

Metoda određivanja satnih vrijednosti visine sloja miješanja

A Method for the Mixing Height Hourly Values Evaluation

EDITA LONČAR

Sažetak: U prvom dijelu rada definirani su kriteriji prema kojima je visina sloja miješanja određena iz radiosondažnih mjerenja u 01 i 13 sati SEV, na opservatoriju Zagreb — Maksimir.

U drugom dijelu prikazana je originalna metoda određivanja satnih vrijednosti visine sloja miješanja (h), koja se od izlaza do zalaza Sunca bazira na hipotezi o zavisnosti navedenog parametra od primljene količine globalne radijacije. Na bazi poznate podnevne visine sloja miješanja (h_{13}) i omjera (k') između primljene količine globalne radijacije do sata t i one primljene od izlaza Sunca (IS) do 13 sati, dobivena je nepoznata visina sloja miješanja u bilo koji sat: $h_t = h_{13} \cdot k'_t$. Metoda je izvedena tako da omogućuje uključivanje i utjecaja stabilnosti, kao na primjer za potrebe proširenog gausovskog modela (koji uvažava višestruke refleksije plinovitih primjesa unutar sloja miješanja).

Na kraju ovog prikaza navedena je primjena metode za određivanje srednjeg dnevnog hoda visine sloja miješanja u 1977. i 1978. godini u okolini grada Zagreba, uvažavajući Pasquillove kategorije stabilnosti.

Ključne riječi: Metoda; Određivanje satnih vrijednosti visine sloja miješanja; Srednji dnevni hod; Pasquillove kategorije stabilnosti.

Abstract: In the first part of this paper, the criteria are set according to which the mixing height is determined through radiosonde measurements at 01 and at 13 o'clock MET, at the observatory Zagreb — Maksimir.

The second section discusses an original method for determining hourly mixing heights (h). The method is based on a hypothesis on the dependence of the parameter in question on the incoming solar radiation. On the basis of established afternoon mixing heights (h_{13}) and the ratio (k') between the amounts of incoming solar radiation up to hour t and that received from the sun rise (IS) to 13 o'clock, an unknown hourly value of mixing height can be attained for any hour t as $h_t = h_{13} \cdot k'_t$. The method is carried out in such a way that it enables the inclusion of the influence of stability upon the mixing heights what might be useful in the expanded Gaussian model (which takes into account multiple reflections of plume spread within the mixing height).

At the end of this presentation the method is applied to the determination of the mixing heights daily variations in 1977 and 1978, in the vicinity of the city of Zagreb, taking the Pasquill stability categories into consideration.

Key words: Method; The mixing height hourly values determination; Mean daily variation; Pasquill stability categories.

1. UVOD

Sloj miješanja je onaj sloj atmosfere u kojem se miješanje zraka bazira na turbulenciji. Dimenzije turbulentnih vrtloga i intenzitet miješanja definiraju visinu sloja. Dakle, visina sloja miješanja je ona visina (iznad tla) do koje se još javlja vertikalno turbulentno kretanje zraka. Energija potrebna za stvaranje i održavanje ovog turbulentnog miješanja crpi se iz termičko-dinamičkih karakteristika atmosfere. U vezi s tim, za dio dana od izlaza do zalaza Sunca primarna je i tipična termička turbulencija (konvek-

cija), a za noć mehanička turbulencija (Benkley, 1979).

Budući da je sunčeva radijacija osnovni izvor energije svih atmosferskih procesa, dakle i turbulentnog miješanja, težište metode određivanja i interpolacije dnevnog hoda visine sloja miješanja primijenjene u ovom radu, leži na globalnoj radijaciji i termičkoj strukturi graničnog sloja atmosfere.

Tehnika određivanja visine sloja miješanja većine autora (Holzworth 1967, Goldman 1980) bazira se na radiosondažnim mjerenjima temperature zraka. Pri tome u sloju miješanja Holzworth pretpostavlja pad

temperature $|\Delta T/\Delta z| \geq 1^\circ\text{C}/100\text{ m}$, dok neki drugi (Goldman 1980) smatraju da turbulentno miješanje zraka postoji već u onim slojevima gdje temperatura s visinom opada i za manji iznos $|\Delta T/\Delta z| > 0,5^\circ\text{C}/100\text{ m}$). A. D. Goldman pretpostavlja da emitirane plinovite primjese ne mogu probiti podignute inverzione slojeve debljine jednake ili veće od 100 metara, pa se u takvim slučajevima visina sloja miješanja podudara s visinom donje baze podignute inverzije.

Pri određivanju visine sloja miješanja u ovom radu, vodilo se računa o karakteru problema i o već u svijetu usvojenim kriterijima. Naime, sloj miješanja dopire do one visine do koje u promatranim profilima temperatura pada za $\geq 1^\circ\text{C}/100\text{ m}$ ili do donje baze podignute inverzije čija je debljina $\geq 100\text{ m}$.

Mnogi današnji modeli difuzije plinova u atmosferi zahtijevaju kao ulazni podatak satne vrijednosti visine sloja miješanja. Satne vrijednosti ovog parametra najčešće se određuju metodom linearne interpolacije između dviju ili više realnih mjerenih vrijednosti visina sloja miješanja (Goldman, 1980). Interpolaciona šema koja uz radio-sondažna mjerenja temperature koristi i satna mjerenja prizemnih temperatura nije preporučljiva, jer se visina sloja miješanja ne mijenja direktno s prizemnom temperaturom (Goldman, 1980).

Metoda prikazana u ovom radu omogućuje određivanje satnih vrijednosti visine sloja miješanja na savim drugoj osnovi. Dnevni hod visine sloja miješanja od izlaza do zalaza Sunca promatra se u ovisnosti o količini globalne radijacije primljene do konkretnog sata t . Naime, nepoznata visina sloja miješanja u satu t (h_t) funkcija je poznate podnevne visine sloja miješanja (h_{13}) i omjera između poznatih suma satnih vrijednosti globalne radijacije, od izlaza Sunca do sata t i od izlaza Sunca do 13 sati (približno vrijeme realno određene podnevne visine sloja miješanja). Ova metoda interpolacije satnih vrijednosti visine sloja miješanja ima mogućnost široke primjene kako uz uvažavanje stabilnosti, tako i bez obzira na nju.

2. ODREĐIVANJE VISINE SLOJA MIJEŠANJA IZ RADIO SONDAŽNIH MJERENJA

Među parametrima koji se javljaju u problemima difuzije plinova, važno mjesto zauzima visina sloja miješanja. U praksi, pri rješavanju modela difuzije plinova koji uvažava višestruke refleksije primjese unutar sloja miješanja (prošireni gaušovski model) potrebni su podaci satnih vrijednosti visine sloja miješanja. U vezi s tim trebalo je odrediti visinu sloja miješanja (iz direktnih mjerenja) i pronaći metodu za procjenu njenih satnih vrijednosti kada mjerenja ne postoje, a da se pri tom koriste oni meteorološki podaci koji su bili na raspolaganju.

Pošto visina sloja miješanja ovisi primarno o stabilnosti graničnog sloja atmosfere (odnosno o vertikalnom gradijentu temperature donje atmosfere), za njenu ocjenu koriste se radiosondažna mjerenja temperature (Holzworth 1967, Benkley 1979, Godowitch

1979, Goldman 1980). Takva se mjerenja obavljaju u nas na opservatoriju Zagreb — Maksimir dva puta dnevno (01 i 13 sati). Za svaki dan 1977. i 1978. godine ispitano je noćni i danji profil temperature zraka Zagreb — Maksimira.

Budući da se turbulentno miješanje zraka (termičkog porijekla) javlja uz neutralnu i labilnu stratifikaciju atmosfere, znači da se sloj miješanja proteže sve do one visine do koje temperatura s visinom pada za $\geq 1,0^\circ\text{C}/100\text{ m}$. U praksi se to svodi na određivanje visine sjecišta vertikalnog profila temperature i one suhe adijabate koja polazi od prizemne temperature zraka. Dani sa kišom u vrijeme radio-sondažnih mjerenja isključeni su iz obrađivanog kolektiva.

U primjenjenoj tehnici određivanja visine sloja miješanja utjecaj vlažnog zraka moguće je uvažiti uvođenjem virtualne temperature tako da se realan vlažan zrak svede na suhi (što se odražava u povećanju stabilnosti). Međutim, mjerenja vlage radio-sondom dosta su netočna, pa se nije prišlo niti određivanju profila virtualne temperature niti pomoću njega odgovarajućoj ocjeni visine sloja miješanja. Osim toga neki autori pretpostavljaju da je turbulentno miješanje zraka moguće i unutar malo stabilne atmosfere (Goldman 1980.).

U slučaju postojanja podignute inverzije koristi se kriterij A. D. Goldmana što znači da se za podignute inverzije debljine $\geq 100\text{ m}$ visina sloja miješanja podudara sa visinom njene donje baze.

Uvažavajući navedeni kriterij za svako radio-sondažno mjerenje ispitivanog dvogodišnjeg razdoblja 1977—1978 određena je pripadna visina sloja miješanja.

Apsolutna čestina visine sloja miješanja (tabela 1) pokazuje da je kroz cijelu godinu noću najčešća visina termički izazvanog sloja miješanja upravo nula. Odgovarajuća apsolutna čestina u promatranom dvogodišnjem razdoblju kreće se od 50 slučajeva u većači (1977 i 1978) do 62 slučaja u mjesecima toplog dijela godine.

To znači da je praktički nevjerovatno da se usred noći, na promatranom području, formira sloj turbulentnog miješanja termičkog porijekla.

Ovu činjenicu potvrđuje velika čestina prizemnih i podignutih inverzija, koje sputavajući turbulenciju onemogućuju stvaranje i održavanje sloja miješanja (tabele 2 i 3). Pri tom su najčešći plitki slojevi noćnih prizemnih inverzija debljine 51 do 100, i 101 do 150 m. Što je sezona godine toplija, a duljina noći kraća, prizemne inverzije su pliće, kraćeg trajanja i javljaju se isključivo noću (tabela 2).

Statistika visine sloja miješanja određena iz radio-sondažnih mjerenja, koja se obavljaju danju oko 12,30 sati pokazuje da maksimalna čestina pojavljivanja u hladnom dijelu godine osobito zimi pripada klasama manjih visina sloja miješanja. U toplom dijelu godine, osobito ljeti, najvjerovatnije visine sloja miješanja u podnevnim satima kreću se preko 1000 m (tabela 1).

Prizemne inverzije u ovom dvogodišnjem razdoblju, čak ni u zimskim mjesecima danju, nisu bile česte. Međutim, podignute inverzije pojavljivale su se kroz cijelu godinu, s time da su se u toplom dijelu godine nalazile u većoj visini nad tlom (tabela 3).

Tabela 1. Apsolutna čestina visine sloja miješanja

Table 1. Absolute frequency of mixing heights
Zagreb — Maksimir, 1977 i 1978, 01 h, 13 h

h (m)	Mjesec												Zbroj
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
0	55	50	58	59	62	60	62	61	59	58	57	58	699
1—69	5		1					1					7
70—80													
81—100		4		1						2			7
101—150													
151—200	1											1	2
201—250												1	2
251—300										1	1	1	3
301—500	1	1	2								1	1	6
501—700			1										1
Σ	62	55	62	60	62	60	62	62	59	61	60	62	727
0	27	15	9	5					8	10	29	37	140
1—69	2		1					3	1	1			8
70—80	2			1	2		3	2		1			11
81—100	10	4	3		2		5	1	5	3	5	4	42
101—150	3	2	2	1				1		2	1		12
151—200	2	1	1				1	2		2	2	1	12
201—250	1	2	3	1	1		1			5	5	2	21
251—300	4	4	2		1	5			1	5	2	2	26
301—500	7	4	11	11	3	4	4	4	5	7	8	6	74
501—700	2	9	10	9	8	3	3	5	11	9	5	6	80
701—1000	2	9	7	6	12	9	10	5	10	11	2	4	87
1001—1500		6	7	14	17	12	23	13	12	6	1		111
>1500			6	12	16	27	12	20	5				98
Σ	62	56	62	60	62	60	62	56	58	62	60	62	722

Tabela 2. Apsolutna čestina prizemnih inverzija

Table 2. Absolute frequency of surface inversions
Zagreb — Maksimir, 1977 i 1978, 01 h, 13 h

priz. inverz. (m)	Mjesec												Zbroj
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
tlo—50	1	4	5	4	7	14	5	4	8	7	3	2	64
51—100	5	8	16	9	19	15	28	23	9	9	3	4	148
101—150	5		8	7	11	12	9	10	13	12	5	6	98
151—200	3	6	7	5	10	6	6	7	4	5	2	4	65
201—250	2	4	7	2	2	10	3	9	5	4	2	6	56
251—300	1	2	3	2	3	1	1	2	2	1	2	2	22
301—350	5	1	2	2			3	3	4	3		5	28
351—400	1	2		1	2		3				2	1	12
401—450	1	1	2	1			2	1	1	2		1	12
451—500			1				1			2			4
>500	3	2		1					1	1			8
Σ	27	30	51	34	54	58	61	59	47	46	19	31	517
tlo—50													3
51—100	3												3
101—150													
151—200	2										1		3
201—250													
251—300	1										1	1	3
301—350												2	2
351—400	1												1
401—450	1											1	2
451—500													
>500												1	1
Σ	8										2	5	15

Statistika promatranih parametara navedena je s namjerom da se pokaže odnos između turbulentnog sloja miješanja i stabilnih slojeva tipa prizemne i podignute inverzije, i ocijeni njihovo međusobno usklađivanje, koje se očituje u tome da mjesecima s minimumom pojavljivanja stabilnih slojeva odgovara maksimum pojavljivanja visine sloja miješanja i obratno.

U nastavku ovog razmatranja daljnja analiza ograničit će se samo na visinu sloja miješanja.

3. GODIŠNJI HOD VISINE SLOJA MIJEŠANJA

Već je u prethodnom poglavlju istaknuto da se visina sloja miješanja mijenja tokom godine i tokom dana te da se bitno razlikuje ona koja je definirana danju od one koja je određena noću. Naime, u toku godine kao i u toku dana dolazi do izražaja utjecaj radijaciono-termičkog režima graničnog sloja atmosfere na visinu sloja miješanja. U vezi s tim godišnji hod visine sloja miješanja prati godišnji hod globalne radijacije.

Za svaki mjesec 1977 i 1978. god. zasebno izračunata je srednja mjesečna podnevna (prema RS mjerenjima u 12,30 sati) i noćna (mjerenja poslije pola noći) visina sloja miješanja.

Pošto je najvjerojatnija visina ponoćnog sloja miješanja nula, prikazan godišnji hod sadrži samo srednje mjesečne vrijednosti visine sloja miješanja koje se odnose na podnevni dio dana (tabela 4).

Pri tom srednja mjesečna visina sloja miješanja počevši od siječnja prema ljetnim mjesecima u vezi s duljinom dana i količinom sunčeve radijacije raste, a onda prema zimi opet pada.

Da bi se ocijenila ovisnost visine sloja miješanja o količini primljene radijacione energije, ispitala se veza između srednje mjesečne podnevne visine sloja miješanja (h) i sume srednjih mjesečnih satnih vrijednosti globalne radijacije od sata izlaza Sunca (IS)

do 13 sati $\sum_{i=IS}^{13} Q_i$ to jest do vremena kada je sloj miješanja konkretno određivan (slika 1). Ta veza je linearna sa vrlo visokim koeficijentom korelacije od 0,97 za 1978. i 0,98 za 1977. g., iako mjesečni srednjaci visine sloja miješanja za 1977. i 1978. i sume srednjih satnih vrijednosti globalne radijacije (niz 1958—1967) nisu iz istog razdoblja.

Ova visoka korelacija dala je osnove za ideju interpolacije visine sloja miješanja od izlaza do zalaza Sunca na bazi samo jedne konkretne, i to podnevne, vrijednosti visine sloja miješanja (određene iz radio-sondažnih mjerenja temperature zraka).

Tabela 3. Apsolutna čestina podignutih inverzija

Table 3. Absolute frequency of elevate dinversions
Zagreb — Maksimir 1977 i 1978, 01 h, 13 h

Podig. inverz. (m)	Mjesec												Zbroj	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1—69				1										1
70—80						1						1		2
81—100	1	2		1	1									5
101—150	1	1					1					1	1	5
151—200				2		1		1	1			1		6
201—250	5	1		3			1					1	2	13
251—300	1									1		2	2	6
301—500	10	3	3	4			1		1			12	8	42
501—700	5	3	3	1					1	3		4	7	27
701—1000	5	2	2	5				1		2		5	3	25
1001—1500	2	2	3	3	1					3	2	3	4	23
>1500	1	1	1	3	3		1	1	3	3	7	2	2	26
Σ	31	15	12	23	5	2	4	3	9	11	37	29	181	
1—69													2	2
70—80													1	1
81—100	1	2										2	2	7
101—150	2	3								3		2	2	12
151—200	5	1					1	1		3	1	2	2	14
201—250	2	3	1							1	4	8	8	19
251—300	8	3								4	2	1	1	18
301—500	7	2	4	3		1	2	2	3	4	12	5	5	45
501—700	6	3	3	2	2	1	2	4	3	3	6	9	9	44
701—1000	8	4	7	3	2	2		2	6	6	12	10	10	62
1001—1500	4	9	11	4	5	4	5	4	6	13	2	6	6	73
>1500	1	12	11	29	30	23	31	33	26	23	11	8	8	238
Σ	44	42	37	41	39	31	41	46	44	60	54	56	535	

Tabela 4. Srednje mjesečne vrijednosti (popodne) visine sloja miješanja

Table 4. Monthly mean mixing heights (noon) Zagreb — Maksimir 1977 and 1978

God.	Mjesec											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1977	360	560	775	1033	1367	1517	1300	1100	900	617	450	357
1978	360	593	917	1083	1210	1333	1233	1117	867	600	450	410

4. METODA INTERPOLACIJE VISINE SLOJA MIJEŠANJA

U prethodnom poglavlju je prikazan godišnji hod podnevne visine sloja miješanja i njegova veza s količinom globalne radijacije. Pri tome je utvrđeno da između podnevne visine sloja miješanja i sume globalne radijacije primljene do tog vremena, postoji odlična linearna veza (slika 1). Na ovoj se činjenici bazira zamisao da u toku dana između bilo koje visine sloja miješanja i odgovarajuće sume primljene globalne radijacije mora postojati analogna veza. Ova ideja je našla svoju primjenu u metodi interpolacije dnevnog hoda visine sloja miješanja.

Naime, visina sloja miješanja započinje svoj dnevni ciklus relativno brzo poslije izlaza Sunca. Pri tom visina sloja miješanja raste najprije polagano, a zatim, prema podnevnim satima, brže. Maksimalna visina sloja miješanja javlja se približno u vrijeme nastupa maksimalne temperature zraka. Poslije podne visina sloja miješanja smanjuje se polagano, a nakon zalaza Sunca naglo (Benkley 1979). U noćnoj grani opisanog dnevnog hoda, kada nema termičko-solarnog utjecaja, visina sloja miješanja je nula s obzirom da je zanemaren utjecaj mehaničke turbulencije. Pošto je najvjerojatnija visina noćnog sloja miješanja nula (prema radio-sondažnim mjerenjima tabela 1.) i atmosfera izrazito stabilna (prema RS mje-

renjima i Pasquillovim kategorijama stabilnosti), pretpostavlja se da noću na promatranom području ne postoji turbulentno miješanje zraka termičkog porijekla. Iz prethodnog slijedi da se problem interpolacije svodi na određivanje satnih vrijednosti visine sloja miješanja od izlaza do zalaza Sunca.

U skladu s navedenim razmatranjima u kojima se visina sloja miješanja promatra kao funkcija primljene količine globalne radijacije, $h = f(Q)$, može se postaviti relacija između sume primljene radijacione energije i odgovarajuće visine sloja miješanja. Ako su poznate sume satnih vrijednosti globalne ra-

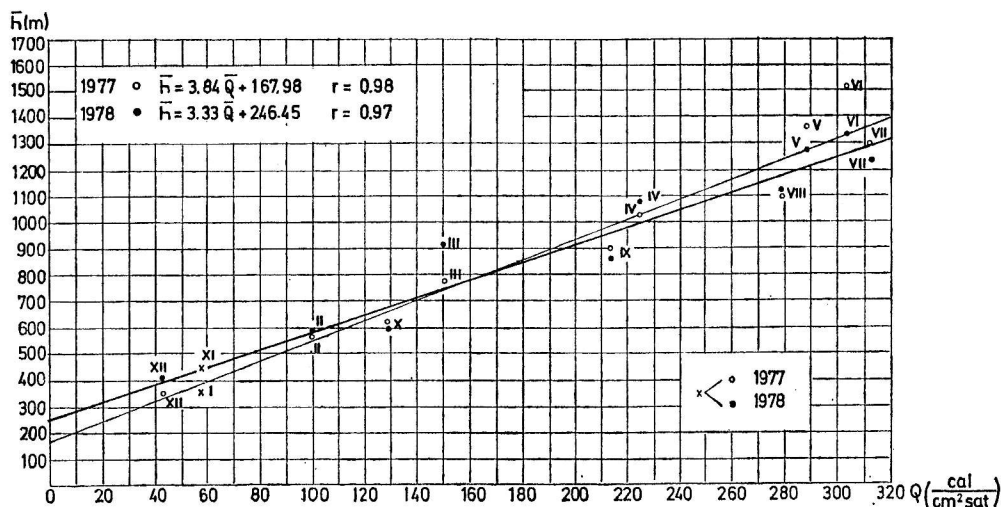
dijacije ($\sum_{i=IS}^t Q_i$) i konkretno, podnevna visina sloja miješanja h_{13} , tada se može odrediti nepoznata visina sloja miješanja h_t u bilo koji sat t na bazi omjera:

1. Od izlaza Sunca (IS) do 13^h:

$$h_t : \sum_{i=IS}^t Q_i = h_{13} : \sum_{i=IS}^{13} Q_i$$

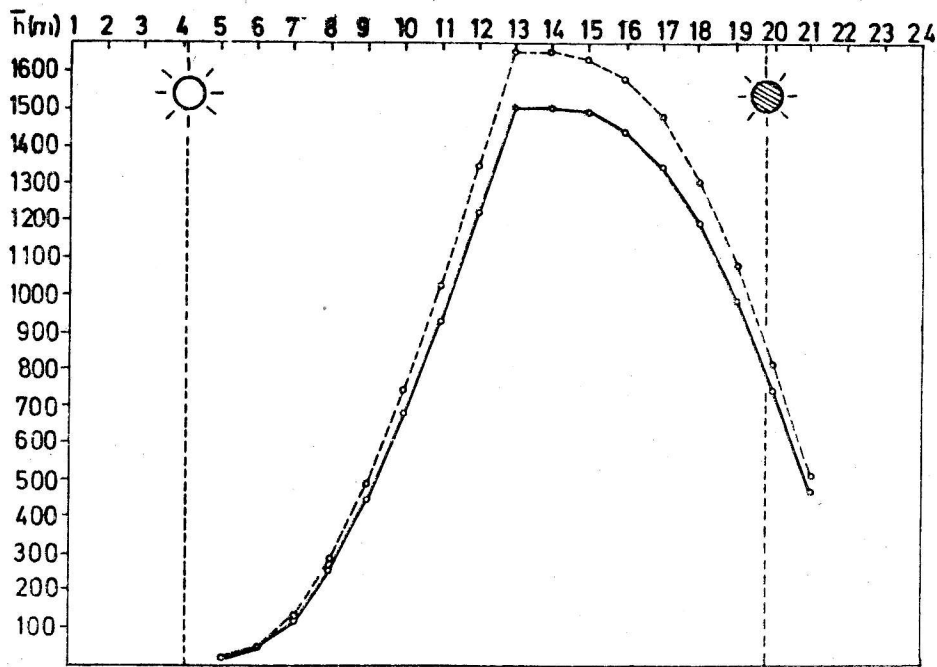
$$h_t = h_{13} \cdot \frac{\sum_{i=IS}^t Q_i}{\sum_{i=IS}^{13} Q_i}$$

$$h_t = h_{13} \cdot k_t' \dots \quad (4-1a)$$



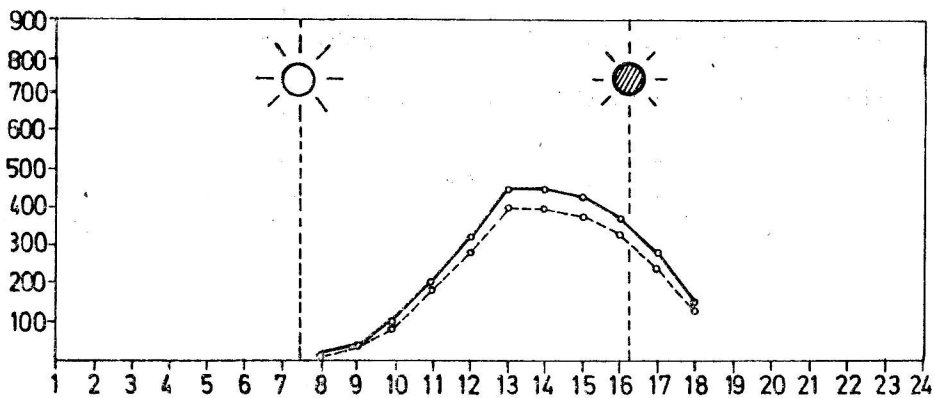
Sl. 1. Ovisnost srednje mjesečne visine sloja miješanja (h) o sumi srednjih mjesečnih satnih vrijednosti globalne radijacije od izlaza Sunca do 13 sati $\sum Q_i$, Zagreb-Maksimir 1977 (—) i 1978 (—)

Fig. 1. Monthly mean mixing height (h) dependence on the sum of monthly means of global radiation hourly values from the sunrise to 13^h $\sum Q_i$, Zagreb — Maksimir 1977 (—) and 1978 (—)



Sl. 2. Dnevni hod visine sloja miješanja za A i B Pasquillovu kategoriju stalnosti, VI 1977 (- - -) i 1978 (—)

Fig. 2. Daily variation of mixing height for A and B Pasquill stability class, June 1977 (- - -) and 1978 (—)



Sl. 3. Dnevni hod visine sloja miješanja za A i B Pasquillovu kategoriju stabilnosti, XII 1977 (- - -) i 1978 (—)

Fig. 3. Daily variation of mixing height for A and B Pasquill stability class, December 1977 (- - -) and 1978 (—)

Dnevni hod visine sloja miješanja određen prikazanom metodom najbolje će aproksimirati ovaj parametar u slučajevima kad dominira utjecaj radijacije što se istovremeno odražava i u izraženoj konvekciji. To znači u stacionarnim vremenskim situacijama sunčana vremena. S obzirom na doba dana realnije su visine sloja miješanja koje odgovaraju podnevnim satima, od onih određenih za jutarnje sate u kojima je još znatan i utjecaj mehaničke turbulencije bazirane na vertikalnom smicanju brzine vjetra.

Naime, par sati nakon izlaza Sunca u najdonjem sloju relativno mirne atmosfere vertikalni gradijent temperature se brže mijenja od vertikalnog gradijenta brzine vjetra te se u plitkom sloju neutralne stabilnosti susreće još uvijek jako smicanje brzina vjetra inače tipično za stabilan prizemni sloj (Driedonks 1981). Međutim ako se u jutarnjim satima brzina vjetra poveća prije će se smanjiti gradijenti, dakle i vertikalno smicanje brzine vjetra, pa će se istovremeno izgladiti i profil temperature i profil brzine vjetra.

Tabela 11. Dnevni hod visine sloja miješanja (m) za D Pasquillovu kategoriju stabilnosti

Table 11. Daily variation of mixing depth for D Pasquill's stability class
Zagreb — Maksimir, 1978

Sati	Mjesec											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0—1												
1—2												
2—3												
3—4						0						
4—5				0	0	13	0	0				
5—6			0	11	24	39	36	11	0	0		
6—7		0	19	44	84	104	96	55	29	6	0	
7—8	4	18	67	132	192	221	192	143	86	30	9	4
8—9	30	72	171	264	336	377	336	275	200	90	45	28
9—10	84	168	323	440	528	585	528	451	352	186	113	84
10—11	167	294	523	649	744	806	744	660	542	312	212	176
11—12	270	444	732	880	972	1053	972	880	751	456	329	284
12—13	380	600	950	1100	1200	1300	1200	1100	950	600	450	400
13—14	380	600	950	1100	1200	1300	1200	1100	950	600	450	400
14—15	365	582	922	1089	1188	1287	1188	1098	931	588	432	384
15—16	323	528	855	1034	1128	1248	1140	1034	884	540	378	332
16—17	243	432	751	946	1044	1157	1056	946	789	456	288	244
17—18	141	300	589	803	912	1027	936	814	646	342	171	(132)
18—19	(30)	(144)	390	616	732	845	768	649	466	(204)	(50)	
19—20			(171)	396	528	637	564	440	(266)			
20—21				(176)	(300)	(403)	336	(220)				
21—22							(108)					
22—23												
23—24												

6. ZAKLJUČAK

Prikazana metoda omogućava indirektno određivanje satnih vrijednosti visine sloja miješanja od izlaza do zalaza Sunca, kada u stvaranju i razvoju promatranog parametra dominantnu ulogu imaju radijaciono-termičke prilike graničnog sloja atmosfere. Ovdje treba istaknuti da je osobito korisna u slučajevima kada nema mogućnosti direktnog mjerenja visine sloja miješanja.

Međutim, egzistencija i održavanje plitkih slojeva turbulentnog miješanja (najčešća noću) povezana je s vertikalnim smicanjem brzine vjetera, koje je tipično za najdonje dijelove graničnog sloja atmosfere što je u ovoj metodi zanemareno.

Prema tome, za interpolaciju satnih vrijednosti visine sloja miješanja, prvenstveno noćnog dijela dana, treba obaviti takvo dodatno ispitivanje, koje će uvažiti utjecaj i dinamičkih faktora.

LITERATURA

- Ahrens D. (1981): Untersuchungen über die Wärmeinsel und die Mischungsschicht einer Grosstadt. Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B. 29., 29—36.
- Benkley W. C., and Schulman L. L. (1979): Estimating Hourly Mixing Depths from Historical Meteorological Data. Jour. of Applied Meteorology Vol. 18. June 1979, 772—780.
- Driedonsk A. G. M. (1981): Dynamics of the Well-Mixed Atmospheric Boundary Layer Scientific Report W. R. 81—2. De Bilt 1981.
- Godowitch J. M., Ching J. K. I and Clarke J. F. (1979): Dissipation of the Nocturnal Inversion Layer at an Urban and Rural Site in St. Louis. MO Fourth Symposium January 15—18 1979, Reno, Nevada, American Meteorological Society, 416—420.
- Goldman, A. D. (1980): A Physically Realistic Method of Calculating Mixing Heights over Rural Areas for Use in Atmospheric Dispersion Models. Second Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology, March 24—27, 1980 New Orleans, American Meteorological Society, 781—786.
- Holzworth G. C. (1967): Mixing Depths, Wind Speeds and Air Pollution Potential for Selected Locations in the United States. Jour. of Applied Meteorology, Vol. 6, December 1967, 1039—1044.
- Klug W. (1969): Ein Verfahren zur Bestimmung der Ausbreitungsbedingungen aus synoptischen Beobachtungen. Staub-Reinhalt. Luft 29, Nr 4 April, 143—147.
- Mart L. and Lenschow D. H. (1976): Growth Dynamics of the Convectively Mixed Layer. Jour. of Atmosph. Sciences. Vol. 33. January 1976, 41—51.

SUMMARY

The paper discusses an original method of determining hourly mixing heights (h), based on the hypothesis on the dependence of the parameter in question on amounts of incoming solar radiation (Q) (Figure 1).

On the basis of known afternoon mixing heights (h_{13}) and the (k') ratio between amounts of solar radiation received up to hour t and those received after the sun rise to 13 o'clock, an unknown mixing height could be attained for any hour t from the equation $h_t = h_{13} \cdot k'$. In this case, changes in mixing heights during the morning hours are determined by mean of expression (4-1a) and during the afternoon hours with the equation (4-1b). Since the method includes the influence of stability it might be useful in the expanded Gaussian model (which takes

into account multiple reflections of plume within the mixing depth).

The described indirect estimation of mixing height hourly values from the rising to the setting of the sun, can be applied in cases when a radiational thermal balance in the boundary layer of the atmosphere plays a dominant role in the mixing height development. Here it is necessary to underline that such an estimation is particularly useful when the series of mixing height data is incomplete (for example, if one has only the values for afternoon mixing height), or in cases where there is no mixing height direct measurements. As an example, the method is applied to the determination of the mixing heights daily mean variation in 1977 and 1978 in the vicinity of the city of Zagreb, taking Pasquill's stability categories into consideration (Tables 6—11).