

ZAŠTITNO DJELOVANJE SNIJEGA OD UTJECAJA HLADNIH ZRAČNIH MASA POČETKOM 1956. GODINE*

TOMISLAV ŠEGOTA

Sunčevo je zračenje praktički jedini energetski izvor, koji utječe na toplinsko stanje atmosfere i gornjih slojeva tla. Klimatske su prilike, prema tome, jedan od odlučnih faktora, koje će utjecati na dnevna, dekadna, mjesečna i godišnja kolebanja temperature tla, što je neobično važno, jer su svi biološki, biokemijski, fizikalno-kemijski i fizički procesi u tlu funkcija, koja se mijenja u skladu s temperaturnim promjenama u tlu. Sunčevo zračenje ne prolazi kroz atmosferu netaknuto. Računa se, da za termičke procese u tlu prosječno dolazi u obzir tek oko 35% sunčeve radijacije primljene na gornjoj granici atmosfere. Toplinske zrake apsorbira tlo, koje se pritom zagrijava i utječe na termičke procese u atmosferi. Zemljinu površinu treba, dakle, smatrati praktički jedinim — iako posrednim — izvorom topline za termodinamičke procese u slobodnoj atmosferi. S druge strane, Zemljina je površina i »izvor vladnoće«, jer se noćnom radijacijom brzo ohladi, pa opet — ovaj puta u suprotnom smjeru — utječe na toplinsko stanje atmosfere.

Ako se iz bilo kojih razloga — u našem slučaju dugotrajan prodor izuzetno hladnih zračnih masa — poremeti ili čak potpuno onemogući normalno apsorbiranje sunčeve topline u tlu, onda će doći i do sasvim suprotnih fizičkih procesa, t. j. temperaturna kolebanja odnosno toplinske promjene u atmosferi bitno će utjecati na analogne toplinske promjene u tlu.

Površinski sloj tla, koji je izložen zračenju i izarivanju (oko 50—60 cm u našim krajevima), mijenja u toku dana svoju temperaturu već prema tome, da li preteže prvi ili drugi proces.

Svaki dublji sloj sve se manje i sa zakašnjenjem zagrijava, a stupanj tih promjena u biti ovisi o duljini odnosno intenzitetu zagrijavanja same površine (ekspozicija terena ili inklinacija sunčevih zraka).

Zalaskom Sunca intenzitet njegova zračenja pada na nulu, a od toga časa ima samo terestričnog izarivanja. Hlađenje tla provodi se istom zakonitošću kao i zagrijavanje, samo ide obrnutim smjerom, pa i tu vrijedi pravilo, da će se dublji slojevi manje i kasnije početi hladiti od površinskih.

Vremena nastavka najviše i najniže temperature u dubini zakašnjavaju za temperaturama na površini tla i u slobodnoj atmosferi. Isto se tako s dubinom smanjuju i kolebanja temperature. Prema tome, u normalnim

* Rad je priopćen na sastanku Geografskog društva Hrvatske 18. II. 1957.

termičkim uvjetima površina tla je toplija od unutrašnjih slojeva danju i ljeti, a hladnija noću i zimi.

Na toplinsko stanje tla utječu i mineralni sastav, boja, vlažnost, biljni pokrov i biološki procesi u tlu.

Snijeg je egzogeni faktor, koji ima golem utjecaj na toplinsko stanje tla, jer je on zbog svoje bijele boje odnosno kristalaste strukture odličan reflektor (vrlo visoki albedo), pa odražuje znatan dio sunčeva zračenja, koje dolazi do njega. Mala provodljivost topline snježnih kristala te poroznost snijega odnosno velika količina zraka — koji je sam po sebi odličan izolator — sadržanog između snježnih kristala daju snježnom pokrovu odlična izolatorska svojstva. Zato on priječi odvođenje topline iz tla u hladniju atmosferu odnosno smanjuje na minimum noćno izgaravanje. U praksi je možda još važnija činjenica, da su temperature tla ispod snježnog pokrova stalnije i jednoličnije nego bez njega. Za vegetaciju odnosno zimske usjeve mnogo su opasnije nagle promjene temperature od samih stabilnih niskih temperatura. Kao dobar izolator snijeg utječe i na dubinu zamrzavanja tla; snijegom pokriveno tlo zamrznut će se do znatno manje dubine nego gola, nepokrivena tla.

Utjecaj svih gore spomenutih faktora, prije svega snijega, na toplinsko stanje tla vrlo se jasno odrazio u zimi početkom 1956. g. Snijeg je tada u predvegetacijskom periodu u nekim krajevima spasio zimske usjeve od sigurne propasti, jer su temperature naglo pale često i ispod sekularnih vrijednosti.

Prikaz vremena početkom 1956. godine¹ — U drugoj dekadi siječnja (11.—20. I.) bilo je za to godišnje doba veoma toplo vrijeme s kišama u jugozapadnim predjelima, dok je na sjeverozapadu Hrvatske dolazilo do povremenih razvedravanja. Od 9. I. dolazi do kratkotrajnog prodora nešto svježijih zračnih masa. Srednje dekadske temperature zraka porasle su u ovoj dekadi za 4—9°C, t. j. iznosile su u kontinentskim krajevima 6—8°C, a u primorskim 10—12,5°C. Srednje dekadske temperature u cijeloj Hrvatskoj trebale bi u ovo godišnje doba iznositi oko 0—1°C. Ovako visoke dekadske temperature nisu zabilježene u mnogim mjestima otkad se vrše motrenja. Iako je to sredina siječnja odnosno zime, apsolutne minimalne temperature nisu bile niže od —3,8°C. U novoj dekadi palo je dosta oborina, ali samo u obliku kiše; snijeg nije nigdje pado. Toplo vrijeme nastavilo

¹ Na ovim stranicama bit će prikazan uzročno-posljedični odnos nekih meteoroloških elemenata i temperature tla, odnosno izolacijski utjecaj snijega na nekim stanicama u N. R. Hrvatskoj. Prikaz ne će biti potpun, jer su upotrebljeni podaci nepotpuni, a na nekim, posebno istaknutim mjestima, čak i netočni. Usprkos tome, u cjelini uzeto, publicirani su podaci dovoljni, da se i u našim krajevima potvrde poznate teorijske činjenice kratko iznijete u prvom dijelu prikaza. Na kvalitetu obrade utječe i činjenica, da o ovom problemu nije gotovo ništa pisano u našoj literaturi (nekoliko kratkih, općenitih teorijskih prikaza u nekim udžbenicima s primjerima — naravno — iz stranih zemalja), pa bi pozvaniji stručnjaci mogli dublje i egzaktnije osvijetliti ove pojave u našim krajevima.

Dokumentacijski materijal uzet je iz »Dekadnih pregleda vremena i razvoja poljoprivrednih kultura i voćaka u NR Hrvatskoj«, koje izdaje agrometeorološki odsjek Uprave hidrometeorološke službe NRH, Zagreb, Grič 3. Za ovaj su prikaz upotrebljeni brojevi 2, 3, 4, 5, 6, 7 i 8, te 9, t. j. brojevi za period od 11. I. do 31. III. 1956., kad su vremenske prilike uzrokovale pojave, koje su objekt ovog prikaza.

se kroz treću dekadu siječnja (21.—31.I.), a prekinuto je naglim prodorom hladnih zračnih masa (28. I.), koje su uzrokovale jako zahlađenje s kišom i snijegom u višim predjelima i kontinentskoj unutrašnjosti. Srednje dekadske temperature naglo su pale za 5—6°C, pa su u kontinentskoj Hrvatskoj iznosile 0—2°C, a u primorskim krajevima 5—8°C. Apsolutne temperature bile su najniže krajem dekade (do —18,3°C). Snijeg je padao 2—3 dana, a zadržao se u visini od 2—4 cm. Tlo se počelo zamrzavati sredinom dekade u kontinentskim krajevima do 3 cm dubine, a krajem dekade do 10 cm. Krajem siječnja tlo se počelo zamrzavati i u južnoj Dalmaciji.

Početak prve dekade u veljači (1.—10. II.) prevladalo je oblačno vrijeme sa snijegom. Sredinom dekade vrijeme je nešto otoplilo, krajem dekade opet je jako zahladilo sa snježnim vijavicama. Srednje dekadske temperature iznosile su u kontinentskoj Hrvatskoj —10° do —13°C, a u obalnim krajevima —1° do —7°C, t. j. za 12—13° C ispod višegodišnjih prosječnih vrijednosti. Apsolutne minimalne temperature iznosile su od —3,6° C na Hvaru do —30,5° C u Drenovcima. Snijeg je padao u cijeloj zemlji osim u južnoj Dalmaciji gdje je bilo kiše. Visina snijega u srednjoj Hrvatskoj iznosila je 2—10, u Baniji, srednjoj i istočnoj Slavoniji 8—12, a u Lici i Gorskom Kotaru 10—12 cm (na Lošinj 17 cm!). Vrlo niske temperature uzrokovale su duboko smrzavanje tla, rijeka, jezera, pa čak i mora (sjeverni Jadran).

Sredinom druge dekade u veljači (11.—20. II.) došlo je do razvedranja, ali su temperature još uvijek bile niske, t. j. 10°—15° C ispod višegodišnjih prosjeka za to godišnje doba. Apsolutne minimalne temperature kretale su se od —2,9° C na Hvaru do —34° C u Gračacu. Snijeg je padao u cijeloj zemlji, osim u južnoj Dalmaciji (kiša). U istočnoj Slavoniji i Podravini palo ga je 50—60 cm, u Gorskom Kotaru i Lici do 90 cm, a u Primorju i Dalmaciji 20 cm. Tlo je bilo srznuto cijele dekade do 30 cm dubine.

Do kraja treće dekade u veljači (21.—29. II.) prevladavalo je oblačno vrijeme s mjestimičnim snijegom, te kišama u Istri i Dalmaciji. Krajem ove dekade nastupilo je jače razvedranje, pa su temperature bile niske, ali ne toliko koliko u prethodnoj dekadi. Apsolutne minimalne temperature kretale su se u rasponu od 1,8° C na Hvaru do —19,9° C u Đurđevcu. U Slavoniji i Hrvatskom Zagorju snijeg je bio visok 25—50 cm, a u Gorskom Kotaru i Lici do 90 cm. U Primorju i sjevernoj Dalmaciji bilo ga je 20—50 cm, ali se zadržao samo prvih dana u dekadi, a debljina se prema kraju dekade smanjila (2—3 cm, 29. II.).

U prvoj i drugoj dekadi u ožujku (1.—10. III. odnosno 11.—20. III.) prevladavalo je oblačno vrijeme s povremenim kišama u Lici i sjevernoj Hrvatskoj. Srednje dekadske temperature iznosile su 4°—6°C ispod višegodišnjih prosjeka. Apsolutne su minimalne temperature prema prethodnoj dekadi porasle u većini stanica (—0,2°C na Hvaru do —19,9°C u Zalesini). Tlo je bilo zamrznuto početkom ožujka u kontinentskom dijelu zemlje 30—35 cm dubine, a krajem druge dekade najviše do 20 cm. Za toplijih dana površinski se sloje odmrvavao.

U trećoj dekadi u ožujku poslije početnih oblačnih dana prevladalo je lijepo i toplo vrijeme, pa su temperature naglo porasle i započelo je proljeće. Srednje dekadske temperature zraka naglo su porasle za 5°—6°C, pa su se približile višegodišnjim »normalnim«, prosječnim vrijednostima.

Apsolutne minimalne temperature kretale su se između 8,3°C na Korčuli do -5,4°C u Gospiću. Snijeg je padao samo u višim stanicama. Na zemlji se zadržao u Gorskom Kotaru kroz cijelu dekadu, u Lici 8, a u Kordunu 4—5 dana. Zemljište se zamrzavalo još početkom dekade. Sredinom dekade odmrzlo se u svim stanicama (od površine i iz dubine). Jedino je u Gorskom Kotaru još zamrznuto u dubini.

Temperature tla — U drugoj su dekadi u siječnju srednje dekadske temperature zraka iznosile 6^o—8,5^oC u kontinentskoj Hrvatskoj, te 10^o—12,5^oC u primorskim krajevima, što je neobično mnogo za to doba godine. Snijega nije bilo, pa je kontakt tla i atmosfere bio neposredan. U najvećem broju slučajeva površinske su temperature tla (tab. 1.) više od onih na 50

Tab. 1. Srednje dekadske temperature tla na dubini od 2—50 cm u tlu bez vegetacije u drugoj dekadi siječnja 1956.

Tab. 1. Mean ten days soil temperatures at depths 2—50 cm. for the second 10 days in January 1956.

Dub. u cm	Osijek	Vinkovci	Drenovci	Đakovo	Križevci	Botinec	Gospić	Pazin	Zadar	Split	Hvar	Dubrovnik
2	4,6	—	3,9	4,9	4,7	5,5	5,1	7,3	—	9,7	—	10,4
5	4,5	5,3	4,0	4,8	4,5	5,2	5,0	7,3	10,0	9,5	11,2	10,4
10	4,7	4,5	3,8	3,9	4,1	4,9	4,5	6,9	9,7	9,3	11,0	10,2
20	4,3	4,7	4,1	4,2	4,1	4,4	3,0	— ²	9,8	8,9	—	—
30	4,2	—	3,8	4,2	4,0	4,5	3,6	—	—	8,8	—	—
50	4,2	—	4,3	4,3	3,5	4,7	4,1	—	—	8,8	—	—

cm dubine. Izuzetak su Drenovci (na 2 cm dubine 3,9°C, a na 50 cm 4,3°C). Temperature tla kontinuirano su padale samo u Križevcima i Splitu. Izvjesne nepravilnosti u padu odnosno u porastu temperatura moramo pripisati činjenici, da su temperature tla jednim dijelom posljedica toplinskih stanja u prethodnoj dekadi, a temperature zraka u samoj dekadi prilično su oscilirale (znatne dnevne amplitude). Izvjesni utjecaj imala je i velika važnost tla.

Sredinom treće dekade u siječnju temperature zraka naglo su pale, a

Tab. 2. Srednje dekadske temperature tla na dubinama 2—50 cm u tlu bez vegetacije u trećoj dekadi siječnja 1956.

Fig. 1. Mean ten days temperatures of the air and soil, and the depth of the snow in January 1956.

Dub. u cm	Osijek	Vinkovci	Drenovci	Đakovo	Križevci	Botinec	Gospić	Pazin	Zadar	Split	Dubrovnik
2	2,5	—	2,5	2,7	2,1	3,2	1,8	4,5	—	6,9	—
5	2,7	3,4	2,9	2,9	2,2	3,4	2,4	4,6	7,6	5,8	7,6
10	3,3	—	3,0	3,0	2,7	3,8	2,5	5,1	7,6	6,4	8,0
20	3,4	4,1	3,6	3,5	3,3	4,1	2,2	11,4	8,3	7,5	—
30	3,9	—	4,1	4,2	3,8	4,9	3,7	—	—	8,2	—
50	4,6	—	4,9	4,9	3,9	5,6	4,9	—	—	8,2	—

² Na ovom mjestu u »Dekadnom prikazu...« nalazi se 11,5^oC. Podatak je sigurno netočan, pa je ispušten.

kako snijega gotovo nije ni bilo, naglo su pale i temperature tla na površini (tab. 2.). Prema prethodnoj dekadi pale su temperature u manjim dubinama, a porasle su u sloju od 50 cm. Porast temperature u najdubljem sloju posljedica je relativno visokih temperatura zraka u prvoj polovici ove dekade. Naglo zahlađenje krajem dekade još se nije odrazilo u najdubljem sloju. Karakterističan je kontinuitet porasta temperature od površine do sloja na 50 cm dubine. Izuzetak su Split i Gospić (u Gospiću će se ova pojava ponoviti i u slijedećoj dekadi).

U prvoj dekadi u veljači temperature zraka pale su neobično nisko. Apsolutne minimalne temperature zraka iznosile su u Baranji i Slavoniji do $-30,5^{\circ}\text{C}$, u Lici i Gorskom Kotaru do $-22,5^{\circ}\text{C}$, a u Dalmaciji do $-14,9^{\circ}\text{C}$. Iako je snježni pokrivač bio relativno tanak (Slavonija 8—12 cm, Lika i Gorski Kotar 10—20 cm), jer ga je jak vjetar otpuhivao i nagomilavao na drugim mjestima (zapusi), temperature tla (tab. 3) bile su daleko više nego

Tab. 3. Srednje dekadske temperature tla na dubini 2—50 cm u tlu bez vegetacije u prvoj dekadi veljače 1956.

Tab. 3. Mean ten days soil temperatures at depths 2—50 cm. for the first 10 days in February 1956.

Dub. u cm	Osijek	Vinkovci	Drenovci	Đakovo	Bjelovar	Križevci	Botinec	Gospić	Pazin	Split	Hvar
2	-2,2	—	-1,0	-2,7	-1,9	-5,2	-2,7	-2,5	-1,5	-1,6	—
5	-1,9	-0,6	-0,4	-1,9	-1,5	-4,7	-2,1	-1,4	-1,6	-1,4	1,0
10	-0,7	—	0,1	-1,4	-1,2	-3,5	-1,2	-1,0	-0,1	-0,1	1,6
20	0,0	0,5	0,6	-0,1	—	-1,7	-0,2	-1,1	—	1,6	—
20	0,0	0,5	0,6	-0,1	—	-1,7	-0,2	-1,1	—	1,6	—
30	0,8	—	1,3	0,9	0,5	0,0	0,7	0,7	—	2,6	—
50	1,8	—	2,6	2,1	—	1,0	1,9	2,3	—	4,5	—

bi se očekivalo. Prema prethodnoj dekadi pale su temperature i na površini i u dubini. Površinske su temperature pale u kontinentskim krajevima za 4° — 5°C , a u Dalmaciji za 6° — 7°C . Porast temperature od površinskog sloja prema unutrašnjosti kontinuiran je kod svih stanica, izuzev kod Gospića za dubinu od 20 cm.

Stupanj izolacijskog svojstva snijega vidi se još ljepše u slijedeća dva primjera. Dana 5. II. apsolutna minimalna temperatura zraka u Drenovcima iznosila je $-30,5^{\circ}\text{C}$, a srednja dnevna temperatura zraka toga dana -17°C . Snijeg je bio visok 25 cm, što je bilo dovoljno, da srednja dnevna temperatura tla na 2 cm dubine nije bila niža od $-1,7^{\circ}\text{C}$, na 5 cm $-0,6^{\circ}\text{C}$, a na 10 cm samo 0°C . Slično je bilo i u Osijeku 5. II. Visina snijega iznosila je 13 cm, apsolutna minimalna temperatura zraka -26°C , a srednja dnevna temperatura tla na 5 cm dubine $-3,3^{\circ}\text{C}$.

U drugoj su dekadi u veljači srednje dekadske temperature zraka bile u unutrašnjosti nešto niže nego u prošloj dekadi, a u obalnom dijelu nešto više. U unutrašnjosti su se kretale oko -10°C (Lika do -15°C), a u obalnom pojasu oko 0°C . Snijega je bilo u svim krajevima (istočna Slavonija oko 35 cm, zapadna Slavonija i Podravina 50—60 cm, gornja Posavina

10—40 cm, Lika i Gorski Kotar 90 cm, a Primorje i Dalmacija 6—20 cm), što je — kao i u drugim slučajevima — povoljno utjecalo na temperature

Tab. 4. Srednje dekadske temperature tla na dubinama 2—50 cm u tlu bez vegetacije u drugoj dekadi veljače 1956.

Tab. 4. Mean ten days soil temperatures at depths 2—50 cm. for the second 10 days in February 1956.

Dub. u cm	Osijek	Drenovci	Đakovo	Bjelovar	Križevci	Botinec	Gospić	Pazin	Zadar	Split	Hvar	Dubrovnik
2	-2,4	-1,6	-2,5	-1,9	-5,2	-3,0	-3,9	-2,5	—	1,5	—	4,0
5	-2,2	-1,0	-2,2	-1,8	-5,0	-2,8	-2,9	-2,5	-0,3	1,3	3,7	4,4
10	-1,5	-0,3	-2,0	-1,6	-4,4	-2,3	-2,4	-1,6	0,8	1,3	3,8	4,7
20	-3)	0,1	-1,2	—	-3,2	-1,5	-2,2	—	1,6	1,5	—	—
30	-3)	0,8	-0,2	-0,3	-1,9	-0,4	-0,2	—	—	2,0	—	—
50	1,0	1,8	0,9	—	0,5	0,8	1,4	—	—	2,9	—	—

tla (tab. 4.). Prema prethodnoj dekadi temperature su pale u većini stanica i na svim dubinama. Pravilo kontinuiranog porasta temperature od površine prema unutrašnjosti narušeno je samo u slučaju Splita (za Osijek treba uzeti u obzir bilješku broj 3).

Treća dekada u veljači karakterizirana je porastom srednje dekadske temperature zraka prema prethodnoj dekadi, ali je ona još uvijek ispod višegodišnjih prosječnih vrijednosti. U Slavoniji su se kretale od -4°C do $-2,3^{\circ}\text{C}$, u Podravini, Hrvatskom Zagorju i Posavini -3°C do $-4,6^{\circ}$, a u Lici i Gorskom Kotaru od -6°C do $-2,1^{\circ}\text{C}$. Apsolutne minimalne temperature zraka bile su još uvijek niske (do $-19,9^{\circ}\text{C}$ u Đurđevcu), ali su jako porasle i apsolutne maksimalne temperature (Sl. Brod $4,5^{\circ}\text{C}$, Split $14,1^{\circ}\text{C}$). Prosječna visina snijega iznosila je u unutrašnjosti i u planinskom dijelu zemlje 25—90 cm, a uz obalu se zadržao samo prvih dana dekade. Visina snijega bila je dovoljna da zaštiti vegetaciju od opasnih, niskih jutarnjih temperatura. Temperature tla (tab. 5) nešto su porasle. Pale su samo u

Tab. 5. Srednje dekadske temperature tla na dubini 2—50 cm u tlu bez vegetacije u trećoj dekadi veljače 1956.

Tab. 5. Mean ten days soil temperatures at depths 2—50 cm. for the third 10 days in February 1956.

Dub. u cm	Osijek	Drenovci	Đakovo	Bjelovar	Križevci	Botinec	Gospić	Pazin	Zadar	Split	Hvar
2	-1,5	-0,8	-1,7	-1,3	-2,0	-1,1	-1,9	0,5	—	5,9	—
5	-1,2	-0,6	-1,1	-1,3	-2,0	-1,1	-1,6	-0,3	-4	5,8	8,3
10	-0,7	-0,1	-1,1	-1,2	-1,2	-1,7	-1,5	-0,2	4,1	5,8	8,1
20	-0,6	0,0	-0,8	—	-1,4	-1,0	-2,2	-4	4,3	5,3	—
30	-0,3	0,9	-0,4	-0,4	-1,0	-0,3	-0,6	—	—	5,4	—
50	0,6	1,7	0,7	—	-0,8	0,5	1,0	—	—	5,3	—

² U »Dekadnom pregledu...« za dubinu od 20 cm u Osijeku navodi se $-9,1^{\circ}\text{C}$, a za 30 cm $-22,1^{\circ}\text{C}$. Ove veličine, napose prva, nisu vjerojatne, pa nisu ni unijete.

⁴ U »Dekadnom pregledu...« temperatura tla za dubinu od 20 cm u Pazinu navodi se $12,7^{\circ}\text{C}$. Ova vrijednost — kao i $1,7^{\circ}\text{C}$ na dubini od 5 cm u Zadru — zaci-jelo ne odgovara stvarnom stanju, pa nije ni unijeta u ovu tabelu.

najnižem horizontu od 50 cm (osim u Splitu), što je u vezi s velikom vlažnošću tla i nižim temperaturama u prethodnoj dekadi. Krajem dekade tlo se odmrzlo u većini stanica. Znatno više temperature zraka u primorskim stanicama (pojačana insolacija) odrazile su se i na temperaturama tla, pa u tab. 5 vidimo, da su u stanicama u unutrašnjosti temperature rasle od površinskog sloja prema dubini, a u ostalim stanicama (Hvar, Split, Zadar, Pazin) temperature su rasle obrnutim smjerom, t. j. od unutrašnjosti prema površini.

Prva i druga dekada u ožujku imale su — kao i većina dosada opisanih dekada — srednje dekadske temperature tla ispod višegodišnjih prosjeka; u ovom slučaju 4°—6°C. Apsolutne minimalne i maksimalne temperature znatno su kolebale, ali u većini su stanica bile u okviru podnošljivom za vegetaciju. Za drugu je dekadu značajno zahlađenje u južnim krajevima s velikim količinama padalina. Snijeg se zadržao u većini kontinentskih stanica. Nestabilne temperature zraka odrazile su se na temperaturama tla (tab. 6 i 7). U cjelini uzeto ove dvije dekade mogu se smatrati tranzitor-

Tab. 6. Srednje dekadske temperature tla na dubini 2—50 cm u tlu bez vegetacije u prvoj dekadi ožujka 1956.

Tab. 6. Mean ten days soil temperatures at depths 2—50 cm for the first 10 days in March 1956.

Dub. u cm	Osiijek	Drenovci	Dakovo	Garešnica	Križevci	Botinec	Gospić	Pazin	Zadar	Split	Hvar	Dubrovnik
2	0,3	0,3	0,7	0,0	1,1	0,4	-0,6	3,5	—	6,2	—	6,9
5	0,3	0,3	0,3	-0,2	0,7	0,0	-0,4	3,6	7,7	6,1	8,5	7,2
10	0,3	0,3	-0,1	-0,1	0,1	0,0	-0,5	3,0	7,3	6,2	8,6	7,2
20	0,1	0,6	-0,3	-0,2	-0,1	-0,5	-1,5	—	7,4	6,6	—	—
30	0,0	1,1	-0,1	—	-0,2	0,1	-0,2	—	—	6,9	—	—
50	0,8	1,8	6,7	0,8	-0,7	0,8	1,0	—	—	7,1	—	—

nima između prijašnjih dekada, u kojima su temperaturne promjene bile više ili manje pravilne, i naredne dekade, u kojoj će zbog naglog poboljšanja vremena temperature tla opet teći poznatom zakonitosti.

Tab. 7. Srednje dekadske temperature tla na dubini 2—50 cm u tlu bez vegetacije u drugoj dekadi ožujka 1956.

Tab. 7. Mean ten days soil temperatures at depths 2—50 cm. for the second 10 days in March 1956.

Dub. u cm	Osiijek	Drenovci	Dakovo	Garešnica	Križevci	Botinec	Gospić	Pazin	Zadar	Split	Hvar	Dubrovnik
2	0,3	0,0	-0,1	0,2	0,5	0,9	-0,9	2,1	—	5,0	—	6,7
5	0,3	0,2	-0,1	-0,1	0,2	0,8	-0,7	2,1	7,0	5,0	6,2	7,0
10	0,5	0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,5	-0,7	2,2	6,6	5,0	6,0	6,9
20	0,5	0,8	-0,2	-0,1	0,0	0,4	-1,7	—	6,6	5,0	—	—
30	0,8	1,2	6,0	—	-0,1	0,4	-0,2	—	—	5,2	—	—
50	1,3	1,9	0,7	0,9	-0,6	1,3	1,1	—	—	5,5	—	—

U prvoj dekadi u ožujku porasle su i površinske i dubinske temperature prema onima iz prošle dekade. Karakteristično je da su amplitude na 2 i 50 cm znatno manje nego u prethodnim dekadama. To isto vrijedi i za narednu, drugu dekadu u ožujku. Još uvijek temperature tla u većini stanica rastu od površinskog sloja prema unutrašnjosti. Izuzetak je stanica u Križevcima, što svakako ovisi o mikroklimatskim specifičnostima, o vlažnosti tla i zraka te o sastavu tla. U većini slučajeva narušen je kontinuitet porasta, odnosno pada temperature s dubinom.

Kratkotrajno zahlađenje u drugoj dekadi u ožujku nešto je poremetilo temperature tla, pa su u većini stanica (osim u Botincu i Garešnici) pale prema prethodnoj dekadi. Diskontinuirani pad ili porast temperature zabilježen je u većini stanica.

U trećoj su se dekadi u ožujku temperature tla bitno izmijenile s poboljšanjem vremena. Srednje dekadske temperature porasle su za 5^o–6^oC prema prethodnoj dekadi. Apsolutne minimalne temperature zraka nigdje nisu bile niže od –5,4^oC (Gospić), a apsolutne maksimalne temperature porasle su do 19,1^oC (Đakovo i Slavonski Brod). Snijega je nestalo gotovo u cijeloj zemlji, a tlo se odmrzlo u većini stanica (smrznuto u dubini još samo u Gorskom Kotaru).

Srednje dekadske temperature tla (tab. 8) osim velikog skoka prema prethodnoj dekadi pokazuju i bitne strukturne promjene. Temperature —

Tab. 8. Srednje dekadske temperature tla na dubini 2–50 cm u tlu bez vegetacije u trećoj dekadi ožujka 1956.

Tab. 8. Mean ten days soil temperatures at depths 2–50 cm. for the thirth 10 days in March 1956.

Dub. u cm	Osiijek	Drenovci	Đakovo	Bjelovar	Križevci	Botinec	Gospić	Pazin	Zadar	Split	Hvar	Dubrovnik
2	4,9	4,5	4,5	5,0	5,3	5,3	2,9	8,7	—	11,9	—	12,3
5	4,8	4,4	4,3	4,7	4,9	5,1	2,7	8,7	12,7	11,9	—	12,5
10	4,8	4,5	3,9	4,1	4,0	4,7	2,1	8,1	12,1	11,9	13,6	12,1
20	4,1	4,2	3,1	—	2,6	4,0	—	—	11,8	10,6	—	—
30	3,8	3,9	2,7	3,1	1,6	3,4	1,3	—	—	10,4	—	—
50	3,6	3,6	2,5	—	1,0	3,8	2,1	—	—	9,7	—	—

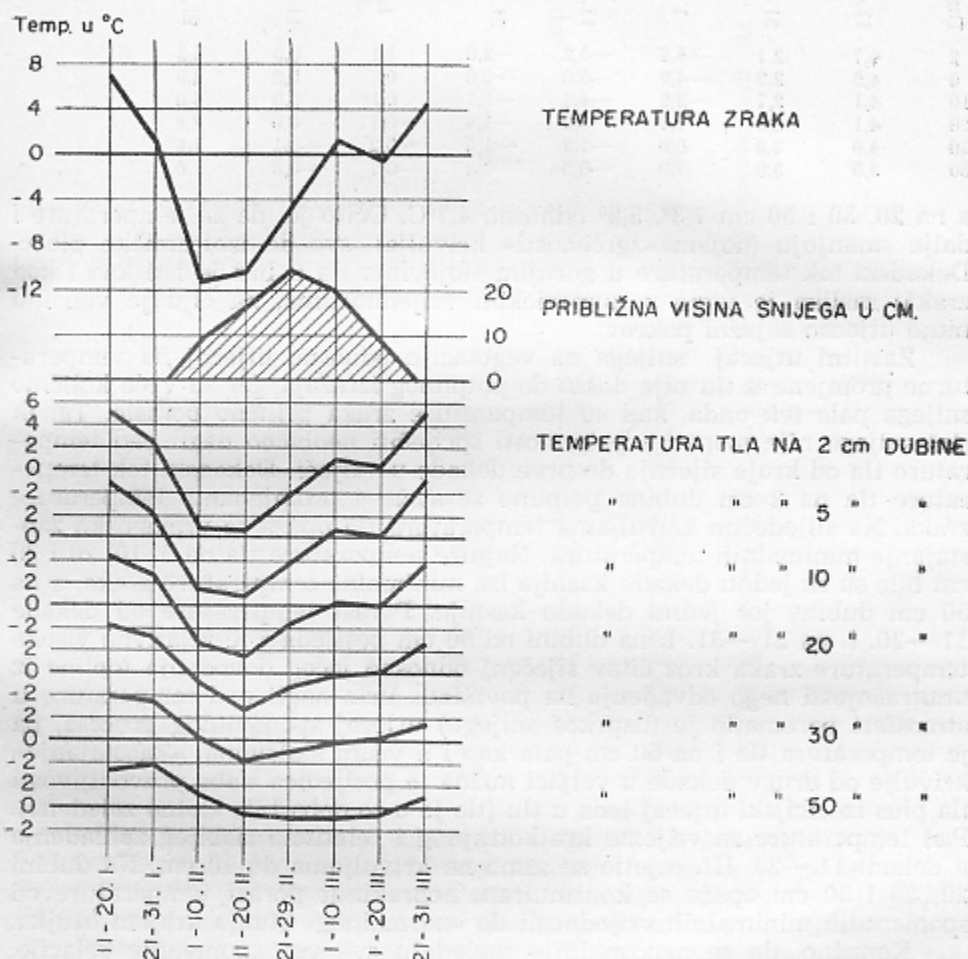
osim u nekoliko izuzetaka — pravilno rastu od unutrašnjih slojeva prema površini. Ove su temperature povoljne za klijanje i rast biljaka, koje su se konačno probudile nakon duljeg i za to godišnje doba prejakog zahlađenja.

Tab. 9. Srednje dekadske temperature zraka u Križevcima u periodu 11. I. do 31. III. 1956.

Tab. 9. Mean ten days temperatures of the air at Križevci, Croatia.

11.–20. I.	21.–31. I.	1.–10. II.	11.–20. II.	21.–29. II.	1.–10. III.	11.–20. III.	21.–31. III.
6,4	0,9	–11,4	–10,3	–4,2	1,2	–0,3	4,5

Sve dosada opisane uzročno-posljedične veze između temperature donjeg sloja atmosfere i gornjih slojeva tla, te izolacijski utjecaj snijega mogu se zajednički prikazati, da bi se neposrednije i jasnije vidjela međusobna povezanost. Kao primjer su uzeti dekadski podaci agrometeorološke stanice u Križevcima (tab. 9 i 10, sl. 1).



Sl. 1. Srednje dekadске temperature zraka i tla, te prosječna debljina snijega u Križevcima u periodu 11. I. do 31. III. 1956.

Fig. 1. Mean ten days temperatures of the air and soil, and the depth of the snow at Križevci, Croatia.

Već se na prvi pogled vidi velika razlika između maksimalnih i minimalnih vrijednosti temperatura zraka i tla. Dekadska amplituda temperature zraka iznosi $17,8^{\circ}\text{C}$, a amplitude u tlu stalno se smanjuju prema dubini. Na 2 cm dubine ona iznosi $10,5^{\circ}\text{C}$, na 5 cm $9,9^{\circ}\text{C}$, na 10 cm $8,5^{\circ}\text{C}$,

Tab. 10. Srednje dekadske temperature tla na dubinama 2—50 cm u agrometeorološkoj stanici u Križevcima.

Tab. 10. Mean ten days soil temperatures at Križevci, Croatia.

Dub. u cm	11.—20. I.	21.—31. I.	1.—10. II.	11.—20. II.	21.—29. II.	1.—10. III.	11.—20. III.	21.—31. III.
2	4,7	2,1	-5,2	-5,2	-2,0	1,1	0,5	5,3
5	4,5	2,2	-4,7	-5,0	-2,0	0,7	0,2	4,9
10	4,1	2,7	-3,5	-4,4	-1,7	0,1	0,0	4,0
20	4,1	3,3	-1,7	-3,2	-1,4	-0,1	0,0	2,6
30	4,0	3,8	0,0	-1,9	-1,0	-0,2	-0,1	1,6
50	3,5	3,9	1,0	-0,5	-0,8	-0,7	-0,6	1,0

a na 20, 30 i 50 cm 7,3°, 5,9° odnosno 4,7°C. Očito je, da se temperature i dalje smanjuju (dojam »zgrčenosti« krivulja), sve do izotremičke plohe. Dekadski tok temperature u gornjim slojevima tla u biti je isti kao i kod zraka; razlika je samo u numeričkim vrijednostima, na čiju je veličinu bitno utjecao snježni pokrov.

Zaštitni utjecaj snijega na vegetaciju odnosno utjecaj na temperature promjene u tlu nije došao do potpunog izražaja, jer su veće količine snijega pale tek onda, kad su temperature zraka prilično porasle. Tanak sloj snijega nije mogao u potpunosti spriječiti neobično nagli pad temperature tla od kraja siječnja do prve dekade u veljači. Dekadski tok temperature tla na 2 cm dubine potpuno se slaže s promjenama temperature zraka. Na slijedećim krivuljama temperatura tla opaža se vremensko zaostajanje minimalnih temperatura. Najniže temperature tla na 5, 10, 20 i 30 cm bile su za jednu dekadu kasnije iza minimalne temperature zraka, a na 50 cm dubine još jednu dekadu kasnije. Porast temperature od dekade 11.—20. I. na 21.—31. I. na dubini od 50 cm posljedica je relativno visoke temperature zraka kroz čitav siječanj odnosno jačeg dovođenja topline iz unutrašnjosti nego odvođenja na površinu. Vrlo nagli pad temperature u atmosferi poremetio je (usprkos snijegu) utjecaj spomenutog procesa, pa je temperatura tla i na 50 cm pala kao i u višim slojevima. »Zaostajanje« krivulje od druge dekade u veljači nužna je posljedica slabe provodljivosti tla plus izolacijski utjecaj leda u tlu (tlo je u to doba bilo stalno zaleđeno). Pad temperature za vrijeme kratkotrajnog i relativno slabijeg zahlađenja u dekadi 11.—20. III. osjetio se samo na krivuljama do 10 cm. Na dubini 20, 30 i 50 cm opaža se kontinuiran, neprekinut porast temperature od spomenutih minimalnih vrijednosti do »normalnog« stanja krajem ožujka.

Konačno, da se neposrednije sagledaju sve već spomenute relacije, dat ćemo još jedan primjer za Križevce (tab. 11, sl. 2). Veća vrijednost ovog primjera sastoji se upravo u tome, što se koriste realne, t. j. u određeno vrijeme (7 sati) očitane temperature, a ne kao dosada prosječne i srednje vrijednosti, koje su de facto matematičke konstrukcije, u kojima se stvarne, obično nagle, ali za vegetacijski pokrov najvažnije promjene često izgube odnosno ponište suprotnim efektom, pa ne mogu doći do pravog izražaja na krivuljama. A za opstanak neke biljne kulture nisu važne srednje (mjesečne, dekadske ili dnevne) temperature, već može biti sudbomosna temperatura jednog jedinog jutra.

Tab. 11. Temperature zraka u slobodnoj atmosferi, debljina snijega, temperature pod snijegom i temperatura tla na dubini od 5 cm u drugoj i trećoj dekadi u veljači 1956. u Križevcima.

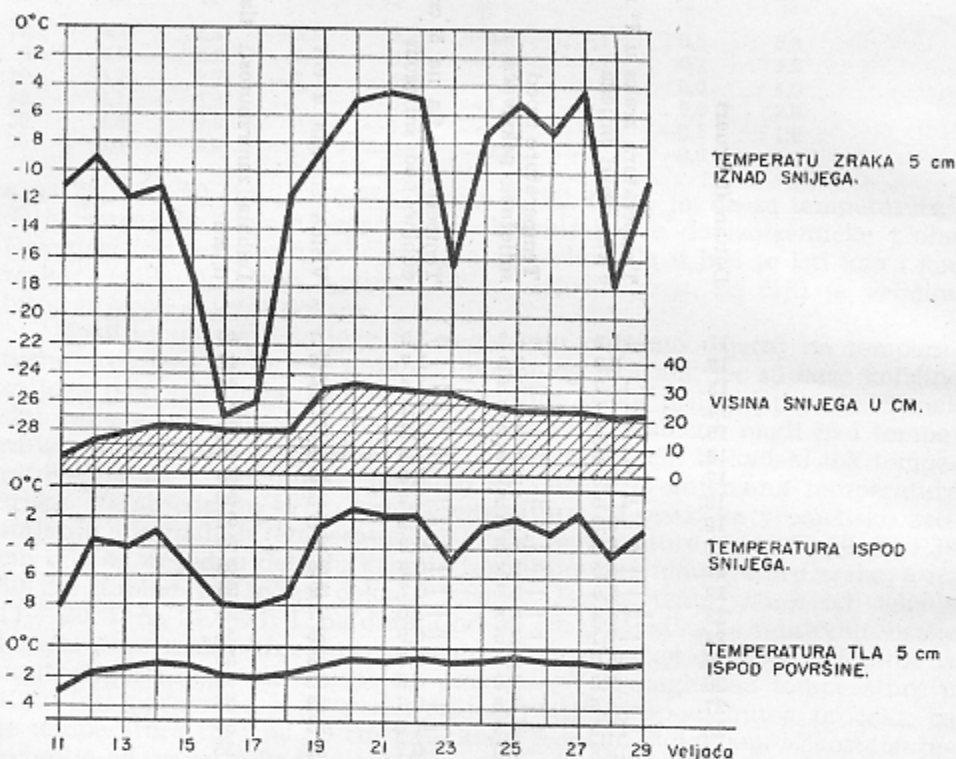
Tab. 11. The daily course of minimum temperatures in the air, the depth of snow, the temperatures below the snow cover, and the temperatures in the depth of 5 cm.

Datum (februar)	Temperatura zraka u 7 ^h na 5 cm iznad snijega	Temperature ispod sniježnog pokrivača	Temperature tla na 5 cm dubine pod snijegom	Visina snijega u cm	Dubina zamrznutosti tla u cm
11.	-11,2	-8,2	-3,0	7	40
12.	- 8,9	-3,5	-1,7	12	42
13.	-11,7	-3,8	-1,4	14	44
14.	-11,1	-2,8	-1,1	17	47
15.	-17,6	-5,5	-1,3	16	50
16.	-27,0	-8,0	-1,8	15	50
17.	-26,0	-8,1	-2,0	15	50
18.	-11,5	-7,5	-1,7	15	50
19.	-8,0	-2,5	-1,2	30	52
20.	-5,0	-1,5	-0,8	33	53
21.	-4,5	-1,8	-0,9	30	55
22.	-5,0	-1,7	-0,7	29	55
23.	-16,4	-4,8	-1,0	27	55
24.	-7,1	-2,5	-0,9	25	55
25.	-5,0	-2,0	-0,5	23	55
26.	-7,0	-3,0	-0,8	23	55
27.	-4,5	-1,6	-0,7	23	55
28.	-17,5	-4,5	-1,0	22	55
29.	-10,8	-2,9	-0,7	22	55

Druga i treća dekada u veljači (11.—29. II.) karakterizirane su — kao i u ostaloj Hrvatskoj — vrlo niskim temperaturama, koje su 16. II. pale na -27°C . Dnevni hodovi temperatura očitanih u 7 sati (to su zapravo apsolutne minimalne temperature dotičnog dana) znatno su kolebale u ove dvije dekade. Amplituda je iznosila $22,5^{\circ}\text{C}$, a jasno se vide tri jaka zahlađenja (15.—17., 23. i 28. II), kad su temperature bile znatno niže nego u prethodnim jutrima.

Visina snijega prvih dana bila je niža nego kasnije (7—17 cm), pa je najvećem zahlađenju odgovarao relativno tanak sloj snijega; on je 16. i 17. bio čak i nešto niži (za 2 cm) nego 14. II. (ustajali snijeg postaje kompaktiji, a time padaju njegova izolacijska svojstva, jer su ona obrnuto proporcionalna s gustoćom snijega). Porast temperature od 17. II. praćen je padanjem snijega, pa su druga dva zahlađenja naišla na deblji snježni pokrivo nego u prvom slučaju.

Hod jutarnjih temperatura ispod snježnog pokrivača u biti se slaže — osim u jednom izuzetku — s tokom temperature zraka iznad snijega. Odstupanje od pravila 21. II. tako je maleno ($0,3^{\circ}\text{C}$), da nije potrebno tražiti neke specijalne uzroke; dostaju napomene u općem, uvodnom dijelu ovog prikaza. Od 16. do 17. opaža se zaostajanje temperature ispod snježnog



Sl. 2. Temperature zraka u slobodnoj atmosferi, debljina snijega, temperature ispod snijega i temperature tla na dubini od 5 cm u drugoj i trećoj dekadi u veljači 1956. u Križevcima.

Fig. 2. The daily course of minimum temperatures in the air, the depth of snow, the temperatures below the snow cover, and the temperatures in the depth of 5 cm.

pokrova; minimum je bio jedan dan kasnije (18.) nego temperatura u slobodnoj atmosferi.

I kod prethodnih dviju krivulja, samo su dnevni porasti i padovi temperatura proporcionalno smanjeni. Jasno se vidi, da je krivulja »senzibilnija« u prvom dijelu (do 19. II.) nego kasnije, kad se tok krivulje »smiruje«. To je neposredna posljedica izolacijskog utjecaja snijega i termičke inertnosti tla. Manji pad temperature u atmosferi 13. II. nije se odrazio na 5 cm dubine. Kao i u prethodnom slučaju minimalna temperatura zraka 16. II. odrazila se tek slijedećeg jutra.

Linearna odnosno prostorna relacija temperature u slobodnoj atmosferi, na površini tla i u sloju na 5 cm dubine na stanici u Križevcima vidi se na sl. 3. Dana 16. II. (najhladniji dan u zimi 1955.—1956.) temperatura zraka 5 cm iznad snježnog pokrova iznosila je -27°C , ispod snježnog pokrova, koji je tog dana bio debeo 15 cm, -8°C , a u tlu na dubini od 5 cm samo $-1,8^{\circ}\text{C}$. Kako vidimo, samo 15 cm snijega bilo je dovoljno da se temperatura poveća za čitavih 19°C ! (Zakašnjenje minimalne temperature ispod snježnog pokrova ne utječe bitno na taj odnos.) Što to znači za vegetaciju, najbolje ćemo shvatiti onda, ako znamo da pšenica i raž zadrže sposobnost klijanja do temperature od -14° do -20°C , ječam -10° do -14°C , a vinova loza do -26°C . Dakle, da je eventualno nedostajao snježni pokrov, sigurno bi bila uništena ili teško oštećena (nagli pad temperature!) većina ozimih usjeva.

Zaključak — U ovih nekoliko primjera prikazana je kauzalna povezanost temperatura zraka i tla, te izolacijsko svojstvo snijega i njegov pozitivan utjecaj na ozime usjeve. Za naše krajeve rijetka i gotovo nezapamćeno dugotrajna najezda vrlo hladnih zračnih masa početkom 1956. godine pružila je mogućnost, da se veličina i značenje ovih fizičkih procesa i njihov utjecaj na zimske usjeve utvrde i sagledaju u pravoj slici. Naša sklonost vjerovanju, da se veća praktična vrijednost ovih procesa ispoljava isključivo u vrlo hladnim krajevima kontinentske Evrope i Azije, prije svega u SSSR-u, dovela je do paradoksa, da su u našim udžbenicima davani kao primjer spomenuti predjeli, a naše zemlje u većini slučajeva nisu uzimane u obzir. U opisanim slučajevima, a napose u primjeru Križevaca, jasno se vidi, da bi prodori hladnih kontinentskih zračnih masa pri eventualnom nedostatku snijega mogli biti katastrofalni za naše zimske usjeve, pa je praktična vrijednost opisanih fizičkih procesa i te kako važna za naše krajeve.



Sl. 3. Minimalne temperature zraka, debljina snijega, temperatura ispod snijega i u tlu na 5 cm dubine 16. II. 1956. u 7 sati.

Fig. 3. Minimum temperatures of the air, the depth of snow, temperature below the snow, and the soil temperature in February 16, 1956 at 7:00 A. M.

SUMMARY

The Soils Temperatures and the Insulating Effect of the Snow Cover During the Excessively Severe Winter at the Beginning of the Year 1956.

by T Šegota

Seed germination, plant growth, and in fact, all soil reactions proceed through a wide range in temperature but each has an optimum range where it is carried on most efficiently. Successful crop production is no less dependent upon proper soil temperature than upon suitable atmospheric temperatures.

Direct solar radiation is the chief source of heat to soils. Differences in texture, structure and organic matter that determine the moisture capacity of soils

influence their ability to absorb and transmit heat. Dry soils, due to air in pores, have higher resistance to heat transfer than moist soils. Water is a better heat conductor than air, and when the air is replaced by water (or ice) at the contact between particles, conductivity is increased; additional water, however, would retard the rate.

The ground is heated by absorption of the sun's rays; heat generally moving from surface downward as atmospheric temperature increases and from lower soil layers upward as it decreases. Changes in soil temperature lag considerably behind and are much less variable than those for atmospheric temperatures. Differences in temperature of soils are caused by variations in colour (the relation of colour to heat absorption is well known; dark-coloured soil likely be warmer than the light-coloured soil), moisture content and direction of exposure. (In our examples temperatures are measured in soils without the vegetative cover.)

It is only after the earth's surface has been heated that the most important part of atmospheric heating can take place. In the night the reverse is case. The ground (surface and basal air layer) having been heated by sun's rays, radiates the energy back into the atmosphere, a process known as reradiation. Reradiation continues during the night, when no solar radiation is being received. If the heat loss is great during a night the air temperature close to the ground may drop far below freezing, resulting in a killing frost.

The high reflectivity of the snow, and its poor conductivity plays a very significant role in the heat balance of the soil. For this reason the snow is sometimes said to act as an insulating blanket which act as an insulator reducing both absorption of heat and loss through reradiation. When protected by snow heat is retained better and the soil remains warmer during the winter i. e. the snow keep earth temperatures from dropping excessively during the night.

At the beginning of the year 1956 both Croatia and the greater part of Europe were subjected to the influence of excessively severe airmasses and in many places the minimum temperatures were reached and passed the lowest temperatures ever registered. The Agrometeorological Service organised systematic measures of the soil temperatures in the main agricultural and regional centers in this country (Osijek, Botinec, Križevci etc). Some of these results are published in this work.

Tab. 1—8 shows the mean tendays soil temperatures in different depths (2—50 cm.). The law that heat generally moves from surface downward as atmospheric temperature increases and from lower soil layers upward as it decreases is asserted in many cases.

More detailed analzse is given for the agrometeorological station at Križevci, one of the main agricultural centers in Croatia. Fig. 1 (Tab. 9 and 10) shows the relationship between the mean tendays temperatures of the air, the height of the snow cover and the mean decade soil temperatures in the layers 2, 5, 10, 20, 30 and 50 cm. It is obvious that tendays ranges are less in the depth than on the surface layers and in the air. Fig. 2 (Tab. 11) shows relationship for the period February 11—29., the coldest ten days in the winter. The minimum daily temperatures of the air in all cases were far below (till -27°C) the freezing point. The marked rise in temperatures in the layer below the snow (ispod snijega) is mainly due to the insulating effect of the snow cover. The minimum temperatures of the soil (tlo) at 5 cm. were higher; one sees great differences in fall and rises i. e. in steepness of the curves. Fig. 3 is the best example of the insulating effect of the snow cover (also for Križevci). In February 16 at 7:00 A. M. the minimum temperature of the air (zrak) was -27°C . But 15 cm. below the snow cover (snijeg) it was only -3°C and 5 cm. below the surface temperature it reached $-1,8^{\circ}\text{C}$.

(Translated by T. Šegota)