

GIBANJE TEMPERATURE V TLEH
THE TEMPERATURE CHANGES IN GROUND

O. REYA

551.524.4

Leta 1952 se je začelo v meteorološkem observatoriju v Ljubljani za Beži-gradom meriti temperaturo tal. Ker bi v zimskem času termometri zaradi mraza popokali, se vrše merjenja samo od začetka aprila do konca oktobra, to je v vegetativni dobi rastlin. Merilo se je v globinah 2, 5, 10, 30, 40, 50 cm. Od leta 1955 dalje pa se meri temperatura tudi na površju, to je v globini 0 cm. Merjenja se vrše trikrat na dan, ob 7., 14. in 21. uri. Iz teh terminskih vrednosti se potem izračunavajo srednje dnevne vrednosti. Teren, kjer se meri tempera-tura tal, ni s travo poraščen, ampak je gol. Geološko je ta teren diluvijalni prod, kakor povsod drugod na Ljubljanskem polju severno od Ljubljane.

V tem članku si bomo najprej ogledali srednje vrednosti, to je razmere, ki vladajo povprečno vzete iz opazovanj 5 let. Nato si bomo ogledali posamezne absolutne vrednosti najvišjih in najnižjih temperatur, ki so nastopile v teku imenovane petletne dobe.

Srednje vrednosti. Najprej si oglejmo srednje vrednosti ob 7. uri zjutraj, to je takrat, ko naj bi vladal na površju zemlje temperaturni minimum. Ta je zabeležen nekako zjutraj ob sončnem vzhodu. Sredi junija vzhaja sonce že ob 4. uri, opazovanje pa se vrši šele ob 7. uri. Ob sončnem dnevu se od 4. do 7. ure zjutraj zemeljsko površje že nekoliko segreje, vendar pa smatramo, da se zrak in zemeljsko površje še nista toliko segrela, da bi opazovanje ob 7. uri ne ustrezalo razmeram za časa resničnega minima.

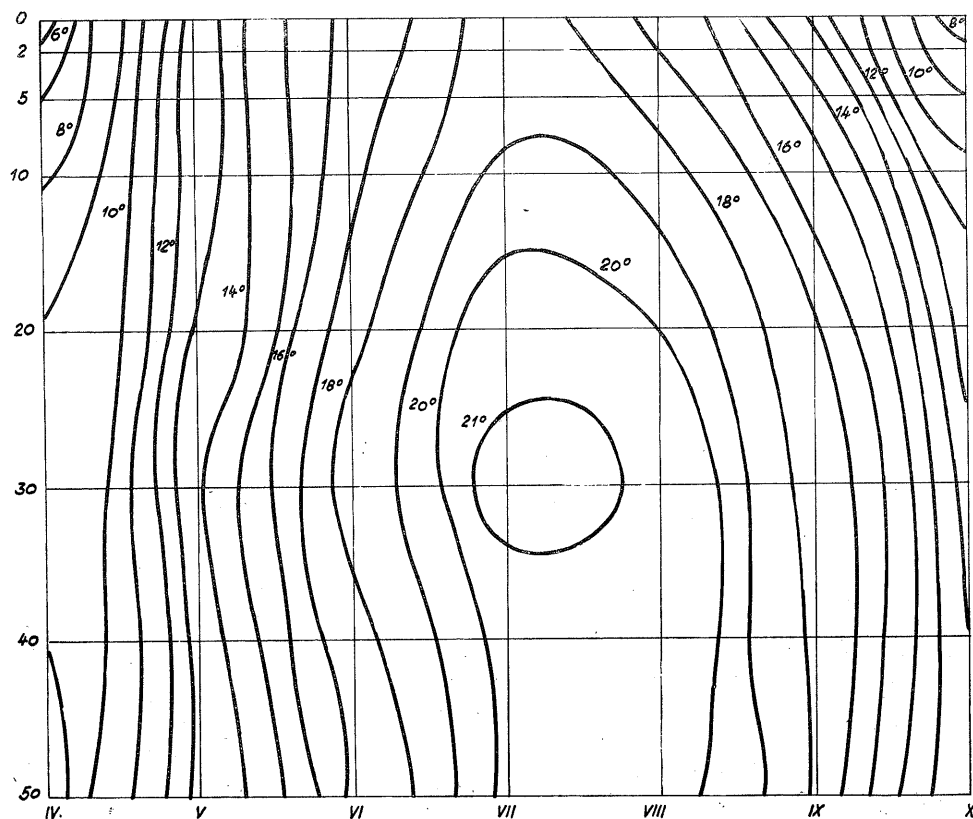
Spremembo temperature v posameznih globinah od meseca do meseca naj-bolje proučimo s tako imenovanimi termoizopletami. Vzemimo pravokotni ko-ordinatni sistem, na absciso nanese mo čas, v našem primeru mesece od aprila do oktobra, na ordinato pa nanese mo globine tal, zgoraj 0 cm, spodaj 50 cm. Tako dobimo pravokotno omrežje, globina—mesec. Na vsakem presečišču tega omrežja nanese mo ustrezajočo temperaturo iz tabele. Nato s pomočjo inter-polacije izvlečemo črte izoterme, ki se v tem primeru imenujejo termo-izoplete.

Srednja temperatura ob 7. uri. V priloženi sliki 1. vidimo, da so tla najtoplejša v globini 30 cm v mesecu juliju, ko doseže temperatura tukaj povprečno 21°. Navzgor proti površju temperatura v tem času pade na 18°. Zemeljsko površje se tekom noči ohlaja in doseže zjutraj svoj minimum, v juliju 18°. Od globine 30 cm navzdol temperatura zopet pada, toda zelo počasi, tako da v globini 50 cm imamo še vedno 20°.

Tabela 1.
Srednje vrednosti temperature tal in zraka v stopinjah Celzija

Mesec	0 cm		2 cm		5 cm		10 cm		20 cm		30 cm		40 cm		50 cm		5 cm	5 cm	2 m
	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	Min.	Min.	Maks.
IV.	5,8	19,6	6,7	18,2	7,0	16,1	7,9	13,4	9,0	9,9	9,3	9,3	9,0	9,0	8,8	8,8	1,7	4,0	15,4
V.	12,6	28,9	12,0	23,5	12,1	21,8	12,7	18,7	13,9	14,9	14,1	14,1	13,8	13,7	13,4	13,4	5,7	8,2	19,9
VI.	16,7	29,7	16,6	27,0	16,6	25,5	16,9	22,7	17,9	19,1	18,2	18,2	17,8	17,7	17,4	17,4	9,3	11,7	23,4
VII.	19,3	35,1	18,4	30,9	18,4	29,1	19,2	25,7	20,5	21,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,2	20,2	11,2	12,7	26,0
VIII.	16,9	32,4	16,9	29,3	17,2	27,5	18,3	24,4	19,9	21,1	20,6	20,5	20,5	20,3	20,3	20,3	10,5	12,2	25,3
IX.	13,0	28,5	13,5	24,2	14,1	22,8	15,4	20,3	17,0	17,8	17,8	17,7	17,9	17,8	18,0	17,9	8,6	10,7	21,6
X.	7,2	14,6	8,4	14,8	9,0	14,3	10,2	13,2	11,6	12,1	12,4	12,5	13,0	12,9	13,2	13,2	4,7	6,4	15,3

Tabela 1. prikazuje srednje vrednosti za dobo 5 let (1952—1956), in sicer za 7. uro zjutraj in 14. uro popoldne. Vrednosti na površju zemlje, to je v 0 cm, veljajo samo za dve leti (1955—1956). Končno so v zadnjih treh stolpcih podane še srednje vrednosti minimum temperature zraka v višini 5 cm nad tlemi ter srednji minimum in maksimum temperature zraka v višini 2 m nad tlemi. Pripominjam, da je termometer v višini 5 cm prosto izpostavljen proti nebu, medtem ko je v višini 2 m opazovana temperatura v termometrski hišici.



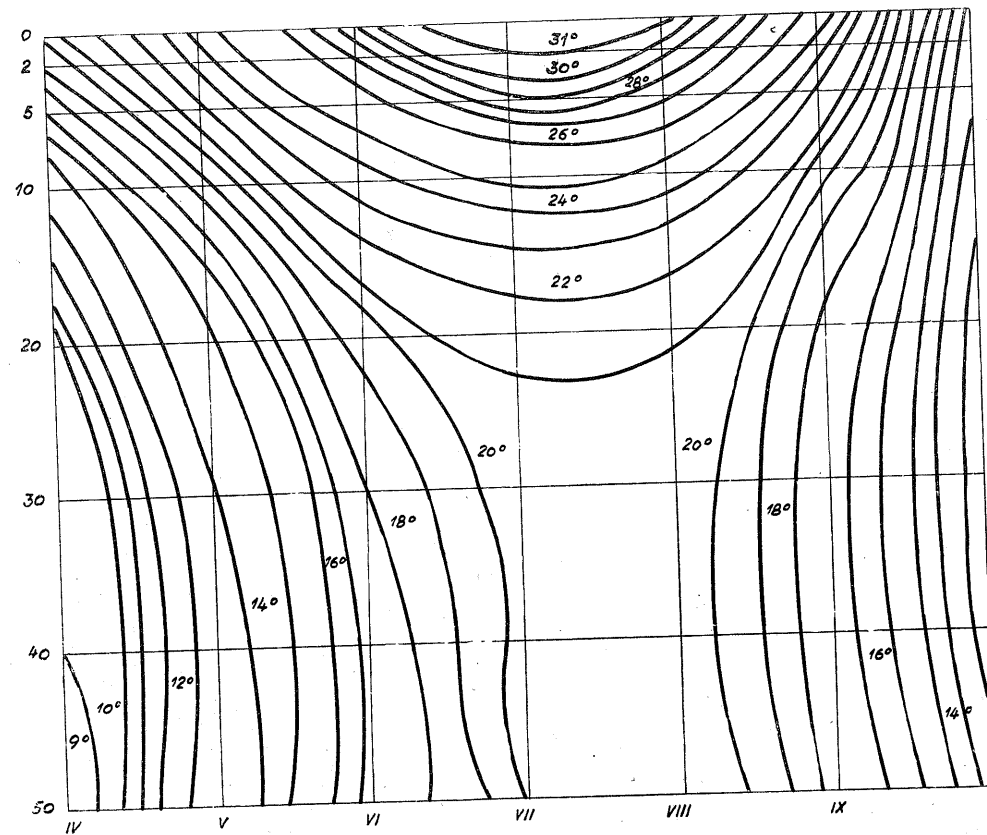
Sl. 1

Pojdimo sedaj v globini 30 cm po časovni osi proti levi in desni. V obe smeri temperatura pada, v aprilu imamo že 9° , v oktobru 12° . Na skrajni levi vidimo v vertikalni temperaturne razmere v aprilu. Od globine 30 cm navzgor se temperatura zniža od 9° na 6° . Navzdol sicer tudi pada, toda v globini 50 cm imamo še vedno $8,8^{\circ}$. Na skrajni desni v sliki znaša temperatura v oktobru na površju 7° in raste navzdol vse do 50 cm, kjer doseže $13,2^{\circ}$.

Na samem zemeljskem površju temperatura od aprila do julija zraste od 6° do 19° in pade ponovno do oktobra na 7° . Razlika med julijem in aprilom znaša torej 13° .

V ostalih pomladanskih in jesenskih mesecih potekajo termo-izoplete skoraj vertikalno, kar pomeni, da se temperatura z globino ne menja mnogo. Vzemimo na primer mesec maj. Na površju vlada temperatura 12° , se do 30 cm poveča samo na 14° in pade do 50 cm samo na $13,4^{\circ}$. V septembru se temperatura poveča od površja do 50 cm od 13° do 18° .

Srednja temperatura ob 14. uri. Opazovanje ob 14. uri naj bi pokazalo razmere ob času temperaturnega maksima, ki je zabeležen nekako ob tem času. Na sliki 2. za 14. uro vidimo, da se je maksimum temperature



Sl. 2

preselil iz globine 30 cm na površje, kar je popolnoma naravno. Ob 14. uri je najbolj segreta najvišja plast zemeljskega površja. V juliju doseže povprečno 32° . Nato razmeroma naglo pade do globine 30 cm na 21° , torej na temperaturo, ki smo jo opazili že ob 7. uri. Od te globine navzdol se temperatura le polagoma niža in doseže v globini 50 cm 20° .

V teku leta se temperatura na površju naglo menja. V aprilu je ob 14. uri na površju 19° , v juliju nad 32° in pade do oktobra že na 15° . Ta amplituda navzdol vedno bolj pojema. Razlika med julijem in aprilom znaša na površju $32^{\circ} - 19^{\circ} = 13^{\circ}$, v globini 30 cm $21^{\circ} - 9^{\circ} = 12^{\circ}$, v globini 50 cm $20^{\circ} - 9^{\circ} = 11^{\circ}$. Kolebanje se torej navzdol zmanjšuje.

Zanimive so tudi razmere v vertikalni navzdol v posameznih mesecih. V vseh mesecih temperatura ob 14. uri z globino pada, v maju na primer pade od 24° do 13° , v septembru od 25° do 18° . Kakor sem že zgoraj omenil, veljajo srednje vrednosti za površinsko plast 0 cm samo za dobo 2 let, 1955—1956. Te vrednosti so v primeri z onimi 5 let previsoke, kar nujno pokaže potek termo-izoplet. Te potekajo prirodno in ne pokažejo nobenih skokov ali nasilnega kopičenja. Po termoizopletah ima zemeljsko površje v maju 24° (namesto 29°

po dveletnih podatkih) in v septembru 25° namesto 28,5°. Kakšne so resnične vrednosti, bodo pokazala opazovanja v nadaljnjih letih.

Zanimive so še spremembe temperature v teku leta, to je od aprila do oktobra, kakor nam jih prikazuje slika 3. Ob 7. uri vidimo, da je krivulja temperature na površju pod ono v globini 50 cm. Ob 14. uri pa je površinska krivulja visoko nad ono v globini 50 cm. Krivulje v ostalih globinah so med tema dvema krivuljama.

Absolutne vrednosti. V tabeli 2. vidimo absolutne vrednosti temperature, ki so bile kdajkoli opazovane v dobi 1952—1956. Najprej si oglejmo, ali so možne temperature pod 0°. Vidimo, da so možne v aprilu in oktobru. Površinska plast zemlje se lahko v aprilu ohladi do -2°, v globini 5 cm pa ne pade pod -1°. V oktobru se lahko pod 0° ohladi samo površinska plast in to ne pod -1°. Niže navzdol pa ne pade temperatura nikoli pod 0°. To je vse, kar se tiče negativnih temperatur. V vseh ostalih mesecih in v vseh globinah ni v vegetativni dobi temperatur pod 0°. Ako primerjamo minimalne temperature v globinah, vidimo, da raste v splošnem navzdol od 2 cm vse do 40 cm, kar smo že videli pri srednjih vrednostih. Od 40 cm do 50 cm je temperatura nekako konstantna. Površinsko plast nisem upošteval, ker imamo opazovanja samo za dve leti.

Kar se tiče absolutnih maksimov, pričakujemo, da bodo najvišji v površinski plasti. Najvišjo temperaturo izkazuje julij, in sicer 49,3° v površinski plasti 0 cm. Lahko torej rečemo, da se zemeljsko površje, ki ni s travo porastlo, torej gola zemlja, more na površini segreti do 50°. Temperature nad 40° morejo biti na površini zaznamovane od maja do avgusta. V globini 2 cm pa nastopajo samo še v juliju. V globini 5 cm se je zabeležilo samo 39,8°, torej praktično še 40°. V globini 10 cm še 37,5°, medtem ko v večji globini temperature ne dosežejo 30°.

Kakor pri srednjih temperaturah, tako še bolj pri najvišjih absolutnih temperaturah ob 14. uri, te z globino padajo. Če je na primer v juliju na površini 50°, imamo v globini pol metra polovico manj, točneje 23,6°.

Minimalna temperatura zraka v višini 5 cm nad tlemi. V višini 5 cm nad tlemi je postavljen minimalni termometer. Ta pokaže najnižjo temperaturo. Temperature tega termometra so podane v obeh tabelah v predzadnjem stolpcu. Če primerjamo te temperature s temperaturo površinske plasti zemlje, bomo videli, da je zrak v višini 5 cm dosti hladnejši kot zemlja pod njim. Vzemimo na primer srednje temperature v juliju (tabela 1). Zemlja ima ob 7. uri 19,3°, zrak v višini 5 cm pa samo 11,2°, ustrezajoče absolutne vrednosti (tabela 2.) pa so 15,4° in 6,8°.

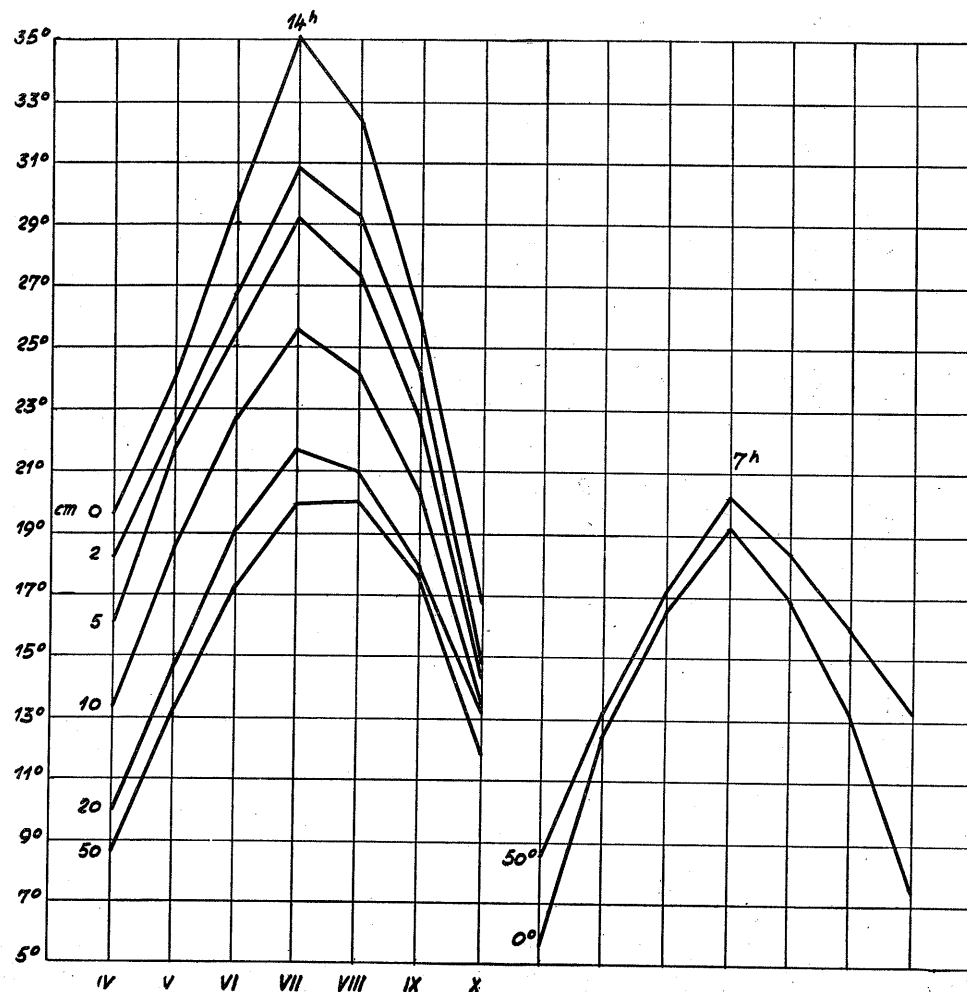
Kako naj si to razlagamo? Najprej moramo ugotoviti, da obe temperaturi nista bili opazovani hkrati. Med tem ko se temperatura na zemlji meri točno ob 7. uri, velja minimum v višini 5 cm kot najnižja temperatura, ki je bila dosežena v teku vse noči. Navadno se to zgodi ob sončnem vzhodu, torej poleti v juniju že ob 4. uri zjutraj. Že zgoraj smo omenili, da ta razlika ne bo velika. Glavni vzrok, da ima zemeljska površina višjo temperaturo kot zrak v višini 5 cm je ta, da dobiva površinska plast zemlje med ohlajanjem tekom noči in zlasti proti jutru toploto od toplejših notranjih plasti. Saj smo videli, da zjutraj temperatura v tleh navzdol raste. Na površju pa zemlja

Tabela 2.
Absolutne vrednosti temperature tal in zraka v stopinjah Celzija

Mesec	0 cm		2 cm		5 cm		10 cm		20 cm		30 cm		40 cm		50 cm		5 cm		2 m	
	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	Min.	Maks.	Min.	Maks.
IV.	-1,8	39,9	-1,1	31,6	-0,3	27,5	1,5	24,1	3,0	18,4	3,8	16,4	4,3	13,0	4,5	13,5	-8,5	26,4	-5,3	26,4
V.	8,6	44,5	5,0	37,4	5,9	36,0	7,5	28,4	8,5	21,6	9,1	19,2	8,7	18,4	8,3	17,2	-4,8	30,2	-1,1	30,2
VI.	12,0	46,6	10,6	38,4	11,1	37,0	11,0	30,3	13,0	29,6	13,9	23,0	14,1	21,8	14,1	21,3	1,1	31,7	3,8	31,7
VII.	15,4	49,3	12,5	44,0	13,1	39,8	14,2	37,5	15,6	28,4	17,0	25,0	17,2	24,2	16,9	23,6	6,8	34,2	9,2	34,2
VIII.	10,6	47,0	11,5	39,0	12,5	36,8	14,4	29,6	16,1	29,3	16,8	25,0	17,7	23,4	18,2	23,4	5,0	34,2	7,0	34,2
IX.	4,0	38,8	4,3	35,5	6,6	33,3	8,7	28,0	9,5	24,3	12,8	22,5	13,3	21,6	13,8	21,4	-2,0	29,3	1,7	29,3
X.	-0,3	28,8	0,4	25,3	1,5	23,1	2,8	20,0	5,0	17,8	6,5	20,6	9,8	16,8	8,7	17,9	-5,2	25,1	-2,9	25,1

izžarja to toploto skozi zrak navzgor v vsevirje. Nekaj te toplote površinska plast zraka sicer prestreže, zlasti vodni hlapi v zraku, glavni del pa se le izžari navzgor v vsevirje. (Točna merjenja so pokazala, da prestreza zračna plast predvsem toplotne žarke z valovno dolžino od 3 do 8 mikronov ter od 14 navzgor. Glavni najmočnejši del žarčenja med valovnimi dolžinami od 8 do 14 mikronov pa zračna plast propušča v vsevirje.)

V tabeli 2. vidimo, da se more zrak v višini 5 cm ohladiti v aprilu še do $-8,5^{\circ}$, zemeljska površina pa samo do $-1,8^{\circ}$. Tudi v maju je bilo v višini 5 cm zabeleženo še $-4,8^{\circ}$, na zemeljski površini pa je temperatura padla komaj do $8,6^{\circ}$. V juniju, juliju in avgustu ne pade temperatura v višini 5 cm več pod 0° . Toda že v septembru imamo lahko ponovno $-2,0^{\circ}$, na zemeljskem površju pa samo $4,0^{\circ}$, v oktobru $-5,2^{\circ}$, oziroma na zemlji komaj $-0,3^{\circ}$.



SI. 3

To dejstvo je zelo velikega pomena pri pomladanski slani, pa tudi pri jesenski. Mlade kulturne rastline, ki s svojim stebлом sežejo v višino nad 5 cm, morejo zgoraj zmrzniti, medtem ko ostanejo pri tleh in zlasti v zemlji nepoškodovane. Tako na primer slana mlademu krompirju ne škodi, ker so gomolji v zemlji, zgornje poškodovano steblo pa se lahko še popravi. Tudi jesenske slane v septembru morejo škoditi rastlinam s plodovi nad zemljo, tako na primer poznim paradižnikom in ajdi.

Temperatura zraka v višini 2 m nad tlemi. Podobno kakor zgoraj moremo ugotoviti, da so minimalne temperature tudi v višini 2 m še vedno nižje od onih na zemeljskem površju, vendar pa višje od onih v višini 5 cm. Tudi v višini 2 m more absolutna temperatura pasti pod 0° , in sicer v aprilu do $-5,3^{\circ}$, v maju do $-1,1^{\circ}$ in v oktobru do $-2,9^{\circ}$. V juliju znašajo absolutni minimumi na tleh $15,4^{\circ}$, v višini 5 cm $6,8^{\circ}$ in do višine 2 m se zopet dvigne do $9,2^{\circ}$. Podoben potek je tudi pri srednjih vrednostih.

Zanimiva je primerjava med absolutnimi maksimalnimi temperaturami na tleh in v višini 2 m. Tabela 2. izkazuje za julij kot absolutni maksimum na tleh $49,3^{\circ}$, v višini 2 m pa samo $34,2^{\circ}$, torej za $15,1^{\circ}$ manj. Za splošne razmere so bolj merodajne srednje vrednosti. V juliju imamo kot srednjo vrednost ob 14. uri na tleh $35,1^{\circ}$, v višini 2 m pa 26° , torej $9,1^{\circ}$ manj. Tu je jasen dokaz, da se zrak ne segreva direktno od sončnih žarkov, ampak šele od segrelih tal. Podobne razmere vidimo v vseh ostalih mesecih od aprila do oktobra. V oktobru imajo tla ob 14. uri sicer $14,6^{\circ}$, zrak v višini 2 m pa $15,3^{\circ}$, torej samo za $0,7^{\circ}$ več, vendar ima to svoj vzrok v tem, da imamo za površino zemlje podatke samo za dve leti.

Predležča razprava ni popolna, kar se tiče gibanja temperature v tleh in v zraku do višine 2 m. Manjkajo predvsem še opazovanja v zimskih mesecih in opazovanje v še večjih globinah, vsaj do 2 m. Vendar bodo kljub pomanjkljivosti ti podatki koristili poljedelcem in vrtnarjem, ki se ukvarjajo z rastlinami, katerih podzemeljski deli ne sežejo mnogo čez pol metra in katerih steblo ne zraste nad 2 m. Saj to je bil tudi vzrok, da so se z opazovanji omejili le do globine pol metra in to samo v vegetativni dobi rastlin.

SUMMARY

In the following discussion the temperature movement in the ground is dealt with. In the Hydrometeorological Institution in Ljubljana the mentioned temperature is being observed and that only up to the depth of 50 cm, as the time regards from the month of April till October only. The ground is bare and consists of diluvial deposit.

The table (1) gives the mean values for the period of 5 years (1952—1956) and that for the time 7 a. m. and 2 p. m. The values on the ground level (0 cm) are valuable only for two years (1955—1956). The last three columns give the mean values of the temperature minimum of the air at the altitude of 5 cm above the ground and the mean minimum and maximum of the air temperature at the altitude of 2 m above the ground, as they are usually measured in the weather house.

In the picture (1) the thermoisoplethes for the mean temperature at 7 a. m. are given. It can be seen that the ground is the warmest at the depth of 30 cm when the temperature reaches 21° C. The picture (2) gives the temperature conditions at 2 p. m. The temperature maximum gets risen on the surface in the month of July up to 35° C; the temperature is, however, constant at 21° C at the depth of 30 cm.

The table (2) gives the temperature absolute values. In July the surface layer gets warm to 50°C ($49,3^{\circ}\text{C}$). At the depths under 10 cm the temperature does not rise over 30°C any more. In the vegetative period the temperatures can still fall under 0°C namely only on the surface, in April to -2°C , in October to -1°C . At the depths under 5 cm the temperature does not fall under 0°C any more. High temperatures are liable to fall quickly. If the temperature on the surface is 50°C , the temperature at depth of half a meter comes hardly to that of the half a surface value, more strictly $23,6^{\circ}\text{C}$.

Minimum temperature of air at the altitude of 5 cm above the ground is constantly under the temperature of the earth surface, both as to the mean and absolute values. This is evident from both the tables.

Also the minimums at the altitude of 2 m are lower than those on earth surface, yet they are higher than those at the altitude of 5 cm. On the contrary, however, the maximums are higher on the ground than those at the altitude of 2 m. Absolute maximum on the ground amounted $49,3^{\circ}\text{C}$, at the altitude of 2 m, however, only $34,2^{\circ}\text{C}$.

The picture (3) gives curves of the temperatures of the ground from April to October. At 7 a. m. the curve of the depth of 50 cm is above the surface curve, at 2 p. m., however, the conditions are naturally converse.