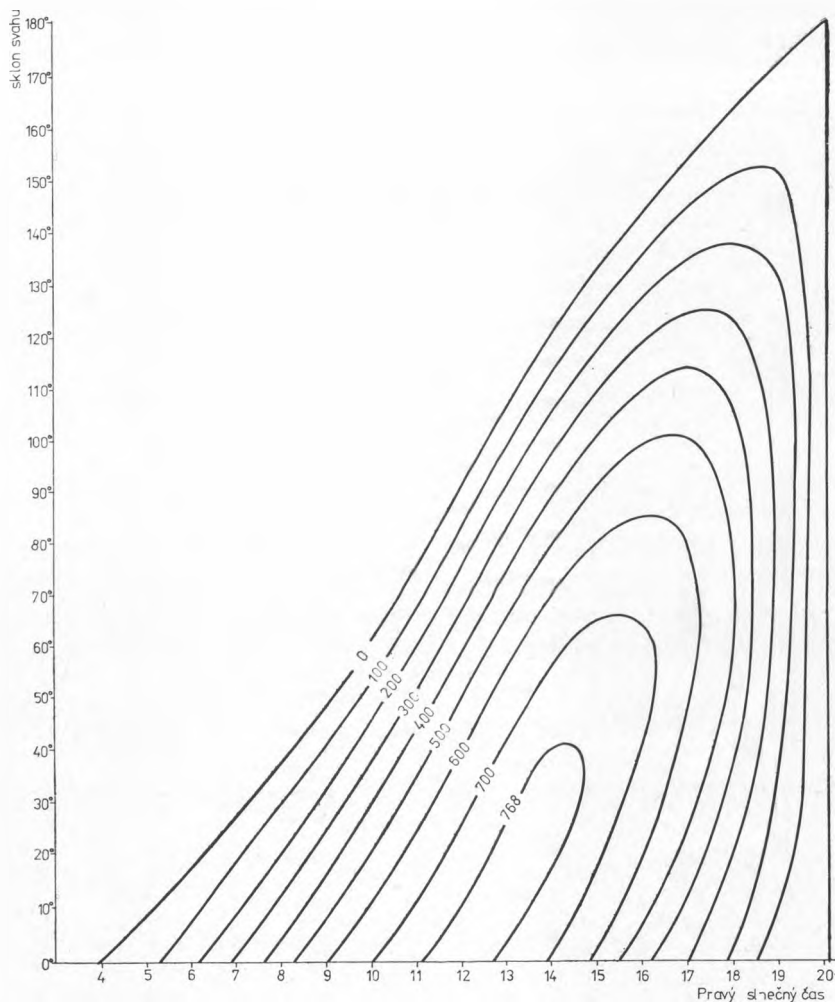
nečných lúčov na zvislú a horizontálnu zložku bolo možné vypočítať ožiarenie ľubovoľne sklonených a ľubovoľne orientovaných plôch. Ako vyplýva z jednotlivých vzťahov, denný chod intenzity priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na svahy bude podmienený najmä ich orientáciou a sklonom. Na obraze 2 vidíme, že denný chod intenzity priameho slnečného žiarenia má vzhľadom na poludnie pri východných svahoch ľavú a pri západných svahoch pravú asymetriu. So vzrastajúcim sklonom svahu denné maximum sa bude posúvať pri východných svahoch k ranným a pri západných svahoch k večerným hodinám. Maximálne ožiarenie východného svahu so sklonom 15° pripadá na



Obr. 3. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od sklonu východného svahu a časového uhlu v júni v Bratislave (priemer za obdobie 1954—1959) (W/m^2).

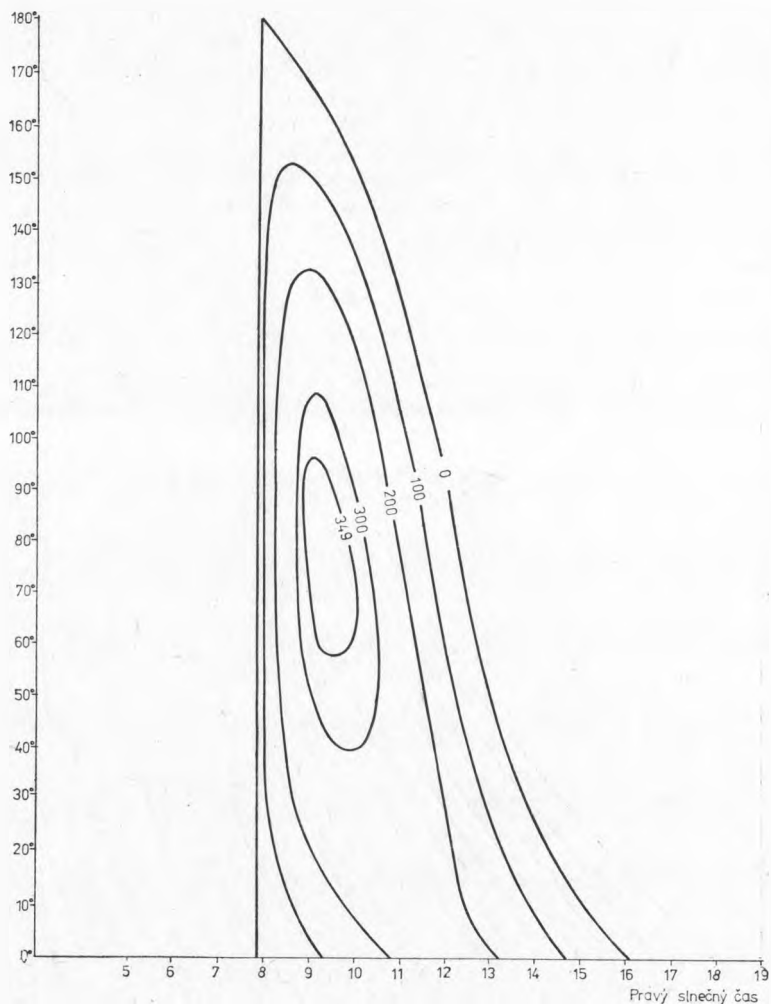
11 hod., so sklonom 30° na 10 hod. a so sklonom 45° až na 9 hod. Ako vidieť z obrazu 2, pre západné svahy dostávame zrkadlový obraz, pričom maximum intenzity priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na západné svahy bude o 13 hod. pri sklone 15° , o 14 hod. pri sklone 30° a o 15 hod. pri sklone 45° . Denný chod intenzity priameho slnečného žiarenia, dopadajúceho na východný a západný svah so sklonom 15° a 30° v jednotlivých mesiacoch roka, je uvedený v tab. 5—8.

Na obrazoch 3—6 je graficky znázornené ožiarenie východných a západných svahov v Bratislave, sklonených pod ľubovoľným uhlom k horizontále, v extrémnych mesiacoch roka. Z uvedených obrazov môžeme určiť nielen intenzitu



Obr. 4. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od sklonu západného svahu a časového uhlu v júni v Bratislave (priemer za obdobie 1954—1959) [W/m^2].

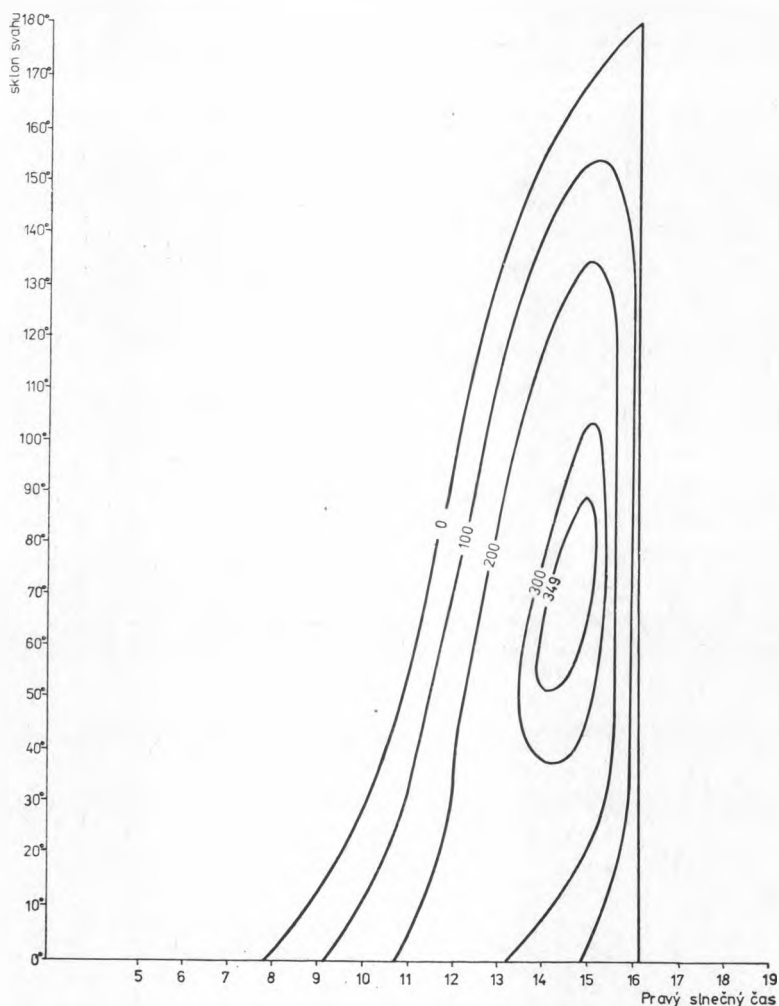
priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na východné alebo západné svahy v júni, prípadne v decembri, ale môžeme stanoviť i dobu ožiarenia východných svahov v uvedených mesiacoch. Napríklad z obrazov 3 a 4 vidíme, že kým horizontálna plocha je v júni ožiarená viac ako 16 hod., východný a západný svah so sklonom 45° sú ožiarené iba 11,5 hod. a so sklonom 90° ožiarenie trvá prakticky iba 8 hod. V zimnom období, konkrétne v decembri, ožiarenie horizontálnej plochy v Bratislave trvá prakticky 8 hod., pričom ožiarenie svahu 45° sa skraca na 5 hod. a so sklonom 90° až na 4 hod. Závislosť priemernej intenzity priameho slnečného žiarenia od sklonu východného a západného svahu, ako aj časového uhlu v decembri v Bratislave je znázornená na obr. 5 a 6.



Obr. 5. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od sklonu východného svahu a časového uhlu v decembri v Bratislave (priemer za obdobie 1954—1959) (W/m^2).

Podobne ako v júni a v decembri mohli by sme graficky znázorniť závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od sklonu svahu a časového uhlu pre ľubovoľný mesiac v roku, čím by sme dosiahli názornú predstavu o priemernej intenzite priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na ľubovoľne sklonený východný a západný svah, ako aj dobu trvania ich ožiarenia počas celého roka.

Odlíšny obraz o intenzite priameho slnečného žiarenia dostaneme pri jeho dopade na južný a severný svah. Maximálne ožiarenie tak južného, ako aj severného svahu (až po sklon približne 40°) pripadá počas dňa na poľudňajšie hodiny. Kým so vzrastajúcim uhlom sklonu až po kolmú orientáciu plochy



Obr. 6. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od sklonu západného svahu a časového uhlu v decembri v Bratislave (priemer za obdobie 1954—1959) (W/m^2).

Tabuľka 9

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na južný svah so
sklonom 15° v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m^2]

Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I					66	188	309	398	430	406	331	214	86			
II					113	255	380	475	512	492	406	280	137			
III				75	237	403	542	635	668	649	558	408	239	47		
IV			42	181	350	518	654	738	768	738	642	493	331	165	33	
V			99	254	428	590	715	792	819	784	694	553	384	214	70	
VI	6	117	274	444	604	735	816	847	819	733	586	431	264	110	6	
VII		87	231	399	553	676	767	800	775	694	561	401	238	96	5	
VIII		53	193	362	518	643	730	763	738	652	518	356	190	57		
IX		3	111	266	428	566	649	689	670	594	458	299	137	8		
X			47	202	354	475	545	560	521	431	301	143	20			
XI					99	262	381	448	461	424	340	216	76			
XII					37	182	304	377	398	368	290	167	27			
Rok	1	33	114	251	405	532	614	743	715	531	398	243	109	31	1	
Zima				72	209	331	417	447	422	343	220	83				
Jar		47	170	338	504	637	722	752	724	531	472	318	152	34		
Leto	2	86	232	402	558	685	771	804	777	595	558	396	231	87	3	
Jeseň		1	52	189	348	474	547	570	538	455	325	174	52	3		

Tabuľka 10

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na severný svah so sklonom 15° v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m²]

Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I							23	59	74	65	35					
II						54	112	157	176	167	128	73	17			
III				31	114	201	276	325	343	333	284	205	116	34		
IV			68	156	259	357	434	482	498	481	426	342	244	143	54	
V		59	154	262	373	471	545	589	605	584	531	445	340	227	119	33
VI		87	192	304	414	514	594	641	660	643	592	507	402	291	178	81
VII		57	153	257	368	462	536	591	611	595	546	462	361	252	147	56
VIII		13	94	190	294	387	459	509	528	514	468	384	285	179	87	10
IX			9	76	163	253	330	375	398	387	346	271	182	91		
X				2	61	133	192	227	235	214	170	105	34			
XI						25	73	103	109	91	52	1				
XII							7	36	45	32	1					
Rok		18	56	106	170	238	299	341	357	342	298	233	165	101	50	15
Zima						18	47	84	98	88	55	24	6			
Jar		20	74	149	248	343	418	465	482	466	414	331	234	135	58	11
Leto		52	147	250	359	456	530	581	599	584	535	451	350	241	137	49
Jeseň			3	26	75	137	198	235	248	231	189	126	70	30	3	

Tabuľka 11

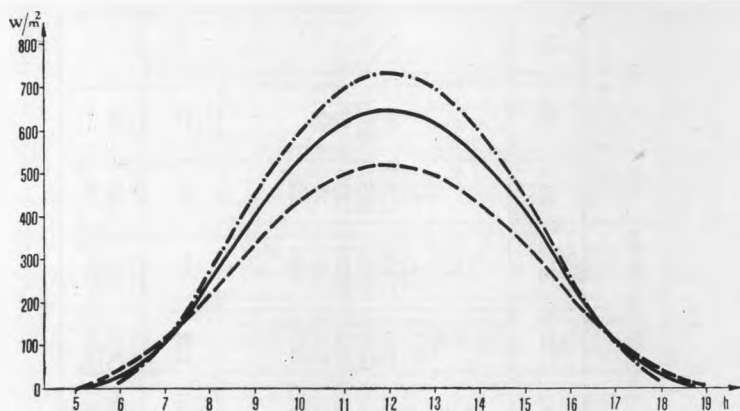
Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na južný svah so
sklonom 30° v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m²]

Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I					119	277	426	532	571	541	451	306	140			
II					161	331	479	591	634	610	508	359	185			
III			91	276	465	624	730	768	745	641	470	278		91		
IV		24	174	362	549	701	795	828	795	687	526	342	160	19		
V		61	224	413	590	730	815	844	806	706	551	368	185	37		
VI		66	230	414	589	733	821	856	825	731	581	402	222	63		
VII		45	194	374	542	679	779	816	789	698	553	381	206	39		
VIII		27	176	359	532	673	769	805	778	689	535	356	177	36		
IX			118	292	473	629	724	770	747	661	508	328	147	6		
X			65	255	433	572	653	671	625	523	372	193	34			
XI				148	358	502	581	597	553	454	305	128				
XII				66	272	426	514	541	504	410	255	51				
Rok		18	106	270	451	598	692	725	693	597	443	282	102	18		
Zima		—	—	115	294	444	546	582	552	456	306	126	—	—		
jar		28	163	350	535	685	780	814	782	678	516	329	145	19		
Leto		46	200	382	555	695	790	826	797	706	556	380	202	53		
jeseň		—	61	232	421	568	652	679	641	546	395	216	60	2		

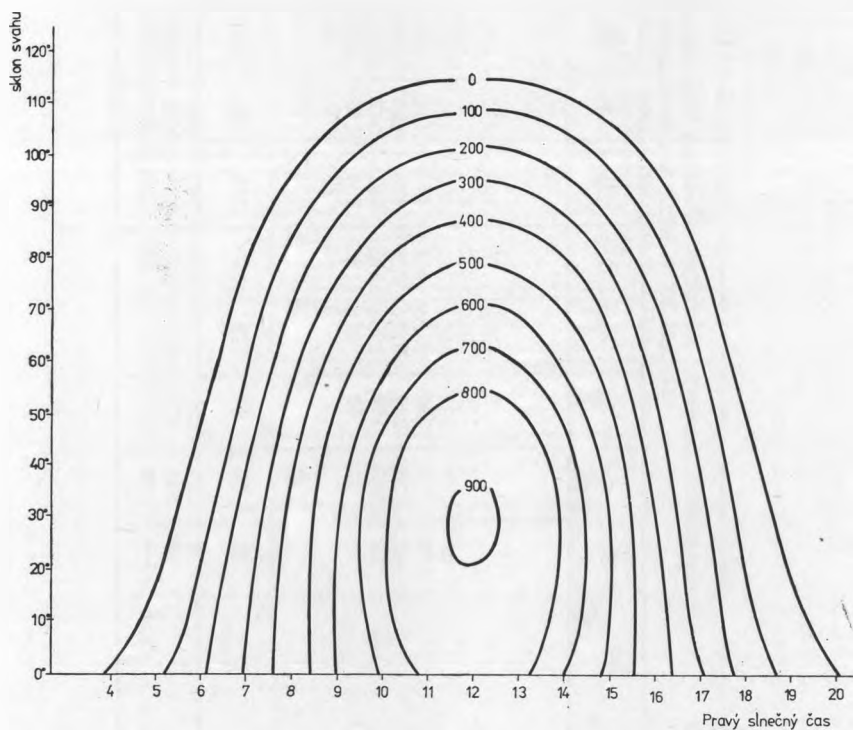
Tabuľka 12

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na severný svah so
sklonom 30° v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m²]

Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I																	
II																	
III				5	39	76	109	131	139	134	113	79	42	8			
IV			74	128	184	236	275	299	307	299	270	226	174	117	59		
V	86	167	239	306	361	400	424	432	421	392	343	281	210	133		50	
VI	119	210	288	356	414	458	484	495	486	457	408	345	276	195		111	
VII	84	171	244	313	367	408	438	449	440	412	364	303	233	158		76	
VIII	25	105	168	230	279	317	342	352	345	320	275	219	156	93		16	
IX		11	50	94	138	174	195	206	201	181	146	103	58	10			
X					4	25	39	43	34	16							
XI																	
XII																	
Rok	26	61	94	127	156	181	196	202	197	180	154	122	88	54		21	
Zima																	
Jar	29	80	124	176	224	262	285	292	285	258	216	165	112	64		17	
Leto	76	162	233	299	353	394	422	432	424	396	349	289	221	149		68	
Jeseň	—	4	17	31	47	66	78	83	78	66	49	34	20	4		—	

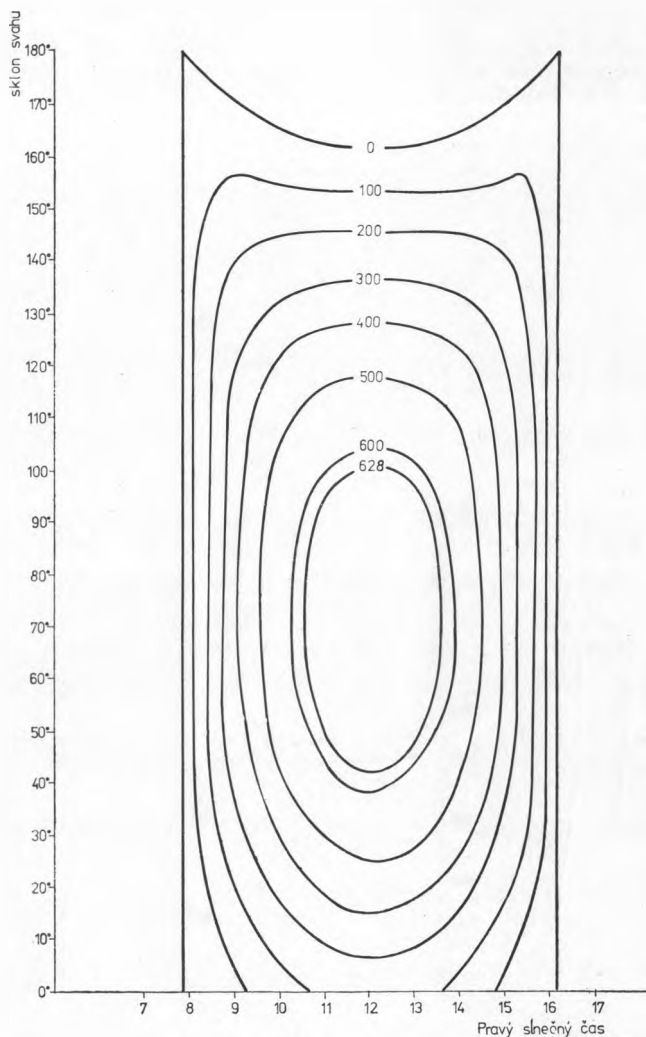


Obr. 7. Ožiarovanie horizontálnej plochy a južného svahu so sklonmi 15° a 30° v Bratislave [priemer za obdobie 1954–1959] (W/m^2),
 - - - - - horizontálna plocha, — sklon 15° , — . — . — sklon 30° .



Obr. 8. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od sklonu južného svahu a časového uhlu v júni v Bratislave [priemer za obdobie 1954–1959] (W/m^2).

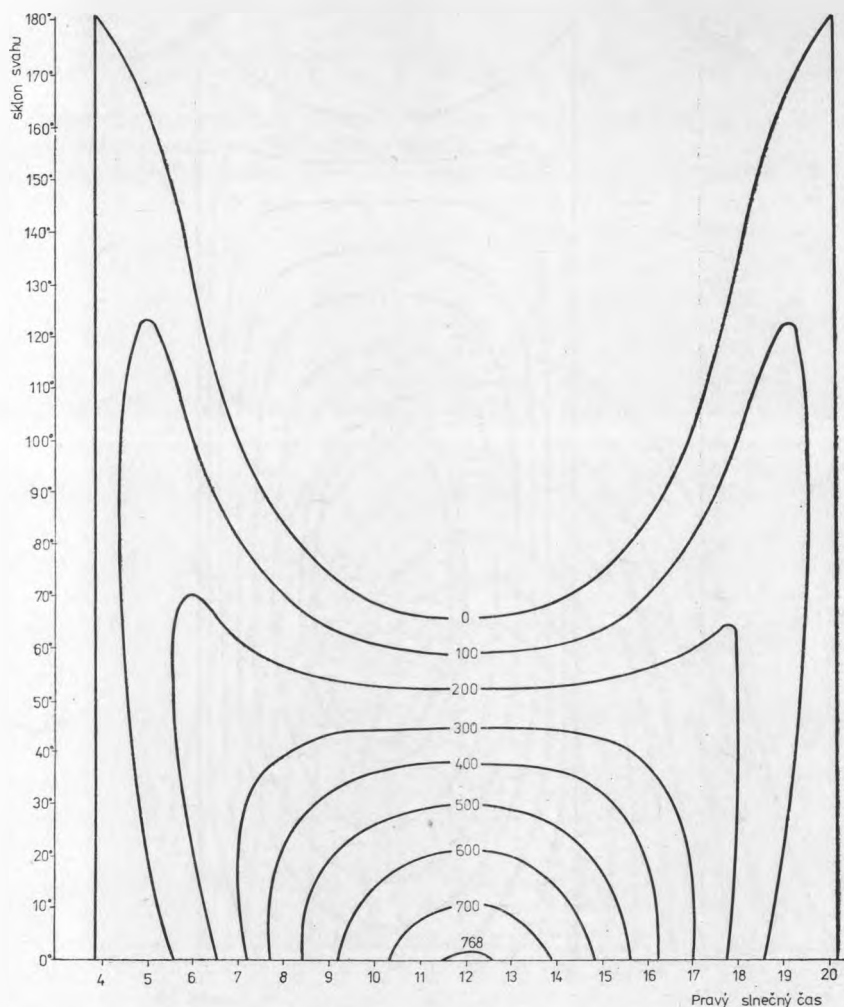
na slnečné lúče, na južných svahoch intenzita priameho slnečného žiarenia vzrastá, na severných svahoch so vzrastajúcim uhlom sklonu intenzita priameho slnečného žiarenia rýchlo klesá (tab. 9—12). Severný svah so sklonom 30° nie je v mesiacoch november—február vôbec ožiarený a ako ukazujú výpočty, severné svahy pri sklone 45° sú ožiarené priamym slnečným žiarením iba v mesiacoch apríl—september, čo značí, že v Bratislave plochy orientované na severnú stranu a sklonené viac ako 45° nebudú v zimnom polroku priamym slnečným žiarením vôbec ožiarené.



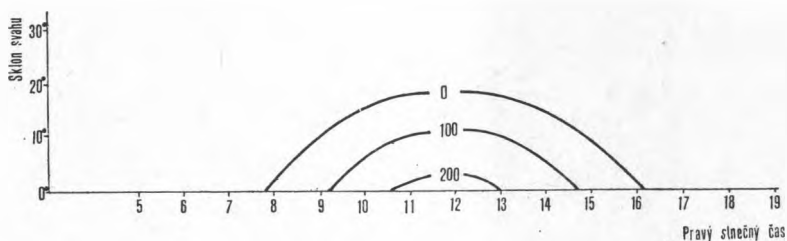
Obr. 9. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od sklonu južného svahu a časového uhlu v decembri v Bratislave (priemer za obdobie 1954—1959) (W/m^2).

Ak porovnáme intenzitu priameho slnečného žiarenia, dopadajúceho na južný a severný svah na poľudnie, dostaneme, že v ročnom priemere severný svah so sklonom 15° dostane o 45 % a so sklonom 30° až o 72 % menej slnečnej energie z dopadajúceho-priameho slnečného žiarenia ako južný svah. Náznornú predstavu o zmene priemernej intenzity priameho slnečného žiarenia, dopadajúceho na južný svah poskytuje nám obr. 7.

Podobne ako v prípade východného a západného svahu môžeme uviesť grafické znázornenie intenzity priameho slnečného žiarenia, dopadajúceho na južný a severný svah, v závislosti od sklonu svahu a časového uhlu v extrémnych



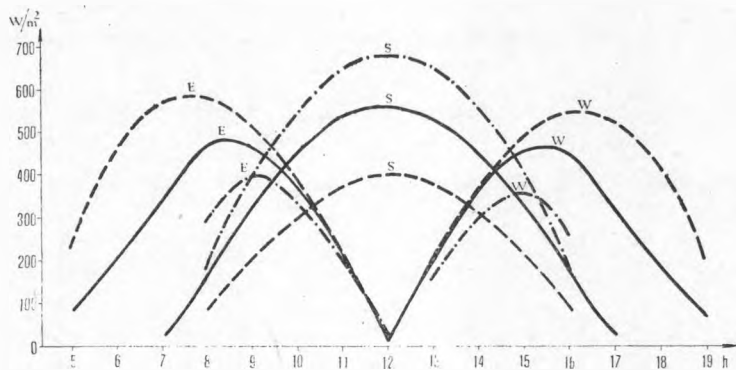
Obr. 10. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od sklonu severného svahu a časového uhlu v júni v Bratislave (priemer za obdobie 1954—1959) (W/m^2).



Obr. 11. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od sklonu severného svahu a časového uhlu v decembri v Bratislave (priemer za obdobie 1954—1959) (W/m^2).

mesiacoch roku. Ožiarenie južných svahov v júni v závislosti od ich sklonu a časového uhlu je znázornené na obr. 8 a v decembri na obr. 9. Ožiarenie severného svahu s ľubovoľným sklonom je znázornené v júni na obr. 10 a v decembri na obr. 11.

Osobitný význam pre stavebníctvo a architektúru má intenzita priameho slnečného žiarenia, ktorá dopadá na rôzne orientované steny, a preto v ďalšom uvedieme aspoň niektoré výsledky, ktoré sme získali pri štúdiu ožiarenia stien priamym slnečným žiarením, orientovaných do hlavných svetových strán. Priemerné hodnoty intenzity priameho slnečného žiarenia, dopadajúceho na južnú, východnú a západnú stenu, sú uvedené v tab. 13 a 14. Z porovnania jednotlivých údajov vidíme, že kým ožiarenie južnej steny má maximum na pravé poľudnie, východná stena je v ročnom priemere najviac ožiarená medzi 8—9 hod. a západná stena medzi 15—16 hod. Na obraze 12 je znázornená intenzita priameho slnečného žiarenia, ktoré dopadá na južnú, východnú a západnú stenu, a to tak v ročnom priemere, ako aj v letnom a v zimnom období. Severné steny môžu byť v Bratislave počas roka ožiarené od apríla až do septembra, avšak iba v ranných alebo v popoľudňajších hodinách. V letných mesiacoch



Obr. 12. Ožiarenie južnej S, východnej E a západnej W-steny v Bratislave (priemer za obdobie 1954—1959) (W/m^2), — ročný priemer, - - - zima, - · - · - leto.

Tabuľka 13

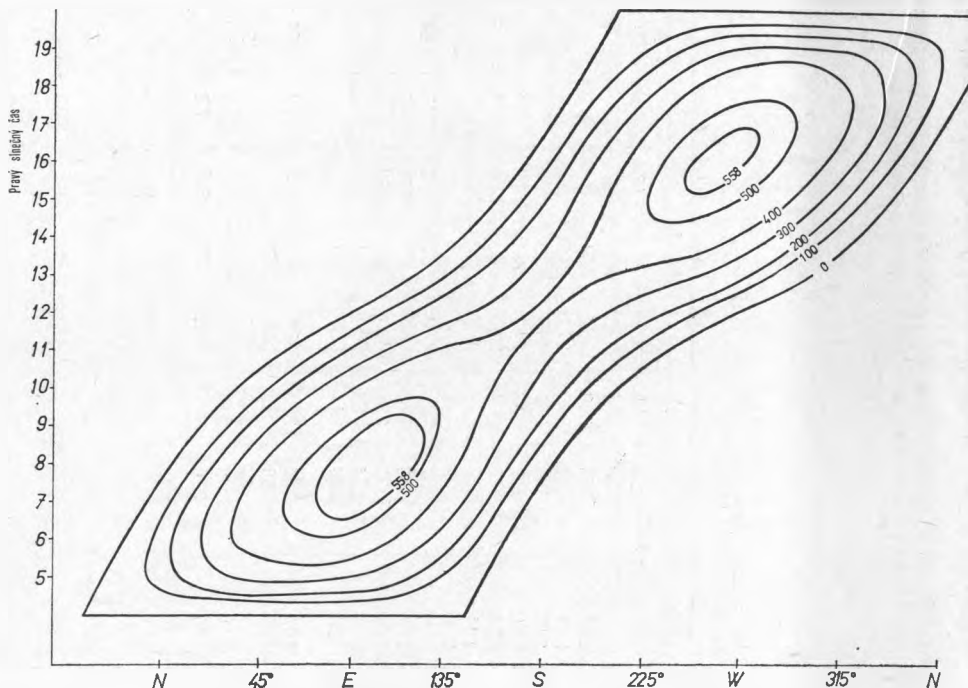
Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúceho na južnú stenu v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m^2]

Mesiac	Čas	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I					223	403	553	655	690	656	573	425	236		
II					224	387	516	615	651	629	537	400	232		
III				86	238	389	515	599	629	611	528	392	236	83	
IV			47		177	313	425	496	521	496	417	300	168	43	
V					108	230	329	392	412	385	315	208	86		
VI					57	174	274	338	362	339	274	173	57		
VII					61	174	271	340	367	348	286	189	78		
VIII				8	130	253	356	426	454	433	368	260	137	21	
IX				68	198	336	456	528	564	546	479	362	225	89	
X				86	273	429	546	613	628	591	507	380	222	60	
XI					222	458	596	668	682	645	558	416	222		
XII					125	408	574	659	684	649	558	391	102		
Rok				24	170	329	451	528	553	528	450	324	167	24	
Zima				—	190	399	548	643	675	646	555	405	190	—	
Jar				44	174	310	423	495	521	498	420	300	163	42	
Leto				3	82	201	300	368	394	373	309	207	91	7	
Jeseň				52	231	408	534	603	624	594	514	386	223	50	

Tabuľka 14

Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia dopadajúca na východnú „a“ a západnú „b“ stenu v Bratislave za obdobie 1954—1959 [W/m²]

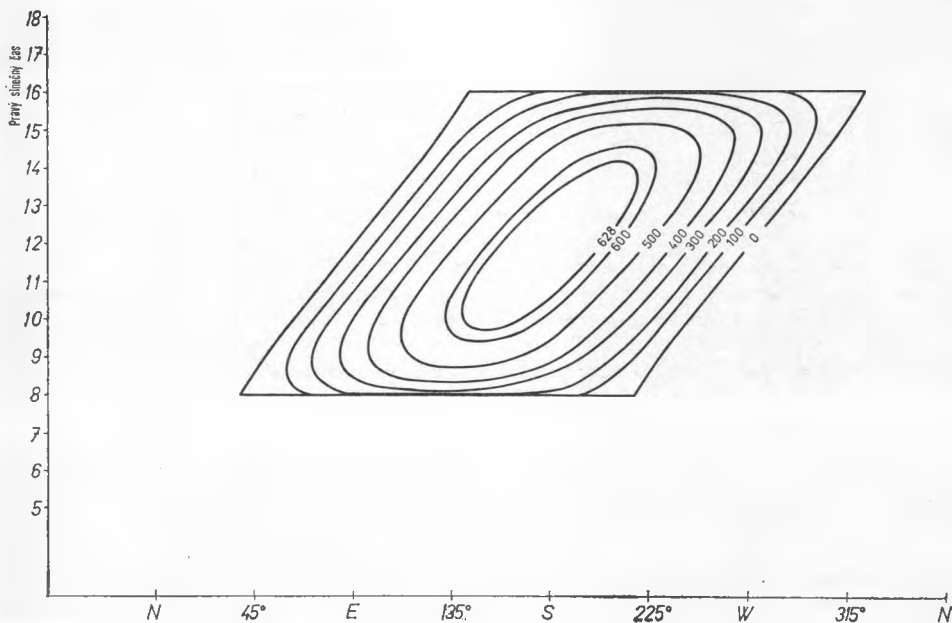
Mesiac	a								b						
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I				329	390	334	202		146	289	357	304			
II				412	447	368	227		141	290	371	340			
III			442	565	537	419	241		181	361	465	472	323		
IV		445	562	592	534	399	211		212	392	513	560	515	354	
V	294	493	586	594	520	378	193		216	394	516	565	530	398	174
VI	313	499	585	590	518	384	204		202	380	507	569	560	460	291
VII	246	450	546	569	505	380	214		176	348	469	524	503	403	220
VIII	128	438	555	585	520	389	215		187	366	486	536	496	375	82
IX		227	489	538	507	393	217		189	374	500	550	498	167	
X			241	442	430	316	146		233	388	479	460	236		
XI				290	385	295	136		224	368	440	361			
XII				159	343	294	156		179	311	350	137			
Rok	82	213	332	465	470	363	197		190	355	454	448	305	180	64
Zima				300	393	332	195		156	297	359	260			
Jar	98	313	530	584	530	398	215		203	382	498	532	456	251	58
Leto	229	463	562	581	514	384	211		188	365	488	543	520	413	197
Jeseň		75	237	424	440	335	166		216	377	472	457	244	56	



Obr. 13. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od orientácie steny a časového uhlu v júni v Bratislave [priemer za obdobie 1954–1959] (W/m^2).

ožiarenie severnej steny trvá prakticky do 7 hod., pričom intenzita priameho slnečného žiarenia, dopadajúceho na severnú stenu, môže v letných mesiacoch dosiahnuť počas dňa jedno maximum okolo 5 hod. s hodnotou 156 W/m^2 a druhé maximum okolo 19 hod. s hodnotou 144 W/m^2 .

Ak porovnáваме tieto výsledky s údajmi na Lomnickom štíte [5], vidíme, že severná stena v Bratislave dostáva v júni priemerne o 49 % menej slnečnej energie vo forme priameho slnečného žiarenia ako Lomnický štít. Priemerná intenzita priameho slnečného žiarenia, dopadajúceho na južnú stenu, je na poľudnie v ročnom priemere 553 W/m^2 . Poľudňajšie maximum v decembri stúpne na hodnotu 683 W/m^2 a v júni klesne až na hodnotu 361 W/m^2 . Z uvedených hodnôt, ako aj z tab. 13 vidíme, že ročný chod ožiarenia južnej steny je charakteristický tým, že v letných mesiacoch má minimum a v zimných mesiacoch maximum. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od orientácie stien a časového uhla v extrémnych mesiacoch roka v Bratislave je uvedená na obr. 13 a 14. Z grafického znázornenia môžeme priamo určiť nielen intenzitu dopadajúceho žiarenia na ľubovoľne orientovanú stenu v mesiacoch jún a december v Bratislave, ale aj dobu ožiarenia. Z porovnania jednotlivých údajov vidíme, že kým v zimnom období dopadá počas dňa najviac slnečnej energie vo forme priameho slnečného žiarenia na južnú stenu, v letnom období sa toto maximum ožiarenia presúva na východnú a západnú stenu.



Obr. 14. Závislosť intenzity priameho slnečného žiarenia od orientácie steny a časového uhlu v decembri v Bratislave (priemer za obdobie 1954—1959) (W/m^2).

LITERATÚRA

1. PIVOVAROVA, Z. I.: Charakteristika radiačionnogo režima na territorii SSSR primenitel'no k zaprosam strojitel'stva. In: Trudy GGO, vypusk 321, Leningrad 1973.
- 2. Hydrometeorologický ústav: Aktinometrické merania, roč. 1954—1959. Hydrometeorologický ústav, Praha.
- 3. Kolektív autorov: Klimatické pomery Hurbanova. Hydrometeorologický ústav, Praha 1960.
- 4. SMOLEN, F.: Radiačné pomery. In: Klíma Tatier. VEDA, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava 1974.
- 5. SMOLEN, F.: Ožiarenie rôzne orientovaných svahov a stien vo Vysokých Tatrách. In: Stavebnícky časopis, 19, 9, Bratislava 1971.

Франтишек Смолен

ПРИЕМ КОРОТКОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗНООРИЕНТИРОВАННЫМИ СКЛОНАМИ И СТЕНАМИ ЗДАНИЙ В Г. БРАТИСЛАВЕ

Более глубокое изучение радиационных процессов в атмосфере имеет большое значение для решения множества практических проблем. Особенно большое применение получают результаты, приобретенные на основе исследования облучения разноориентированных склонов и стен зданий, которые можно использовать при оценивании энергетических возможностей данной области, в деле улучшения окружающей среды, главным образом, с точки зрения

климата освещения, а также при более глубоком анализе мезоклиматических и микроклиматических условий определенной области.

В предлагаемой работе рассмотрены временные и пространственные изменения интенсивности прямой солнечной радиации в г. Братиславе для всей длины спектра, а также в его частях $625 \leq \lambda \leq 2800$ нм и $0 < \lambda \leq 625$ нм. Интенсивность прямой солнечной радиации в Братиславе отличается выразительным дневным ходом с одним максимумом в полдень — во всех рассматриваемых частях спектра.

Братислава как крупный город с развитой промышленностью отличается в среднем на 9—11 % меньшей интенсивностью прямой солнечной радиации в сравнении с другими местностями находящимися на одинаковой географической широте, но с меньшим загрязнением атмосферы, причем средняя годовая величина в полдень для всего спектра равна 791 W/m^2 . Самая высокая средняя интенсивность в полдень наблюдается в мае месяце и достигает 854 W/m^2 . Если сравнить отдельные времена года получается, что весной город получает в дообеденное время на 3 % и в послеобеденное время в среднем на 1 % больше солнечной энергии чем в летний период. Эта временная изменчивость интенсивности прямой солнечной радиации в течение года зависит, прежде всего, от пропускной способности атмосферы.

Если средняя годовая интенсивность прямой солнечной радиации в части спектра $625 \leq \lambda \leq 2800$ нм достигает в полдень величину 538 W/m^2 , то в коротковолновой части спектра $0 < \lambda \leq 625$ нм она составляет всего 253 W/m^2 .

Для некоторых практических целей и для изучения микроклиматических особенностей среды, интенсивность прямой солнечной радиации вычислялась как для горизонтальной плоскости, так и для плоскостей ориентированных относительно стран света и наклоненных к горизонтальной плоскости под разным углом. Таким образом для Братиславы вычислялось облучение плоскостей с углом наклона 0, 15, 30 и 45 градусов. Путем сравнения интенсивности прямой солнечной радиации падающей на горизонтальную плоскость I_z с интенсивностью I_g (перпендикулярную солнечным лучам) мы определили, что максимальная дневная разница приурочена к утренним и поздним послеобеденным часам, когда отношение I_z/I_g составляет для Братиславы в среднем 9—12 %. Эта величина может в годовом среднем в полдень достигать 66 %. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации для горизонтальной плоскости в полдень достигает в июне 780 W/m^2 . В декабре эта величина понижается до 230 W/m^2 .

В случае произвольно ориентированных и наклоненных склонов интенсивность прямой солнечной радиации зависит, главным образом, от их ориентировки и угла наклона. Дневной максимум по мере возрастания угла наклона склона смещается в случае восточных склонов к утренним и в случае западных склонов к вечерним часам. Для определения интенсивности прямой солнечной радиации, падающей на произвольно наклоненный восточный, южный, западный и северный склон в Братиславе мы вычислили для экстремальных месяцев года (июль, декабрь) номограммы, по которым можно определить одновременно также и продолжительность облучения. Самую низкую интенсивность прямой солнечной радиации имеют северные склоны. Из сравнения интенсивности прямой солнечной радиации южного и северного склонов получаем, что в среднем в год в полдень получает северный склон с углом наклона 15 градусов на 45 % и с углом наклона 30 градусов на 72 % меньше солнечной энергии из падающей прямой солнечной радиации чем южный склон.

Особое значение для строительного и архитектурного дела имеет прямая солнечная радиация падающая на разноориентированные стены зданий. Из сравнения отдельных данных видно, что если облучение южной стены достигает в среднем в году максимум точно в полдень в течение всего года, то восточная стена в максимальной степени облучена (освещена) между 8 и 9 часами и западная между 15 и 16 часами суток. Северные стены зданий в Братиславе облучены с апреля по сентябрь — но только в утренние и поздние-полуденные часы. В летних месяцах облучение северной стены продолжается практически 7 часов, причем интенсивность прямой солнечной радиации падающей на северную стену в летние месяцы достигает один максимум около 5 часов с величиной 156 W/m^2 и другой максимум около 19 часов с величиной 144 W/m^2 . Южная стена получает в полдень средне-

годовую энергию 553 W/m^2 . Из сравнения отдельных данных заметно, что если в течение зимнего периода получает максимальное дневное количество прямой солнечной радиации южная стена, в летний период это максимум радиации приходится на восточную и западную стены.

Рис. 1. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации в полдень от коэффициента пропускания нижнего слоя атмосферы по отдельным месяцам (W/m^2).

Рис. 2. Облучение восточного (E) и западного (W) склонов с углом наклона 15 и 30 градусов в Братиславе (W/m^2).

Рис. 3. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации от угла наклона восточного склона и от почасового угла в июне в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

Рис. 4. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации от угла наклона западного склона и от почасового угла в июне в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

Рис. 5. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации от угла наклона восточного склона и от почасового угла в декабре в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

Рис. 6. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации от угла наклона западного склона и от почасового угла в декабре в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

Рис. 7. Облучение горизонтальной плоскости и южного склона с углом наклона 15 и 30 градусов в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

— — — — — горизонтальная плоскость,
————— склон с углом наклона 15 градусов.
-.-.-.-.- склон с углом наклона 30 градусов,

Рис. 8. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации от угла наклона южного склона и от почасового угла в июне в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

Рис. 9. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации от угла наклона южного склона и от почасового угла в декабре в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

Рис. 10. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации от угла наклона северного склона и от почасового угла в июне в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

Рис. 11. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации от угла наклона северного склона и от почасового угла в декабре в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

Рис. 12. Облучение южной (S), восточной (E) и западной (W) стены в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

———— годовое среднее —.-.-.- зимой — — — — — летом.

Рис. 13. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации от ориентировки стены и от почасового угла в июне в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

Рис. 14. Зависимость интенсивности прямой солнечной радиации от ориентировки стены и от почасового угла в декабре в Братиславе (среднее за период 1954—1959 гг.) (W/m^2).

Табл. 1. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации I_a в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 2. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации I_r в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 3. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации I_k в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 4. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на горизонтальную поверхность в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 5. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на восточный склон с углом наклона 15 градусов в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 6. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на западный склон с углом наклона 15 градусов в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 7. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на восточный склон с углом наклона 30 градусов в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 8. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на западный склон с углом наклона 30 градусов в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 9. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на южный склон с углом наклона 15 градусов в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 10. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на северный склон с углом наклона 15 градусов в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 11. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на южный склон с углом наклона 30 градусов в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 12. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на северный склон с углом наклона 30 градусов в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 13. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на южную стену в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Табл. 14. Средняя интенсивность прямой солнечной радиации падающей на восточные (а) и западные (б) стены в Братиславе за период 1954—1959 гг. (W/m^2).

Перевод: Л. Правдова

THE UPTAKE OF SHORT-WAVE RADIATION BY DIFFERENTLY ORIENTED SLOPES AND WALLS IN BRATISLAVA

Deeper knowledge on the radiation process occurring in the atmosphere has a great importance for the solution in practice of many problems. Especially large usefulness may be attributed to the results obtained from the study of radiation on differently oriented slopes and walls, which can be employed to evaluate the energetical resources of regions, when arranging the human environment, principally from the standpoint of light climate or in view of deeper analyses of the mesoclimatic and microclimatic conditions of a certain area.

In the work „The uptake of short-wave radiation by differently oriented slopes and walls in Bratislava“, the time and spatial intensity variations of the direct solar radiation in Bratislava are examined upon the whole region of solar spectrum, as well as in the spectral regions of $625 \leq \lambda \leq 2800$ nm and $0 < \lambda \leq 625$ nm. The intensity of direct solar radiation in Bratislava has a marked daily course, with one maximum at noon, in all mentioned spectral regions.

Bratislava, as a large city with developed industry, is characterized on the average, by 9—11 % lower direct solar radiation intensity, than places lying at the same geographical latitude but having smaller atmospheric pollution, whereby its mean annual value for noon, over the whole spectral region, amounts 791 W/m². The largest mean annual intensity for noon occurs in May, when its value may attain up to 854 W/m². When comparing the individual annual seasons, then we see that in Bratislava, in the spring period, there fall by 3 % in the forenoon hours, on the average, and in the afternoon hours by 1 % more solar energy, than in summer. This time variability of the direct solar radiation intensity, over days and years, primarily depends upon the permeability of atmosphere.

While the mean intensity of direct annual solar radiation, in the spectral region of $625 \leq \lambda \leq 2800$ nm, can attain at noon 538 W/m², in the short-wave region, with the wave length of $0 < \lambda \leq 625$ nm, the same value amounts 253 W/m² only.

For some practical purposes and for recognizing the microclimatic peculiarities of the environment, the direct solar radiation intensity was calculated for horizontal plane, as well as for planes oriented towards the cardinal points and inclined to the horizontal plane by different angles. In this way, in Bratislava, the irradiation was calculated for surfaces sloping by 0°, 15°, 30° and 45°. By comparing the intensity of direct solar irradiation I_z , falling on horizontal plane, with the intensity I_0 at vertical incidence, we found that the greatest daily difference occurred in the morning and later afternoon hours, when the ratio I_z/I_0 in Bratislava, on the average, amounts 9—12 %. At noon, this value can attain in annual average even 66 %. The mean direct solar radiation intensity, falling in June on horizontal plane at noon, may reach 780 W/m². In December this value drops to 230 W/m².

On arbitrarily oriented and inclined slopes, the direct solar radiation intensity will mainly depend on the slopes' orientation and declivity. With increasing slopiness the daily maximum is shifted: on eastern slopes towards the morning hours, on western slopes towards the evening hours. For determining the direct solar radiation intensity, falling on an arbitrarily inclined eastern, southern, western or northern slope in Bratislava, we have elaborated nomographs for the years' extreme months (June and December), from which we can determine the duration of irradiation as well. The lowest direct solar radiation intensity occurs on slopes oriented northwards. When comparing the direct solar radiation intensities falling on southern and northern slopes, we ascertain that in annual average, at noon, the northern slope inclined to 15° receives by 45 %, while that which is inclined to 30° by 72 % less solar energy derived from direct solar radiation.

The intensity of direct solar radiation, falling on differently oriented walls, has special importance for the building industry and architecture. From comparing different data, we found that in annual average the irradiation of southern walls reached its maximum at very noon, over the whole year, while eastern walls were mostly irradiated between 8—9, and the western ones between 15—16. Northern walls in Bratislava can be irradiated from April to September, but only in the morning and late afternoon hours. In the summer months, irradiation of the northern walls practically lasts 7 hours, whereby the direct solar radiation intensity on northern walls, in the summer months, exhibits one maximum at about 5 o'clock with the value of 156 W/m^2 , and a second maximum at about 19 o'clock, with the value of 144 W/m^2 . Southern walls receive at noon, in annual average, the energy of 553 W/m^2 . From comparing different data we see that, in the winter period, most direct daily solar radiation affects the southern walls, while in the summer season this maximum is shifted to the eastern and western walls.

Fig. 1 Dependence of the intensity of direct solar radiation at noon, upon the transmission coefficient of the lower atmospheric layer, in the individual months (W/m^2).

Fig. 2 Irradiation of eastern E and western W slopes in Bratislava, inclined by 15° and 30° (W/m^2).

Fig. 3 Dependence of the direct solar radiation intensity upon the inclination of eastern slope and time angle in June, in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2).

Fig. 4 Dependence of the direct solar radiation intensity upon the inclination of western slope and time angle in June, in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2).

Fig. 5 Dependence of the direct solar radiation intensity upon the inclination of eastern slope and time angle in December, in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2).

Fig. 6 Dependence of the direct solar radiation intensity upon the inclination of western slope and time angle in December, in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2).

Fig. 7 Irradiation of a horizontal plane and southern slope inclined by 15° and 30° , in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2); — — — — horizontal plane, — — — — 15° declivity, — . — . — 30° declivity.

Fig. 8 Dependence of the direct solar radiation intensity upon the inclination of southern slope and time angle in June, in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2).

Fig. 9 Dependence of the direct solar radiation intensity upon the inclination of southern slope and time angle in December, in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2).

Fig. 10 Dependence of the direct solar radiation intensity upon the inclination of northern slope and time angle in June, in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2).

Fig. 11 Dependence of the direct solar radiation intensity upon the inclination of northern slope and time angle in December, in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2).

Fig. 12 Irradiation of southern S, eastern E and western walls in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2); ————— annual average, —. —. — winter, — — — — — summer.

Fig. 13 Dependence of the direct solar radiation intensity upon the walls' orientation and time angle in June, in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2).

Fig. 14 Dependence of the direct solar radiation intensity upon the walls' orientation and time angle in December, in Bratislava (on the average from 1954—1959) (W/m^2).

Tab. 1 Mean direct solar radiation intensity I_g in Bratislava, in the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 2 Mean direct solar radiation intensity I_r in Bratislava, in the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 3 Mean direct solar radiation intensity I_k in Bratislava, in the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 4 Mean intensity of direct solar radiation, falling on horizontal plane in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 5 Mean intensity of direct solar radiation, falling on eastern slope inclined by 15° in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 6 Mean intensity of direct solar radiation, falling on western slope inclined by 15° in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 7 Mean intensity of direct solar radiation, falling on eastern slope inclined by 30° in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 8 Mean intensity of direct solar radiation, falling on western slope inclined by 30° in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 9 Mean intensity of direct solar radiation, falling on southern slope inclined by 15° in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 10 Mean intensity of direct solar radiation, falling on northern slope inclined by 15° in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 11 Mean intensity of direct solar radiation, falling on southern slope inclined by 30° in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 12 Mean intensity of direct solar radiation, falling on northern slope inclined by 30° in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 13 Mean intensity of direct solar radiation, falling on southern wall in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Tab. 14 Mean intensity of direct solar radiation, falling on eastern „a“ and western „b“ walls in Bratislava, during the period of 1954—1959 (W/m^2).

Translated by J. Belaj