

MIKROKLIMATOLOŠKA SNIMANJA  
JUŽNOG PROFILA KALNIKA 1953.

Ivan Penzar - Zagreb

---

S a d r Ź a j - Opisana je metoda i dani su rezultati mikro-klimatoloških mjerenja južnog profila Kalnika, koja je 1953. izvo-  
dio Geofizicki institut Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Za-  
grebu. Mjerenja su potvrdila dosad poznate činjenice o temperaturi  
tla o temperaturi vlazi i isparavanju u prizemnom sloju zraka i o  
njihovim promjenama vezanim uz nadmorsku visinu. Utvrđeno je nada-  
lje, da se utjecaj vegetacije na elemente gubi idući od tla u vi-  
sinu tako, da ga na 2 m više i nema. Osim toga mjerenja su pokaza-  
la, za koliko se brojčano mijenjaju neki meteorološki elementi na  
obronku jedne naše osrednje gore idući bilo od tla u visinu, bilo  
od podnožja prema njenu vrhu.

MIKROKLIMATOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AM  
SÜDLICHEN PROFIL DES KALNIK-GEBIRGES

Z u s a m m e n f a s s u n g - Der Verfasser beschreibt  
Methode und Ergebnisse der mikroklimatologischen Untersuchungen, die  
das Geophysikalische Institut der Naturwissenschaftlich-mathemati-  
schen Fakultät in Zagreb im Jahre 1953 am südlichen Profil des Kal-  
nik ausführte. Die Ergebnisse bestätigen die bekannten Tatsachen u  
über die Erdbodentemperatur, über Temperatur, Feuchtigkeit und Ver-  
dunstung in der bodennahen Luftschicht sowie über die von der See-  
höhe abhängigen Änderungen der Elemente. Es wurde ferner festge-  
stellt, dass der Vegetationseinfluss auf die Elemente mit der Ent-  
fernung vom Erdboden abnimmt, so dass er in der Höhe von 2 m nicht  
mehr bemerkbar ist. Ausserdem zeigten die Messungen numerisch, um  
wieviel einige meteorologischen Elemente am Abhang eines unserer  
mittelhohen Gebirge variieren ebenso in der vom Erdboden aufwärts  
wie in der vom Bergfuss zum Gipfel hinaufsteigenden Richtung.

## I. UVOD

Geofizički institut Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu vršio je dosad mikroklimatološka istraživanja u dva maha. Prvi put su mjerenja izvedena ljeti 1949. na području Rišnjaka i Snježnika, a drugi put sredinom ljeta 1953. u okolici Križevaca. O tim istraživanjima referirano je na II. kongresu matematičara i fizicara FNRJ u Zagrebu 1954., a o onom drugom mjerenju održano je iste godine i predavanje na I. sastanku meteorologa-klimatologa Jugoslavije u Zagrebu. U toku 1956. jedan dio rezultata mikroklimatoloških mjerenja u Križevcima je publiciran u „Radovima“ Geofizičkog instituta (1). Time ipak nisu u cijelosti obuhvaćeni svi rezultati, koji su dobiveni. Tako na pr. nije nigdje spomenuto istraživanje profila Kalnika. O tom ćebiti ovdje nešto receno.

## II. PRETHODNE NAPOMENE

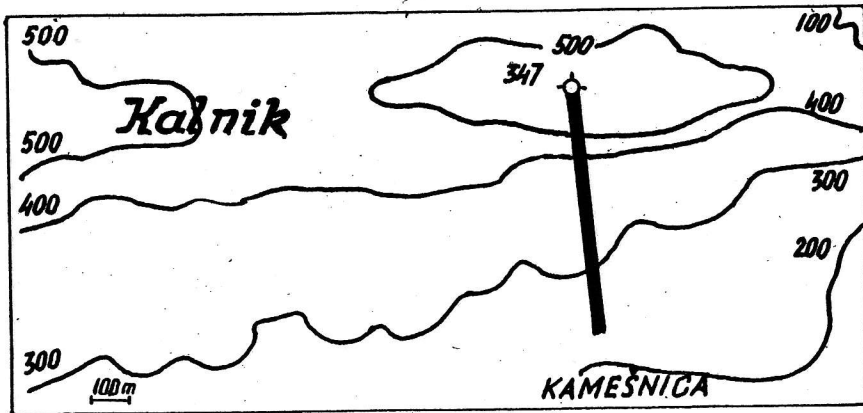
### 1. Opis položaja i smještaja stanica

Planinski masiv Kalnika nalazi se u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske po prilici na  $\varphi = 46,1^\circ \text{N}$  i  $\lambda = 16,4^\circ \text{E}$ . Leži na granici između gorovitog Hrvatskog Zagorja i plodne Savsko-dravske ravnice. U tom kraju prilicno se istice njegova konfiguracija, pogotovo ako ga promatramo s jugoistočne strane. Za Križevce i njegovu okolinu on igra dominantnu ulogu. Najvisi mu vrh ima 643 m, a drugi za njim visok je 547 m. Kalnik, dakle ide u niže planine, t.j. u one, kojima se po obroncima uzgajaju raznovrсни usjevi, a najviše vinogradi i voćnjaci. Pri vrhu je obrastao sumom. Kalnik je tipičan predstavnik osrednjeg gorja, kojim naša država obiluje u zhatnoj mjeri. To je i bio razlog, da se na Kalniku pristupilo mikroklimatološkim mjerenjima. Zbog ograničenog vremena ispitano je bio samo njegov južni profil i to od sela Kamešnice na podnožju do drugog vrha po visini, Kalnicke Grede (sl.1.). Oblik profila na kojem su vrsena mjerenja, prikazan je na sl.2.

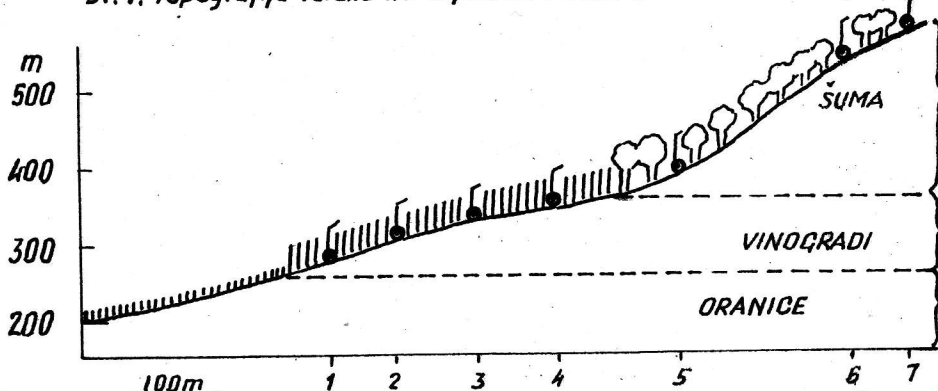
Duz tog profila bile su postavljene stanice na slijedećim visinama:

1. stanica	260 m
2. "	280 m
3. "	310 m
4. "	335 m
5. "	400 m
6. "	540 m
7. "	547 m

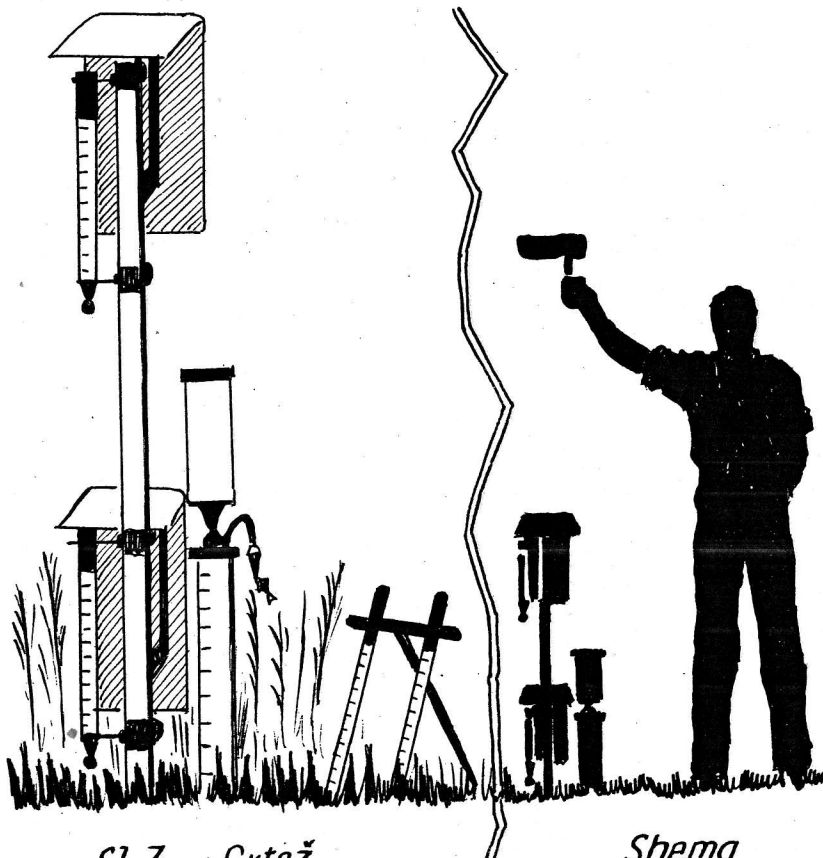
Stanice 1,2,3 i 4 bile su smještene u vinogradu, a 5 i 6 u šumi, dok je stanica broj 7 bila na samom vrhu, koji nema vegetacije.



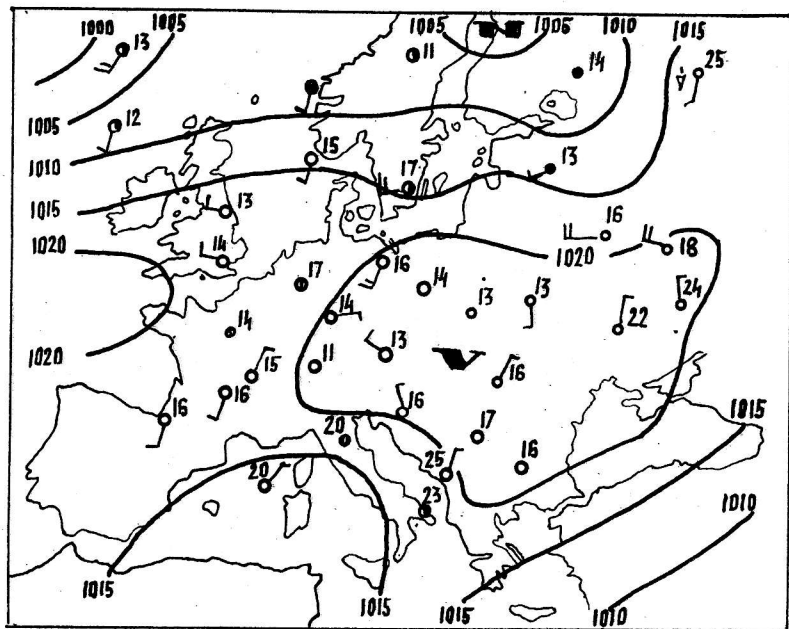
Sl. 1. Topografija terena na kojem su vršena mikroklimatska mjerenja



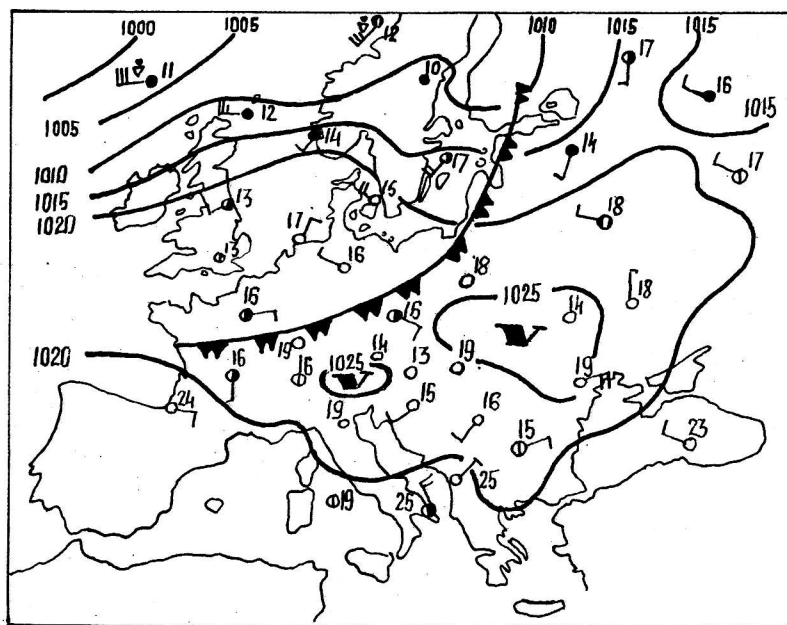
Sl. 2. Profil Kašničkog Grebena. Brojkama su označeni položaji stanica.



Sl. 3. Crtež Shema  
jedne mikroklimatološke stanice



Sl. 4. Prizemna sinoptička situacija  
dne 10. VII. 1953 u 07h



Sl. 5. Prizemna sinoptička situacija  
dne 11. VII. 1953. u 07h

## 2. Opis mjerenja

Na spomenutim stanicama mjerena je temperatura tla i zraka, vlaga zraka, vjetar, naoblaka i isparavanje u svakom punom satu u toku dana od 8 sati ujutro do 18 sati poslije podne. Temperaturu, vlagu i isparavanje mjerilo se instrumentima, a vjetar, naoblaka i ostale pojave određivani su vizuelno. Instrumenti za mjerenje bili su smješteni jedan kraj drugog na relativno malenom prostoru i sačinjavali su jednu stanicu. Kako je izgledala takva stanica, pokazuje sl.3.

Treba napomenuti, da stanice broj 1, 4 i 7 nisu imale instrumente za mjerenje temperature tla i isparavanja.

## 3. Opis vremenskog stanja

Za izvođenje spomenutih mjerenja izabrana je prva polovina kolovoza 1953., kad je vrijeme kroz više dana bilo potpuno vedro i mirno. Mjerenje je izvršeno 10. i 11.VIII.

Tih dana nase je područje bilo pod utjecajem prostrane anticiklone, kojoj se centar nalazio nad Karpatima(sl.4. i 5.).

Iz sinoptičkih se karata vidi, da je vrijeme i jednog i drugog dana bilo gotovo jednako(vedrina, vjetar, temperatura). To nam pokazuju i podaci klimatološke stanice Krizevcima(tab.1.).

Tab.1. Vrijednosti nekih meteoroloških elemenata na dane 10.i 11. VIII. na klimatološkoj stanici u Krizevcima

Element Datum	Temperatura zraka °C			Tlak pare dnev.sred. mm Hg	Vlaga dnev. sred. %	Nao- blaka dnev. sred.	Sred.jac. vjetra Beaufort
	Max.	Min.	Dnev.sred.				
10.VIII.	26,7	9,0	18,4	12,7	78	1,0	1,7
11.VIII.	27,9	8,5	19,6	13,1	79	1,0	1,3

## III. REZULTATI OPAŽANJA

Za vrijeme mikroklimatoloških istraživanja južnog profila Kalnika na spomenutih sedam tocaka bilo je izvršeno 45 mjerenja 11 meteoroloških elemenata. Tako je sakupljeno 495 podataka. Obradom tih podataka dobiveni su slijedeći rezultati.

1. Temperatura tla

Temperatura tla mjerena je geotermometrima na dubini 10 i 5 cm, a na površini grassminimum-termometrima i to samo na četiri stanice. Dobivene vrijednosti prikazane su u tabelama 2,3 i 4.

Tab.2. Satne vrijednosti temperature i danji srednjaci temperature tla u °C na 10 cm dubine

Stanica	br.2	br.3	br.5	br.6
Vrijeme motrenja	280 m	310 m	400 m	540 m
8	-	-	16,0	16,9
9	18,7	18,2	16,0	16,9
10	18,9	18,5	16,0	16,9
11	19,3	19,4	16,1	17,1
12	19,8	21,2	16,2	17,3
13	20,3	22,0	16,3	17,6
14	20,8	22,3	16,5	18,0
15	21,7	22,3	16,6	18,6
16	22,3	21,9	16,7	19,0
17	22,7	21,5	16,8	19,3
18	22,7	21,2	-	-
Srednjak	20,7	20,8	16,3	17,7

Stanice broj 2 i 3 nalaze se, kako je već spomenuto, u zoni vinograda, a 5 i 6 u zoni šume, i to stanica broj 5 u visokoj šumi, a broj 6 pri vrhu obronka u šumi nižeg uzrasta. To je i razlog, što se temperature tla na pojedinim visinama južnog obronka Kalnika međusobno ovako razlikuju. Osim nižeg raslinstva na stanici broj 6 djelovala je na povisjenje temperature prema stanici broj 5 i veća inklinacija terena, na kojem je ona smjestena, kao što se to vidjelo iz profila na slici 2.

---

Pod "danjim srednjacima" mislimo ovdje srednjake dobivene iz satnih vrijednosti od 8 sati ujutro do 18 sati popodne.

Tab.3. Satne vrijednosti i danji srednjaci temperature tla u °C na 5 cm dubine

Stanica	br.2	br.3	br.5	br.6
Vrijeme motrenja	280 m	310 m	400 m	540 m
8	-	-	16,0	16,8
9	18,5	19,0	16,0	16,9
10	19,3	19,7	16,1	17,3
11	20,4	21,2	16,3	17,7
12	21,0	21,8	16,5	18,0
13	22,5	22,6	16,7	18,5
14	24,0	24,7	16,9	18,7
15	24,9	24,8	17,0	19,6
16	25,1	24,8	17,1	19,6
17	24,8	23,5	17,2	18,4
18	24,4	22,1	-	-
Srednjak	22,5	22,4	16,6	18,2

Opet imamo istu situaciju kao i na dubini od 10 cm, samo što su ovdje temperature na svim stanicama više po svojim vrijednostima.

Dnevni porast temperature na ovoj dubini zaustavljen je između 16 i 18 sati. Nakon toga započinje opadanje temperature.

Tab.4. Satne vrijednosti i danji srednjaci temperature površine tla u °C

Stanica	br.2	br.3	br.5	br.6
vrijeme motrenja	280 m	310 m	400 m	540 m
8	-	-	17,5	16,5
9	19,9	22,1	18,5	17,1
10	23,1	23,8	19,4	17,9
11	30,3	28,8	20,6	18,6
12	31,9	30,7	22,6	19,3
13	32,0	28,6	21,7	21,2
14	26,4	25,8	21,6	22,8
15	27,2	25,5	21,5	23,6
16	25,8	24,3	21,0	22,9
17	23,2	21,8	20,6	22,1
18	21,2	19,5	-	-
Srednjak	26,1	25,1	20,5	20,2

Temperaturne prilike na površini tla slične su onima u tlu, t.j. tlo u zoni vinograda ima višu temperaturu od tla u zoni šume, ali se vrijednosti na raznim točkama pojedine zone međusobno mnogo ne razlikuju. Ipak i u jednoj i u drugoj zoni temperatura površine tla mnogo je viša nego u dubini od 5 cm. Opadanje temperature s dubinom tu se može jasno vidjeti.

Satni maksimumi na površini tla izmjereni su između 12 i 15 sati. Hod temperature tu je sličan hodu temperature u zraku.

Iz navedenih tabela 2, 3 i 4 vidi se, da temperatura tla opada s dubinom. Srednje opadanje na pojedinim točkama profila prikazano je u tabeli 5.

Tab.5. Srednje opadanje temperature tla u °C u slojevima 0-5 i 5-10 cm dubine

Stanica Sloj	br.2 280 m	br.3 310 m	br.5 400 m	br.6 540 m
00 - 5 cm	-3,6	-2,7	-3,9	-2,0
5 - 10 cm	-1,8	-1,6	-0,3	-0,5

Opadanje je više nego dvostruko u površinskom sloju prema opadanju u sloju ispod njega duž cijelog profila. Ali promatra li se svaki sloj zasebno, vidi se, da u površinskom sloju nema neke pravilnosti idući od podnožja Kalnika prema njegovom vrhu, dok se u dubljem sloju jasno razlikuje područje vinograda od područja šume. U tom sloju u vinogradu opadanje je više nego tri puta jače od onoga u šumi.

## 2. Temperatura zraka

Temperatura zraka mjerena je na visinama 2 cm i pola metra meteorološkim termometrima, a na visini 2 m psihrometrom na vitlo. Termometri su bili pričvršćeni na drvenom stapu, tako da im je rezervoar bio u jednoj od navedenih visina. Od direktna sunceva zarenja termometri su bili zaštićeni komadom bijelog papira. Ekstremne temperature nisu bile mjerene.

Slično kao u tlu postoji razlika i u temperaturi prizemnog sloja zraka na pojedinim točkama profila i između pojedinih zona. To će nam najbolje ilustrirati tabela 6, u kojoj su prikazani dnevni srednjaci temperature zraka na visinama 2,50 i 200 cm, opadanje temperature u dva najniža sloja zraka (2-50 i 50-200 cm) i vertikalni temperaturni gradijent preračunan na 1 m.



Tab.6. Danji srednjaci temperature na visinama 2,50 i 200 cm, opadanje temperature u slojevima 2=50 i 50-200 cm i vertikalni temperaturni gradijent u tim slojevima

Visina nad tlom cm	Stanice broj 1 i 2			Stanice broj 3 i 4		
	Danja sred. temp. °C	Opadanje temperat. °C	Temp. gradijent °C/1 m	Danja sred. temp. °C	Opadanje temperat. °C	Temp. gradijent °C/1 m
2	31,1			25,8		
50	24,1	7,0	14,6	24,0	1,8	3,8
200	23,5	1,6	1,0	23,3	0,7	0,5

Visina nad tlom cm	Stanice broj 5,6 i 7		
	Danja sred. temp. °C	Opadanje temperat. °C	Temp. gradijent °C/1 m
2	24,0		
50	23,8	0,2	0,4
200	23,3	0,5	0,3

a) Temperatura zraka opada s visinom duž cijeloga profila. To je opadanje najbrže u vinogradima na podnožju ( $7^{\circ}$  u sloju 2-50 cm i  $1,6^{\circ}$  u sloju 50-200 cm), a najsporije u sumi blizu vrha Kalnika ( $0,2$  odnosno  $0,5^{\circ}\text{C}$ ). U čitavoj zoni vinograda najveće su promjene temperature tik uz tlo (2-50 cm - gradijent  $14,6^{\circ}\text{C}/1\text{ m}$ ), a mnogo su manje u sloju 50-200 cm ( $0,5^{\circ}\text{C}/1\text{ m}$ ). U sumi, naprotiv, gotovo i nema razlike između vertikalnog temperaturnog gradijenta u prvih pola metra i u slijedećih metar i po iznad tla. Razlog tome leži pretežno u vrsti vegetacije, koja pokriva tlo.

b) Promatramo li temperaturu na 2 cm iznad tla duž profila, vidimo, da se ona smanjuje od podnožja prema vrhu bez obzira na vegetaciju, u kojoj je mjerena. Na visini od pola metra to je smanjenje neznatno, a na dva metra gotovo se i ne može utvrditi. U visini meteorološke kućice temperatura zraka je, dakle, ostala stalna bez obzira na nadmorsku visinu i vrstu vegetacije, koja pokriva obronak.

Temperaturne odnose između pojedinih točaka profila ilustriraju slike 6,7 i 8, na kojima je prikazan hod temperature od 9 sati ujutro do 18 sati naveče na visinama 2 cm, 50 cm odnosno 200 cm iznad tla. Na slikama je označen i srednjak za cijeli profil na dotičnoj visini nad tlom.

Sl.6., koja prikazuje odnose tik uz tlo, govori nam, da u tom sloju vladaju velike razlike između jutarnjih odnosno večernjih i

podnevnih temperatura. Te su razlike osobito velike u vinogradima, dakle ispod 400 m. Maksimalne temperature u tom sasvim prizemnom sloju javljaju se oko 12 sati u vinogradima, a oko 13 sati u sumi.

Na pola metra iznad tla danji je hod temperature mnogo slabije izražen. To se vidi iz sl.7. Razlike između jutra i podneva znatno su manje nego na 2 cm. Ali ne samo to, nego i razlike između pojedinih točaka profila postepeno nestaju. Zanimljivo je, međutim, ukazati na to, da su se gornje stanice ne samo približile ostalima, nego da je ispod samog vrha Kalnika oko podne toplije nego na ostalim dijelovima profila.

Sl. 8 pokazuje temperaturne odnose na 2 m visine. Sve su krivulje tu međusobno zblizene. To znači, da su razlike nestale i da je temperatura duž profila ista, kako je to već bilo rečeno. Što se tiče hoda temperature, on je preko dana još neizrazitiji, nego onaj na 50 cm visine.

### 3. Vlaga zraka

Vlaga zraka određivana je psihrometrom na vitlo na 50 i 200 cm visine. Podaci dobiveni tim mjerenjima dani su u tab.7.

Tab.7. Srednje vrijednosti rel.vlage zraka na 50 i 200 cm visine na pojedinim dijelovima južnog profila Kalnika

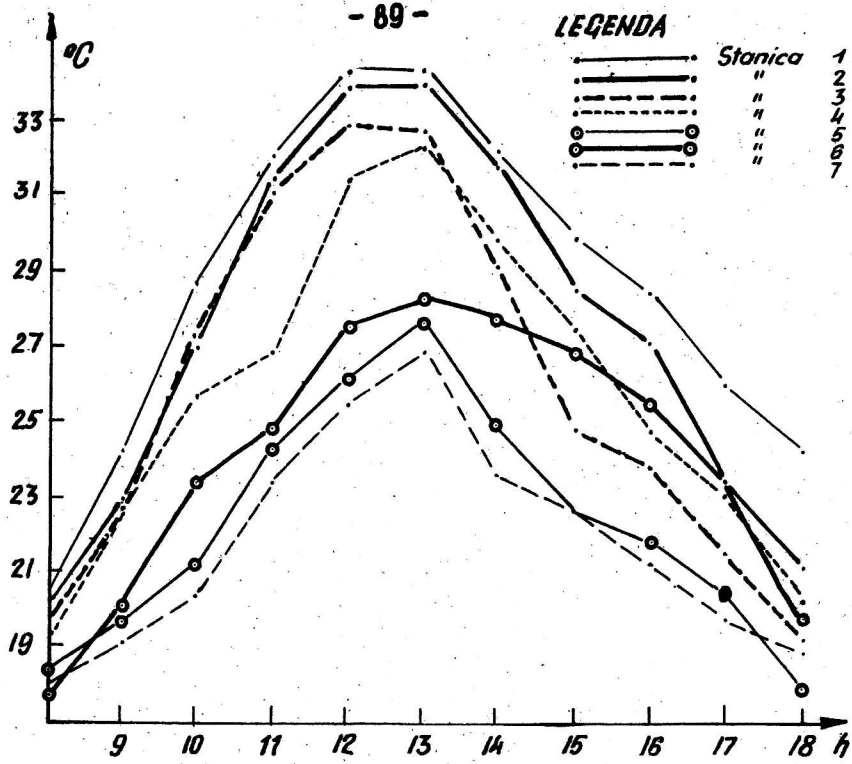
Visina nad tлом cm	Stanice br.1 i 2		Stanice br.3 i 4		Stanice br.5,6 i 7	
	Danji sred.rel.vlage %	Opadanje %	Danji sred.rel.vlage %	Opadanje %	Danji sred.rel. vlage %	Opadanje vlage %
50	50	3	49	2	48	0
200	47		47		48	

Oni pokazuju:

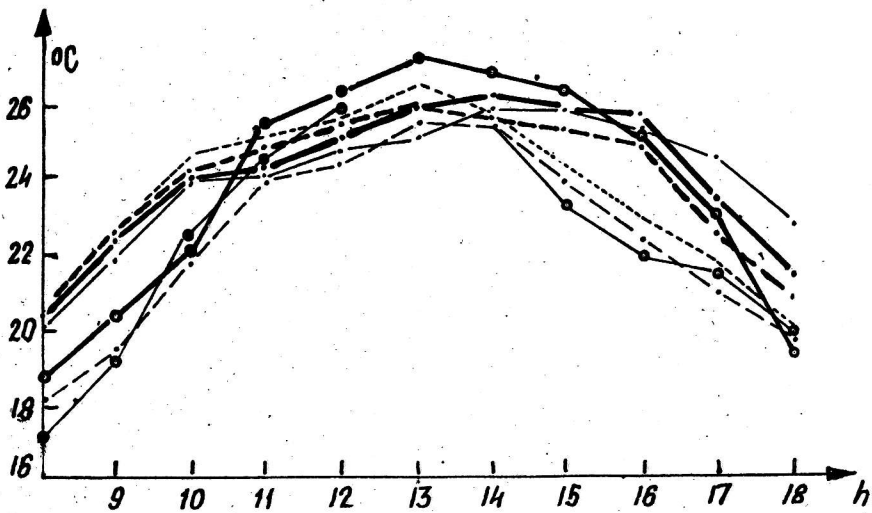
a) Vlaga duž cijelog profila vrlo malo opada idući od tla u visinu(najveće opadanje iznosi samo 3%, i to pri dnu profila).

b) Na pola metra visine vlaga se nešto malo smanjuje od podnožja prema vrhu, dok je na 2 m na cijelom obronku stalna.

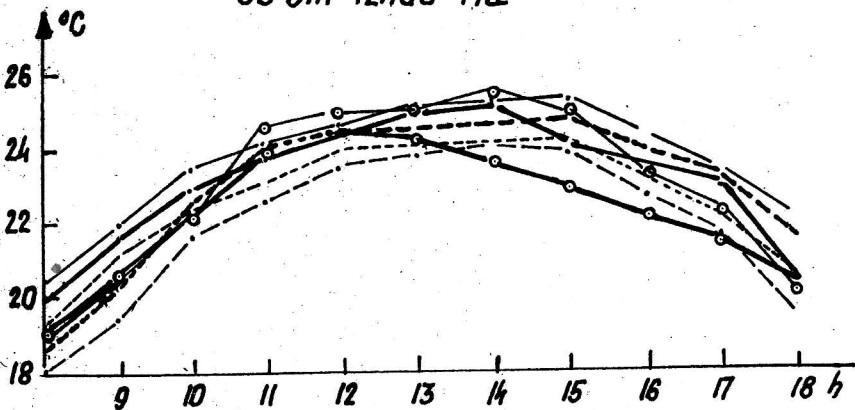
Hod vlage u toku dana prikazan je na sl.9.i lo. Sl.9. prikazuje, kako se mijenja relativna vlaga u toku dana na pojedinim stanicama na visini 50 cm iznad tla. Obje su slike međusobno vrlo slične. Nema, dakle, neke bitne razlike u pogledu vlage između pojedinih točaka profila. Jedino je na 200 cm visine dnevna amplituda nešto manja i razlike između pojedinih stanica su još neznatnije nego na 50 cm.



Sl. 6. Danji hod temperature zraka na 2 cm iznad tla



Sl. 7. Danji hod temperature zraka na 50 cm iznad tla

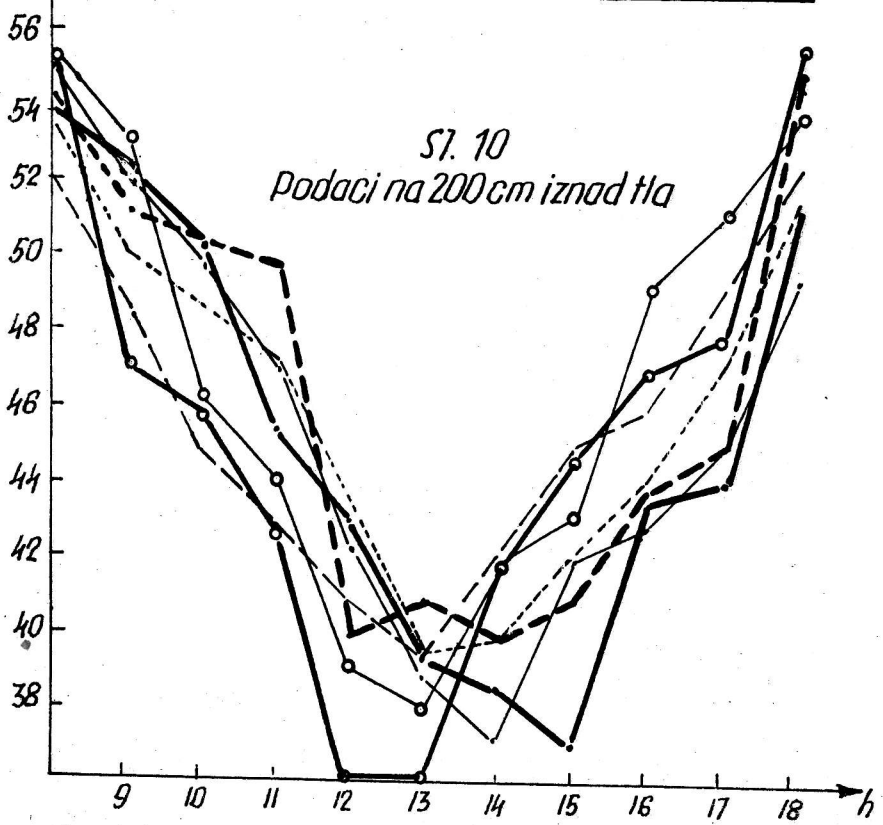
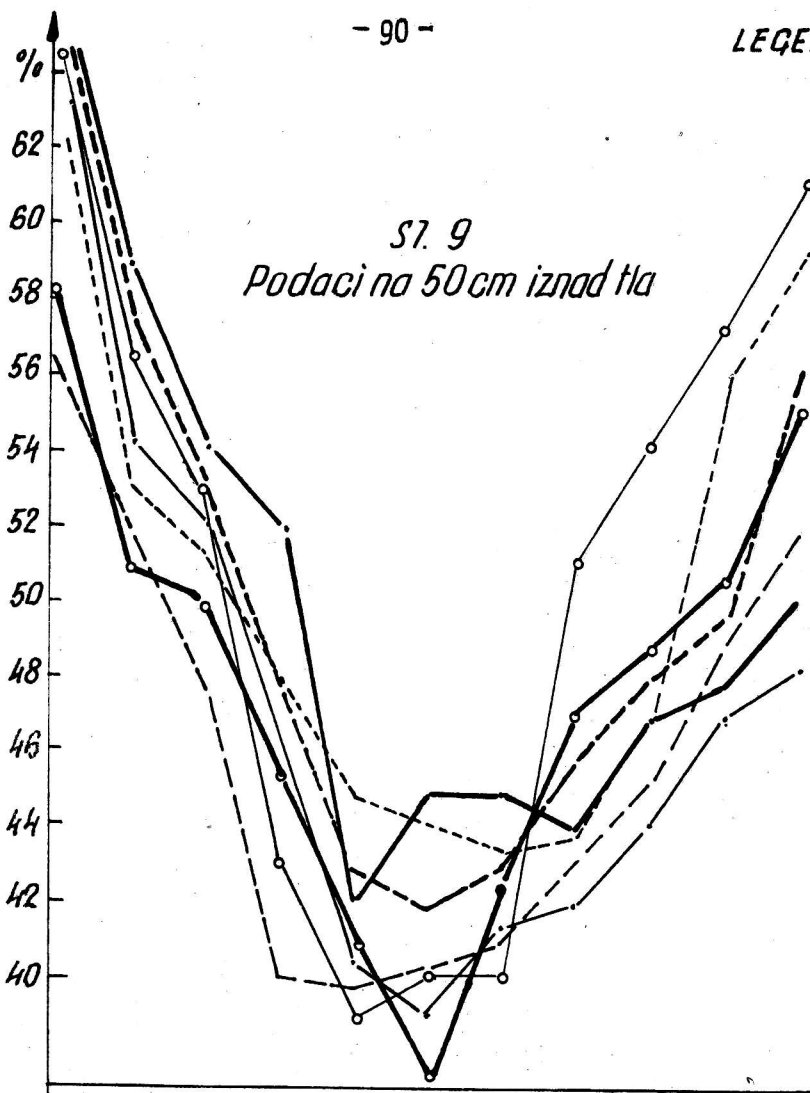


Sl. 8. Danji hod temperature zraka na 2 m iznad tla

TEMPERATURNE PRILIKE NA POJEDINIM TAČKAMA JUŽNOG PROFILA KALNIKA

LEGENDA

- Stanica
- "
- - - "
- - - "
- - - - "
- - - - "
- - - "



HOD RELATIVNE VLAŽE ZRAKA NA POJEDINIM  
TAČKAMA JUŽNOG PROFILA KALNIKA

#### 4. Isparavanje

Do danas još nema neke ustaljene metode za mjerenje isparavanja. Mi smo ga mjerili Mitscherlichovim evaporimetrima. Njihovo dno bilo je ukopano nekoliko centimetara u tlo. Bili su punjeni destiliranom vodom. Isparena količina vode određivala se svaki puni sat na cijele  $\text{cm}^3$  točno. Kako je međutim isparavanje zgodnije predočivati debljinom sloja vode, koji bi se ispario s ravne podloge, to su u slijedećoj tabeli (tab.8.) podaci o isparavanju prikazani u  $\text{cm}^3$  i u mm.

Tablica pokazuje razliku između isparavanja u šumi i u vinogradu. U šumi je isparavanje prosječno za 31% manje nego u vinogradu. To je i razumljivo zbog razlika, koje postoje u temperaturi, vlazi i turbulenciji. Inače nema bitne razlike između pojedinih stanica unutar vinograda kao ni unutar šume.

Tab.8. Satne vrijednosti isparavanja u  $\text{cm}^3$  i mm

Stanica	br. 2		br. 3		br. 5		br. 6	
	$\text{cm}^3$	mm	$\text{cm}^3$	mm	$\text{cm}^3$	mm	$\text{cm}^3$	mm
8 - 9	-	-	-	-	2	0,1	3	0,1
9 - 10	4	0,2	7	0,2	2	0,1	4	0,2
10 - 11	8	0,3	7	0,2	4	0,2	4	0,2
11 - 12	8	0,3	11	0,3	5	0,2	6	0,2
12 - 13	6	0,2	8	0,3	6	0,2	5	0,2
13 - 14	6	0,2	8	0,3	5	0,2	7	0,2
14 - 15	7	0,2	6	0,2	5	0,2	8	0,3
15 - 16	7	0,2	4	0,2	2	0,1	4	0,1
16 - 17	6	0,2	5	0,2	2	0,1	4	0,1
17 - 18	4	0,2	3	0,1	-	-	-	-
Srednjak	6	0,2	7	0,2	4	0,1	5	0,2

#### 5. Zaključak

Tako izgledaju rezultati ovih mjerenja. Oni potvrđuju u prvom redu već dosad poznate činjenice o vladanju temperature, vlage i isparavanja u prizemnom sloju zraka i o njihovim promjenama vezanim uz nadmorsku visinu.

Osim toga ovom je prilikom utvrđeno, da se utjecaj vegetacije na elemente postepeno gubi idući od tla u visinu, i da ga na 2 m više i nema.

Mjerenja su pokazala i to, za koliko se brojčano mijenjaju pojedini meteorološki elementi na obronku jedne naše osrednje gore idući bilo od tla u visinu, bilo od podnožja prema njenom vrhu. A takvih smo podataka dosad imali malo u našoj državi.

L i t e r a t u r a

- (1) I. Penzar, Mikroklimatološka istraživanja Geofizičkog instituta u kotaru Krizevci 1953. - Radovi ser. III br. 7, Geofiz. institut, Zagreb 1956.
- (2) O.G. Sutton, Micrometeorology, New York, 1953.
- (3) R. Geiger, The Climate near the Ground, Cambridge 1950.