

DR SILVA OTOREPEC

# AGROMETEOROLOGIJA

Drugo dopunjeno izdanje

Naučna knjiga

BEOGRAD, 1991.

Dr Silva Otorepec  
AGROMETEOROLOGIJA

Izdavač  
IDP „Naučna knjiga”  
Beograd, Uzun -Mirkova 5

Recenzenti  
*Prof. dr Milan Šuput*  
*Prof. dr Đuro Radinović*

Za izdavača  
*Dr Blažo Perović*

Urednik  
*Zona Stevanović*

Likovna oprema  
*Jovan Bogičević*

Korektor  
*Ranka Gvozdinović*

Tiraž 500 primeraka  
ISBN 86-23-21098-0  
Štampa DD „Dragan Srnić”, Šabac

## SADRŽAJ

### GLAVA I MESTO, ULOGA I ZADACI AGROMETEOROLOGIJE

1. AGROMETEOROLOGIJA I NJEN ODNOS PREMA DRUGIM NAUKAMA . . . . .	9
2. KRATAK ISTORIJSKI RAZVOJ AGROMETEOROLOGIJE U SVETU I U NAS . . . . .	10
3. OSNOVNI ZADACI AGROMETEOROLOGIJE . . . . .	11
4. ORGANIZACIJA RADA AGROMETEOROLOŠKE GRANE HIDROMETEOROLOŠKE SLUŽBE JUGOSLAVIJE . . . . .	13
5. LITERATURA . . . . .	14

### GLAVA II ZNAČAJ METEOROLOŠKIH ELEMENATA ZA PORAST I RAZVIĆE BILJAKA

1. SUNČEVO ZRAČENJE . . . . .	15
1.1. Uticaj spektralnog sastava Sunčevog zračenja na biljke . . . . .	16
1.1.1. Fotosinteza . . . . .	16
1.2. Uticaj intenziteta Sunčevog zračenja na biljke . . . . .	18
1.3. Fotoperiodizam . . . . .	20
2. TEMPERATURA VAZDUHA . . . . .	21
2.1. Uticaj temperature vazduha na porast i razviće biljaka . . . . .	21
2.2. Potrebe biljaka za toplotom . . . . .	24
2.3. Nepovoljan uticaj temperature vazduha na biljke . . . . .	26
3. VLAŽNOST VAZDUHA . . . . .	27
4. PADAVINE . . . . .	28
4.1. Uloga vode u životu biljaka . . . . .	29
4.2. Obezbedjenost biljaka vodom . . . . .	29
4.3. Pozitivan i negativan uticaj kiše na poljoprivredne kulture . . . . .	31

4.4. Rosa . . . . .	33
4.5. Grad . . . . .	33
4.6. Snežni pokrivač . . . . .	36
4.6.1. Nepovoljan uticaj snežnog pokrivača . . . . .	39
4.7. Vodna erozija . . . . .	40
4.7.1. Mere borbe protiv erozije . . . . .	42
5. VETAR . . . . .	42
5.1. Mere zaštite od vetra . . . . .	44
6. LITERATURA . . . . .	45

**GLAVA III**  
**AGROMETEOROLOŠKI USLOVI PREZIMLJAVANJA**  
**POLJOPRIVREDNIH KULTURA**

1. PRIPREMA BILJAKA ZA PREZIMLJAVANJE . . . . .	47
2. NEPOVOLJNE VREMENSKE POJAVE U TOKU PREZIMLJAVANJA . . . . .	48
2.1. Zimski mrazevi . . . . .	48
2.2. Zimska otopljenja . . . . .	51
2.3. Ledena kora . . . . .	52
2.3.1. Mere borbe protiv ledene kore . . . . .	53
3. LITERATURA . . . . .	54

**GLAVA IV**  
**NEPOVOLJNE VREMENSKE POJAVE ZA PORAST I**  
**RAZVIĆE BILJAKA**

1. PROLEĆNI I JESENJI MRAZEVI . . . . .	55
1.1. Uticaj lokalnih uslova na pojavu mrazeva . . . . .	56
1.2. Osetljivost poljoprivrednih kultura na prolećne i jesenje mrazeve . . . . .	60
1.3. Metode borbe protiv mrazeva . . . . .	62
1.3.1. Konzerviranje toplote . . . . .	63
1.3.2. Dodavanje toplote . . . . .	66
1.3.3. Mešanje vazduha . . . . .	70
1.3.4. Indirektne metode . . . . .	71
2. SUŠA . . . . .	72
2.1. Definicija suše . . . . .	72
2.2. Tipovi suša . . . . .	73
2.3. Uticaj suše na biljke . . . . .	75
2.4. Mere borbe protiv suše . . . . .	76
3. LITERATURA . . . . .	79

GLAVA V  
BILJKA I ZEMLJIŠTE

1. OSNOVNE FIZIČKE OSOBINE ZEMLJIŠTA . . . . .	81
1.1. Zapreminska težina zemljišta . . . . .	81
1.2. Poroznost zemljišta . . . . .	82
1.3. Mehanički sastav zemljišta . . . . .	82
1.4. Struktura zemljišta . . . . .	84
2. HEMIJSKE OSOBINE ZEMLJIŠTA . . . . .	84
3. BIOLOŠKE OSOBINE ZEMLJIŠTA . . . . .	86
4. VAZDUŠNI REŽIM ZEMLJIŠTA . . . . .	87
5. TOPLOTNI REŽIM ZEMLJIŠTA . . . . .	88
5.1. Toplotne osobine zemljišta . . . . .	89
5.2. Dnevni i godišnji hod temperature zemljišta . . . . .	90
5.3. Značaj temperature zemljišta za porast i razviće biljaka . . . . .	93
5.4. Zamrzavanje zemljišta . . . . .	98
5.4.1. Merenje i određivanje dubine zamrzavanja zemljišta . . . . .	99
6. VODNI REŽIM ZEMLJIŠTA . . . . .	102
6.1. Oblici vode u zemljištu . . . . .	102
6.1.1. Hemijski vezana voda . . . . .	102
6.1.2. Fizički vezana voda . . . . .	103
6.1.3. Kapilarna voda . . . . .	104
6.1.4. Gravitaciona voda . . . . .	104
6.1.5. Voda u obliku vodene pare . . . . .	104
6.1.6. Voda u čvrstom stanju . . . . .	105
6.2. Vlažnost zemljišta . . . . .	105
6.3. Vodne konstante zemljišta . . . . .	107
6.3.1. Puni vodni kapacitet . . . . .	107
6.3.2. Kapilarni vodni kapacitet . . . . .	108
6.3.3. Poljski vodni kapacitet . . . . .	109
6.3.4. Vlažnost uvenuća . . . . .	111
6.4. Produktivna vlaga zemljišta . . . . .	113
6.4.1. Izračunavanje produktivne vlage zemljišta . . . . .	114
6.5. Merenje vlažnosti zemljišta . . . . .	117
6.5.1. Gravimetrijska metoda . . . . .	117
6.5.2. Elektrometrijska metoda . . . . .	118
6.5.3. Termičke metode . . . . .	120
6.5.4. Metoda tenziometara . . . . .	120
6.5.5. Radioaktivne metode . . . . .	121
7. ISPARAVANJE . . . . .	123
7.1. Isparavanje sa zemljišta . . . . .	125
7.2. Transpiracija . . . . .	126
7.3. Evapotranspiracija . . . . .	128
7.4. Merenje isparavanja . . . . .	130
7.5. Indirektne metode određivanja isparavanja . . . . .	134
8. LITERATURA . . . . .	138

GLAVA VI  
FENOLOGIJA

1. ISTORIJAT FENOLOGIJE, NJEN ZNAČAJ I ZADACI . . . . .	141
2. UTICAJ RAZLIČITIH FAKTORA NA TEMPO RAZVIĆA BILJAKA . . .	144
3. SEZONSKO RAZVIĆE BILJAKA (Fenološki kalendar) . . . . .	148
4. FENOLOŠKA OSMATRANJA . . . . .	151
5. FENOMETRIJA . . . . .	153
6. METODE OBRADJE FENOLOŠKIH PODATAKA . . . . .	154
7. KARTOGRAFSKI PRIKAZ FENOLOŠKIH PODATAKA . . . . .	160
8. LITERATURA . . . . .	161

GLAVA VII  
AGROMETEOROLOŠKE INFORMACIJE ZA POTREBE  
POLJOPRIVREDE

1. UVOD . . . . .	163
2. OPERATIVNE AGROMETEOROLOŠKE INFORMACIJE . . . . .	163
2.1. Agrometeorološke analize, saveti i upozorenja . . . . .	164
2.2. Agrometeorološke prognoze . . . . .	167
2.2.1. Prognoza rokova setve poljoprivrednih kultura . . . . .	167
2.2.2. Fenološke prognoze . . . . .	168
2.2.3. Prognoze prinosa poljoprivrednih kultura . . . . .	172
2.2.4. Prognoze zaliha produktivne vlage zemljišta . . . . .	176
2.2.5. Prognoze zaštite bilja . . . . .	177
3. AGROKLIMATSKE INFORMACIJE . . . . .	179
3.1. Osnovne agroklimatske karakteristike Jugoslavije . . . . .	180
4. LITERATURA . . . . .	183

GLAVA VIII  
VREME I DOMAĆE ŽIVOTINJE

1. UVOD . . . . .	185
2. UTICAJ METEOROLOŠKIH FAKTORA NA OSNOVNE FIZIOLOŠKE PROCESE DOMAĆIH ŽIVOTINJA . . . . .	186
3. MIKROKLIMA SMEŠTAJNIH PROSTORIJA DOMAĆIH ŽIVOTINJA . .	190
4. UTICAJ VREMENA I KLIME NA POVEĆANJE PROIZVODNJE KRMNOG BILJA . . . . .	193
5. LITERATURA . . . . .	194

SADRŽAJ

---

GLAVA IX  
ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

1. UVOD . . . . .	197
2. UTICAJ ZAGAĐENE ATMOSFERE NA POLJOPRIVREDU I ŠUMARSTVO . . . . .	197
2.1. Uticaj najvažnijih zagađujućih materija na poljoprivredne kulture . . . . .	199
2.2. Uticaj zagađujućih materija na šume . . . . .	203
3. ZAGAĐENOST ZEMLJIŠTA . . . . .	205
4. LITERATURA . . . . .	208

GLAVA X  
UTICAJ KLIME I MOGUĆIH KLIMATSKIH  
PROMENA NA POLJOPRIVREDU I ŠUMARSTVO

1. INTERAKCIJA IZMEĐU KLIME I POLJOPRIVREDNIH AKTIVNOSTI . . . . .	209
2. ŠUMA KAO MODIFIKATOR KLIME . . . . .	211
3. PROMENA KLIME USLED EFEKTA STAKLENE BAŠTE . . . . .	212
4. PREDVIĐENE GLOBALNE I REGIONALNE PROMENE KLIME . . . . .	215
5. MOGUĆI EFEKTI PROMENE KLIME NA POLJOPRIVREDU . . . . .	218
6. MOGUĆI EFEKTI PROMENE KLIME NA ŠUME . . . . .	219
7. MERE ZA RAZVOJ POLJOPRIVREDE I ŠUMARSTVA U USLOVIMA PROMENJENE KLIME . . . . .	220
8. LITERATURA . . . . .	221

## GLAVA I

# MESTO, ULOGA I ZADACI AGROMETEOROLOGIJE

### 1. AGROMETEOROLOGIJA I NJEN ODNOS PREMA DRUGIM NAUKAMA

Atmosfera je životna sredina za sva živa bića na zemlji — čoveka, biljke i životinje. Svi fizički procesi koji nastaju i razvijaju se u atmosferi, a naročito u ekosferi, imaju posredan ili neposredan uticaj na životnu aktivnost svih živih organizama. Pod ekosferom se podrazumeva granični sloj između donje granice rizosfere (sloj zemljišta u kome se nalaze korenovi biljaka) i najviših slojeva atmosfere koji prenose spore i polen. Nauka koja proučava odnos između fizičkih i hemijskih faktora atmosfere i živih organizama naziva se *biometeorologija*.

Biometeorologija je interdisciplinarna nauka, jer na osnovu saznanja iz biologije, naročito ekologije i meteorologije, proučava sistem interakcije živih organizama i spoljne sredine. Zavisno od predmeta izučavanja, biometeorologija se može podeliti na fitološku (biljke) i zoološku (životinje) biometeorologiju, kao i biometeorologiju čoveka, ili, kako je kod nas uslovno nazvana — medicinsku meteorologiju.

U okviru biometeorologije, čiji je raspon proučavanja veoma veliki, razvile su se posebne discipline — agrometeorologija i šumarska meteorologija. Cilj ovih posebnih naučnih disciplina je da se saznanja iz meteorologije primene u poljoprivredi i šumarstvu. *Agrometeorologija*, kao interdisciplinarna nauka, proučava sistem interakcije između vremena i poljoprivrednih kultura, domaćih životinja, biljnih bolesti i korisnih i štetnih insekata u ekosferi. S obzirom na složenost problema kojima se bavi agrometeorologija, njena praktična primena u velikoj meri zavisi od stepena razvoja poljoprivrede. U ekstenzivnoj poljoprivredi primena agrometeorologije je minimalna. Nasuprot tome, u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji, zasnovanoj na naučnim metodama, nema nijednog važnijeg problema koji ne iziskuje i primenu saznanja iz ove kompleksne grane nauke.



## 2. KRATAK ISTORIJAT RAZVOJA AGROMETEOROLOGIJE U SVETU I U NAS

Koliko je danas poznato, Kina je već u četvrtom veku pre naše ere posedovala zapise agrometeorološke sadržine, dakle u istom veku kada je Aristotel izdvojio meteorologiju iz okvira mitologije. Međutim, sve do 19. veka, odnosno do početka formiranja meteorologije kao nauke, ne može se govoriti o agrometeorologiji kao naučnoj disciplini, mada je egzistencija čoveka bila uvek vezana za uzajamni odnos vremena i proizvodnje hrane.

Na inicijativu Međunarodnog meteorološkog komiteta (MMK) već septembra 1880. godine održava se u Austriji Konferencija za poljoprivrednu i šumarsku meteorologiju, što govori o tome koliki se značaj još od samog početka organizovanog rada na polju meteorologije pridavao ovim primenjenim naučnim disciplinama. Smatra se da je glavno dostignuće Komiteta u periodu 1880—1914. godine bilo formiranje stručnih komisija, čiji se delokrug obaveza nije mnogo razlikovao od delokruga sadašnjih komisija Svetske meteorološke organizacije. Pored ostalih, MMK je na sastanku u Rimu 1913. godine osnovao i Komisiju za agrometeorologiju.

Međunarodni meteorološki komitet, koji je od svog osnivanja 1873. godine rukovodio međunarodnom saradnjom u oblasti meteorologije, 1951. godine prerasta u Svetsku meteorološku organizaciju (SMO), međudržavnu organizaciju i jednu od specijalizovanih agencija Organizacije ujedinjenih nacija. Osnovni cilj ove organizacije je da omogući saradnju na svetskom nivou u razvoju mreža meteoroloških i hidroloških stanica i doprinese standardizaciji meteoroloških i srodnih osmatranja i obradi podataka, unapređuje sisteme za brzu razmenu meteoroloških i srodnih informacija, podstiče istraživanja i primenu meteorologije u raznim vidovima ljudske aktivnosti, kao što su poljoprivreda, vazduhoplovstvo, pomorstvo i druge. Stoga je pri SMO osnovano osam stručnih komisija, kao njenih konstitutivnih elemenata, koje su odgovorne za sprovođenje ciljeva i zadataka koje pred njih postavlja Kongres SMO, kao najviše telo ove Organizacije. Jedna od njih je i Komisija za agrometeorologiju, čiji je zadatak da usmerava i usklađuje rad nacionalnih službi zemalja članica OUN i unapređuje operativnu i naučnu delatnost u agrometeorologiji.

U Evropi agrometeorologija se najpre razvila u Rusiji, krajem 19. veka. Njeni osnivači A.I. Vojekov i P.I. Brounov prvi su razradili principe agrometeoroloških istraživanja i dostignuća iz meteorologije primenili u poljoprivrednoj praksi. Posle I svetskog rata do organizovanog rada na polju agrometeorologije došlo je i u drugim zemljama (Nemačka, Čehoslovačka, Poljska i dr.), ali nagli razvoj agrometeorologije nastaje tek posle II svetskog rata. Danas u svim zemljama članicama SMO postoji organizovana agrometeorološka služba.

U našoj zemlji došlo je do organizovanja agrometeorološke službe uskoro posle oslobođenja, 1947. godine, i to u resoru poljoprivrede, kao Agrometeorološka sekcija Naučno-istraživačkog instituta pri Saveznom ministarstvu poljoprivrede. Početkom 1949. godine ova organizaciona jedinica prelazi u Saveznu upravu hidrometeorološke službe (sada Savezni hidrometeorološki zavod), gde joj organizacija hidrometeorološke službe pruža povoljnije uslove za rad i razvoj.

### 3. OSNOVNI ZADACI AGROMETEOROLOGIJE

Agrometeorologija, kao primenjena nauka, proučava kompleksan uticaj meteoroloških, klimatskih i hidroloških uslova na celokupnu poljoprivrednu proizvodnju. Zadaci agrometeorologije su stoga obimni, raznovrsni i odgovorni. Sve više se uviđa njihov ekonomski značaj, jer se pri proučavanju odnosa troškova ulaganja i ostvarenog prihoda kod nekih poljoprivrednih aktivnosti (zaštita od mraza, biljnih bolesti i štetočina, navodnjavanja i dr.) jasno uočavaju pozitivni efekti praktične primene saznanja iz ove oblasti.

Jedan od najneposrednijih vidova pomoći poljoprivredi su agrometeorološke informacije, saveti i upozorenja, koje imaju za cilj da brzo, efikasno i na vreme obaveste poljoprivrednu i drugu javnost o povoljnom, ili, što je još važnije — o nepovoljnom uticaju vremena na poljoprivredne kulture i radove. Te operativne agrometeorološke informacije zasnovane su na tekućim i prognoziranim meteorološkim i agrometeorološkim podacima.

Poznato je da su se zadnjih decenija naglo menjali prirodni i ekonomski uslovi poljoprivredne proizvodnje zbog smanjenja poljoprivredno-proizvodnih područja usled industrijalizacije i urbanizacije, pogoršanja kvaliteta i produktivnosti poljoprivrednih područja usled zagađenosti vazduha, voda i zemljišta i zbog promena u agrotehnici (mehanizacija, hemizacija). Dok je do sada prioritet davan kvantitetu prinosa, sada sve važnije postaje kvalitet i proizvodnja zdrave hrane. Shodno tome promenile su se i potrebe za agrometeorološkom informacijom. Sve je veća potreba za poznavanjem agroklimatskih resursa, odnosno energetske i vodnih zaliha radi optimalne strukture i prostornog planiranja poljoprivrednih kultura, za utvrđivanjem kvantitativnog odnosa biljka/vreme/klima i razvojem modela za prognozu fenoloških faza i prinosa, koji se sve više primenjuju u operativnoj agrometeorologiji.

Kako se životna aktivnost biljaka odvija u tesnoj vezi sa sredinom koja ih okružuje, to je neophodno poznavanje agroklimatskog potencijala nekog područja, kao polazne osnove za dalja agrometeorološka i agroklimatska istraživanja. Osnovni klimatski faktori koji određuju mogućnost razvića određene biljne vrste, njenu produktivnost i kvalitet proizvoda su toplota, svetlost i vlaga. Polazeći od potreba biljaka za ovim faktorima spoljne sredine, a na osnovu fenoklimatskih proučavanja povoljnih, a naročito nepovoljnih klimatskih uslova tokom celog vegetacionog ciklusa biljke, moguće je utvrditi stepen povoljnosti gajenja određene biljne vrste, kao i visinsku granicu rentabilne proizvodnje. Veoma značajan prilog agroklimatskom rejoniranju u našoj zemlji je Agroklimatski atlas - I Poljoprivredni deo, koji obuhvata 25 višebojnih karata razmere 1 : 1 000 000. Ove fitofenološke karte prikazuju pre svega uticaj makroklimatskih faktora na razviće biljaka i prostornu i vremensku zakonitost dinamike fenološkog razvića ratarskih kultura, krmnog bilja i voćaka.

Od posebnog je značaja za poljoprivredne kulture i proučavanje klime zemljišta, pod kojom se podrazumeva toplotni i vodni režim sloja zemljišta u kome se nalazi korenov sistem biljaka. Od komponenata vodnog bilansa zemljišta, u okviru agrometeorologije prati se i proučava vlažnost zemljišta i potencijalno i stvarno isparavanje vode iz zemljišta. Rezultati ovih ispitivanja imaju veliku praktičnu

primenu u poljoprivredi, pogotovo što se raznim agrotehničkim merama može u znatnoj meri poboljšati i termički i vodni režim zemljišta.

Mikroklimatska snimanja za potrebe poljoprivrede takodje spadaju u domen agrometeorologije. To su npr. ispitivanja određenog područja radi utrdjivanja stepena opasnosti od mraza, ispitivanja režima vetra radi podizanja vetrozaštitnih pojaseva, zatim klima staklenika, plastenika, štala, staja, prostora za skladištenje poljoprivrednih proizvoda, trapova i niz drugih ispitivanja kojima se utvrduju klimatske povoljnosti ili nepovoljnosti za određenu delatnost u poljoprivredi, koja direktno ili indirektno zavisi od vremena i klime.

Pošto pojava i širenje određenih biljnih bolesti i štetočina u velikoj meri zavisi od vremenskih uslova, ispitivanje ove zavisnosti ima veliki praktičan značaj za poljoprivredu, radi preduzimanja odgovarajućih zaštitnih mera. Razvijeni su već mnogi modeli, naročito odnosa biljka/bolest, koji se koriste u praksi velikog broja razvijenih zemalja.

Vreme i klima utiču ne samo na biljnu već i na stočarsku proizvodnju, te su ispitivanja njihovog uticaja na temperaturu i gubitak vode iz tela, porast i telesnu težinu, reprodukciju, kao i na pojavu i širenje raznih parazitskih bolesti i te kako značajna. Ovde spada i utrdjivanje komfornih zona za razne stočne vrste, kao i ocena mogućnosti fiziološke adaptacije novim spoljnim uslovima.

Očuvanje i zaštita životne sredine su danas u žiži interesovanja celokupne javnosti. S obzirom na kompleksnost, ovim problemom se bave mnoge naučne discipline, pojedinačno ili preko zajedničkih projekata. Kako efekat zagadjujućih materija na vegetaciju i zemljište zavisi, izmedju ostalog, i od vremenskih i klimatskih prilika, kao i od stepena osetljivosti pojedinih biljnih vrsta na određene zagadjujuće materije, to fitofenološka osmatranja koja sprovodi agrometeorološka služba mogu dati svoj doprinos u praćenju oštećenja. Pored toga, korišćenjem odgovarajućih agrometeoroloških informacija može se smanjiti primena hemijskih sredstava, a zajednička istraživanja uticaja zagadjujućih materija na ekosisteme svakako su poželjna i korisna.

Kako je sada već izvesno da će povećana koncentracija gasova staklene bašte u atmosferi dovesti do značajnijih promena klime već u prvoj polovini narednog veka, to će se efekti promene klime odraziti i na agroklimatski potencijal zemlje i na poljoprivrednu i šumarsku proizvodnju. Pošto se i poljoprivreda i šumarstvo moraju prilagoditi budućim klimatskim promenama, to će se na osnovu procene veličine promene osnovnih klimatskih elemenata u našoj zemlji, pre svega temperature i padavina, izvršiti i agrometeorološka proučavanja efekata ovih promena na poljoprivrednu i šumarsku proizvodnju.

Na kraju treba istaći da se agrometeorološka aktivnost u našoj zemlji odvija u skladu i saradnji sa Svetskom meteorološkom organizacijom, odnosno njenom Komisijom za agrometeorologiju. U globalnim razmerama, zbog velikog značaja koji joj se pridaje, agrometeorologija je obuhvaćena u dva (od sedam) naučna programa SMO: u Svetskom klimatskom programu i Programu primenjene meteorologije. Na osnovu osnovnih koncepcija ovih programa, napravljen je Jugoslovenski agrometeorološki program kao deo Jugoslovenskog klimatskog programa. Program istraživanja u periodu 1991-1995. godine obuhvata 7 osnovnih projekata, koji će znatno doprineti poboljšanju agrometeoroloških informacija

namenjenih poljoprivredi i šumarstvu.

Ovaj kratak pregled osnovnih delatnosti agrometeorologije omogućava da se, bar donekle, dobije uvid o obimnosti i složenosti ove multidisciplinarnе grane nauke.

#### 4. ORGANIZACIJA RADA AGROMETEOROLOŠKE GRANE HIDROMETEOROLOŠKE SLUŽBE JUGOSLAVIJE

Da bi se zadaci kojima se bavi agrometeorologija mogli uspešno izvršiti, potrebno je imati organizovanu agrometeorološku službu sa tačno utvrdjenim planom i programom rada.

U našoj zemlji, kao što je napred pomenuto, agrometeorologija je organizovana u okviru Hidrometeorološke službe kao posebna grana. Shodno organizacionoj šemi HM službe, u svim hidrometeorološkim zavodima (saveznom i republičkim/pokrajinskim) postoje agrometeorološka odeljenja kao posebne organizacione jedinice.

Mreža agrometeoroloških stanica počela je sa radom 1951. godine. Stanice su postavljene na mestima značajnim i reprezentativnim za poljoprivredu i šumarstvo po poljoprivrednoj proizvodnji, vrsti i rasprostranjenosti kulturnih i divljih biljaka, nadmorskoj visini i položaju terena.

Sve agrometeorološke stanice, zavisno od programa osmatranja, dele se na :

- a) glavne agrometeorološke stanice
- b) obične agrometeorološke stanice
- c) fenološke stanice i
- d) agrometeorološke stanice za posebne namene.

Na glavnim agrometeorološkim stanicama sprovodi se kompletan program meteoroloških, agrometeoroloških i bioloških osmatranja. Program obuhvata:

a) Osmatranja fizičke sredine:

- temperatura vazduha i zemljišta, uključujući i ekstremne temperature
- vlažnost vazduha
- padavine
- vetar
- sijanje Sunca i zračenje
- oblačnost
- vlažnost zemljišta
- isparavanje sa zemljišta, vodene površine i evapotranspiracija.

b) Biološka osmatranja:

- fenološka osmatranja
- praćenje stanja poljoprivrednih kultura (visine, gustine, stepena zakorovljenosti, poleganja, napada biljnim bolestima i štetočinama, kvantitet i kvalitet prinosa)
- ocena oštećenja biljaka nepovoljnim meteorološkim pojavama (mraz, grad, suša, olujni i suvi vetrovi, pljuskovi).

Na glavnim agrometeorološkim stanicama sprovodi se kompletan program osmatranja fizičke sredine i bioloških osmatranja. Na običnim agrometeorološkim stanicama vrše se samo odredjena meteorološka i biološka osmatranja iz navedenog

programa, a na fenološkim stanicama samo fenološka osmatranja po programu koji je jedinstven na svim kategorijama stanica. Agrometeorološke stanice za posebne namene su stalne ili privremene stanice na kojima se vrše osmatranja za određene namene (zaštita bilja od biljnih bolesti, zaštita šuma od požara i dr.).

Rezultati osmatranja se redovno prikupljaju u odnosnim republičkim/pokrajinskim i Saveznom hidrometeorološkom zavodu, gde se vrši njihova kontrola, obrada i interpretacija. Informaciona baza agrometeoroloških podataka čini sastavni deo modernog informacionog sistema Hidrometeorološke službe Jugoslavije, čiji je cilj brza i kvalitetna agrometeorološka informacija za potrebe korisnika.

## 5. LITERATURA

- Guide to Agricultural Meteorological Practices. World Meteorological Organization, No 134, TP. 61.
- Howard D., 1973: Sto godina medjunarodne saradnje u domenu meteorologije (1873-1973), SMO, No 135, Geneva (prevod).
- Munn R.E., 1970: Biometeorological Methods. Environmental Sciences, Academic Press, New York and London.
- Sargent F., Tromp S.W., 1964: A Survey of Human Biometeorology. Technical Note No 65, WMO, Geneva.
- Smith L.P., 1972: The Application of Micrometeorology to Agricultural Problems. Technical Note No 119, WMO, Geneva.
- Smith L.P., 1975: Methods in Agricultural Meteorology. Elsevir Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- WMO, 1985: World Climate Programme. Second WMO Long-Term Plan (1988-1997), Part II, Vol.2, Geneva
- WMO, 1987: The WMO Applications of Meteorology Programme 1988-1997. Second WMO Long-Term Plan, Part II, Vol.4, Geneva.

## GLAVA II

# ZNAČAJ METEOROLOŠKIH ELEMENATA ZA PORAST I RAZVIĆE BILJAKA

Životna aktivnost biljaka teče pod uticajem spoljne sredine, pod kojom se podrazumevaju vreme i klima, zemljište, geološka podloga i drugi biljni i životinjski organizmi. Svi faktori spoljne sredine ili ekološki faktori mogu se stoga podeliti u dve grupe: abiotički (klima, zemljište, podloga) i biotički, u koje spadaju fitogeni, zoogeni i antropogeni faktori. Ekološki faktori su u prirodi dinamični, promenljivi, uzajamno povezani i nikada ne deluju na biljni organizam samostalno, već uvek kao kompleks faktora.

Medjutim, radi proučavanja uticaja vremena i klime (kao neophodnih abiotičkih činilaca) na porast i razviće biljaka uopšte, a posebno poljoprivrednih kultura, iz čisto metodskih razloga u ovoj glavi će se izdvojeno razmotriti pojedinačno delovanje najvažnijih meteoroloških elemenata i njihovih parametara. Medjutim, pri tome se ne sme izgubiti iz vida da svaki od tih elemenata deluje na biljku zajedno i istovremeno ne samo sa drugim meteorološkim elementima već i sa drugim abiotičkim i biotičkim faktorima spoljne sredine.

Za razliku od prirodnih ekosistema, čovek neprekidno utiče na biljne zajednice gajenih biljaka koje koristi za podmirenje svojih potreba, kao i na zemljište, menjajući ih i prilagodjavajući ih svojoj upotrebi. Stoga je proučavanje i poznavanje uzajamnog odnosa biljaka i spoljne sredine veoma značajno, jer se na taj način povećavaju mogućnosti ne samo za bolje korišćenje prirodnih uslova već i za stvaranje što povoljnijih uslova za porast i razviće gajenih biljaka.

### 1. SUNČEVO ZRAČENJE

Sunce je osnovni izvor energije za sve fizičke i hemijske procese i pojave u prirodi, a time i izvor života na Zemlji. Energija od Sunca je oko 2.000 puta veća od energije iz unutrašnjosti Zemlje, koja nastaje usled nuklearnih reakcija u Zemljinoj kori (Gloyne, Lomas, 1980).

Sunčevu energiju koja u ogromnim količinama dospeva na Zemlju biljke koriste tokom čitavog svog života. Na posejano seme Sunčeva energija deluje zagrevanjem okolnog zemljišta, a od momenta kada biljka nikne pomenuta energija služi za obrazovanje biljne mase, kao i za obavljanje raznih fizioloških i biohemijskih procesa u biljci. Ali kako Sunčeva energija ne dopire svuda na Zemlju u podjednakoj količini, to je i njeno delovanje na biljke različito. Efekat njenog delovanja na biljke zavisi od spektralnog sastava, intenziteta i trajanja Sunčevog zračenja.

### 1.1. Uticaj spektralnog sastava Sunčevog zračenja na biljke

Spektar Sunčevog zračenja deli se na tri dela:

- a) nevidljivi ultraljubičasti deo, sa talasnom dužinom od 0,29 do 0,40 mikrona;
- b) vidljivi deo spektra, talasne dužine od 0,40 do 0,76 mikrona i
- c) nevidljivi, infracrveni deo spektra, sa talasnom dužinom većom od 0,76 mikrona.

Približno 99% Sunčevog zračenja leži unutar talasnih dužina od 0,15  $\mu\text{m}$  do 4,0  $\mu\text{m}$  ( $\mu=10^{-4}$  cm ili  $10^{-6}$  m). Od toga na gornjoj granici atmosfere na vidljivi deo spektra dolazi 48%, na infracrveni deo 45%, a na ultraljubičasti samo 7%. Do Zemljine površine ne dospevaju ultraljubičasti zraci sa talasnom dužinom manjom od 0,29 mikrona. Njih potpuno apsorbuje ozon koji se nalazi u visokim slojevima atmosfere.

Kratkotalasni ultraljubičasti deo spektra iznosi samo 1-3% ukupnog Sunčevog zračenja koje dospeva na Zemlju. Mada uticaj ultraljubičastih zraka na biljke nije još dovoljno proučen, ipak se zna da oni imaju veliki biološki uticaj. Pre svega, ultraljubičasti zraci usporavaju rast biljaka, zbog čega biljke rastu brže noću nego danju. To je ujedno i razlog što je u visokim planinskim predelima vegetacija nižeg rasta. Ali oni su i korisni, jer pod njihovim uticajem ginu mnogi štetni mikroorganizmi, zemljište se dezinfikuje, te se na taj način smanjuje širenje biljnih bolesti na poljoprivrednim kulturama.

Vidljivi deo spektra ima najveći i najneposredniji uticaj na život biljaka, a preko njih i na celokupni život na Zemlji, jer je opstanak i čoveka i životinja vezan za biljke. Pod uticajem svetlosnih zrakova u biljkama teče proces fotosinteze, o čemu će biti govora posebno.

Dugotalasni infracrveni Sunčevi zraci čine najveći deo, 50-60% ukupne Sunčeve energije. Oni na biljku deluju posredno, svojim toplotnim dejstvom.

#### 1.1.1. Fotosinteza

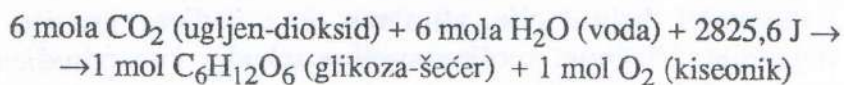
Fotosinteza ili hlorofilna asimilacija je proces bez koga ne bi bilo moguće održavanje života na Zemlji. To je složen proces u kome biljke svetlosnu energiju Sunca pretvaraju u hemijsku, odnosno proces u kome se neorganske materije pod uticajem Sunčeve svetlosti pretvaraju u organske. U procesu fotosinteze koristi se samo Sunčevo zračenje talasne dužine 0,380—0,710 mikrona, tzv. fotosintetski aktivno zračenje.

Najveći deo fotosinteze obavlja se u listu biljke, a manji u drugim delovima. Sve

zelene biljke sadrže u ćelijama mala zelena telašca — hloroplaste, u kojima se nalazi zeleni pigment — hlorofil, koji apsorbuje svetlosnu energiju.

Uglavnom sve biljke imaju na naličju lista ogroman broj vrlo sitnih otvora — stoma, kroz koje u biljku ulazi ugljen-dioksid ( $\text{CO}_2$ ). Preko korenovog sistema biljka uzima iz zemljišta vodu i u njoj rastvorene neorganske, mineralne materije. U procesu fotosinteze ugljen-dioksid se pod uticajem svetlosti razlaže na ugljenik (C) i kiseonik ( $\text{O}_2$ ). Ugljenik se spaja s vodom i neorganskim materijama i daje organsku materiju (glikozu, skrob itd.), a kiseonik kroz stome izlazi napolje.

Fotosinteza se u opštem obliku može prikazati sledećom jednačinom :



(mol ili gram-molekul je onoliko grama neke materije koliko je njena molekularna težina).

Intenzitet fotosinteze zavisi od velikog broja unutrašnjih i spoljašnjih faktora. Unutrašnji faktori su: unutrašnja gradja lista, količina i raspored hloroplasta, prisustvo određenih fermenta, starost lišća, zdravstveno stanje i starost biljke i dr. U spoljašnje faktore se ubrajaju: koncentracija  $\text{CO}_2$  u prizemnom sloju vazduha, vlažnost zemljišta, temperatura vazduha, intenzitet svetlosti.

Smatra se da je fotosinteza još moguća pri koncentraciji ugljen-dioksida 0,008—0,01%. Sa povećanjem koncentracije  $\text{CO}_2$  u prizemnom sloju vazduha povećava se i proces fotosinteze, ali samo do određene granice, iznad koje dalje povećanje koncentracije  $\text{CO}_2$  nema uticaja na fotosintezu, a prevelika koncentracija deluje čak toksično.

Smanjenje vlažnosti zemljišta dovodi i do smanjenja fotosinteze. Uticaj vlažnosti zemljišta zavisi od toga koliko su pojedine biljke osetljive na sušu.

Sa povećanjem temperature vazduha povećava se i količina apsorbovanog  $\text{CO}_2$ , a time i fotosinteza, ali samo do određene temperaturne granice, posle koje sa povećanjem temperature intenzitet fotosinteze opada. Smatra se da fotosinteza protiče relativno brzo pri temperaturama od  $10^\circ$  do  $35^\circ\text{C}$ , zavisno od vrste biljke.

Intenzitet fotosinteze veoma mnogo zavisi od intenziteta svetlosti. Ovo pogotovo kada se zna da se veoma mali deo svetlosne energije Sunca koristi za fotosintezu. U najboljim uslovima ta vrednost iznosi do 5%, dok se ostatak troši u vidu toplotne energije.

Međutim, za proticanje procesa fotosinteze pored navedenih unutrašnjih i spoljašnjih faktora potrebna je i velika količina energije. Ovu energiju biljka dobija drugim fiziološkim procesom — disimilacijom.

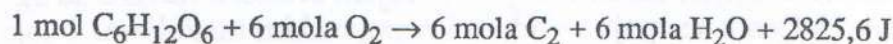
*Disimilacija* ili disanje je lagano sagorevanje organskih materija u prisustvu kiseonika. To je proces u kome se složena organska jedinjenja, bogata hemijskom energijom, razlažu na prostije materije uz oslobađanje celokupne ili samo dela energije koju organske materije sadrže. Hemijska energija koja se pri ovom procesu oslobađa transformiše se u druge vrste energije i koristi za razne biosinteze, rast, razviće, razmnožavanje i dr.

Za razliku od fotosinteze, koja teče samo danju, disimilacija se obavlja



neprekidno, i danju i noću, u svim organima biljke i u svakoj njenoj živoj ćeliji. Kiseonik neophodan za taj proces biljka dobija iz okolne sredine, razmenom gasova. U procesima fotosinteze i disimilacije, međusobno povezanih procesa ali suprotnog karaktera, neophodna je dakle stalna razmena gasova, kiseonika i ugljen-dioksida, kako bi ti procesi mogli nesmetano da teku.

Disimilacija, na primeru glikoze, može se prikazati sledećom jednačinom:



Intenzitet disimilacije takodje zavisi od mnogih spoljašnjih i unutrašnjih faktora. Najveći uticaj na disimilaciju ima temperatura vazduha. Sa povećanjem temperature povećava se i intenzitet disimilacije, ali samo do određene granice, posle koje nastaje oštra depresija. Vlažnost spoljne sredine takodje ima određen uticaj, pri čemu je zapaženo da biljke neotporne na sušu u većoj meri povećavaju disanje u uslovima suše nego odporne biljke, kod kojih disanje ostaje skoro nepromenjeno.

## 1.2. Uticaj intenziteta Sunčevog zračenja na biljke

Životna aktivnost biljaka zavisi od intenziteta Sunčevog zračenja, naročito od intenziteta fotosintetski aktivnog zračenja vidljivog dela spektra. Fotosinteza počinje pri vrlo niskom intenzitetu Sunčevog zračenja, ali se pri tome stvorene organske materije troše u procesu disimilacije. Intenzitet zračenja pri kome nastaje ravnoteža između organske materije stvorene fotosintezom i utrošene disimilacijom naziva se *kompensaciona tačka*. Ona nije ista za sve biljke, menja se u zavisnosti od uslova u kojima biljka raste. Kod heliofita ona iznosi oko 0,08 - 0,12 J/cm<sup>2</sup> min, a kod skiofita 0,04 - 0,08 J/cm<sup>2</sup> min (Serjakova, 1978). Ispod ove vrednosti disimilacija je intenzivnija od fotosinteze.

Sa povećanjem intenziteta Sunčevog zračenja povećava se i intenzitet fotosinteze. Pri dovoljno velikom intenzitetu svetlosti stvaranje organskih materija u procesu fotosinteze je skoro 10 puta veće od njihovog razlaganja disimilacijom. Ali suviše veliki intenzitet deluje nepovoljno na biljke, jer je praćen visokom temperaturom lista, koja dovodi do raspadanja hlorofila, lišće žuti i ugine.

Nedovoljan intenzitet zračenja nepovoljno utiče ne samo na proces fotosinteze već i na opšte stanje biljaka. Pri nedostatku svetlosti povećava se porast stabljike na račun lišća, biljka se isteže, a korenov sistem se slabo razvija. Takve biljke nemaju dovoljno hlorofila i stoga su bleđožute. U prirodi to se dešava prilikom zasenjivanja useva. Drveće pored staza, zgrada i drugih objekata u većoj ili manjoj meri zasenjuje useve, usled čega oni zaostaju u napredovanju, zakržljaju i daju male prinose. Isto se zapaža i pri samozasenjivanju biljaka, npr. u voćnjaku, gde jedna voćka zasenjuje drugu, ili na njivi, ako su usevi suviše gusto zasejani.

Intenzitet Sunčevog zračenja utiče i na kvalitet plodova, npr. na količinu šećera u groždju, u korenu šećerne repe i mnogim drugim plodovima, na količinu skroba u krompiru itd. Količina ulja u semenu suncokreta i lana takodje se povećava sa povećanjem intenziteta Sunčevog zračenja. U predelima sa povećanom oblačnošću skuplja se manje šećera u biljkama i ulja u semenu. Takvi krajevi nisu pogodni za

gajenje uljarica i šećerne repe. Nasuprot tome, sunčani krajevi su povoljni za gajenje voćaka i vinove loze zbog većeg nakupljanja šećera.

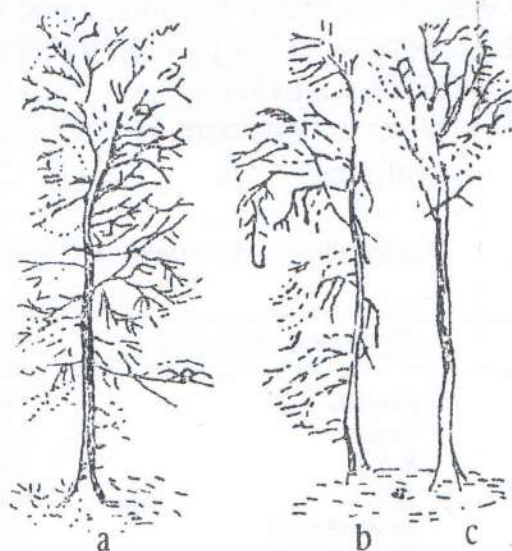
Pored direktnog, biljke koriste svetlost i toplotu i od difuznog Sunčevog zračenja, koje je takodje važan ekološki činilac. Difuzna svetlost u izvesnoj meri nadoknadjuje direktnu Sunčevu svetlost. Ovo naročito dolazi do izražaja u toku oblačnih dana, kada biljkama stoji na raspolaganju jedino difuzna svetlost, ili kod biljaka koje se nalaze u senci, te stoga dobijaju manje Sunčeve svetlosti. Ali naročiti značaj Sunčeve svetlosti je u tome što ona produžava dan. Pre izlaska Sunca imamo praskozorje, a posle zalaska Sunca suton. U našim uslovima oni produžavaju dan za nekoliko časova.

Prema potrebi biljaka za različitim intenzitetom Sunčeve svetlosti, biljke se dele na *heliofite*, koje zahtevaju mnogo svetlosti, *semiskiofite*, koje traže osrednji intenzitet svetlosti i *skiofite*, ili senovite biljke, koje nemaju velike zahteve za svetlošću. Ove grupe biljaka nisu ošto razgraničene, između njih postoji niz prelaznih biljaka, koje mogu podneti kako duže zasenjivanje, tako i intenzivnu svetlost. Heliofite su otpornije na mraz i visoke temperature od skiofita i rastu na otvorenim površinama izloženim Sunčevoj svetlosti. To su npr. krompir, duvan i kukuruz, dok pasulj, bundeve i detelina spadaju u semiskiofite. Kod drveća se heliofite i skiofite razlikuju po razviću kruna. Drveće s retkom krunom spada u heliofite (breza, bor, jasen i dr.), a drveće s gustom krunom u grupu skiofita (bukva, jela, lipa i dr.).

Kako Sunčeva svetlost utiče na razviće biljaka najbolje se vidi u šumi. Drvo na slobodnom prostoru, izloženo sa svih strana Sunčevoj svetlosti, ima zaobljenu krunu ravnomerno razvijenu (sl. 1-a). Drvo koje raste na ivici šume ima razvijene grane prema slobodnoj strani izloženoj svetlosti, dok su na slabije osvetljenoj strani grane vrlo slabo ili nimalo razvijene (sl. 1-b). U gustom šumi stabla su prava i visoka i tek se pri vrhu nalazi slabo razvijena kruna (sl. 1-c).

Intenzitet svetlosti se u biljnoj proizvodnji može u izvesnoj meri regulisati agrotehničkim merama. U takve mere spada kod poljskih useva gustina setve i proredjivanje useva, a u voćarstvu sadjenje na pravilnu razdaljinu i proredjivanje grana u kruni drveta. Osim toga, na poboljšanje uslova osvetljenosti utiču još pravac redova i broj biljaka po jedinici površine.

Pored ovih mera u prirodnim uslovima, intenzitet svetlosti može se u izvesnom stepenu regulisati i veštački, primenom jakih lampi. Veštačka osvetljenost se najčešće koristi u kontrolisanim uslovima, pri ogledima, a veoma retko neposredno u proizvodnji.



Sl. 1. Uticaj svetlosti na razviće kruna:  
a) na slobodnom prostoru,  
b) na ivici šume i  
c) u sredini šume

Same biljke su sposobne da u izvesnoj meri regulišu osvetljavanje pojedinih svojih organa. Osobina biljaka da menjaju položaj svojih organa prema izvoru svetlosti naziva se *fototropizam*. Tako neke biljke, kao npr. suncokret, lucerka, pamuk i druge, tokom celog dana okreću svoju cvast u pravcu Sunca: ujutru na istok, danju na jug, a predveče na zapad. Kod nekih biljaka je primećena i dnevna periodičnost u kretanju listova. Ujutru lišće zauzima horizontalan položaj, a uveče se opušta.

### 1.3. Fotoperiodizam

Reakcija biljaka na trajanje dana i noći naziva se fotoperiodizam. To je u stvari uticaj različitog trajanja dana i noći na prelaženje biljaka iz vegetativne u generativnu fazu razvića. Ova pojava otkrivena je relativno skoro, 1920—1923. godine.

Sve biljke se ne ponašaju podjednako prema trajanju osvetljenosti. Neke biljke pre cvetaju ukoliko je dan duži a noć kraća, a druge obrnuto, što je dan kraći a noć duža. U odnosu na fotoperiodsku reakciju biljke se mogu podeliti u tri grupe:

- biljke dugog dana,
- biljke kratkog dana i
- neutralne biljke.

GAJENE BILJKE U ODNOSU NA NJIHOV ZAHTEV PREMA DUŽINI OSVETLJENOSTI

Tab. 1

Biljke dugog dana (D)	Biljke kratkog dana (K)	Neutralne biljke (N)
Pšenica	Kukuruz (N)	Kukuruz (K)
Ovas	Suncokret (N)	Suncokret (K)
Raž	Soja	Bob (D)
Ječam	Proso	Heljda (K)
Šećerna repa	Heljda (N)	Duvan (D, K)
Krompir (K)	Pamuk	Grašak (D)
Grašak (N)	Konoplja	Pasulj (K)
Bob (N)	Pirinač (ozimi)	Paradajz (K)
Duvan (K, N)	Krompir (D)	Krastavac
Mak	Pasulj (N)	Celer
Lan	Paprika (N)	Paprika (K)
Šargarepa (N)	Paradajz (N)	Šargarepa (D)
Crni i beli luk	Duvan (D, N)	
Cvekla		
Kupus		
Salata		
Mirodjija		
Detelina		
Lucerka		
Ježevica		
Trava belica		
Grahorica		
Popino prase		
Sirak		
Engleska trava		

NAPOMENA: Kod biljaka koje pripadaju i nekoj drugoj grupi, to je označeno u zagradi

Biljke *dugog dana* ili dugodnevnne biljke su one koje cvetaju samo ako dužina osvetljenosti iznosi više od 12—14 časova. Biljke *kratkog dana* ili kratkodnevne cvetaju samo ako je dužina osvetljenosti manja od 12—14 časova, a *neutralne biljke* cvetaju nezavisno od dužine dana.

Dugodnevnne biljke vode poreklo sa većih geografskih širina, gde se kratak dan, koji sprečava da dodje do cvetanja, poklapa sa niskim temperaturama u jesensko-zimskom periodu.

Kratkodnevne biljke pak vode poreklo iz tropskih i suptropskih krajeva, u kojima se period suša i jakih kiša poklapa s dužim danom. Duži dan u tom periodu sprečava cvetanje biljaka i na taj način ne postoji mogućnost oštećenja organa za razmnožavanje.

Očigledna je prednost i kratkodnevnih i dugodnevnih biljaka nad neutralnim, koje bi u tropskim i suptropskim krajevima cvetale i u sušnom i u kišnom periodu, a na većim geografskim širinama i u periodu niskih temperatura.

Iako u našoj zemlji fotoperiodska reakcija biljaka ima manji značaj, u tab. 1 izneto je kako se ponašaju neke najvažnije gajene biljke prema dužini osvetljenosti.

Pojedine kulturne biljke, kao što se vidi iz tab.1, pojavljuju se u dve ili čak u sve tri grupe (duvan). U takvim slučajevima reč je o različitim sortama iste biljne vrste, jer je zbog ukrštavanja, raznih metoda selekcije i gajenja došlo do znatnog variranja (sorte i ekotipovi). Neke se pak vrste različito ponašaju tokom vegetacionog perioda, kao npr. krompir, koji po vremenu cvetanja spada u dugodnevnne, a po obrazovanju krtola u kratkodnevne biljke. Osim toga, utvrđeno je da na fotoperiodsku reakciju biljaka utiču i drugi faktori, pre svega toplota (termoperiodizam). To znači da se fotoperiodizam kod nekih biljaka menja kada su one izložene različitim temperaturnim uslovima.

Trajanje osvetljavanja može se regulisati veštački u staklenicima i plastenicima. Zamračivanjem dan se skraćuje, a osvetljavanjem pomoću specijalnih električnih lampi produžava.

Produžavanjem osvetljenosti može se ubrzati sazrevanje dugodnevnih biljaka, a skraćivanjem se može izazvati usporeno sazrevanje i ubrzano razviće zelene mase.

## 2. TEMPERATURA VAZDUHA

Toplota je jedan od osnovnih faktora spoljne sredine od kojih zavisi porast i razviće biljaka. Bez toplote život biljke ne bi bio moguć, jer bi se zaustavili svi životni procesi i biljka bi uginula. Toplota je biljkama neophodna tokom čitavog vegetacionog perioda, od klijanja i nicanja do stvaranja i sazrevanja ploda.

### 2.1. Uticaj temperature vazduha na porast i razviće biljaka

Kod većine biljaka životni procesi se povećavaju sa povećanjem temperature. Uticaj temperature na intenzitet procesa izražava se pravilom Van-Hofa, po kome se brzina hemijske reakcije udvostručava sa povećanjem temperature za svakih 10°C. Ovo pravilo kod biljaka važi samo do određene temperaturne granice. Daljim povećanjem temperature procesi se usporavaju i na kraju prestaju.

Osnovni fiziološki procesi u biljkama, kao što su fotosinteza, disimilacija, transpiracija, apsorpcija hranljivih materija i drugi, teku samo u određenim granicama temperature. Za svaki životni proces postoje tri *kardinalne tačke*: minimum, optimum i maksimum. *Minimum* predstavlja donju granicu temperature pri kojoj se proces prekida usled nedostatka toplote; *optimum* je temperatura pri kojoj proces najbrže teče, a *maksimum* je gornja granica temperature pri kojoj se proces prekida zbog viška toplote.

KARDINALNE TAČKE KLJANJA NEKIH RATARSKIH KULTURA (po Haberlandu)

Tab. 2.

Vrsta	Minimum	Optimum	Maksimum
Ječam	3 - 4°	20°	28 - 30°C
Raž	1 - 2	25	30
Pšenica	3 - 4	25	30 - 32
Suncokret	3	28	35
Kukuruz	8 - 10	32 - 35	40 - 44

Minimum i maksimum su kritične tačke razvića biljke. Kada temperatura predje bilo donju (minimum) bilo gornju granicu (maksimum), biljka nema više uslova za život. Vrednosti kardinalnih tačaka su različite za razne biljne vrste i sorte, kao i za različite periode njihovog razvića, što se može videti iz tab. 2, gde su navedene kardinalne tačke klijanja nekih ratarskih kultura.

Ovde treba napomenuti da se kardinalne tačke razvića biljaka odnose ne samo na temperaturu već i na ostale vegetacione činioce (vlaga, svetlost, hrana i dr.) koji uslovljavaju život biljaka. Ako je ma koji od ovih neophodnih činilaca u minimumu ili maksimumu, dovodi se u pitanje dalji opstanak biljke, i to čak i onda kada su svi ostali činioci u optimumu. Takav je npr. slučaj kod suše, gde se vlaga javlja u minimumu, a biljka i pored ostalih optimalnih uslova može da strada.

Intenzitet fotosinteze zavisi, kao što je poznato, od temperature vazduha. Niske temperature usporavaju proces fotosinteze, a pri njihovim određenim vrednostima prestaje uzimanje ugljen-dioksida. Sa povećanjem temperature pojačava se proces, ali kada temperatura dostigne određenu granicu, intenzitet fotosinteze počinje da se smanjuje. Zavisnost fotosinteze od temperature nije ista kod svih biljaka, a takodje se menja i kod iste biljne vrste u zavisnosti od drugih uslova spoljne sredine. Minimum temperature za fotosintezu je oko 0°C, mada se kod nekih termofilnih biljaka fotosinteza naglo smanjuje već na 10—12°C, a prestaje pri temperaturi 3—5°C. Maksimum temperature je oko 45-50°C, kada dolazi do raspadanja hlorofila i prestanka fotosinteze. Kod većine biljaka proces fotosinteze teče relativno brzo u temperaturnim granicama 10—35°C, ali optimalna temperatura iznosi 25—28°C, zavisno od vrste biljke.

Proces disimilacije teče u nešto širim temperaturnim granicama od fotosinteze. Mada sve biljke ne reaguju podjednako na temperaturu, kod većine biljaka disimilacija može da se obavlja i pri temperaturi nešto ispod 0°C. Sa povećanjem temperature intenzitet disimilacije se povećava i dostiže optimum pri temperaturi 35 — 40°C, dok pri temperaturi 50°C i višoj prestaje.

Kako su i fotosinteza i disimilacija intenzivnije pri višim temperaturama (u određenim granicama), akumulacija organskih materija u biljkama zavisiće od dnevnih i noćnih temperatura, odnosno od dnevnog hoda temperature vazduha. Relativno visoke temperature danju i relativno niske temperature noću — povećavaju akumulaciju organskih materija u tkivu biljaka. Nasuprot tome, prohladni dani i tople noći ne omogućavaju veću akumulaciju organskih materija, jer slabija fotosinteza danju ne može da pokrije rashod organskih materija u procesu disimilacije ni tokom dana, a naročito ne tokom tople noći.

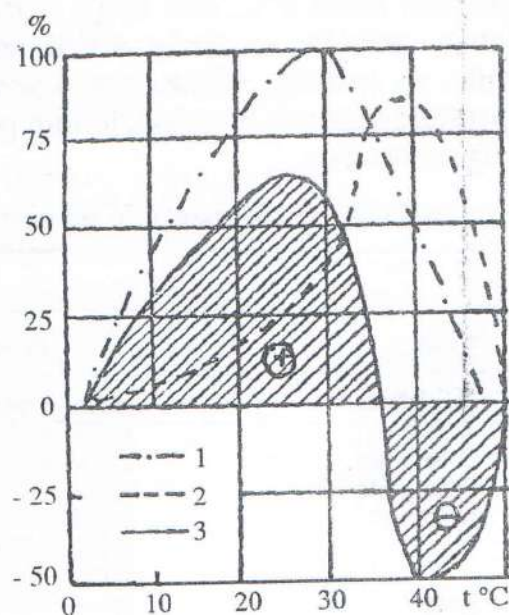
Na sl. 2 prikazana je zavisnost intenziteta asimilacije(1), disimilacije (2) i akumulacije organskih materija (3) od temperature vazduha (u % od maksimalnog intenziteta fotosinteze). Znak (+) označava da je asimilacija jača od disimilacije, a znak (—) obrnuto.

Temperatura vazduha veoma utiče i na treći važan fiziološki proces u biljkama — transpiraciju. Sa povećanjem temperature vazduha povećava se i transpiracija, o čemu će biti govora kasnije.

Samim tim što ima veliki uticaj na fiziološke procese u biljci, temperatura vazduha utiče i na tempo razvića biljaka. To znači da trajanje međufaznih perioda razvića, a time i trajanje vegetacionog perioda, zavisi od temperature vazduha — što je viša temperatura to su kraći međufazni periodi a razviće biljaka brže, i obrnuto.

Uticaj temperature na ritam razvića zapaža se naročito u brdsko-planinskim područjima, gde vegetacija zakašnjava u odnosu na niže predele. Sa povećanjem nadmorske visine temperatura vazduha opada, a shodno tome zakašnjava i vreme nastupa faza razvića biljaka. Ovo zakašnjenje je veće u toplijim područjima, gde temperatura brže opada sa povećanjem visine, nego u hladnijim krajevima, gde su termičke promene sa visinom slabije izražene.

Porast biljaka, odnosno povećanje biljne mase, koje nastaje kao rezultat dva suprotna procesa — asimilacije i disimilacije, zavisi takodje od temperature vazduha. Sa povećanjem temperature povećava se brzina porasta sve do optimalne temperature, pri kojoj je porast najbrži. Daljim povećanjem temperature, iznad optimuma, brzina porasta se smanjuje, a pri temperaturi koja odgovara kardinalnoj tački maksimuma porast se sasvim zaustavlja.



Sl. 2. Zavisnost akumulacije organskih materija od temperature vazduha (Serjakova, 1978)

## 2.2. Potrebe biljaka za toplotom

Potrebe biljaka za toplotom nisu podjednake. Ima biljaka kojima je za porast i razviće potrebno više toplote (*termofilne biljke*), dok se druge dobro prilagođavaju nižim temperaturama (*kriofilne* ili *frigorofilne biljke*). Između njih postoji grupa *mezotermnih* biljaka. Tako, na primer, neke biljke rastu, cvetaju i donose plod pri temperaturi ispod 0°C, dok druge uginjavaju već na 10—15°C. Potreba biljaka za toplotom najbolje se može uočiti upoređivanjem bioloških suma temperature vazduha za različite biljke, pod kojom se podrazumeva suma srednjih dnevnih temperatura vazduha u vegetacionom periodu određene kulture od početka rasta do njenog sazrevanja.

BIOLOŠKE SUME TEMPERATURE VAZDUHA ZA NEKE POLJOPRIVREDNE KULTURE  
(Sinicina i dr., 1973)

Tab. 3

Vrsta	Period	Biološka suma (°C)
Jari ječam	setva - voštana zrelost	1250 - 1450
Jari ovas	setva - voštana zrelost	1250 - 1550
Ozima raž	setva - voštana zrelost	1300 - 1400
Ozima pšenica	setva - voštana zrelost	1400 - 1500
Kukuruz	setva - metličanje	1200 - 1500
	setva - mlečna zrelost	1800 - 2200
	setva - puna zrelost	2200 - 2700
Proso	setva - voštana zrelost	1570 - 1875
Sirak	setva - voštana zrelost	2400 - 2900
Pirinač	setva - voštana zrelost	2200 - 3320
Soja	setva - zrelost	2340 - 3060
Suncokret	setva - zrelost	1850 - 2300
Pasulj	setva - zrelost	1500 - 1900
Pamuk	setva - otvaranje čaura	3100 - 4000
Krastavci	setva - berba	1200 - 1450
Paradajz	setva - berba	1500 - 1750
Kupus	setva - berba	1400 - 1650
Šargarepa	setva - vadjenje	1500 - 1750

U tab. 3 prikazane su biološke sume za neke poljoprivredne kulture. Manja suma odnosi se na rane sorte, a veća na kasnostasne.

Sve biljke ne počinju svoj porast i razviće pri istoj temperaturi. Takođe i kasnije faze razvića biljke prolaze pri različitim temperaturama, što zavisi od bioloških osobina i potrebe određene vrste biljaka za toplotom. Donja granica temperature pri kojoj biljke ulaze u određenu fazu razvića naziva se *biološki minimum*. U tab. 4 dati su biološki minimumi i optimumi za važnije poljoprivredne kulture.

Kao što se vidi, biološki minimum za početak rasta, odnosno za nicanje strnih žita iznosi oko 5°C, ali ima biljaka koje počinju da vegetiraju pri znatno višim temperaturama, kao npr. kukuruz na 10°C, pasulj na 12°C itd.

Pad temperature ispod biološkog minimuma još ne dovodi do uginuća biljke. Nastaje samo zastoje u porastu i razviću, ali biljka ostaje u životu i pri kasnijem otopljenju počinje ponovo da vegetira. Ukoliko je pad temperature ispod biološkog minimuma manji utoliko su oštećenja manja i biljka se pri kasnijim optimalnim

BIOLOŠKI MINIMUMI I OPTIMUMI TEMPERATURA VAZDUHA (°C) U  
 RAZNIM PERIODIMA RAZVIĆA NJIVSKIH KULTURA  
 (Po V.N.Stepanovu)

Tab. 4

Kultura	Minimum			
	Nicanje	Formiranje vegetativnih organa	Formiranje generativnih organa i cvetanje	Donošenje ploda
Pšenica	4-5	4-5	10-12	12-10
Raž	4-5	4-5	10-12	12-10
Ječam	4-5	4-5	10-12	12-10
Ovas	4-5	4-5	10-12	12-10
Kukuruz	10-12	10-12	12-15	12-10
Proso	10-11	10-11	12-15	12-10
Šećerna repa	6-7	6		
Krompir	7-8			
Suncokret	7-8	7-8	12-15	12-10
Soja	10-11	10-11	15-18	12-10
Pasulj	12-13	12-13	15-18	15-12

Kultura	Optimum			
	Nicanje	Formiranje vegetativnih organa i cvetanje	Formiranje generativnih organa	Donošenje ploda
Pšenica	6-12	12-16	16-20	16-22
Raž	6-12	12-16	16-20	16-22
Ječam	6-12	12-16	16-20	16-22
Ovas	6-12	12-16	16-20	16-22
Kukuruz	15-18	16-20	20-24	18-24
Proso	15-18	16-20	18-22	18-24
Šećerna repa	15-17	20-22		
Krompir	18-25	20-25	20-25	16-18*
Suncokret	9-12	15-18	19-23	16-22
Soja	15-18	15-18	18-22	18-22
Pasulj	15-18	16-26	18-25	20-23

\* NAPOMENA : Temperatura zemljišta za obrazovanje gomolja.



uslovima lakše oporavlja. Medjutim, što je ona bliže svojoj kardinalnoj tački minimuma, to su oštećenja veća i biljka se kasnije teže oporavlja.

Sve temperature iznad biološkog minimuma za određenu fazu razvića nazivaju se *aktivne temperature*. Pod *efektivnim temperaturama* podrazumevaju se aktivne temperature umanjene za veličinu biološkog minimuma. Na primer, ako biološki minimum za početak rasta ozime pšenice iznosi  $5^{\circ}\text{C}$  a temperatura određenog dana  $15,6^{\circ}\text{C}$ , onda je aktivna temperatura toga dana  $15,6^{\circ}$ , a efektivna  $15,6 - 5,0 = 10,6^{\circ}\text{C}$ .

Sume aktivnih temperatura vazduha iznad  $10^{\circ}\text{C}$  koriste se u agrometeorologiji kao osnovni termički pokazatelj mogućnosti gajenja određene biljke u nekom području, a takodje i pri određivanju visinske termičke granice za njenu rentabilnu proizvodnju. Sume efektivnih temperatura vazduha za određene međufazne periode razvića biljaka najviše se koriste kao pokazatelji tempa razvića biljaka, najčešće u fenološkim prognozama vremena nastupa određene faze razvića (tab.5).

SUME EFEKTIVNIH TEMPERATURA VAZDUHA ZA MEDJUFAZNE PERIODE NEKIH RATARSKIH KULTURA (Šigoljev A.A., 1957)

Tab. 5

Vrsta	Period	Suma efektivnih temperatura vazduha( $^{\circ}\text{C}$ )
Ozima pšenica	setva - bokorenje	67
	vlatanje - klasanje	330
	klasanje - mlečna zrelost	230
	klasanje - voštana zrelost	490
Ozima raž	setva - bokorenje	52
	vlatanje - klasanje	183
	klasanje - cvetanje	144
	cvetanje - mlečna zrelost	225
	mlečna - voštana zrelost	175
Jari ovas	vlatanje - metličenje	378
	metličenje - voštana zrelost	428 - 466
Jari ječam	vlatanje - klasanje	330
	klasanje - voštana zrelost	388 - 410

### 2.3. Nepovoljan uticaj temperature vazduha na biljke

Uticaj temperature vazduha na porast i razviće biljaka je najpovoljniji kada je temperatura u granicama optimuma za određenu biljnu vrstu i fazu razvića. Medjutim, u prirodnim uslovima to nije uvek slučaj. U proleće, kada se biljke nalaze u početnim fazama razvića, često se u našim klimatskim uslovima temperatura spusti ispod nule. O delovanju negativnih temperatura na poljoprivredne kulture, kao i uopšte o mrazu, kao nepovoljnoj vremenskoj pojavi, biće govora posebno.

Medjutim, na biljku deluju nepovoljno i visoke temperature vazduha. Pri visokim temperaturama povećava se proces disimilacije. To dovodi do iscrpljivanja biljke, jer je potrošnja ugljenih hidrata veća od njihove sinteze. Naročito je to slučaj kod mladih biljaka, čiji još nedovoljno razvijen korenov sistem ne može da snabdeva biljku dovoljnom količinom hranljivih materija. U takvim uslovima narušava se normalan tok metabolizma, što dovodi do oštećenja biljnih tkiva, a na kraju i do uginuća biljke.

Visoke temperature, bez obzira u kom se periodu razvića biljke pojavljuju, narušavaju vodni bilans biljke, jer povećavaju transpiraciju i otežavaju normalno snabdevanje biljke vodom. Ovakvi uslovi mogu dovesti do sagorevanja hlorofila i privremenog žućenja lišća, a u vreme cvetanja do nepotpunog oprašivanja. Razlog tome je što pri visokim temperaturama opada turgor (pritisak koji upijena voda vrši na ćelijsku opnu), cvetni prah se suši i postaje slabo aktivan, prašnici se ne otvaraju i do oprašivanja ne dolazi. To se, na primer, dešava sa cvetnim prahom kukuruza pri temperaturi iznad 35°C.

U periodu nalivanja zrna visoke temperature, praćene suvim vazduhom, ometaju ovaj proces i dovode do prevremenog zrenja. Zrna ostaju štura, a prinosi su znatno smanjeni.

Visoke letnje temperature mogu naneti štete mladima, lišću i plodovima voćaka u obliku tzv. sunčanih ožegotina (tamne okruglaste pege sa sunčane strane, kod kojih je nekoliko slojeva ćelija mrtvo).

### 3. VLAŽNOST VAZDUHA

Vlažnost vazduha je jedan od meteoroloških elemenata koji je vrlo važan u životu biljaka, jer igra značajnu ulogu u obavljanju njihovih životnih procesa. Optimalna vlažnost vazduha u svim fazama razvića biljke, uz ostale povoljne uslove, doprinosi normalnom razviću biljke, a kao rezultat toga, dobrom prinosu.

Od veličina koje karakterišu vlažnost vazduha za agrometeorološke potrebe i istraživanja najvažniji su relativna vlažnost vazduha ( $R=e/E \cdot 100\%$ ) u 14 h i deficit zasićenosti ( $D = E - e$ ). Prema vrednostima ove dve veličine određuje se evaporaciona moć vazduha. Ukoliko je relativna vlažnost vazduha manja a deficit zasićenosti veći utoliko je vazduh suvlji a intenzitet isparavanja zemljišta i biljaka veći, i obrnuto.

Na biljke, u određenim fazama njihovog razvića, deluje negativno kako suv vazduh tako i suviše velika zasićenost vazduha vodenom parom.

Negativan uticaj suvog vazduha na život biljaka ogleda se u tome što biljke tada intenzivnije troše vodu, povećava se intenzitet transpiracije i ukoliko ne mogu da kompenzuju gubitak vode priticanjem novih količina vode iz zemljišta preko korenovog sistema, ćelije tkiva ostaju bez vode, biljka vene, a ako ovo stanje potraje duže, onda i ugine. Ovo je naročito slučaj kada se pri niskoj vlažnosti vazduha javlja visoka temperatura vazduha i vetar, što dovodi do atmosferske ili vazdušne suše. Koliki mogu biti gubici vode vidi se iz podatka da pri deficitu zasićenosti vazduha većem od 40 hPa\* isparavanje sa površine vlažnog zemljišta iznosi više od 60 tona vode po 1 hektaru za 24 časa.

Duži period sa relativnom vlažnošću vazduha ispod 30% izaziva prevremeno isušivanje lišća. Na taj način smanjuje se fotosintetska površina lišća, a time i obrazovanje organskih materija, što u krajnjoj liniji dovodi do smanjenja prinosa.

\* Deficit zasićenosti vazduha izražava se u jedinicama za merenje vazdušnog pritiska, hektopaskalima (hPa). Jedan hektopaskal (hPa) je fizički ekvivalentan jednom milibaru (mb).

Do smanjenja prinosa dolazi i kada se niska vlažnost vazduha javlja u periodu cvetanja i nalivanja zrna. Takvi uslovi u periodu cvetanja izazivaju sušenje cvetnog praha i nepotpuno oprašivanje, a u periodu nalivanja šturost zrna.

Vlažnost vazduha utiče i na kvalitet mnogih poljoprivrednih kultura. Na primer, niska vlažnost vazduha smanjuje kvalitet vlakna lana, ali poboljšava farinološke osobine pšenice.

Štetne posledice na biljke ima ne samo niska već i velika zasićenost vazduha vodenom parom u određenim periodima razvića biljaka.

Povećana vlažnost u periodu cvetanja ometa otvaranje prašnika i prenošenje cvetnog praha vetrom. Takođe je otežan i let insekata-oprašivača i njihovo prenošenje cvetnog praha.

Povećana vlažnost vazduha u periodu sazrevanja žitarica deluje negativno jer produžava nalivanje zrna. Osim toga, zadržava nastup pune zrelosti zrna i povećava količinu vlage u zrnu i slami, što se nepovoljno odražava na rad mašina i na čuvanje zrna. Posедуjući higroskopne osobine, zrno lako apsorbira vodu iz vazduha. Pri većoj vlažnosti vazduha količina vlage u zrnu može da se poveća skoro dva puta, a u slami 3—4 puta. Ukoliko pak ima veću vlažnost, slama postaje mekša i otežava rad mašina. Pri deficitu zasićenosti 3 hPa i manjem, znači pri veoma velikoj vlažnosti vazduha, rad kombajna skoro da nije moguć. Pri deficitu 4—7 hPa rad se poboljšava, a pri deficitu zasićenosti vazduha od 8 hPa i većem kombajn može da radi punim kapacitetom (Maksimov, 1963).

Povećana vlažnost vazduha, naročito pri toplom vremenu, omogućava pojavu i širenje raznih gljivičnih biljnih bolesti, a i nekih biljnih štetočina. To su, na primer, fitoftora na krompiru, plamenjača na vinovoj lozi, različite rdje na žitaricama i niz drugih. Svakodnevnim praćenjem vlažnosti i temperature vazduha, kao i praćenjem biologije parazita, mogu se uspešno prognozirati rokovi prskanja protiv mnogih biljnih bolesti.

Vlažnost vazduha ima značajnu ulogu i u periodu mrazeva, naročito proletnjih i jesenjih, koji su štetni za poljoprivredne kulture. Pri vedrom i tihom vremenu posle zalaska Sunca temperatura opada brzo sve do momenta kada počinje obrazovanje rose. Tom prilikom oslobadja se latentna toplota kondenzacije (2511,6 J na 1 g vode), koja naglo usporava dalje hladjenje vazduha. Ukoliko, znači, ima više vlage u vazduhu utoliko pre dolazi do obrazovanja rose, a verovatnoća pojave mrazeva se smanjuje.

#### 4. PADAVINE

Padavine su jedan od najvažnijih meteoroloških elemenata neophodnih za život biljaka. Pri dovoljnoj količini toplote, svetlosti, hranljivih materija i drugih faktora porasta i razvića, produktivnost biljaka zavisi od njihove obezbedjenosti vlagom.

Potrebe biljaka za vodom se veoma razlikuju. Biljke koje za svoj porast i razviće zahtevaju velike količine vode (*higrofit*) prilagodjene su uslovima vlažne klime, one čiji su zahtevi za vodom umereni (*mezofite*) umereno vlažnoj, a biljke sa skromnim

utroškom vode (*kserofite*) suvoj klimi.

S obzirom na značaj padavina, potrebno je detaljnije proučiti njihov uticaj na biljke ne samo u toku vegetacionog perioda već i u hladnom delu godine, kada one služe za stvaranje rezerve zemljišne vlage, potrebne biljkama kako u proleće, kada počinje vegetacija, tako i u kasnijim periodima razvića.

Od svih oblika padavina, za biljke su od najvećeg značaja padavine u obliku kiše i snega, mada u određenim slučajevima one mogu delovati na biljke i nepovoljno.

#### 4.1. Uloga vode u životu biljaka

Padavine su osnovni izvor vode za zemljište, a preko njega i za biljke. Pored snabdevanja vodom, padavine omogućavaju biljci i uzimanje hranljivih mineralnih materija koje se u zemljištu nalaze većinom u obliku nepristupačnom biljkama. Voda u zemljištu rastvara te materije i na taj način ih čini pristupačnim biljkama, koje ih preko svog korenovog sistema apsorbuju zajedno sa vodom i koriste za svoju ishranu.

Odredjena količina vode u ćelijama biljke je neophodan uslov za njihovu visoku fiziološku aktivnost. Starenjem biljne ćelije smanjuje se njena aktivnost, a time se smanjuje i količina vode u ćeliji. Količina vode izražena u procentima sveže materije, koju sadrže pojedine biljke, može se videti u tabeli 6.

Voda u biljci neophodna je ne samo za ishranu biljaka već i za prenošenje materija od korena preko stabla ka listovima i obrnuto, a isto tako i za delovanje fermentata i međusobne hemijske reakcije raznih materija, koje su moguće samo ako su rastvorene u vodi.

KOLIČINA VODE (U % SVEŽE MATERIJE) U POJEDINIM BILJKAMA  
(Popović, 1962)

Tab. 6.

Vrsta	Količina vode u % sveže materije
Crveni patlidžan (crveni, zreli plod)	94,1
Salata (unutrašnje lišće)	94,8
Kupus	92,4
Lubenica (meso ploda)	92,1
Jabuka (deo ploda koji se jede)	84,1
Krompir (krtola)	77,8
Šljiva (sveža, meso i koža)	76,5
Kukuruz (suvo zrno)	11,0
Pasulj (suvo seme)	10,5

#### 4.2. Obezbedjenost biljaka vodom

Za procenjivanje obezbedjenosti biljaka vodom nije dovoljno znati samo ukupnu godišnju količinu padavina, već i njihov raspored u toku vegetacionog perioda, odnosno količinu i karakter padavina u pojedinim periodima razvića.

Međutim, obezbedjenost biljaka vlagom zavisi ne samo od količine i rasporeda padavina već i od niza drugih činilaca. Koliki će procenat padavina apsorbovati zemljište zavisi pre svega od : fizičkih osobina zemljišta i stanja njegove površine, stepena zasićenosti zemljišta vlagom, intenziteta i trajanja padavina, nagiba zemljišta, vrste biljnog pokrivača i drugih faktora.

Od fizičkih osobina zemljišta za regulisanje vodnog režima najvažnija je njegova struktura, odnosno povezanost zemljišnih čestica u agregate različitog oblika u veličine. Zemljišta sa mrvičastom strukturom mnogo bolje apsorbuju padavine i snabdevaju biljke vodom nego zemljišta sa lošom strukturom. Što je površinski sloj zemljišta zbijeniji, to je apsorpcija padavina manja, a površinsko oticanje veće.

Ukoliko je vlažnost zemljišta veća utoliko je apsorpcija vode manja, i obratno.

Sa povećanjem intenziteta padavina njihovo korisno dejstvo na biljke se smanjuje, jer se smanjuje količina apsorbovane vode i veći deo padavina otiče. To je slučaj kod pljuskova, koji obično ne traju dugo ali je intenzitet padavina veliki, te zemljište za to kratko vreme ne uspe da apsorbuje svu količinu vode, već ona ili brzo otiče, naročito na strmim terenima, ili se zadržava u obliku bara, odakle opet brzo ispari. Nasuprot tome, kod dugotrajnih padavina slabijeg intenziteta voda postepeno prodire u zemljište, pa je stoga njihovo korisno dejstvo na biljke mnogo veće.

Nagib terena je veoma važan faktor kod apsorpcije padavina od strane zemljišta. Sa povećanjem nagiba povećava se oticanje vode, a time i uslovi za pojavu erozije, o čemu će biti govora posebno.

Količina vode koju zemljište prima od padavina zavisi i od vrste biljnog pokrivača, kao i od faze razvića biljaka. Biljni pokrivač zadržava znatan deo padavina. Prema ispitivanjima V.I. Rutkovskog (cit. Rudnev, 1964) na travnom i mahovinastom biljnom pokrivaču se pri malim količinama padavina (do 1 mm)\* gotovo sva voda zadržava na biljnom pokrivaču i sa njega zatim ispari. Sa povećanjem količine padavina povećava se i količina vode koja dospeva u zemljište (tab. 7).

INTERCEPCIJA PADAVINA NA TRAVNOM I MAHOVINASTOM BILJNOM POKRIVAČU, U %  
(Rutkovski, cit. Rudnev, 1964)

Tab. 7.

Količina padavina u mm	Intercepcija, u %	
	Mahovina	Trava i mahovina
13 - 18	12	14
7 - 5	26	45
2,5 - 4	52	57
0,2 - 1	75	94

Sličan je slučaj i na zemljištima u šumama. Odredjena količina padavina zadržava se u krunama drveća, odakle isparava u atmosferu, jedan deo se sliva niz stablo, dok drugi u vidu kapljica pada sa grana, lišća i iglica. Na površinu zemljišta

\* 1 mm padavina = 1 litar/m<sup>2</sup> = 10 tona/ha

dospeva oko tri četvrtine pale količine kiše, dok se jedna četvrtina zadržava u kruni drveća i na granama i sa njih isparava. U zavisnosti od sastava šume, intercepcija padavina (u procentima od pale količine) prosečno iznosi: jelove šume 32%, mešane 27%, širokolisne 20% i borove šume 15% (Rudnev, 1964).

APSORPCIJA VODE U ZEMLJIŠTU U ZAVISNOSTI OD FAZE RAZVIĆA BILJAKA PRI PADAVINAMA SLABOG INTENZITETA (Fedorov, cit. Rudnev, 1964)

Tab. 8

	Bokorenje	Posle bokorenja	Početak klasanja	Posle cvetanja
Količina padavina, mm	3,8	3,8	3,8	3,8
Apsorbovano u zemljištu, mm	2,2	1,8	1,0	0

Intercepcija padavina od strane biljnog pokrivača zavisi pored vrste i od faze razvića. Pri tome veliku ulogu ima intenzitet padavina, što se vidi iz tabela 8 i 9 (Fedorov, cit. Rudnev 1964).

APSORPCIJA VODE U ZEMLJIŠTU PRI PLJUSKU U ZAVISNOSTI OD FAZE RAZVIĆA BILJAKA (Fedorov, cit. Rudnev, 1964)

Tab. 9

	Posle bokorenja	Pre klasanja	Posle cvetanja	Voštana zrelost
Količina padavina, mm	24,3	24,3	24,3	24,3
Apsorbovano u zemljištu, mm	9,8	10,4	16,6	19,7

Pri dugotrajnim padavinama slabijeg intenziteta apsorpcija padavina se smanjuje sa povećanjem biljne mase. Pri pljuskovitim padavinama većeg intenziteta je suprotno — zemljište apsorbuje veće količine padavina u kasnijim fazama razvića, jer gust i kompaktan sklop biljaka smanjuje površinsko oticanje.

#### 4.3. Pozitivan i negativan uticaj kiše na poljoprivredne kulture

Značaj padavina u obliku kiše za porast i razviće poljoprivrednih kultura vidi se po ulozi koju voda ima u životu biljaka. Kao što je već naglašeno, naročito povoljno utiču dugotrajne padavine slabijeg intenziteta. Smatra se da su za poljoprivredne kulture značajne padavine veće od 8 mm za 12 časova, dok su padavine  $\geq 30$  mm u toku 24 časa već obilne i opasne za poljoprivredu (Longvinov i drugi, 1972).

Padavine su biljkama potrebne tokom celog vegetacionog perioda. Nedostatak padavina u bilo kom periodu razvića odražava se negativno na produktivnost biljke. Međutim, početkom 20. veka ruski agrometeorolog Brounov, a kasnije i drugi, utvrdili su da kod svake biljke postoji period kada je ona najosetljivija na nedostatak vlage. Taj period on je nazvao *kritičan period*, a nedostatak vode u zemljištu u ovom intervalu vezan je sa maksimalnim smanjenjem prinosa. Kod većine jednogodišnjih biljaka kritičan period se javlja pri formiranju generativnih organa, jer ono teče normalno samo u uslovima visoke vlažnosti vazduha, zemljišta i biljnih tkiva. Ako su zalihe vode u zemljištu u tom periodu jako smanjene, biljke se u najboljem slučaju

slabo razvijaju i daju niske prinose, a pri jakoj suši u to vreme prinos može i da izostane. Kod višegodišnjih biljaka do plodonošenja kritičan period je u vreme maksimalnog stvaranja organske mase, u porastu letorasta—mladara u kruni, a takođe i kasnije u fazi formiranja generativnih organa. U tab. 10 prikazani su kritični periodi u odnosu na vlagu kod različitih poljoprivrednih kultura (Skazkin, 1962).

KRITIČAN PERIOD U ODNOSU NA VLAGU RAZLIČITIH POLJOPRIVREDNIH KULTURA  
(Skazkin, 1962)

Tab. 10

Vrsta	Kritičan period
Ozima pšenica i raž	Vlitanje — klasanje
Jara pšenica, ječam, ovas	Vlitanje — klasanje
Kukuruz	Cvetanje — mlečna zrelost
Prosolika žita (sirak, proso)	Metličanje — nalivanje zrna
Leguminoze, kikiriki, heljda	Cvetanje
Suncokret	Pojava glavice — cvetanje
Pamuk	Cvetanje — stvaranje čaura
Tikve	Cvetanje — sazrevanje
Šećerna repa za seme	Porast u stablo — cvetanje
Krompir	Cvetanje — formiranje krtola
Paradajz	Cvetanje — formiranje plodova

Međutim, iako su padavine u vegetacionom periodu neophodne za normalan život biljaka, one ponekad mogu, posredno ili neposredno, da utiču i negativno na poljoprivredne kulture.

Velike količine padavina dovode do prekomerne vlažnosti zemljišta, što pogoršava uslove aeracije i razmene gasova u zemljištu, pre svega kiseonika, oštećuju se korenovi biljaka, zaustavlja se rast biljaka, a u krajnjem slučaju ovo može dovesti i do njihovog uginuća.

U vreme cvetanja poljoprivrednih kultura kiše spiraju veću količinu polenovog praha, te je oplodnja znatno smanjena, što utiče i na smanjenje prinosa. Osim toga, kiše spiraju i razblažuju nektar, a pri maloj količini šećera u nektaru (4—5%) pčele ne posećuju cvetove, usled čega je oplodnja nepotpuna.

Kiše praćene padom temperature zaustavljaju proces formiranja ploda i usporavaju sazrevanje plodova kulturnih biljaka. Dugotrajne kiše dovode do poleganja žitarica i trava i usporavaju njihovo sušenje. U takvim uslovima trava i slama potamne i gube hranljivost, a zrno sadrži veliki procenat vlage. Česte i obilne kiše u vreme žetve i kosidbe otežavaju radove i dovode do velikih gubitaka, a takođe smanjuju i kvalitet proizvoda.

Kišovito vreme pospešuje i pojavu raznih biljnih bolesti. U takvim uslovima se npr. na lišću krompira i paradajza mogu pojaviti tamne mrlje, što je znak da su biljke obolele od fitoftore. Pri dužem kišovitom i toplom vremenu ova bolest se brzo širi. Padajući sa zaraženog lišća, kapljice vode prodiru u zemljište, prenose spore do gomolja i proširuju zarazu i na njih.

Veliku štetu poljoprivrednim kulturama pričinjavaju pljuskovi, naročito u periodu od setve do nicanja, zbog obrazovanja kore na površini zemljišta. Na taj način otežava se nicanje i povećava gubitak vlage isparavanjem. Osim toga, jaki pljuskovi kiše imaju i mehaničko dejstvo ne samo na zemljište, time što ga zbijaju i

narušavaju njegovu strukturu, već i na biljku, koja se savija ka zemlji, delimično lomi i poleže. Poleganje žita u periodu sazrevanja je naročito štetno jer otežava žetvu i dovodi do znatnih gubitaka u prinosu.

#### 4.4. Rosa

Od padavina koje se stvaraju na zemljinoj površini najveći značaj za poljoprivredne kulture ima rosa, mada se količina rose koja se stvara tokom jedne noći kreće prosečno u granicama 0,1—0,3 mm, a u toku godine ne prelazi količinu 10—50 mm. Vazduh unutar biljnog pokrivača sadrži više vodene pare, zbog čega je rosa na biljnom pokrivaču uvek jačeg intenziteta.

Rosa je za poljoprivredne kulture naročito značajna u sušnim periodima, kada pomaže biljkama da se održe u životu. Biljke, kada na kraju suvog i toplog letnjeg dana uvenu, pod uticajem rose često obnove svoj turgor i životnu sposobnost. Međutim, jaka rosa u vreme žetve žitarica može da poveća vlažnost slame i zrna i do dva puta, pa je u takvim uslovima vršidba otežana. Vlažna slama postaje meka, teško se skida — seče i otežava rad mašina.

Rosa je naročito značajna u periodu pojave radijacionih mrazeva, jer se pri njenom obrazovanju oslobađa latentna toplota (2511,6 J na 1 g vode), koja naglo usporava dalji pad temperature vazduha. Pravovremeno obrazovanje rose može čak sprečiti pojavu slabog radijacionog mraza.

Pored korisnog, rosa može da ima i negativan uticaj na razviće kulturnih biljaka. U procesu obrazovanja rose kvasi se površina lišća i drugih biljnih delova, a ovlažene površine pri povoljnim temperaturama i velikoj vlažnosti vazduha stvaraju uslove za razvoj i širenje raznih gljivičnih bolesti.

#### 4.5. Grad

Grad je nepovoljna vremenska pojava koja pričinjava velike štete poljoprivrednim kulturama. Veličina štete zavisi od intenziteta, trajanja i veličine zrna grada, ali i od vrste biljaka, sortnih odlika, faze razvića, stanja useva pre oštećenja i vremenskih prilika pre i posle padanja grada.

Grad nanosi biljkama mehaničke povrede. Pre svega on oštećuje lisnu masu i na taj način smanjuje fotosintetsku površinu, zatim oštećuje ili uništava reproduktivne organe biljke, čime neposredno utiče na smanjenje ili čak na potpuni podbačaj prinosa. Osim toga, mehanička oštećenja biljaka prouzrokuju i iznurivanje biljaka, što posredno utiče na produktivnost, odnosno smanjenje prinosa. Koliki je uticaj oštećenja lisne mase na prinos može se videti iz rezultata ispitivanja Czakoa u Mađarskoj 1964. godine (cit. Rašeta), na primeru kukuruza (tab.11). Najveće štete su u fazi metličanja, jer se usled smanjenja asimilacione površine smanjuje produkcija hranljivih materija neophodnih za nalivanje zrna.

Pored direktnih, postoje i sekundarne štete od grada. Pre svega, oštećene biljke lakše podležu biljnim bolestima, jer ogrebotine i rane koje grad stvara na biljnim delovima predstavljaju "ulazna vrata" za spore gljivica i bakterija. Pored toga,



iznurene biljke gube otpornost prema poleganju i lomu, pa kiše i vetar posle oštećenja od grada povećavaju gubitke prinosa. Povređeni plodovi voćaka, vinove loze i povrća isto tako lako podležu bolestima i napadu štetočina, što znatno smanjuje kvalitet i tržišnu vrednost, kao i prinos ovih biljaka.

UTICAJ OŠTEĆENJA LISTOVA GRADOM NA PRINOS KUKURUZA

Tab. 11.

Faza razvića	% oštećenja lisne mase				
	0	25	50	75	100
		prosečno umanjenje prinosa u %			
Porast 1/3 cele visine biljke	0	4	5	24	100
Metličenje	0	13	33	60	91
Mlečna zrelost	0	6	15	25	39

Osetljivost biljaka na oštećenja od grada nije ista tokom celog vegetacionog perioda, a kod nekih biljnih vrsta veoma su izražene i sorte odlike u pogledu te osetljivosti (pšenica, jabuka, grožđe i dr). Kod pšenice i kukuruza, kao i većine biljnih vrsta u njivskoj proizvodnji, mogu se diferencirati tri perioda osetljivosti na grad (Rašeta, 1978). Prvi je period porasta, kada manja oštećenja lisne mase uglavnom ne utiču na visinu prinosa. Drugi period je za većinu ovih biljnih vrsta najkritičniji. To je vreme cvetanja i oplodnje, kada se oštećenja gradom direktno odražavaju na prinos. Treći je period sazrevanja, kada je osetljivost veoma različita ne samo među vrstama već i zbog izraženih sortnih razlika.



Sl. 3. Jedan od regionalnih centara protivgradne zaštite u Srbiji

Grupa agrometeoroloških stručnjaka iz Slovenije izvršila je određenu klasifikaciju osetljivosti nekih poljoprivrednih kultura prema gradu na osnovu fizioloških i morfoloških karakteristika osmatranih kultura i višegodišnjeg iskustva pri pregledu posledica grada na terenu (tab. 12).

OSETLJIVOST NEKIH POLJOPRIVREDNIH KULTURA NA GRAD  
(Zrnec C. i dr., 1988)

Tab. 12.

Vrsta biljke	Faza	Stepen osetljivosti	Uzroci osetljivosti
Kukuruz	Nicanje	1	Ponici mali, nežni
	3. list	3	Posledice se javljaju u narednim fazama
	Metličanje	4	Kritičan period za stvaranje generativnih organa
	Cvetanje	4—5	Onemogućeno formiranje prašnika, oštećenje klipa
	Mlečno zrenje	4	Otežano/prekinuto nalivanje zrna
	Voštano zrenje	3	Prisilno dozrevanje, smanjen prinos
	Puno zrenje	1	Direktan uticaj na klip samo kod jakog grada
Žita	Nicanje	0	—
	Bokorenje	2	Sledi osetljiv period pojava kolenca-vlatanje
	Klasanje	4	Formiranje generativnih organa
	Cvetanje	5	Oštećenja klasova-cvetova
	Mlečno zrenje	4	Oštećenja lisne mase utiču na nalivanje zrna
	Voštano zrenje	4	Lomljenje klasova i cele biljke, ubrzano zrenje
	Puno zrenje	5	Lomljenje, poleganje stabljika; rasipanje zrna
Vinova loza	Lastari 2—3 cm	2	Mladi lastari nežni
	1. list (3 cm)	3	Nežna struktura lastara i listova
	Početak cvetanja	4	Oštećenje listova i cvasti
	Završetak cvetanja	5	Oštećenje listova i cvasti
	Početak zrenja	5	Direktna oštećenja grozdova
	Puno zrenje	5	Oštećenje grozdova i lišća; smanjen kvantitet i kvalitet prinosa

NAPOMENA: Stepenn osetljivosti 0 — 5. Ocena 0 znači da je uticaj grada minimalan, indirektan ili ne postoji, a ocena 5 da je najveći.

Poslednjih godina postignuti su značajni rezultati u proučavanju procesa stvaranja grada i razvijanju efikasnih metoda za njegovo suzbijanje. Veštačkim delovanjem na razvoj gradonosnih oblaka sprečava se povećanje zrna grada do onih dimenzija koje mogu biti štetne za poljoprivredne kulture. To se postiže zasejavanjem određenih delova oblaka, tkz. gradonosnih ćelija, nekim reagensom, najčešće česticama srebrojodida. Poznato je da 1 g srebrojodida u prehladenom delu oblaka stvara  $10^{12}$  —  $10^{13}$  veštačkih jezgara, na kojima se vrši mržnjenje prehladenih kapi vode u oblaku. One prelaze u čestice leda malih dimenzija koje padaju na zemlju ili kao ledena krupa ili, pri dolasku kroz topli deo oblaka, u obliku pljuska kiše.

U našoj zemlji izgrađen je čitav sistem protivgradne zaštite, kojom je obuhvaćen veći deo proizvodnih površina. Gradonosni oblaci se identifikuju pomoću meteoroloških radara, a zasejavaju se reagensom na bazi srebrojodida pomoću protivgradnih raketa.

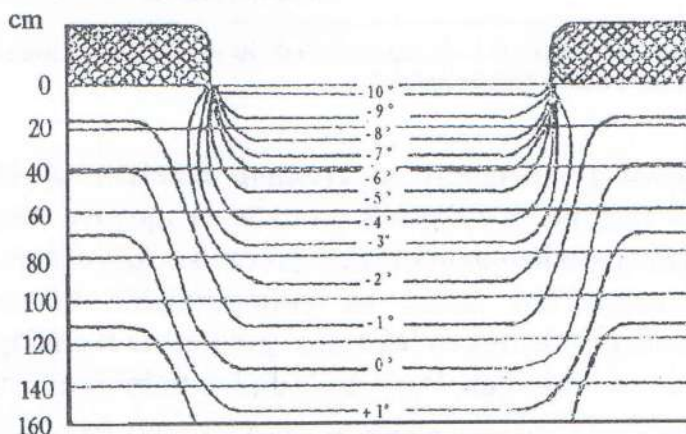
#### 4.6. Snežni pokrivač

U umerenim geografskim širinama do formiranje snežnog pokrivača dolazi zimi pri temperaturi vazduha ispod  $0^{\circ}\text{C}$ . Trajanje snežnog pokrivača u našoj zemlji iznosi od nekoliko dana, često i samo 1—2 dana, do nekoliko meseci u visokim planinskim predelima. Visina snežnog pokrivača je veoma promenljiva, ne samo u geografskom smislu već i na istom lokalitetu, zavisno od otopljenja ili zahlađenja praćenih snežnim padavinama, kao i od jačine vetra.

Značaj snežnog pokrivača u poljoprivredi je veoma veliki i raznovrstan. Pre svega on menja radijacioni režim Zemljine površine. Snežni pokrivač se odlikuje velikim albedom,\* koji kod sveže palog snega iznosi 90—95%, a u velikim gradovima, gde sadrži mnogo čađi i drugih primesa, može iznositi i 50—60%. Zbog velikog albeda, on znatno povećava osvetljenost, jer se Sunčevo zračenje, koje se odbija od površine snega, ponovo vraća na zemljinu površinu. Onaj deo Sunčevog zračenja koji prodire u unutrašnjost snežnog pokrivača, mada veoma mali, ima veliki značaj kako za život biljaka pod snegom tako i za topljenje snega.

Međutim, najveći značaj snežnog pokrivača je u tome što štiti ozime useve, višegodišnje trave, voćke i vinovu lozu od izmrzavanja. Razlog tome je mala toplotna provodljivost snega, koja je upravo proporcionalna gustini snega. Sa povećanjem gustine povećava se i toplotna provodljivost snega, a smanjuje njegov značaj kao termoizolatora. Sveže pali, rastresit sneg sadrži veću količinu vazduha između pojedinih čestica, pa stoga slabije provodi toplotu od starog, sabijenog snega. Sveže pali sneg je, dakle, bolji termoizolator jer sprečava prodiranje niskih temperatura vazduha u površinski sloj zemljišta, a ujedno smanjuje i odavanje toplote akumulirane u zemljištu tokom toplog dela godine.

Koliko snežni pokrivač štiti useve od izmrzavanja vidi se iz višegodišnjih podataka osmatranja na stanici u Lesnom (SSSR).



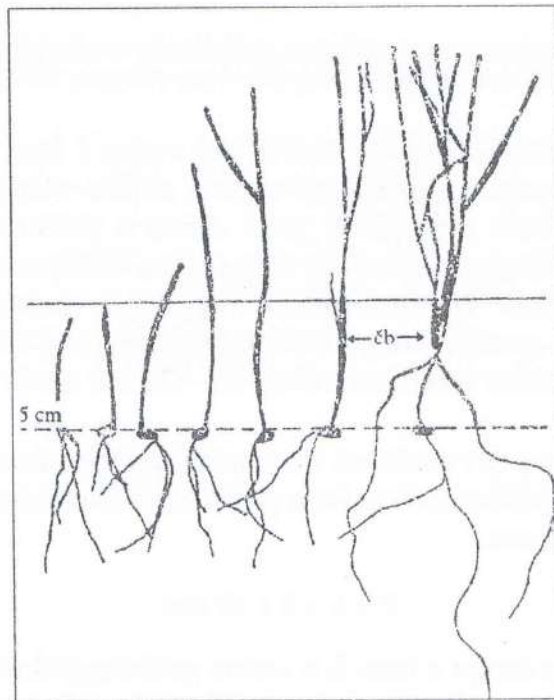
Sl. 4. Srednji raspored temperature zemljišta bez snega i sa snežnim pokrivačem (Lesno, SSSR)

Iz slike 4 vidi se da na dubini od 40 cm srednja temperatura zemljišta bez snežnog pokrivača iznosi  $-6^{\circ}\text{C}$ , a pod snežnim pokrivačem  $0^{\circ}\text{C}$ . Na dubini 100 cm ovaj odnos je  $-1,7^{\circ}\text{C}$  prema  $2,0^{\circ}\text{C}$ . Zapaža se takođe da se sa povećanjem dubine

\* Albedo je odnos između količine odbijene Sunčeve zračne energije i količine ove energije koja dođe do Zemljine površine, izražen u procentima.

smanjuje razlika u temperaturi zemljišta sa snežnim pokrivačem i bez snega, što znači da se smanjuje i uticaj snežnog pokrivača.

Uticaj snežnog pokrivača kao termoizolatora ne zavisi samo od njegove gustine već i od visine. Visina snežnog pokrivača od 10 cm, pod uslovom da je rastresit i ravnomerno raspoređen po polju, može zaštititi ozime useve od jakih mrazeva. Ispitivanjima je pokazano da je snežni pokrivač visine do 40 cm toliko dobar termoizolator da je temperatura zemljišta na dubini čvora bokorenja\* ozimih useva (dubina 3—5 cm) pri bilo kojim temperaturama vazduha retko niža od  $-6^{\circ}$  do  $-10^{\circ}\text{C}$  (Venckević, 1958). Temperature od  $-6^{\circ}$  do  $-10^{\circ}\text{C}$  ne oštećuju čvor bokorenja ozimih useva, jer je kritična temperatura na toj dubini kod većine sorti ozime pšenice  $-16^{\circ}$  do  $-18^{\circ}\text{C}$ , a za ozimu raž je još niža, od  $-22^{\circ}$  do  $-24^{\circ}\text{C}$ . Kritične temperature mogu u određenim uslovima biti i više, što zavisi od toga u kakvom su stanju biljke ušle u period prezimljavanja. Slabo razvijeni ozimi usevi sa nepovoljnim uslovima u procesu kaljenja manje su otporni na niske temperature i mogu ih oštetiti i slabiji mrazevi.

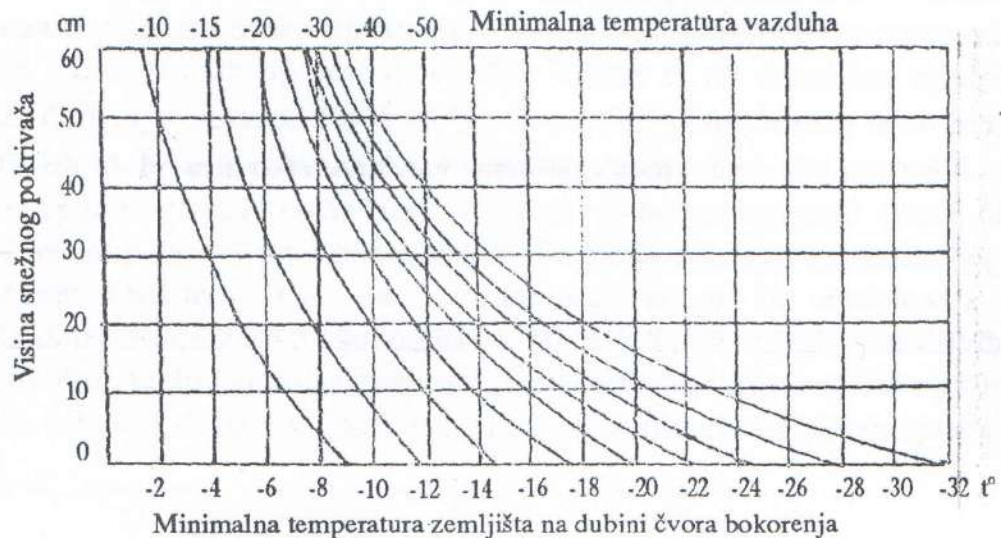


Sl. 5. Čvor bokorenja ozime pšenice

Koliko visina snežnog pokrivača utiče na temperaturu zemljišta na dubini čvora bokorenja ozimica (3 cm) vidi se iz korelacionog grafikona na sl. 6. Tako, na primer, pri temperaturi vazduha  $-30^{\circ}\text{C}$  i visini snežnog pokrivača 10 cm minimalna temperatura zemljišta na dubini 3 cm iznosi  $16^{\circ}\text{C}$ , a pri visini snega od 40 cm samo  $-9^{\circ}\text{C}$

\* Čvor bokorenja je prvo kolence glavnog stabla ispod površine zemljišta na kome se nalaze pupoljci iz kojih izbijaju bočna stabla — izdanci.

(Šuljgin, 1957). Pomoću ovog grafikona može se na osnovu minimalne temperature vazduha i visine snežnog pokrivača odrediti minimalna temperatura zemljišta na dubini čvora bokorenja.



Sl. 6. Veza minimalne temperature zemljišta na dubini čvora bokorenja i minimalne temperature vazduha pri različitim visinama snežnog pokrivača (Šuljgin, 1957)

Pored zaštitnog uticaja snežni pokrivač je važan i kao akumulator vlage. Pri proletnjem topljenju snega zemljište povećava zalihi vlage, što je od posebnog značaja za razviće ozimih a naročito jarih useva u proleće. Količina vode koju zemljište dobija od snežnog pokrivača je vrlo velika. Obično se uzima da zaliha vode novog, svežeg snega iznosi: 10 cm visine svežeg snega = 1 cm visine vode. Međutim, pri kraju zime, kada je gustina snega velika, sloj snega od samo 1 cm daje 30 tona vode po 1 hektaru, a snežni pokrivač visine 25—30 cm može dati do 900 tona vode po 1 hektaru.

Zaliha vode u snegu (P) može se izračunati pomoću formule kada se zna da 1 mm padavina izmerenih kišomerom, koje padnu u obliku snega, odgovara povećanju snežnog pokrivača za 1 cm.

$$P = h \times d \times 10 \text{ mm}$$

gde je P = zaliha vode u snegu u mm, h = visina snežnog pokrivača u cm i d = gustina snega. Ako je npr. visina snežnog pokrivača 30 cm i gustina snega 0,25, zaliha vode u snegu iznosi:

$$P = 30 \times 0,25 \times 10 = 75 \text{ mm}$$

Pri izračunavanju zalihe vode u snegu treba imati na umu da i visina i gustina snega tokom zime mnogo variraju, vremenski i prostorno. Zbog toga merenja treba vršiti često i na više tačaka, kako bi se dobile srednje vrednosti reprezentativne za ispitivano područje.

Pošto je uloga snega kao termoizolatora i akumulatora vlage u poljoprivrednoj proizvodnji veoma velika, raznim merama pribegava se njegovom zadržavanju i

ravnomernom raspoređivanju po polju. Postoji nekoliko načina za zadržavanje snega, zavisno od raspoloživog materijala i od toga da li je polje pod kulturom ili ne. Zadržavanje snega postavljanjem različitih prepreka po polju, kao što su plotovi (štitovi), koji se tokom zime mogu premeštati s jednog mesta na drugo, efikasnije je pri većoj visini snežnog pokrivača, ali iziskuje dosta truda. U tu svrhu mogu se koristiti i snopovi kukuruza, suncokreta i drugih visokostablašica. Jednostavniji način zadržavanja snega je ostavljanje strnjike posle žetve strnih žita, ili ostavljanje stabljika visokostablašica preko cele zime. Pored toga što zadržavaju sneg, stabljike obezbeđuju i njegovu ravnomernu raspodelu po polju.

#### 4.6.1. Nepovoljan uticaj snežnog pokrivača

Snežni pokrivač, iako je veoma koristan, može da utiče i nepovoljno na prezimljavanje poljoprivrednih kultura.

U područjima gde je visina snežnog pokrivača velika i gde se on dugo zadržava, zaštićeni ozimi usevi i višegodišnje trave postaju manje otporni na mraz, što može da ima štetne posledice kada posle nestanka snežnog pokrivača nastupi ponovo period niskih temperatura.

Ako se visok snežni pokrivač, formiran na nezamrznutom i vlažnom zemljištu, dugo zadržava, može doći do pojave koja je u našoj stručnoj terminologiji uslovno nazvana ugušivanje (iznurivanje, gladovanje).

To je složen proces koji nastaje zbog toga što je pod visokim snežnim pokrivačem temperatura vazduha relativno visoka, oko 0°C, pa se u biljkama produžava proces disimilacije. Kako se zbog nedostatka svetlosti u biljkama ne može obavljati proces fotosinteze, u takvim uslovima dolazi do ubrzanog trošenja zaliha organskih materija. Intenzitet rashoda ovih materija zavisi od temperature i stanja biljaka pre ulaska u zimu. Proces iznurivanja biljke traje dugo (2—3 meseca), posle čega nastaje gladovanje, kada biljke zalihe šećera popunjavaju na račun skroba. Pri tome nastaje rashod belančevina i raspadanje strukture ćelija. Faza gladovanja počinje kada zalihe šećera u tkivima biljke padnu na 2—4% od suve materije. Većina biljaka uginu ako faza gladovanja traje 30—40 dana. Ukoliko tokom faze gladovanja snežni pokrivač nije iščezao, onda se na biljkama razvija snežna plesan i posle nekoliko dana one uginu (Serjakova, 1978). Snežnu plesan prouzrokuje gljivica *Fusarium nivale*, pa se ovo oboljenje naziva još i fusarioza.

Smatra se da ozima žita, u normalnim uslovima vegetacije i kaljenja u jesen, ulaze u zimski period sa zalihom organskih materija (šećera) oko 25% od težine suve materije, ili oko 400 mg na 1 g suve materije. Praktično, pri temperaturi oko 0°C na proces disimilacije utroši se oko 8 mg šećera na 1 g suve materije, što znači da postojeća zaliha može biti dovoljna samo za 50 dana. Pri temperaturi od -7°C zalihe šećera su dovoljne za 100 dana, a pri 7°C samo za 25 dana.

Pod debelim snežnim pokrivačem može doći do ugušivanja useva zbog nedostatka kiseonika, naročito ako se na površini snežnog pokrivača nalazi i ledena kora, o čemu će biti govora posebno.

U voćarstvu sneg takođe može dovesti do izvesnih oštećenja. Velika količina vlažnog snega na granama voćaka može prouzrokovati lomljenje grana. Na težinu snega najosetljivije su grane šljiva, koje se najčešće lome. Da se to ne bi desilo, treba povremeno stresati sneg sa grana šljiva.

Dugo zadržavanje snežnog pokrivača u proleće takođe je štetno, jer usled toga kasnije počinju poljski radovi i kretanje vegetacije. Štetno je i naglo topljenje snega u proleće, jer prouzrokuje bujice i poplave.

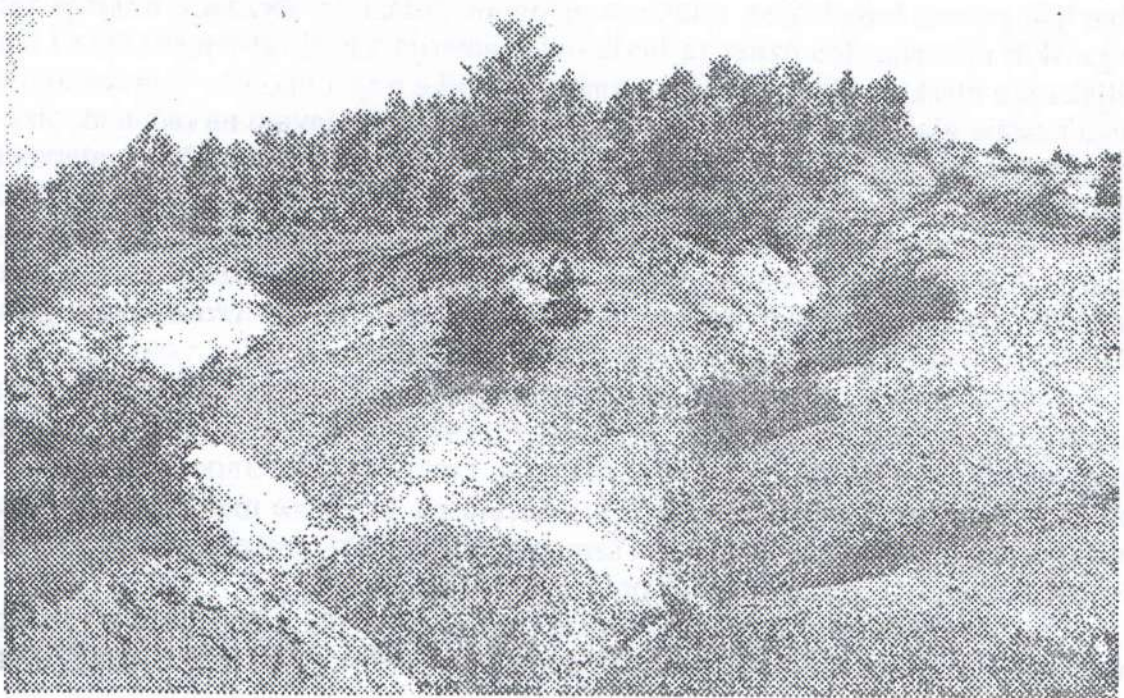
Dešava se da sneg padne u proleće kada je vegetacija već krenula. To može da šteti termofilnim biljkama, a naročito procvetalom voću. Mokri sneg izaziva mehaničke lomove nežnijih grana krošnje.

#### 4.7. Vodna erozija

Vodna erozija ili erozija vodom je odnošenje zemljišnih čestica pri kretanju vode. Kako na horizontalnom tlu nema kretanja vode, to je intenzitet vodne erozije utoliko veći ukoliko je teren strmiji, količina vode veća i čestice zemljišta sitnije.

Vodna erozija može biti površinska i dubinska.

Površinska erozija, najrasprostranjeniji oblik erozije, sastoji se u otkidanju ili razjedanju površinskog sloja zemljišta, tako da voda odnosi za sobom najfinije zemljišne čestice, zajedno sa mineralnim materijama. Količina odnetog materijala često je velika. Ovaj oblik erozije se ponekad može poznati i po boji. Isprana zemljišta imaju svetliju boju "mrtvice", za razliku od zemljišta koja nisu izložena dejstvu erozije i koja zbog prisustva humusa i mikroorganizama imaju tamniju boju.



Sl. 7. Površinska i dubinska erozija

Dubinska erozija je u stvari podlokavanje površine, koje dovodi do obrazovanja brazda, jaruga, odrona i klizanja terena. I kod ovog oblika erozije koeficijent oticanja

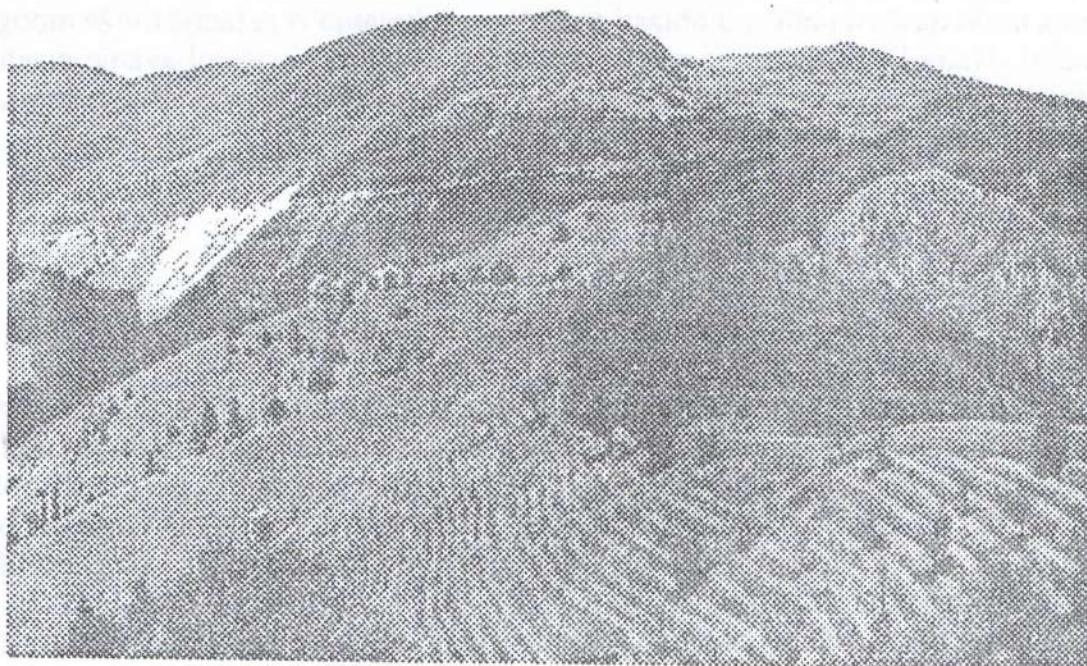
vode je vrlo visok, usled podzemnog kretanja i neznatnog isparavanja. Dubinska erozija nastaje kada je površinsko oticanje vode u mlazevima. Ako su mlazevi slabiji, onda se obrazuju manja udubljenja — brazde, a ako su jači, udubljenja su veća — u obliku jaruge. Do odrona i klizanja terena dolazi usled oticanja površinskih i podzemnih voda.

Intenzitet erozije zavisi od mnogih činilaca, od kojih su najvažniji: klima, biljni pokrivač, način iskorišćavanja zemljišta i oblik terena.

Od klimatskih elemenata na eroziju najviše utiču padavine i temperatura. Što su padavine obilnije i većeg intenziteta, njihov uticaj na eroziju je veći. Pri tome je od presudnog značaja da li one padaju na zemljište bez vegetacije ili sa biljnim pokrivačem, kada je njihovo štetno dejstvo znatno umanjeno.

Temperatura vazduha i zemljišta ima veoma veliki uticaj na eroziju. Visoke temperature i odsustvo ili vrlo male količine padavina dovode do znatnog isušivanja zemljišta, a takva zemljišta lakše podležu eroziji. Na intenzitet erozije veoma utiču dnevna kolebanja temperature. Što su ona veća, erozija je na takvom zemljištu jače izražena.

Najvažniji činilac koji smanjuje štetno dejstvo erozije je biljni pokrivač. Ukoliko je on razvijeniji utoliko je i erozija slabije izražena, i obrnuto. Razlog tome je najpre što biljni korenovi vezuju zemljišne čestice, čime se sprečava njihovo odnošenje. Zatim, biljni pokrivač smanjuje udarnu moć kišnih kapi, čime sprečava razbijanje strukture zemljišta. Osim toga, on zadržava jedan deo padavina, odakle se one isparavanjem opet vraćaju u atmosferu u vidu vodene pare. Biljni pokrivač, travni ili šumski, omogućava da se na površini zemljišta nagomilava otpalo lišće i drugi biljni delovi, što takođe omogućuje znatno zadržavanje vode od kiše ili otopljenog snega.



Sl. 8. Protiverozioni radovi



Pojavi erozije doprinosi uništavanje biljnog pokrivača, kao što je neracionalna seča šuma ili neracionalno iskorišćavanje pašnjaka prekomernom ispašom stoke, kao i šumski požari. Kako 76% ukupne površine Jugoslavije ima nagib terena veći od 5%, to je uticaj šuma na sprečavanje i smanjenje negativnih posledica erozije zemljišta presudan.

#### 4.7.1. Mere borbe protiv erozije

Mere borbe protiv erozije odnose se prvo na sprečavanje pojave erozije, a drugo na regeneraciju erodiranih zemljišta.

U mere borbe za sprečavanje pojave erozije spada najpre pravilan raspored vegetacije i oranica. Naime, na strmim padinama treba ostaviti šumske nasade, a terene sa blagim nagibom i ravnice koristiti kao oranice.

Pošto vodna erozija nastaje usled površinskog oticanja vode, jedan od načina sprečavanja pojave erozije je zadržavanje ovih voda. Najjednostavniji način je oranje i setva ili sadnja poljoprivrednih kultura u redove po izohipsama, a ne uzdužno. Na taj način svaka brazda i svaki red kultura sprečava oticanje vode, a samim tim i spiranje zemljišta.

U ove mere spada i duboko oranje zemljišta, po izohipsi. Duboko uzorano zemljište može da upije više vode i da je duže zadrži nego pliće uzorano. Na takvom mestu biljni pokrivač je gušći i jači, pa bolje štiti zemljište od erozije.

Mada se na strmijim terenima ne preporučuje oranje, ipak, ako se tome mora pribeci, kao npr. u planinskim krajevima gde jedino takvi tereni stoje na raspolaganju za zemljoradnju, onda treba primeniti terasiranje padina, odnosno stvaranje stepenastog profila, ograđivanjem terasa sa spoljašnje strane zemljanim nasipima.

U mere za regeneraciju erodiranih zemljišta spada pre svega otklanjanje uzroka koji izazivaju eroziju, tj. sprečavanje čoveka da deluje destruktivno. Iako se na prirodne činioce koji izazivaju eroziju, a to su makroklimatski uslovi i strmenitost terena, malo može da utiče, u oblasti biološkog delovanja vegetacije može mnogo da se učini. Najbolja mera za sprečavanje pojave erozije je pošumljavanje erodirane teritorije, sejanje višegodišnjih trava, podizanje vetrozaštitnih šumskih pojaseva, koji između ostalog smanjuju i površinsko oticanje vode.

## 5. VETAR

Vetar u poljoprivrednoj proizvodnji ima veliki značaj, kako zbog korisnog tako i još više zbog štetnog dejstva.

Pozitivna uloga vetra u životu biljaka ogleda se u tome što je vetar manje jačine veoma koristan u vreme cvetanja biljaka, jer omogućava oprašivanje anemofilnih biljaka (biljke kod kojih se oprašivanje vrši posredstvom vetra), prenoseći polen s jedne biljke na drugu. Utvrđeno je da su najpovoljniji uslovi oprašivanja pri brzini vetra 2—3 m/s (Serjakova, 1978), dok se pri većim brzinama, usled odnošenja polena, oprašivanje smanjuje.

U proleće, kada je posle topljenja snega vlažnost zemljišta velika, vetar povećava isparavanje, tako da suvišna voda ispari i stvore se povoljni uslovi za obavljanje prvih prolećnih radova.

Vetar utiče i na proces obrazovanja rose. Slab vetar povećava količinu rose, donoseći nove količine vodene pare. Međutim, jak vetar sprečava nastajanje rose, jer ne dozvoljava vodenoj pari da se u dodiru sa zemljom ohladi.

Vetar se u poljoprivrednoj proizvodnji, u područjima sa čestim i jakim vetrovima, može koristiti kao pokretna snaga za mlinove, elektrostanice i različite uređaje za navodnjavanje. Pri tome brzina vetra treba da je najmanje 6—8 m/s.

Negativno dejstvo vetra na poljoprivredne kulture može biti direktno i indirektno.

Direktne štete od vetra nastaju zbog jakog pritiska vetra na same biljke, a indirektno zbog toga što vetar povećava isparavanje sa zemljišta i biljaka.

Jaki vetrovi mogu još u jesen nepovoljno uticati na pravovremeno obavljanje radova oko pripreme zemljišta za setvu, a mogu da ometaju i izvođenje same setve. Isti je slučaj i pri proletnjoj setvi jarih useva.

U toku zime jaki vetrovi nanose štete ozimim usevima, višegodišnjim travama, voćkama i vinovoj lozi. Oni odnose snežni pokrivač sa otvorenih i uzvišenih mesta i nagomilavaju ga na nižim terenima i u uvalama kao snežne nanose. Na taj način izlažu ove kulture s jedne strane izmrzavanju, a s druge strane oštećenjima koja nastaju usled visokog snežnog pokrivača.

Najveće štete od vetra nastaju tokom vegetacionog perioda.

Jaki, olujni vetrovi mogu naneti velike štete strnim usevima već u fazi klasanja. Tada, ako je vetar praćen kišom, najčešće dolazi do njihovog poleganja. Kasnije, u fazi sazrevanja, vetar ove jačine prouzrokuje ne samo poleganje već i prelom stabla, što znatno otežava rad mašina pri žetvi. U fazi pune zrelosti olujni vetar utiče na osipanje zrna iz klasa, a to osetno smanjuje prinos.

Jaki vetrovi prouzrokuju poleganje i prelom stabljike kukuruza i suncokreta i drugih biljaka osetljivih na poleganje. Kukuruz je osetljiv na vetar u početku brzog porasta, kada su stabljika i listovi već obrazovani ali su još nežni, kao i u periodu obrazovanja zrna.

Velike štete vetrovi nanose i voćkama i vinovoj lozi. Za vreme cvetanja jaki vetrovi otežavaju oprašivanja cvetova, jer ometaju let insekata — oprašivača, naročito pčela. Pošto oplođavanje voćaka uglavnom zavisi od redovne posete insekata, to svako ometanje dovodi do smanjenja prinosa. Pored toga, jaki vetrovi kidaju cvetove, otesaju plodove, lome grane ili lastare vinove loze, a ponekad izvaljuju i cela stabla. Osim toga, vetar nanosi veliku štetu i time što prenosi seme korova, kao i spore biljnih bolesti. Jaki vetrovi ometaju i rad poljoprivredne avijacije pri setvi, rasturanju đubriva i hemijskih sredstava za uništenje korova i biljnih bolesti.

U poljoprivrednoj proizvodnji veliku štetu nanose suvi vetrovi, i to u svim fazama razvića biljaka. Praćeni visokom temperaturom i niskom vlažnošću vazduha, ovi isušujući vetrovi čak i pri brzini od 3 m/s povećavaju isparavanje za 2—3 puta. U vreme cvetanja zbog dejstva suvih vetrova nastaje sušenje žiga, čime se onemogućava oplodnja, što znatno utiče na prinos. Najveće štete oni nanose u fazi nalivanja zrna žitarica, kada zrna još nisu postigla dovoljnu tvrdoću. Tada se usled prinudnog zrenja dobija sitno i šturo zrno. I kod ostalih poljoprivrednih kultura suvi vetrovi smanjuju prinos i kvalitet ploda.

U sušnim periodima, a naročito u suvo rano proleće zbog velikih dnevnih

kolebanja temperature vazduha i površinskog sloja zemljišta, nastaju povoljni uslovi za pojavu *eolske erozije* ili erozije vetrom. To je odnošenje čestica zemlje vetrom. Suvo i prašinsto zemljište odnose već i slabiji vetrovi. Međutim, eolska erozija najčešće nastaje kada vetar duva brzinom iznad 10 m/s (Todorov, 1962).

Vetar ima veliki uticaj i na razviće drveća i šiblja. On usporava porast mladih sadnica, kida pupoljke i lomi grane, naročito na navetrenoj strani. U područjima gde vetar često duva iz jednog pravca, na strani okrenutoj vetru ima vrlo malo grana, dok su na suprotnoj strani one normalno razvijene. Drugim rečima, vetar dovodi do deformacije drveća, tj. stabla i grana, i do asimetričnog razvijanja korena, što znatno smanjuje kvalitet takvog drveta.

Veliki je uticaj vetra i kod primene hemijskih sredstava u poljoprivredi, jer je pri povećanoj brzini vetra efekat njihove primene manji zbog odnošenja hemijskih sredstava izvan područja koje se tretira, što može da ima i štetne posledice po druge, okolne useve osetljive na ove supstance. Vetar igra veliku ulogu i pri prenosu različitih zagađujućih materija na manje ili veće udaljenosti od izvora zagađenja.

### 5.1. Mere zaštite od vetra

Radi smanjenja štetnog dejstva vetra na poljoprivredne kulture može se preduzeti čitav niz mera, počev od preventivnih pa do podizanja raznih vetrozaštitnih pojaseva.

U preventivne mere spada pravilan raspored i izbor biljaka. Na primer, pri podizanju zasada višegodišnjih kultura, kao što su voćnjaci i vinogradi, treba izbegavati položaje koji su u toku vegetacije izloženi jačim vetrovima. To se naročito odnosi na zasade jabuka i krušaka, koje su dosta osetljive na vetar.

Najbolja zaštita od vetrova velike jačine su vetrozaštitni šumski pojasevi, koji u znatnoj meri smanjuju brzinu vetra i ublažuju njegovo nepovoljno delovanje na biljke. Efektivnost vetrozaštitnih šumskih pojaseva zavisi u prvom redu od njihove gustine i visine, a veoma malo od širine.

Prema istraživanjima na Britanskim ostrvima (Gloyne, 1964-1965; 1973) u područjima gde srednja godišnja brzina vetra na standardnoj visini dostiže oko 5 m/s zaštitni pojasevi su korisni za hortikulturene biljke (uključujući i voćke), ako ona dostiže 8 m/s zaštita od vetra treba da postoji, a pri 10 m/s je nužna ako se gaje komercijalni usevi.

Smanjenje brzine vetra zavisi od propustljivosti šumskih pojaseva. Ona se kvantitativno može odrediti odnosom između propusnih površina u pojasa i ukupne vertikalne površine pojasa. Taj odnos, izražen u procentima, naziva se ažurnost šumskog pojasa.

Najefikasniji su šumski pojasevi ažurne konstrukcije koji imaju više ili manje ravnomerno raspoređene uske otvore između olistalih grana i gde se između drveća nalazi žbunje. Opšta ažurnost pojasa treba da iznosi oko 30%, s tim što je maksimalna ažurnost u donjem delu, gde može ići i do 50—60%, a sa visinom pojasa se smanjuje.

Radius delovanja vetrozaštitnih šumskih pojaseva zavisi od njihove visine. Utvrđeno je da se smanjivanje brzine vetra zapaža na rastojanju koje kod šumskih

pojaseva ažurne konstrukcije iznosi 40-50 visina pojasa, a kod slabopropustljivih šumskih pojaseva 20-30 visina pojasa. Tako, ako visina pojasa iznosi 10 m, smanjivanje brzine vetra u zavetrini ažurnog šumskog pojasa osetiće se na rastojanju 400-500 m, a kod slabopropusnog 200-300 m. U aridnijim oblastima, gde drveće nije tako visoko, rastojanje između pojaseva treba da je manje, oko 200-300 m, nego u humidnijim oblastima, gde obično iznosi 400-700m.

Vetrozaštitni šumski pojasevi podižu se upravno na pravac preovlađujućeg vetra. Međutim, u područjima gde nije jasno izražen preovlađujući pravac vetra oni se podižu sa svih strana polja, u vidu kvadrata ili pravougaonika, što svakako predstavlja bolji način zaštite.

Samim tim što smanjuju brzinu vetra, vetrozaštitni šumski pojasevi smanjuju i isparavanje sa zemljišta i transpiraciju, koji su najmanji u blizini zaštitnih pojaseva, a sa udaljavanjem od njih se povećavaju. Osim toga, pojasevi utiču i na ravnomerniju raspodelu snežnog pokrivača, jer sprečavaju njegovo odnošenje i na taj način stvaraju bolje uslove za prezimljavanje ozimica, a ujedno povećavaju i vlažnost zemljišta.

Na poljima zaštićenim šumskim pojasevima veća je ne samo vlažnost zemljišta nego i vlažnost vazduha, i to suvih i toplih dana za 15%, a oblačnih za 7-8%, što doprinosi ublažavanju šteta pri pojavi vazdušne suše.

U povrtarstvu se za zaštitu manjih površina koriste vetrozaštitni pojasevi od 2 do 4 reda kukuruza, koji se zasade oko parcele sa povrtarskim biljkama. Kao prirodna zaštita vrtova koristi se gusto zasađeno šiblje, koje ujedno služi i kao ograda. Od veštačkih prepreka koristi se ograda od trske ili dasaka.

## 6. LITERATURA

- Čirkov J.I., 1975: Osnovi seljskohozjajstvenoj meteorologiji. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Gloyne R.W., Lomas J., 1980: Lecture Notes for Training Class II and III Agricultural Meteorological Personnel. WMO — 551, Geneva.
- Grupa autora, 1988: Protivgradna odbrana u SR Sloveniji. Univerzitet Edvarda Kardelja u Ljubljani, VDO Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo u suradnji sa RHMZ SR Slovenije, Ljubljana.
- Heršković E., Dilkov D., Vangeles., 1962: Agrometeorologijata i seljskoto stopanstvo, Zemizdat, Sofija.
- Karolj B. P., 1957: Snežnij pokrov. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Konstantinov A.R., Struzer L. R., 1965: Lesnie polosi i urožai. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Lekcii po seljskohozjajstvennoj meteorologiji. Pod red. S. Kulika i V. V. Sinelščikova, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Longvinov K.T., Babičenko V.A., Kulakovskaja M. J., 1972: Opasnije javljenija pogodi na Ukrajine. Ukrainnskij naučnoissledovateljskij gidrometeorologičeskij institut, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Lundegårdh H., 1957: Klima und Boden. Veb. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Maksimov S. A., 1963: Pogoda i seljskoe hozjajstvo. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Mihalić V., 1985: Opća proizvodnja bilja. Školska knjiga, Zagreb (II dopunjeno izdanje).
- Mišić V., 1964: Ekološki faktori i njihov značaj za biljni svet. Zavod za izdavanje udžbenika SR Srbije, Beograd.
- Otorepec S., 1962: Agrometeorologija. Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd (skripta).
- Otorepec S., Ljubinković B., 1966: Zaštita i osiguranje useva, voćnjaka i vinograda od vremenskih nepogoda. Zadržna knjiga, Beograd.
- Pavlova M.D., 1974: Praktikum po agrometeorologiji. Gidrometeoizdat, Leningrad.

- Pećinar M., 1955: Analiza osnovnih pojava kod erozije tla. Naučne osnove borbe protiv erozije, Prvo savetovanje, Beograd.
- Popović Ž., 1962: Fiziologija bilja. Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.
- Rašeta J., 1978: Prilog proučavanju šteta od grada u biljnoj proizvodnji. Savetovanje o zaštiti od elementarnih nepogoda u Arandelovcu, Hidrometeorološki zavod SR Srbije.
- Rudnev G. V., 1960: Pogoda i posevi. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Rudnev G. V., 1964: Agrometeorologija. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Serjakova L.P. 1978: Agrometeorologija. Leningradskij ordena Lenina politehničkog institut imeni M. I. Kalinina, Leningrad.
- Sinicina N. I., Goljberg I. A., Strunnikov E. A., 1973: Agroklimatologija. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Skazkin F. D., 1962: Kritični period kod biljaka u odnosu na nedovoljno snabdevanje vodom. (Prevod), Centar za unapređenje poljoprivredne proizvodnje NR Srbije, Beograd.
- Stanković D.: Biologija, Fiziologija bilja. Zavod za izdavanje udžbenika i nastavna sredstva, Beograd.
- Šain S. S., Bogdanov P. I., Kašmanov A. A. Kosareva E. G., Kosobokov G. I., Kuznecova G. K., Mošova A. V., Trusova N. R., Tjain V. V., 1963: Svet i razvitie rastenii. Izdateljstvo seljskohozjajstvennoj literaturi, Moskva.
- Šulgin A. M., 1957: Temperaturnii režim počvi. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Šulgin A. M. 1966: Metodika seljskohozjajstvennoj ocenki klimata. Moskovskii gosudarstvennij universitet im. Lomonosova, Moskva.
- Todorov T., 1962: Vrhovetovata erozija na počvata v NR Bgarija. Selskostopanski institut "G. Dimitrov", Agronomičeski fakultet, Naučni trudove, t. XI (XXXIX), Zemizdat, Sofija.
- Venckevič G. Z., 1958: Agrometeorologija. Gigrometeoizdat, Leningrad.
- Vitkević V. I., 1960: Seljskohozjajstennaja meteorologija. Gosudarstvennoe izdateljstvo seljskojajstvennoj literaturi, Moskva.
- Vučić N., 1976: Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
- Wang J.Y., Bruton M.D., Luchess C.E., Roper T.I., 1982: The Grower's Weather Guide for Farming Practices. Milieu Information Services, San Jose, California.

### GLAVA III

## AGROMETEOROLOŠKI USLOVI PREZIMLJAVANJA POLJOPRIVREDNIH KULTURA

U toku zime, pod kojom se podrazumeva period sa srednjom dnevnom temperaturom ispod 0°C, nepovoljne vremenske pojave mogu naneti oštećenja biljkama, iako su biljke u umerenim širinama prilagođene uslovima koji vladaju u ovo doba godine. Pre svega, u periodu zimskog mirovanja svi životni procesi u biljci smanjeni su do dopustivog minimuma, a osim toga postoji i niz različitih načina prilagođavanja, kao što je kaljenje biljaka, zbacivanje lišća, zatim pupoljci dobijaju zaštitne ljuskaste listove, izbojci se pokrivaju peridermom, plutastim tkivom.

Uslovi prezimljavanja ozimih kultura, od kojih je u našoj zemlji najviše zastupljena i najvažnija ozima pšenica, zatim višegodišnjih trava, voćaka i vinove loze veoma utiču na dalji porast i razviće ovih biljaka posle obnavljanja vegetacije u proleće, a samim tim i na kvalitet i kvantitet prinosa. Biljke koje ne prođu normalno period mirovanja, ne razvijaju se normalno ni u narednom vegetacionom periodu.

### 1. PRIPREMA BILJAKA ZA PREZIMLJAVANJE

Prezimljavanje poljoprivrednih kultura zavisi od stepena njihove pripremljenosti za zimu i od vremenskih uslova u toku zime.

Pripremljenost biljaka odnosi se na povećanje njihovog stepena otpornosti prema niskim temperaturama i drugim nepovoljnim uslovima, kao što su ledena kora, zimska otopljenja, golomrazica ili visok snežni pokrivač, plavljenje i dr. Stepenn otpornosti biljaka nije isti u svim godinama, pa čak ni u toku jedne zime.

Otpornost biljaka prema raznim nepovoljnostima zavisi od bioloških osobina vrste, odnosno sorte, stanja biljaka pred ulazak u zimu, a veoma i od uslova kaljenja.

Jedan od uslova za uspešno prezimljavanje ozimica je da one uđu u zimski period dobro razvijene i dobro ukorenjene. To je slučaj kada je setva izvršena pravovremeno. Međutim, pri kasnoj setvi ozimi usevi ulaze u zimu tek u fazi nicanja, a pri ranoj setvi suviše razvijeni i time manje otporni.

Kaljenje biljaka predstavlja kompleks fizioloških i biohemijskih promena u toku kojih biljke postepeno stižu otpornost prema niskim zimskim temperaturama.

Kod kaljenja ozimica razlikuju se dve faze. Za *prvu fazu kaljenja* najpovoljnije je sunčano vreme sa srednjim dnevnim temperaturama vazduha od  $0^{\circ}$  do  $6^{\circ}\text{C}$  (dnevne temperature  $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ , a noćne nešto ispod  $0^{\circ}\text{C}$ ). U toj fazi dolazi do nagomilavanja šećera i drugih organskih materija, koje imaju nisku tačku mržnjenja, te stoga povećavaju otpornost na mrazeve. Ova faza kaljenja traje oko 15 dana.

Nagomilavanje šećera u biljci je neophodan ali ne i dovoljan uslov za sticanje maksimalne otpornosti. Biljka treba da prođe i *drugu fazu kaljenja*, koja protiče pri slabim mrazovima, jačine od  $-5^{\circ}$  do  $-8^{\circ}\text{C}$  i traje 5—7 dana. U ovoj fazi postepeno se smanjuje količina slobodne vode (koja lako prelazi u led) u biljnim ćelijama, prelazeći u međućelijske prostore. Na taj način povećava se koncentracija zaštitnih materija u ćelijama, smanjuje intenzitet difuzije vodene pare u međućelijske prostore i usporava rast kristala. To dovodi do naglog povećanja otpornosti ozimih useva prema mrazovima i drugim nepovoljnostima (Sinicina i drugi, 1973).

Poslednja istraživanja sovjetskih fiziologa su pokazala da, pored ozimih useva i višegodišnjih trava, i višegodišnje drvenaste biljke prolaze kroz dve faze kaljenja. Prva faza kaljenja najpovoljnije protiče pri temperaturi vazduha nešto iznad  $0^{\circ}\text{C}$ , a druga faza pri nižim temperaturama, ispod  $0^{\circ}\text{C}$ .

Pod uslovom da su se u predzimskom i u početku zimskog perioda biljke dobro pripremile i stekle maksimalnu otpornost, štetno dejstvo raznih nepovoljnih vremenskih pojava manje će se odraziti na njihovo stanje u toku prezimljavanja, a time i na njihovo dalje razviće.

## 2. NEPOVOLJNE VREMENSKE POJAVE U TOKU PREZIMLJAVANJA

Tokom zime mogu nastupiti razne nepovoljne vremenske pojave od čijeg intenziteta i trajanja zavisi koliko će štetu one naneti poljoprivrednim kulturama. U prvom redu to su jaki zimski mrazovi, koji dovode do oštećenja ili izmrzavanja biljaka, zatim duža zimska otopljenja, ledena kora, o čemu će se nešto više izneti. O nepovoljnom uticaju visokog snežnog pokrivača, koji može prouzrokovati ugušivanje biljaka, kao i o jakim vetrovima koji odnoseći sneg ogoljavaju useve a na drugom mestu prave smetove, bilo je govora ranije.

### 2.1. Zimski mrazovi

Zimski mrazovi u određenim uslovima mogu naneti znatna oštećenja ili čak dovesti do uginuća biljaka, iako se biljke pred ulazak u zimu pripremaju i prilagođavaju na niske zimske temperature. Veličina oštećenja zavisi od intenziteta i trajanja mraza, kao i od visine snežnog pokrivača.

Oštećenja biljaka nastaju zato što usled niskih temperatura voda u međućelijskim prostorima prelazi u led. Ako mraz potraje duže, ili temperatura i dalje pada, povećava se zapremina leda na račun vode iz protoplazme. Ovakva protoplazma gubi osobinu polupropustljivosti i iz ćelije izlazi voda sa materijama

koje se u njoj rastvaraju. Pored toga, kristalići leda vrše mehanički pritisak na protoplazmu, čime se njena struktura nepovratno narušava i ćelije uginu. Uginuće biljaka pri niskim temperaturama ne nastaje dakle usled njihovog neposrednog uticaja, već usled gubitka vode iz protoplazme.

Ozimi usevi podnose bez oštećenja dosta niske temperature. Izmrzavanje ovih useva nastaje onda kada se temperatura zemljišta na dubini čvora bokorenja (oko 3 cm) spusti ispod kritične vrednosti i zadrži izvesno vreme. Tada u tkivu nastaju nepovratni procesi koji prouzrokuju uginuće biljnih ćelija. Uginuće čvora bokorenja dovodi do uginuća cele biljke. U slučaju da nadzemni delovi ozimih useva izmrznu potpuno ili delimično, a čvor bokorenja ostane neoštećen, one će u proleće ponovo obrazovati novu stabljiku i lišće.

Analiza višegodišnjih rezultata merenja temperature zemljišta u našoj zemlji pokazala je da se minimalne temperature zemljišta na dubini 5 cm najčešće kreću od  $-5^{\circ}$  do  $-10^{\circ}\text{C}$ , mada u pojedinim godinama mogu biti i niže (tab. 13). Najniži apsolutni terminski minimumi zabeleženi su tokom zime 1955/56. godine, i to u opservatoriji u Beogradu  $-14,4^{\circ}\text{C}$  i Križevcima  $-14,0^{\circ}\text{C}$ .

Od ozimih žita najotpornija je raž, za koju je kritična temperatura zemljišta na dubini čvora bokorenja  $-22^{\circ}$  do  $-24^{\circ}\text{C}$ , a za neke naročito otporne sorte i do  $-25^{\circ}$ ,  $-30^{\circ}\text{C}$ . Pšenica je nešto osetljivija i za većinu sorata kritična temperatura iznosi od  $-16^{\circ}$  do  $-18^{\circ}\text{C}$ , a najosetljiviji je ozimi ječam, čije najotpornije sorte ne podnose temperature ispod  $-12^{\circ}\text{C}$ . Kritična temperatura tokom zime nije konstantna. Najniža je u toku zime, a idući ka proleću je nešto viša.

APSOLUTNI TERMINSKI MINIMUMI TEMPERATURE ZEMLJIŠTA U JUGOSLAVIJI  
Period: 1951—1975

Tab. 13

Dubina (cm)	Ekstremne vrednosti ( $^{\circ}\text{C}$ )	Najčešće vrednosti ( $^{\circ}\text{C}$ )
2	-14,4 do -2,5°	-5 do -10°
5	-12,9 do -1,3	-5 do -10
10	-10,3 do + 1,0	-0,1 do -5
20	-6,8 do +2,0	-0,1 do -5
30	-4,9 do +4,5	-0,1 do -5
50	-2,5 do +5,8	+0,0 do +5
100	-1,8 do +7,0	+0,0 do +5

Višegodišnji usevi, kao što su lucerka i detelina, dosta su otporni na niske temperature. Tako lucerka izdržava zimske mrazeve do  $-25^{\circ}\text{C}$ , dok je detelina osetljivija, jer je kritična temperatura zemljišta na dubini 2—3 cm (gde se nalazi vrat korena) od  $-16^{\circ}$  do  $-20^{\circ}\text{C}$ , a pri nepovoljnim uslovima kaljenja čak i mnogo viša, od  $-10^{\circ}$  do  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Kod voćaka i vinove loze najosetljiviji su oni delovi koji sadrže veće količine vode. Mlade voćke i sadnice osetljivije su prema mrazu od starijih voćaka jer sadrže više vode. Od pojedinih delova voćaka najotporniji su lisni pupoljci, dok su cvetni pupoljci osetljiviji. Međutim, osetljivost pupoljaka prema mrazu zavisi od vrste i sorte voćaka, starosti voćke i vremena obrazovanja pupoljaka. Kritična temperatura za većinu koštičavog voća u toku zime je od  $-25^{\circ}$  do  $-35^{\circ}\text{C}$ , a znatan broj sorata jabuka može izdržati i ispod  $-35^{\circ}\text{C}$ . Najotporniji su pupoljci jabuke i kruške, a



najosetljiviji pupoljci breskve, koji izmrzavaju pri temperaturi od  $-24^{\circ}$  do  $-28^{\circ}\text{C}$ . Vinova loza je osetljivija prema mrazovima od voćaka. Okca loze izmrzavaju već na  $-17^{\circ}$ , a na  $-25^{\circ}\text{C}$  mogu izmrznuti lastari i krakovi čokota.

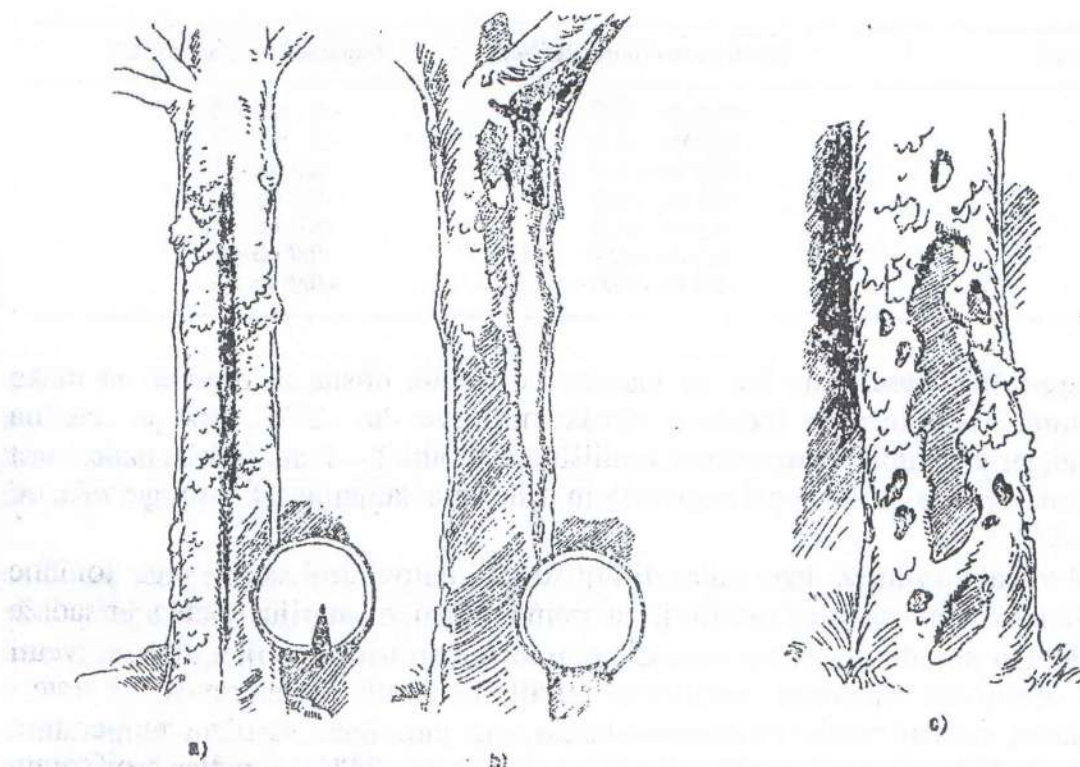
Najosetljivije na mraz su suptropske kulture koje se i u našoj zemlji gaje na Primorju. Pošto one i nemaju pravo zimsko mirovanje, mnogo su manje otporne na mrazeve od listopadnih vrsta. U tab. 14 prikazane su temperature koje dovode do oštećenja ili uginuća ovih kultura.

KRITIČNE TEMPERATURE ZA NEKE SUPTROPSKE KULTURE U VREME ZIMSKOG MIROVANJA  
(Maksimov, 1963)

Tab. 14

Vrsta	Slabo oštećenje	Jako oštećenje	Uginuće
Limun, pomorandža	$-4^{\circ}$ , $-5^{\circ}\text{C}$	$-6^{\circ}$ , $-7^{\circ}\text{C}$	$-8^{\circ}$ , $-9^{\circ}\text{C}$
Mandarine	$-7$ , $-8$	$-8$ , $-10$	$-11$ , $-12$
Maslina, lovor	$-9$ , $-10$ ,	$-12$ , $-15$	$-16$ , $-20$

Međutim, za razliku od nadzemnih delova, koren voćaka je dosta osetljiv prema mrazu i pojedini njegovi delovi lako izmrzavaju već pri slabim mrazovima. Temperatura izmrzavanja korena koleba se od  $-7^{\circ}$  (vinova loza) do  $-15^{\circ}\text{C}$  (jabuka, višnja). U stvari, temperatura zemljišta od  $-10^{\circ}\text{C}$  može dovesti do oštećenja, a temperatura oko  $-14^{\circ}$  do uginuća korena koštičavog voća. Kod korena najpre izmrzavaju delovi bliži površini, a takođe i mlade žile koje još nemaju dobro razvijeno zaštitno tkivo.



Sl. 9. Oštećenja na deblu voćaka usled zimskih mrazeva: a) useci, b) cepanje kore, c) mrazne površine  
(Hilkenbäumer-Schnelle-Breuer, 1951)

Voćka potpuno izumire ako izmrzne vrat korena (mesto gde deblo prelazi u koren), a ako je on neoštećen, voćka produžava život.

Usled jakih mrazeva može na deblu voćaka doći do povreda u vidu plićih ili dubljih useka — pukotina (sl. 9a) ili pak cepanja kore (sl. 9b). Ove povrede su češće kod mladih voćaka i nastaju na svim stranama debla. Kroz ovakve pukotine omogućen je ulaz raznih gljivica, a nastaje i sušenje unutrašnjeg tkiva, što može dovesti do potpunog propadanja voćke. Na kori debla, sa južne i jugozapadne strane, mogu nastati i oštećenja u vidu izmrzlina — mraznih površina (sl. 9c), usled velikih dnevnih kolebanja temperature vazduha. Oštećena kora se postepeno suši i dobija tamnomrku boju, podlubluje se i vremenom u toku leta otpada.

## 2.2. Zimska otopljenja

Zimska otopljenja su jedna od štetnih, ali malo proučavanih nepovoljnih vremenskih pojava tokom prezimljavanja poljoprivrednih kultura. U uslovima nestabilnih zima ona nisu retka pojava.

Pod zimskim otopljenjem podrazumeva se kraći ili duži vremenski period tokom zime sa pozitivnom temperaturom vazduha. U meteorologiji se kao dani sa otopljenjem uzimaju dani s maksimalnom temperaturom vazduha iznad  $0^{\circ}\text{C}$  ili dani s maksimalnom temperaturom vazduha iznad  $5^{\circ}\text{C}$ .

Međutim, taj kriterijum u agrometeorologiji nije dovoljan. Zimsko otopljenje treba razmatrati kao kompleksnu pojavu koja utiče na smanjenje otpornosti biljaka prema niskim temperaturama. To znači da treba uzeti u obzir one temperature i druge uslove (npr. postojanje snežnog pokrivača) koji mogu imati negativne posledice na prezimljavanje ozimih useva. Proučavanja u Ukrajini (Ličikaki, 1958; Muhina, 1963), gde su zime kao i u nas često kratke i nestabilne, pokazala su da zimska otopljenja s pozitivnim srednjim dnevnim temperaturama vazduha trajanja 3 i više dana mogu bitno uticati na prezimljavanje ozimih useva, višegodišnjih trava i voćaka. One pre svega povećavaju gustinu snežnog pokrivača, što znači da smanjuju njegovo zaštitno dejstvo, ili pak dovode do njegovog iščezavanja. Zatim uslovljavaju obrazovanje ledene kore i prezasićenost površinskih slojeva zemljišta vlagom, što pri narednom padu temperature može dovesti do znatnih oštećenja useva.

Za prezimljavanje ozimih useva najopasnija su zimska otopljenja (sa pozitivnim srednjim dnevnim temperaturama vazduha) trajanja više od 5 dana, pod uslovom da nema snežnog pokrivača. Tada je za obnavljanje vegetacije ozimih useva potrebna suma temperature vazduha  $12\text{—}15^{\circ}\text{C}$ . Ova otopljenja su opasna stoga što naglo smanjuju zalihe ugljenih hidrata u biljkama, a time i otpornost ozimica prema niskim temperaturama.

Za prezimljavanje voćaka, kao i ozimih useva, štetna su samo ona zimska otopljenja koja izazivaju prevremeno aktivno razviće biljaka, odnosno kod voćaka razviće pupoljaka. Pad temperature posle otopljenja može naneti oštećenja na pupoljcima zavisno od vrednosti negativnih temperatura. Pupljenje voćaka počinje posle prelaska maksimalne temperature vazduha iznad  $5^{\circ}\text{C}$ . Međutim, kao otopljenje koje može izazvati aktivno razviće pupoljaka smatra se otopljenje trajanja najmanje 5 dana, sa sumom efektivnih temperatura vazduha (iznad  $5^{\circ}\text{C}$ ) od  $15^{\circ}\text{C}$  i više.

I u našoj zemlji vršena su određena ispitivanja ove nepovoljne pojave za period prave zime, odnosno period sa srednjom dnevnom temperaturom vazduha ispod  $0^{\circ}\text{C}$ . On u kontinentalnom delu zemlje prosečno počinje u decembru, a završava se u februaru (prosek 1949—1968). Dobijeni rezultati pokazuju da su najčešća kratka otopljenja, trajanja 3—5 dana i to u januaru, a samo na visinskim stanicama, gde zima počinje ranije, u decembru. Otopljenja trajanja 6—9 dana učestvuju sa 20—30% u ukupnom broju ovih otopljenja u ispitivanom 20-godišnjem periodu. Kao i kraća, i ova otopljenja su u istočnim krajevima zemlje bez snega, a u područjima gde su zime snežnije — sa snegom. Otopljenja trajanja 10—15 dana su retka, a više od 15 dana veoma retka pojava. Za vreme ovako dugih otopljenja, snežni pokrivač se, ukoliko ga je i bilo, otopi. Pošto se za to vreme akumulira dovoljno toplote za obnavljanje vegetacije ozimica i razvijanje pupoljaka voćaka, to ova otopljenja predstavljaju veoma opasnu pojavu.

### 2.3. Ledena kora

Jedna od nepovoljnih vremenskih pojava u toku zime je i ledena kora. Ona se najčešće javlja sredinom ili pri kraju zime, kada posle jačih otopljenja nastupi naglo zahlađenje, zbog čega se voda od otopljenog snega pretvori u led.

Koliku će štetu ozimim usevima naneti ledena kora zavisi od njenog oblika, debljine i trajanja.

Razlikuju se tri oblika ledene kore: 1) ledena kora priljubljena neposredno uz zemlju, 2) ledena kora između snega i zemlje i 3) viseća ili obešena ledena kora.

Ako u vreme zimskih otopljenja voda od otopljenog snega prodre u zemljište, onda se posle ponovnog zahlađenja na površini obrazuje *priljubljena ledena kora*. Ovaj oblik ledene kore nastaje ponekad i u početku zime, kada posle kišne jeseni nastupi jako zahlađenje, ili uopšte kada posle kiše nastupi nagli pad temperature vazduha. Do pojave ovog oblika ledene kore može doći i pri padanju prehladenih kišnih kapi na površinu zemlje pri temperaturi vazduha od  $0^{\circ}$  do  $-3^{\circ}\text{C}$ .

Od sva tri pomenuta oblika priljubljena ledena kora nanosi najveće štete ozimim usevima, naročito ako je njena debljina veća od 5—7 cm, kada predstavlja već sasvim ozbiljnu opasnost. Takva ledena kora pritiskuje biljke ka zemlji i na taj način ih oštećuje. U tab. 15 prikazana je verovatnoća uginuća ozime pšenice pri različitoj debljini priljubljene ledene kore.

VEROVATNOĆA UGINUĆA OZIME PŠENICE OD PRILJUBLJENE LEDENE KORE  
(Ličikaki, 1958)

Tab. 15.

Srednja debljina ledene kore (u cm)	Uginuće oz. pšenice u %
1 — 2	11 — 20
2 — 3	21 — 30
3 — 4	31 — 45
4 — 5	46 — 60
> 5 cm	> 60%

Ovaj oblik ledene kore naročito je opasan kada se za vreme jačih zimskih otopljenja zemljište potpuno odmrzne a onda iznenada nastupi jače zahlađenje. Tada su biljke sa svih strana izložene dejstvu niskih temperatura. Pri zamrzavanju, prelazeći u led, voda povećava svoju zapreminu, zbog čega istiskuje zemljište i oštećuje useve, tako da štete mogu nastupiti kako zbog izmrzavanja tako, i zbog mehaničkog oštećenja biljaka.

Priljubljena ledena kora opasna je i u rano proleće, kada Sunčevi zraci, prolazeći kroz led, povećavaju temperaturu zemljišta pod ledom i izazivaju prevremeno buđenje vegetacije. Tada ozimi usevi pod ledenom korom počinju da rastu, što može dovesti do smanjenja njihove otpornosti prema niskim temperaturama i do drugih štetnih posledica, jer su oni u to vreme manje otporni prema raznim nepovoljnim spoljnim uslovima.

*Ledena kora između snega i zemljišta* u vidu tankog sloja ne predstavlja opasnost za ozime useve. Ona nastaje za vreme slabijih zimskih otopljenja, kada počne da se topi samo površina snega, a onda ponovo padne temperatura. Tada se na površini snega obrazuje ledena kora. Sneg koji ponovo padne pokrije koru i tako se ona nađe između novog snega i zemljišta. Ovaj oblik ledene kore može nastati i ako padne ledena kiša. Ponekad se može dogoditi da se bilo zbog jednog, bilo drugog razloga, u snegu nađu i po dva do tri sloja kore na različitoj visini od površine zemlje.

*Viseća ili obešena ledena kora* nastaje kada se sneg koji se nalazio ispod ledene kore postepeno otopio a ostala je samo ledena kora. Smatra se da ni ovaj oblik ledene kore ne nanosi bitne štete ozimim usevima.

Ledena kora se obrazuje obično na udubljenim terenima, gde se zadržava voda od otopljenog snega ili od kiše. Na takvim mestima ona je obično veće debljine nego na drugim.

Biljke češće stradaju od ledene kore u toku zima sa niskim snežnim pokrivačem. Razlog tome je što led ima bolju toplotnu provodljivost od snega, a drugo, što ima glatku površinu. Sneg koji pada slabo se zadržava na glatkoj površini leda i lako ga odnosi čak i slab vetar. U takvim uslovima niske temperature iznad ledene kore mogu dovesti do izmrzavanja ozimica ako se odmah ne preduzmu mere za zadržavanje snega.

### *2.3.1. Mere borbe protiv ledene kore*

Mere borbe protiv ledene kore mogu biti indirektna i direktna.

Indirektna mere su sve one mere koje poboljšavaju opšte stanje ozimih useva i koje se obično primenjuju kao predohrana protiv izmrzavanja, plavljenja i istiskivanja biljaka. To su, pre svega, izbor otpornijih sorata, a od agrotehničkih mera prihranjivanje useva, odvođenje suvišnih voda, zadržavanje snega i dr.

U direktna mere spadaju posipanje različitog materijala i zadržavanje snega.

Osnovna mera protiv priljubljene ledene kore pri niskom snežnom pokrivaču je zadržavanje snega na ledenoj kori. Pod visokim slojem snega ledena kora brzo nestaje, ne pričinjavajući pri tom štete ozimicama. To su dokazali i ogledi na stanici Timirjzevske poljoprivredne akademije, gde je pod ledenom korom koja nije bila zaštićena snegom prezimilo svega 22% ozime pšenice, pod ledenom korom gde je bilo primenjeno zadržavanje snega prezimilo je 82%, a pod snežnim pokrivačem bez

ledene kore uspešno je prezimilo 84,3% ozime pšenice. Kao što se vidi, zadržavanje snega deluje u tolikoj meri pozitivno da se skoro potpuno gubi štetan uticaj ledene kore, ona postaje rastresita, dobija sunderastu strukturu i polako nestaje zajedno sa snežnim pokrivačem ne pricinjavajući štetu usevima.

Ledena kora se može odstraniti i ubrzavanjem njenog topljenja. Radi toga se po kori posipa neki tamni materijal, kao što je npr. ugljena prašina, treset, suva crna zemlja, pepeo, koji posle topljenja neće štetiti usevima. Tamna materija dobro upija Sunčevo toplotno zračenje, zagreva se i time ubrzava topljenje leda.

### 3. LITERATURA

- Babičenko V. N., 1964: Ob otpeľjah na Ukraine. Meteorologija i gidrologija, No 7.
- Hilkenbäumer F., Schnelle F., Breuer W., 1951: Bestands-und Ertragssicherung im Obstbau durch Frostschadenverhütung. Berlin.
- Ličikaki V., M., 1958: Agrometeorologičeskie uslovija perezimovki ozimih kultur na Ukraine. Materijali konferencii po agrometeorologii i agroklimatologii Ukrainskoi SSR, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Maksimov S. A., 1963: Pogoda i seljskoe hozjajstvo. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Metodika sostavljenija oblastnogo agroklimatičeskogo spravočnika. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Mogileva A. M., 1957: Pogoda i travi. Hidrometeoizdat, Leningrad.
- Muhina E. G., 1965: Agrometeorologičeskie uslovija razvitija sliv i čerešen na teritorii Ukraini. Trudi vsesojuznogo soveščanija, Tom VIII, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Okuško A. A., 1958: Harakteristika ledjanoj korki i ej rolj v perezimovke ozimih kultur na evropejskoj teritorii SSSR. Voprosi o agrometeorologii, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Otorepec S., Ljubinković B., 1966: Zaštita i osiguranje useva, voćnjaka i vinograda od vremenskih nepogoda. Zadrūžna knjiga, Beograd.
- Otorepec S., 1984: Termički uslovi prezimljavanja poljoprivrednih kultura u Jugoslaviji. Savezni hidrometeorološki zavod (u rukopisu).
- Sinicina N. I., Goljberg I. A., Strunnikov E. A., 1973: Agroklimatologija. Gidrometeoizdat, Leningrad.

## GLAVA IV

### NEPOVOLJNE VREMENSKE POJAVE ZA PORAST I RAZVIĆE BILJAKA

Nepovoljne vremenske pojave su one koje nanose štetu poljoprivrednoj proizvodnji. To su, pre svega, prolećni i jesenji mrazevi, suša, grad i nepovoljne pojave u toku prezimljavanja, o čemu je bilo reči u prethodnoj glavi. O protivgradnoj zaštiti, koja se u našoj zemlji sprovodi, ovde neće biti govora jer se ona razvila do te mere da su teoretske postavke i praktično sprovođenje mera postale zaseban predmet izučavanja.

#### 1. PROLEĆNI I JESENJI MRAZEVI

Pod pojmom mraz podrazumeva se pad temperature vazduha ispod °C.

U umerenim geografskim širinama mraz je normalna pojava u hladnom delu godine. Pored zimskih mrazeva, koji predstavljaju nepovoljnu pojavu samo ako su temperature veoma niske a biljke nisu zaštićene snežnim pokrivačem, mrazevi se javljaju i na početku i na kraju zimskog perioda, kada mogu biti veoma štetni, u zavisnosti od njihovog intenziteta, trajanja i faze razvića biljaka.

Mrazevi koji se javljaju na početku hladnog dela godine zovu se *jesenji* ili *rani mrazevi*, a mrazevi na kraju hladnog perioda *prolećni* ili *kasni mrazevi*. Za naše krajeve mnogo su opasniji prolećni mrazevi, koji nanose utoliko više štete ukoliko se javljaju kasnije, kada je vegetacija biljaka već počela. Jesenji mrazevi kod nas nanose manje štete, jer je u jesen najveći broj jednogodišnjih kultura već završio svoje razviće, a ozimi usevi, višegodišnje trave, voćke i vinova loza se pripremaju za zimsko mirovanje.

Prolećni i jesenji mrazevi se prema poreklu mogu podeliti na tri tipa: advektivni, radijacioni i advektivno-radijacioni.

*Advektivni mrazevi* nastaju usled prodora hladnih vazdušnih masa s negativnom temperaturom. Obično se javljaju početkom proleća i na kraju jeseni, traju po nekoliko dana, zahvataju veliku teritoriju i malo zavise od lokalnih uslova. Usled

pojave ovih mrazeva nastaje pad temperature vazduha u celom prizemnom sloju vazduha, tako da su razlike između temperature vazduha na visini 2 m i na površini zemljišta neznatne.

*Radijacioni mrazi* nastaju usled intenzivnog hlađenja zemljine površine u toku noći. Oni su uglavnom lokalna, mikroklimatska pojava i njihov intenzitet zavisi prvenstveno od oblika reljefa, zatim od stanja zemljine površine, vlažnosti zemljišta i vazduha i drugih lokalnih uslova. Pri radijacionim mrazovima nastaje u prizemnom sloju vazduha inverzija temperature, tako da je temperatura vazduha u meteorološkom zaklonu viša nego na površini zemlje prosečno za 2,5-3,0°C, ali može biti i mnogo viša. Radijacioni mrazi počinju noću, a završavaju se posle izlaska Sunca. Obično traju 5-6 sati, a ponekad i 8-12 sati.

*Advektivno-radijacioni mrazi* obrazuju se usled prodora hladnog vazduha i hlađenja zemljine površine u toku vedre noći, dakle usled dva fizička procesa - advekcije i radijacije.

Kasni prolećni i rani jesenji mrazi najčešće su advektivno-radijacionog tipa i javljaju se pri relativno visokim srednjim dnevnim temperaturama vazduha. Pošto oni mnogo zavise od karaktera aktivne površine (vlažnosti i boje zemljišta, postojanja biljnog pokrivača i dr.) čak i na ravnom terenu, a naročito na terenu s izraženim reljefom, može se desiti da se oni pojave na površini zemlje a da se minimalna temperatura u meteorološkom zaklonu i ne spusti ispod 0°C.

Ovaj tip mrazeva javlja se u drugoj polovini noći i obično traje 3-4 sata. Njihov intenzitet, kao i intenzitet radijacionih mrazeva, veoma zavisi od lokalnih uslova.

Pošto osetljivost biljaka zavisi od vrste, sorte i faze razvića, teško je odrediti takve granične vrednosti temperature koje bi ujedno dale i sliku stepena oštećenja za svaku biljku pojedinačno. Međutim, kada se uzme u obzir veličina oštećenja većine poljoprivrednih kultura u umerenim širinama, prolećni mrazi se po intenzitetu mogu podeliti na:

- a) slabe mrazeve, s temperaturom vazduha od -0,1° do -2,0°C;
- b) umerene mrazeve, s temperaturom vazduha od -2,1° do -4,0°C i
- c) jake mrazeve, s temperaturom vazduha ispod -4,0°C.

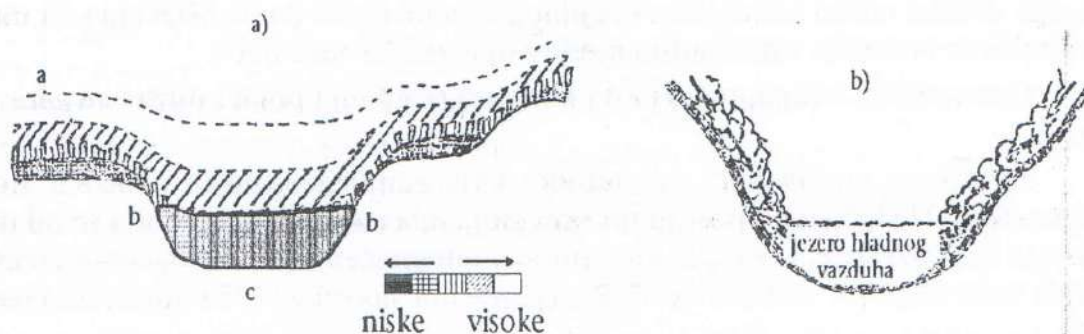
Ovakva podela izvršena je na osnovu toga što u proleće pri temperaturama od -2° do -4°C uglavnom nastaju delimična oštećenja cvetova i lišća većine biljaka, dok pri temperaturama ispod -4°C dolazi do potpunog izmrzavanja ovih delova biljaka (Schneider, 1963).

### 1.1. Uticaj lokalnih uslova na pojavu mrazeva

Pri advektivnim mrazovima, praćenim vetrom i oblačnošću, uticaj lokalnih faktora je mnogo manji nego pri radijacionim i advektivno-radijacionim mrazovima.

Od svih lokalnih faktora najveći uticaj na pojavu mrazeva ima *oblik reljefa*, jer on uslovljava pritanje i oticanje hladnog vazduha. Opasnost od mrazeva je najveća u konkavnim oblicima terena - kotlinama, dolinama, pa čak i u najmanjim udubljenjima. Razlog tome je što se noću dno kotline ili nekog drugog udubljenog oblika terena najviše ohladi. Istovremeno se hlade i padine, a hladan vazduh, kao

specifično teži, spušta se ka dnu utoliko brže ukoliko je nagib strmiji. Na taj način se na dnu kotline ili drugog udubljenja stvara tzv. "jezero hladnog vazduha" (sl. 10).



Sl. 10. Raspored minimalnih temperatura vazduha (a) i obrazovanje jezera hladnog vazduha (b) u konkavnim oblicima terena

Koliko oblik terena utiče na stepen opasnosti od mraza vidi se iz tab. 16.

Kao što se vidi, na mestima gde hladan vazduh može da otiče, srednje minimalne temperature u proleće i jesen mogu biti više i do  $5^{\circ}\text{C}$  u poređenju s minimalnim temperaturama na ravnim površinama. Nasuprot tome, gde oticanja hladnog vazduha nema ili je ono neznatno, minimalne temperature mogu biti i do  $6^{\circ}\text{C}$  niže nego na ravnim terenima (Goljčberg, 1961; Ćirkov, 1975).

Ako na svom putu naiđe na kakvu prepreku hladan vazduh biva zadržan te povećava opasnost od mraza na tom mestu, a kada dostigne visinu prepreke, preliiva se preko nje i teče dalje. Prepreke mogu da budu: zemljani nasip, prevoj terena, grupa drveća, žbunje, živa ograda, kao i čvrste prepreke - zgrade, zidovi, plotovi i sl.

UTICAJ OBLIKA TERENA NA STEPEN OPASNOSTI OD MRAZA U TIHIM, VEDRIM NOĆIMA  
(Goljčberg, 1961)

Tab. 16

Oblik reljefa	Hladan vazduh		Promena minimalne $t^{\circ}$ u poređenju s ravnim terenom	Stepen opasnosti
	priticanje	oticanje		
Vrhovi, gornji i srednji delovi strmih padina	nema	dobro	3 do $5^{\circ}$	najmanji
Vrhovi i gornji delovi blagih nagiba (manje od $10^{\circ}$ )	nema	ima	1 do $3^{\circ}$	manji
Doline velikih reka, obale vodotoka	ima	ima	2 do $4^{\circ}$	manji
Ravnice, ravni vrhovi	nema	nema	$0^{\circ}$	srednji
Vlažne nizije	nema	nema	od $-3^{\circ}$ do $-6^{\circ}$	veliki
Dno i donji delovi padina uskih, ima vijugavih zatvorenih dolina	ima	skoro nema	od $-3^{\circ}$ do $-5^{\circ}$	najveći
Kotline	ima	nema	od $-4^{\circ}$ do $-6^{\circ}$ i više	najveći
Zatvorene široke ravne doline	ima	skoro nema	od $-4^{\circ}$ do $-6^{\circ}$ i više	najveći



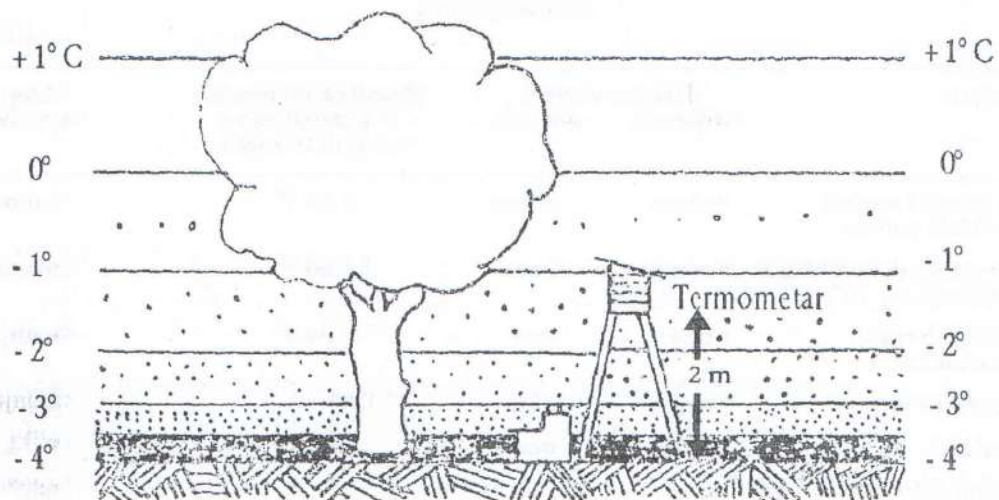
Jezero hladnog vazduha mogu se stvarati i na ravničarskom ali blago zatalasanom terenu. U plitkim dubolinama skuplja se hladan vazduh koji može oštetiti biljke koje se tu nalaze, zavisno od njihove osetljivosti i faze razvića. Ako je udubljenje malo i bez oticanja, onda ga hladan vazduh potpuno ispuni i tada se npr. kruna voćaka nalazi iznad jezera hladnog vazduha tako da do oštećenja od mraza na cvetovima i mladim zametnutim plodovima voćaka neće doći.

Osim oblika terena, uslovi koji naročito pogoduju pojavi mraza su *vedra i tiha noć*.

Za vreme vedrih noći sva toplota koju zemljište ispušta odlazi u slobodnu atmosferu. U slučaju da postoji oblačni sloj, jedan deo toplote odbija se od oblaka i u vidu kontrazračenja vraća se ka zemlji. Kontrazračenje je pri oblačnom vremenu za 30% veće nego pri vedrom nebu. Povećanje oblačnosti za 1/10 odgovara povećanju kontrazračenja za oko  $0,04 \text{ J/cm}^2 \text{ min}$  (Schneider, 1963). Na taj način povećava se temperatura prizemnog sloja vazduha, a opasnost od pojave mraza smanjuje.

Na smanjenje gubitka toplote usled izračivanja ne deluje samo oblačni sloj već i druge prepreke protiv izračivanja, kao što je pojedinačno drvo ili cela sastojina. Zemljište ili biljke koje se nalaze ispod drveta gube manje toplote nego na slobodnom terenu. Gubitak toplote usled izračivanja povećava se sa udaljavanjem od zaklona, tako da je na rastojanju koje je jednako visini zaklona izračivanje još samo za 10% manje nego na slobodnom prostoru. Znači svako drvo i grm pruža prirodnu zaštitu ne samo na taj način što smanjuje izračivanje već i toplijim vazduhom koji se nalazi u krošnji drveta.

Tiho vreme bez vetra pogoduje pojavi mraza. Usled intenzivnog izračivanja zemljine površine, neposredno iznad nje formira se hladan sloj vazduha. Temperatura vazduha tada raste sa visinom, a takav raspored temperature naziva se *inverzija* (preokret) temperature vazduha. Ove prizemne radijacione inverzije u kasno proleće i ranu jesen najčešće brzo iščezavaju posle izlaska Sunca (sl. 11).

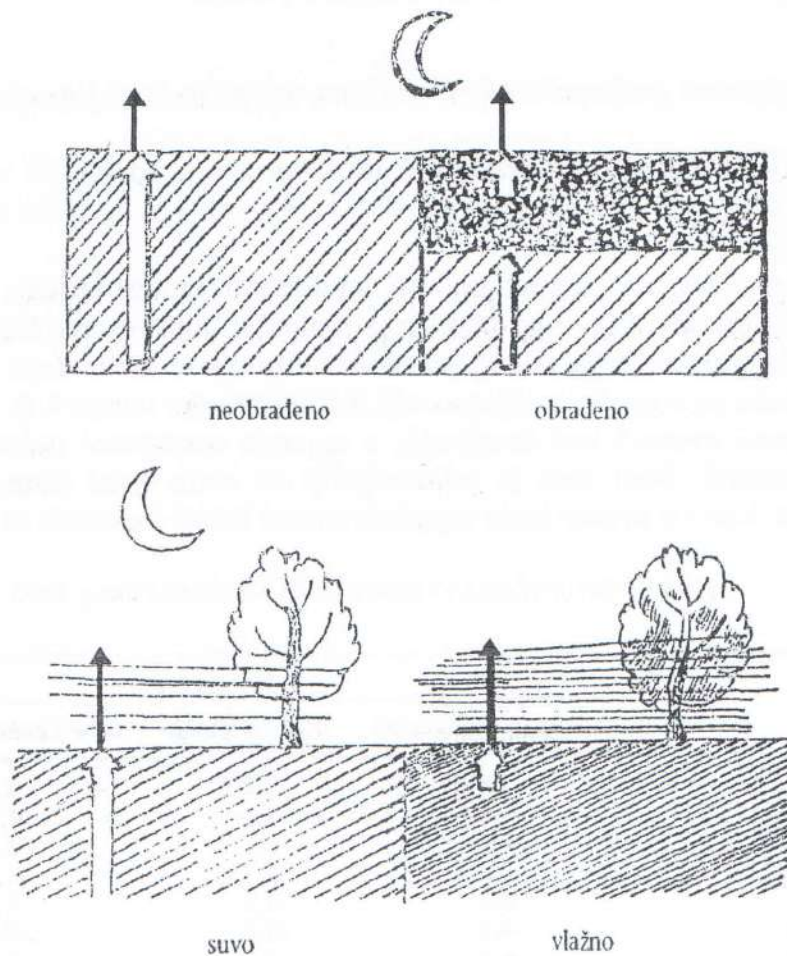


Sl. 11. Raspored temperature vazduha po visini pri inverziji tokom vedre i tihe noći (po Hofmanu)

*Vetar*, ukoliko se pojavi, dovodi do turbulentnog mešanja nižih, hladnijih i viših, toplijih slojeva, što povećava temperaturu u prizemnom sloju vazduha i sprečava pojavu prizemnog mraza. Na tom principu je i zasnovana metoda zaštite od mraza mešanjem vazduha.

*Suv vazduh* takođe povećava mogućnost pojave radijacionog mraza. Što je vlažnost vazduha veća to je opasnost od mraza manja. Razlog tome je što vodena para u vazduhu apsorbira zemljino toplotno izračivanje pa se na taj način povećava temperatura prizemnog sloja vazduha. Pri većoj vlažnosti vazduha dolazi uz to tokom noći i do obrazovanja rose i oslobađanja latentne toplote, čime se mogućnost pojave mraza znatno smanjuje. Toplota kondenzacije pri obrazovanju rose može da iznosi i do polovine toplote izračivanja, koja se na taj način kompenzuje.

Nasuprot tome, izgledi za pojavu mraza se povećavaju pri većem isparavanju, naročito posle kiša, kada je zemljište veoma vlažno. Ako je zemljište pokriveno vegetacijom, onda je ukupno isparavanje još veće. Smatra se da na  $1 \text{ m}^2$  zemljine površine dolazi 20 do 50  $\text{m}^2$  žive površine listova. To znači da je isparavanje sa zemljišta pokrivenog vegetacijom 20 do 50 puta veće nego sa golog zemljišta. Time se i objašnjava pojava "travnog mraza".



Sl. 12. Mogućnost pojave radijacionog mraza na neobrađenom i obrađenom, kao i na suvom i vlažnom zemljištu (Hilkenbäumer-Schnelle-Breuer, 1951)

Na pojavu mraza u prizemnom sloju vazduha veoma utiču i *fizičke osobine zemljišta*, pre svega njegova toplotna provodljivost. Ona zavisi od vrste i stanja zemljišta.

Tamna zemljišta apsorbuju tokom dana veću količinu toplote, te je noću iznad njih manje stvaranje hladnog vazduha. Svetla zemljišta, naprotiv, akumuliraju danju manju količinu toplote, noću je brzo izgube, zemljište se sve više hladi, a ujedno se hladi i okolni vazduh. Zbog toga je mogućnost za pojavu mraza veća na svetlim nego na tamnim zemljištima.

Nasuprot suvom, u vlažnom zemljištu se tokom dana akumulira manja količina toplote. Razlog tome je veći toplotni kapacitet vlažnog zemljišta, kao i to što se jedan deo primljene toplote troši na isparavanje (sl. 12). Stoga se noću iznad vlažnog zemljišta obrazuje više hladnog vazduha pa je mogućnost za pojavu mraza, a time i za oštećenje biljaka, veća nego na suvom zemljištu.

U vreme kada postoji mogućnost pojave mraza ne treba vršiti nikakvu obradu zemljišta u voćnjacima i vinogradima. Rastresanjem zemljišta prekida se dovod toplote iz dubljih slojeva zemljišta. Usled izračivanja, površinski sloj zemljišta, a time i prizemni sloj vazduha iznad njega, ohladi se brže i više nego kod neobrađenog zemljišta. Stoga je mogućnost pojave mraza na obrađenom zemljištu znatno veća nego na kompaktnom, neobrađenom zemljištu (sl.12).

## 1.2. Osetljivost poljoprivrednih kultura na prolećne i jesenje mrazeve

Stepen oštećenja poljoprivrednih kultura mrazom zavisi od vremena pojave mraza, njegovog intenziteta i trajanja, kao i od vrste i sorte, faze razvića i opšteg stanja biljaka.

Pošto je proleće period kada počinje intenzivno razviće biljaka, pojava mraza u to vreme predstavlja veliku opasnost za pojedine poljoprivredne kulture, a naročito za voćke i vinovu lozu, koje su tada znatno osetljivije na mraz nego tokom zime.

Kod voćaka su u proleće najotporniji još neotvoreni cvetovi, tj. cvetni pupoljci, dok su otvoreni cvetovi već osetljiviji, a najveću osetljivost pokazuju mladi, tek zametnuti plodovi. Sam cvet je najosetljiviji na mraz pred potpuno otvaranje - rascvetavanje, kao i u vreme kada otpadaju cvetni listići i zameće se plod (tab. 17)

OSETLJIVOST VOĆAKA I VINOVE LOZE NA MRAZ (Young, 1947)

Tab. 17

Vrsta	Faza razvića		
	Pupoljci zatvoreni	Puno cvetanje	Mladi zametnuti plodovi
Jabuka	-3,8°C	-2,2°C	-1,7°C
Kruška	-3,8	-2,2	-1,1
Trešnja	-2,2	-2,2	-1,1
Breskva	-3,8	-2,7	-1,1
Šljiva	-3,8	-2,2	-1,1
Kajsija	-3,8	-2,2	-0,6
Badem	-4,4	-3,3	-1,1
Orah (engl.)	-1,1	-1,1	-1,1
Vinova loza	-1,1	-0,6	-0,6

Pošto je cvetanje većine voćaka postepeno, pri slabijem mrazu ne izmrzavaju svi cvetovi odjednom, izuzev ako je temperatura toliko niska da istovremeno izmrznu i cvetni pupoljak i otvoren cvet i zametnut plod. Pored intenziteta, stepen oštećenja voćaka zavisi i od trajanja i čestine mraza. Pojava mraza u toku samo jedne noći u periodu cvetanja voćaka može dovesti samo do proređivanja cvetova, ali ako se oni jave češće, naročito ako su jačeg intenziteta, može doći do potpunog uništenja cvetova, a time i do izostanka prinosa u toj godini.

OSETLJIVOST POLJOPRIVREDNIH KULTURA PREMA MRAZEVIMA  
(po V.N. Stepanovu)

Tab. 18

Vrsta	Početak oštećenja i delimično uginuće			Uginuće većine biljaka		
	Nicanje	Cvetanje	Zrenje (mlečna zrelost)	Nicanje	Cvetanje	Zrenje (mlečna zrelost)
1	2	3	4	5	6	7
Najotpornije prema mrazevima						
Jara pšenica	-9, -10	-1, -2	-2, -4	-10, -12	-2	-4°
Ovas	-8, -9	-1, -2	-2, -4	-9, -11	-2	-4
Ječam	-7, -8	-1, -2	-2, -4	-8, -10	-2	-4
Sočivo	-7, -8	-2, -3	-	-8, -10	-3	-
Mak	-7, -8	-2, -3	-2, -3	-8	-3	-3
Otporne prema mrazevima						
Lupina višeg.	-6, -8	-3	-3	-8, -10	-3, -4	-3, -4
Grahorica	-8, -9	-2, -3	-2, -3	-8	-3	-3, -4
Bob	-6, -7	-2, -3	-	-6	-3	-3, -4
Suncokret	-5, -6	-1, -2	-2, -3	-7, -8	-3	-3
Lan	-5, -7	-1, -2	-2, -4	-7	-2	-4
Konoplja	-5, -7	-1, -2	-2, -4	-7	-2	-4
Šećerna repa	-6, -7	-2, -3	-	-8	-3	-
Stočna repa	-6, -7	-2, -3	-	-8	-3	-
Mrkva	-6, -7	-	-	-8	-	-
Srednje otporne prema mrazevima						
Lupina žuta	-4, -5	-2, -3	-	-6	-3	-
Soja	-3, -4	-2	-	-4	-2	-
Rotkvica	-4, -5	-	-	-6	-	-
Muhar	-3, -4	-1, -2	-	-4	-2	-
Slabo otporne prema mrazevima						
Kukuruz	-2, -3	-1, -2	-2, -3	-3	-2	-3
Proso	-2	-2	-1, -2	-2, -3	-2, -3	-3
Sudanska trava	-2	-2	-1, -2	-2, -3	-2, -3	-3
Krompir	-2	-2	-1, -2	-2, -3	-2, -3	-3
Neotporne prema mrazevima						
Heljda	-1, -2	-1	-1,5, -2	-2	-1	-2
Krastavci	-1, -2	-	-	-2	-	-
Paradajz	-1, -2	-	-	-2	-	-
Pasulj	-0,5, -1,5	-0,5 -1	-2	-1, -1,5	-1	-2
Pamuk	-0,5, -1	-0,5, -1	-	-1	-1	-
Pirinač	-0,5, -1	-0,5	-	-1	-0,5	-
Kikiriki	-0,5, -1	-	-	-1	-	-

Vinova loza je takođe veoma osetljiva u početku vegetacije. Najosetljiviji su mladi lastari, naročito porasta 4-5 cm, dok su kraći ili duži nešto otporniji. Rani jesenji mrazovi mogu oštetiti rodne pupoljke i dovesti do ranijeg gubljenja lišća, zbog čega se smanjuje nagomilavanje zaliha šećera u višegodišnjim delovima čokota i pogoršavaju uslovi za prezimljavanje vinove loze. Jesenji mrazovi, osim vinove loze, mogu naneti štete i plodovima voća, ako ostanu duže na drvetu, kao i povrću. Pored toga, jesenji mrazovi intenziteta  $-2^{\circ}$ ,  $-3^{\circ}\text{C}$  su veoma štetni za kukuruz, a mnoge sorte i hibridi uginu i pri slabijim mrazovima. Mraz od  $-3^{\circ}\text{C}$  izaziva gubitak klijavosti u klipovima nedozrelog vlažnog zrna, pa se ono ne može koristiti za seme, a pri čuvanju se brzo kvari (Jevtić, 1977).

Ozimi usevi, isto kao i voćke i vinova loza, pokazuju u proleće veću osetljivost na niske temperature nego tokom zime. Jare kulture su takođe veoma osetljive na mraz, a najosetljivije su pojedine vrste povrća.

V. N. Stepanov (cit. Rudnev, 1964; Čirkov, 1975) podelio je sve poljoprivredne kulture u pet ekoloških grupa (tab. 18) u odnosu na njihovu osetljivost prema mrazovima:

1. najotpornije - koje podnose kratkotrajne mrazeve jačine  $-7^{\circ}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  u početnim fazama razvića;
2. otporne - koje podnose mrazeve do  $-5^{\circ}$ ,  $-8^{\circ}\text{C}$  u početku svoga razvića;
3. srednje otporne - koje podnose mrazeve jačine do  $-3^{\circ}$ ,  $-4^{\circ}\text{C}$ ;
4. slabo otporne - podnose mrazeve jačine do  $-2^{\circ}$ ,  $-3^{\circ}\text{C}$  i
5. neotporne - koje mogu da oštete već slabi mrazovi, intenziteta samo  $-0,5^{\circ}$ ,  $-1,5^{\circ}\text{C}$ .

Kao što se vidi, generativni organi su znatno osetljiviji prema niskim temperaturama i oštećuju ih već slabi, kratkotrajni mrazovi intenziteta  $-1^{\circ}$  do  $-2^{\circ}\text{C}$ , dok uginuće cvetova nastaje pri mrazu od  $-3^{\circ}$ ,  $-4^{\circ}\text{C}$ .

Zrna osnovnih zrnastih kultura u fazi mlečne zrelosti oštećuju mrazovi intenziteta  $-2^{\circ}$  do  $-4^{\circ}\text{C}$ . U fazi voštane zrelosti otpornost zrna prema niskim temperaturama se naglo povećava, a najveća je u fazi pune zrelosti.

### 1.3. Metode borbe protiv mrazeva

Za sprečavanje štetnog uticaja prolećnih i jesenjih mrazeva, radijacionog i advektivno-radijacionog porekla, postoji niz metoda, od najprimitivnijih, koje su se primenjivale vekovima, do metoda koje koriste najsavremenija sredstva današnjice. Sve ove metode temelje se na tri principa:

- a) konzerviranje toplote
- b) dodavanje toplote
- c) mešanje vazduha

Izbor i primena metode zavisi od intenziteta mraza, vrste biljke i od sredstava zaštite kojima se raspolaže.

Postoje i indirektno ili pasivne metode borbe protiv mrazeva, koje su u praksi naročito efikasne pri advektivnim mrazovima.

*1.3.1. Konzerviranje toplote*

Metode zaštite od mraza koje se temelje na principu konzerviranja postojeće toplote imaju za cilj da se u prizemnom sloju vazduha, u kome se nalaze biljke osjetljive na mraz, zadrži tokom noći što je moguće više toplote koju zemljište izračuje. Tu spadaju sledeće metode zaštite;

- a) pokrivanje biljaka
- b) zamagljivanje
- c) zadimljavanje
- d) prskanje (orošavanje)

*a) Pokrivanje biljaka*

Pokrivanje biljaka najviše se koristi za zaštitu povrtarskih kultura i cveća, ali i za voćnjake i vinovu lozu. Materijal koji se za to upotrebljava može se podeliti u tri grupe:

1. otpadni materijal na poljoprivrednim gazdinstvima, kao što su: slama, đubre, šaša-rogoz, lišće, granje, iglice od četinarara, treset i dr.;
2. industrijski proizvodi: tkanine, talasasti karton, šuške od drveta, deblji sloj novina, staklo;
3. hemijski proizvodi: porozna pena, staklena vuna, plastične folije, veštački sneg;

Efekat zaštite pokrivanja različitim vrstama materijala vidi se iz podataka u tab. 19.

TEMPERATURNI EFEKAT POKRIVANJA BILJAKA RAZLIČITIM MATERIJALOM  
(Aichel, 1963)

Tab. 19.

Sredstva zaštite	Temperaturni efekat
<i>Otpadni materijal</i>	
lišće, iglice od četinarara	1 - 2°C
treset, slama	2 - 3
asura od rogozine	1 - 6
<i>Industrijski proizvodi</i>	
šuške od drveta	2 - 3
džakovi, krpe, talasasti papir	2 - 4
deblji sloj novina	2 - 5
<i>Hemijski proizvodi</i>	
staklena vuna, jednostruko ili dvostruko	4 - 9

Pokrivanje biljaka staklom, koje se smatralo veoma efikasnim načinom zaštite od mraza, poslednjih godina se ponovo ispituje i ukazuje da pokrivače od stakla ne treba koristiti kao zaštitu od mraza, izuzev kada se ispod njih stavi neki mali izvor toplote, u kom slučaju se mogu očekivati dobri rezultati (Schnelle, 1963; Blanc i drugi, 1963; Villers, 1968). Naime, Mason (cit. Blanc i drugi, 1963; Villers, 1968) smatra da staklo apsorbuje dugotalasno izračivanje i samo dotle dok je površina stakla toplija od zemljišta i biljaka koje se nalaze pod njim, rezultatni fluks zračenja imaće descendentni tok, a pad temperature biće usporen. Ali pošto staklo ima mali

toplotni kapacitet, a uz to i samo izračuje toplotu, kada se ohladi, hladi i vazduh, najpre u svojoj blizini a zatim i ceo vazdušni sloj ispod staklenog pokrivača.

Ispitivanja sa različitim plastičnim folijama u Z. Nemačkoj (Schnelle, 1963) pokazala su da one, za razliku od stakla, većim delom propuštaju dugotalasno izračivanje, čime se znatno umanjuje njihovo zaštitno dejstvo. Ono će se, međutim, povećati ako se iznad biljaka stave dva sloja plastičnih pokrivača, jer tada vazduh koji se nalazi između njih smanjuje gubitak toplote izračivanjem. Ispitivanja su takođe pokazala da veći zaštitni efekat imaju folije od polivinilhlorida nego od polietilena.

### *b) Zamagljivanje*

Stvaranje veštačke magle je takođe jedan od načina da se smanji gubitak toplote izračivanjem, a time smanji i opasnost od pojave mraza.

Za stvaranje veštačke magle mogu se koristiti razna hemijska sredstva u čvrstom ili tečnom stanju, kao što su: amonijum-hlorid, tetrahlorid, fosfor-pentoksid i dr. Hemijska sredstva spajaju se sa vodenom parom u vazduhu i na taj način stvaraju gustu maglu, koja se pri mirnom vremenu postepeno sleže i dosta dugo održava iznad branjenog područja.

Hemijska sredstva se rasprskavaju u vazduhu raznim aparatima, a može se za tu svrhu koristiti i poljoprivredna avijacija.

### *c) Zadimljavanje*

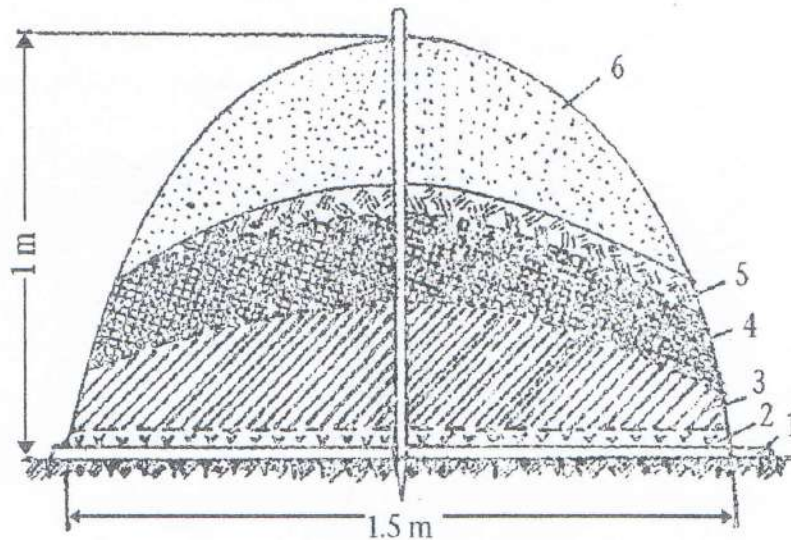
Zadimljavanje je najstariji i najjednostavniji način zaštite, koji su primenjivali još stari Rimljani u I veku naše ere za zaštitu vinograda od mraza, a isto tako i drevni žitelji Perua (Goljberg, 1961).

Zadimljavanjem se iznad biljaka stvara gust pokrivač od dima, koji povećava temperaturu vazduha ne samo time što sprečava toplotu izračivanja zemljišta da odlazi u slobodnu atmosferu, već i zato što sama ognjišta odaju izvesnu količinu toplote. Pored toga, prisustvo dima omogućava kondenzaciju vodene pare na česticama dima, što je praćeno oslobađanjem latentne toplote.

Pomoću ove metode mogu se sa dosta sigurnosti suzbiti slabi i umereni mrazevi, jačine do  $-2^{\circ}\text{C}$ , pa i do  $-3^{\circ}$  i  $-4^{\circ}\text{C}$ , ali pod uslovom da se ono sprovodi pravilno, na vreme i pri tihom vremenu. Zadimljavanje je, kao i zamagljivanje, rentabilno samo kada se sprovodi na morfološki ujednačenom području, veličine najmanje 30 ha. Najbolje je da se ove mere sprovode npr. u celoj dolini, većoj ravnici ili visinskom platou, i to u područjima gde je opasnost od pojave mraza umerena.

Da bi se zadimljavanjem postigao željeni efekat, ognjišta moraju davati gust i ujednačen dim koji se zadržava na mestu više sati, počev od trenutka paljenja pa do izlaska Sunca. Potrebno je najmanje 50 ognjišta na 1 ha ravne površine. Tada ova mera zaštite ima najviše uspeha.

Za pravljenje ognjišta (sl. 13) upotrebljavaju se: otpaci od drveta, vlažna strugotina, svež stajnjak, nakvašena stara slama, suvo lišće, korov, stara pleva i dr. Na kraju se ognjišta preliju sa malo katrana, da bi se dobio gust dim.



Sl. 13. Šematski prikaz jednog ognjišta: 1 - kolac, 2 - suvo granje, 3 - slama, 4 - treset, trava, 5 - suvo lišće, 6 - strugotina, dubrivo

#### d) Prskanje (orošavanje)

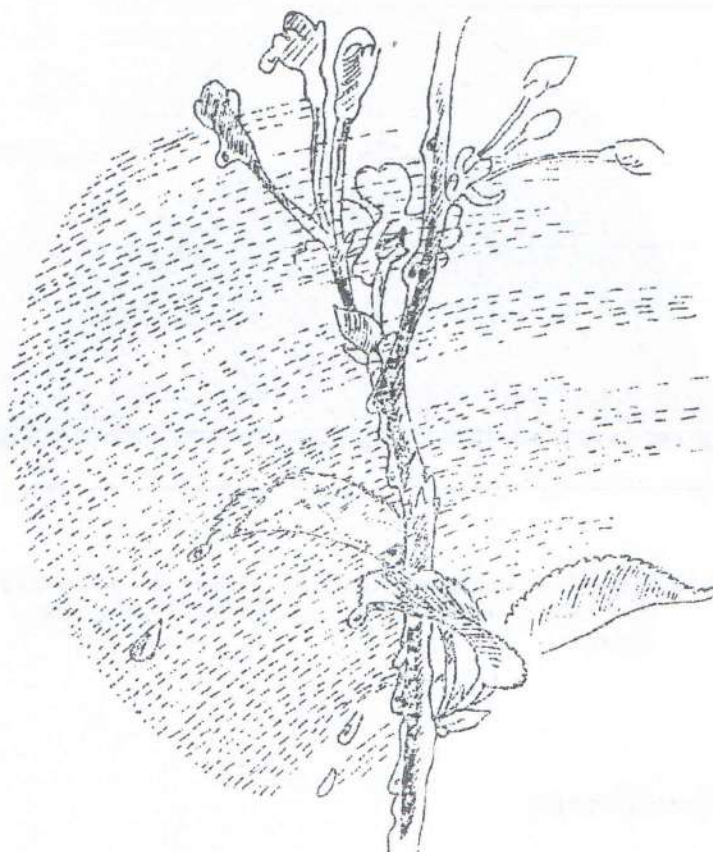
Prskanje ili orošavanje je po vremenu nastanka najmlađa metoda zaštite biljaka od mraza, nastala u ovom stoleću. Prema iskustvima nemačkih agrometeorologa na ovaj način mogu se uspešno zaštititi biljke od mraza intenziteta do  $-8^{\circ}\text{C}$ . Sprovođenje ove zaštitne mere zahteva dovoljno vode, odgovarajući uređaj za prskanje i dobru drenažu zemljišta.

Pri orošavanju biljka koristi latentnu toplotu fuzije, koja se oslobađa kada se voda hladi i smrzava i tako nadoknađuje toplotu izgubljenu izračivanjem. Naime, pri hlađenju 1 grama ili  $1\text{ cm}^3$  vode za  $1^{\circ}\text{C}$  oslobađa se  $4,186\text{ J}$  toplote, a pri zamrzavanju 1 grama vode oslobađa se  $334,880\text{ J}$ . Ako je cvetni pupoljak ili neki drugi deo biljke pokriven tankim slojem vode, toplota koja se oslobađa prelaskom vode u led dovoljna je da spreči pad temperature tog biljnog dela ispod  $0^{\circ}\text{C}$ . Sve dok se sloj vode kontinuirano održava, temperatura štice biljnih delova neće pasti ispod  $0^{\circ}\text{C}$  iako se sloj leda stalno stvara, a temperatura vazduha u voćnjaku padne nekoliko stepeni ispod tačke mržnjenja.

Sa orošavanjem treba početi kada temperatura vlažnog termometra padne na  $0^{\circ}\text{C}$  i nastaviti, bez prekida, sve dok se temperatura vazduha ne povisi znatno iznad  $0^{\circ}\text{C}$ . Prekid orošavanja, makar i samo od nekoliko minuta, može prouzrokovati gubitak biljke.



Minimalni iznos orošavanja koji obezbeđuje zaštitu od mraza intenziteta  $-11^{\circ}\text{C}$  je 1,5-2,0 mm/sat za niske biljke, 2,0 mm/sat za voćke i 2,0-2,5 mm/sat za vinovu lozu. U uslovima niske relativne vlažnosti vazduha, ovi se iznosi moraju povećati da bi se nadoknadio gubitak i hlađenje usled isparavanja (Gloyne, Lomas, 1980).



Sl. 14. Prskanje (orošavanje) voćaka kao mera zaštite od mraza (Hilkenbäumer-Schnelle-Breuer, 1951)

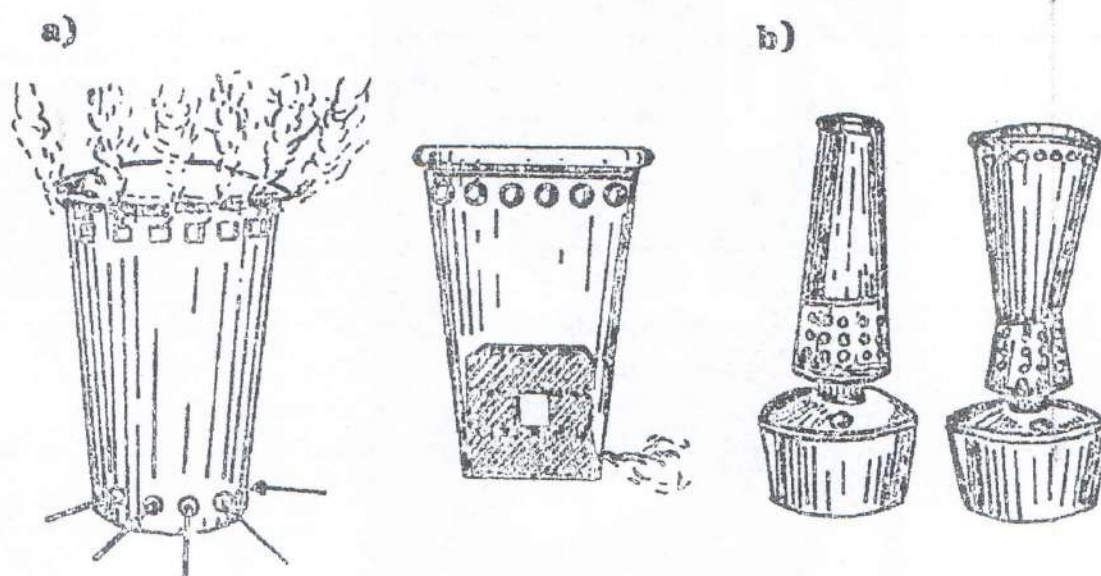
Ovom metodom, za razliku od drugih, ne povećava se temperatura vazduha, već se samo sprečava da temperatura štice delova biljke padne ispod tačke mržnjenja.

### 1.3.2. Dodavanje toplote

Zagrevanje prizemnog sloja vazduha je jedan od najsigurnijih načina zaštite biljaka od mraza. On se najviše primenjuje u voćarstvu, vinogradarstvu i na plantažama citrusa (limuna i pomorandže). Ovim načinom može se povisiti temperatura vazduha za  $2-5^{\circ}\text{C}$ , što zavisi od broja peći i vrste goriva. Efekat zagrevanja ne zavisi mnogo od oblika terena, te se zato može uspešno primenjivati i na ravničarskom i na brdovitom terenu.

Mada se zagrevanje u kombinaciji sa zadimljavanjem već ranije primenjivalo, samo zagrevanje nekog područja primenilo se prvi put 1895. godine u Kaliforniji. Pri tome se kao gorivo upotrebio ugalj i drvo, a ulje tek 1900. godine. U Evropi se u Austriji 1912. godine prvi put primenila ova metoda s upotrebom uglja i ulja kao

goriva, dok su se u Nemačkoj i Holandiji 1914. godine koristili briketi mrkog uglja (Witte, 1959). Danas u svetu postoji veliki broj raznih tipova peći, čiji oblik i konstrukcija zavise od vrste goriva i kultura koje se štite.



Sl. 15. Dve vrste peći: a) peć za brikete - spoljni i unutrašnji izgled; b) kalifornijske peći - za visoke i niske kulture (Hilkenbauer-Schnelle-Breuer, 1951)

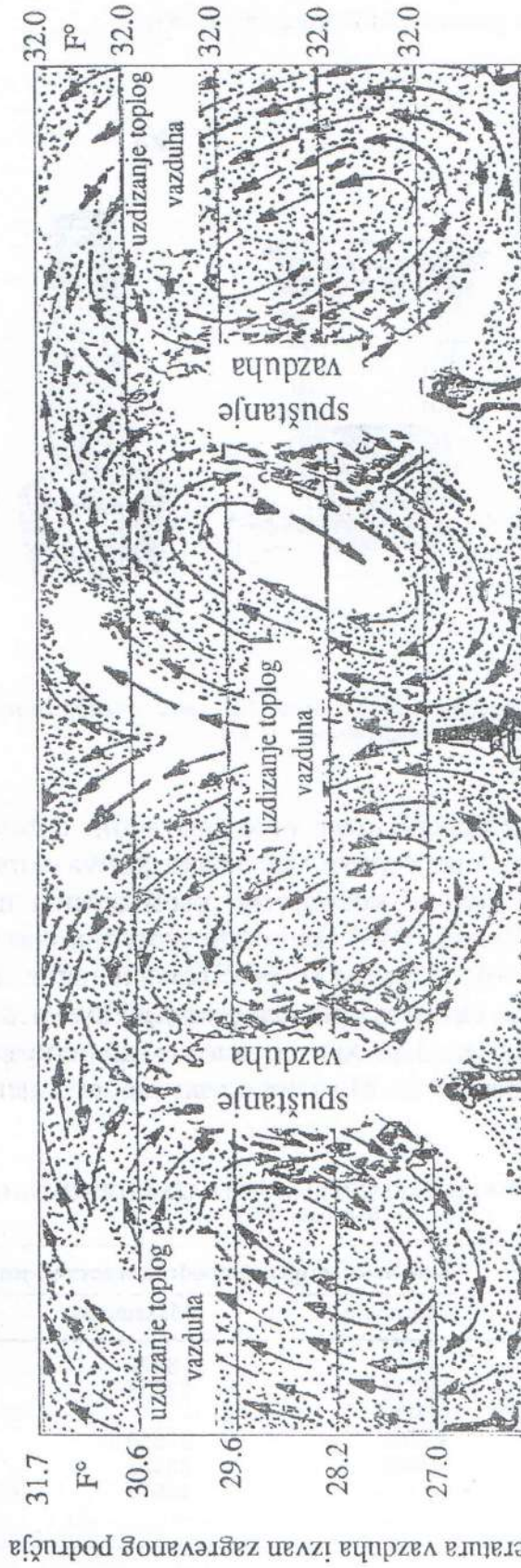
Za zagrevanje se upotrebljavaju razne vrste goriva koja dobro sagorevaju, bez mnogo dima i čađi, i daju dosta toplote. Od tečnih goriva koriste se: sironafta, petrolej i razne vrste ulja koja se dobijaju pri prečišćavanju nafte. Na osnovu ispitivanja u našoj zemlji (Tomić, 1953) kao dobro gorivo pokazalo se naše ulje - mazut, zvano "Bunker A", koje se dobija pri pročišćavanju nafte. Od čvrstih goriva mogu se koristiti drveni, mrki i kameni ugalj, strugotina od drveta, a kao najpogodniji pokazali su se briketi od uglja, jer daju dosta toplote i ravnomerno sagorevaju. U tab. 20 prikazana je količina energije (u kJ) oslobođena sagorevanjem različitih vrsta goriva.

KOLIČINA TOPLOTE NASTALA SAGOREVANJEM RAZLIČITIH VRSTA GORIVA  
(Bagdonas, 1978)

Tab. 20.

Vrsta goriva	Količina energije oslobođena sagorevanjem 1 kg goriva (kJ)		
	Minimum	Maksimum	Prosečno
Stajsko dubrivo	2093	8372	5232,5
Drvo	8372	12558	10465
Ulje	20930	-	41860
Ugalj	29302	32650,8	30976,4
Briketi uglja	10465	33488	31395
Treset	-	14651	12558
Naftini derivati	-	-	43953

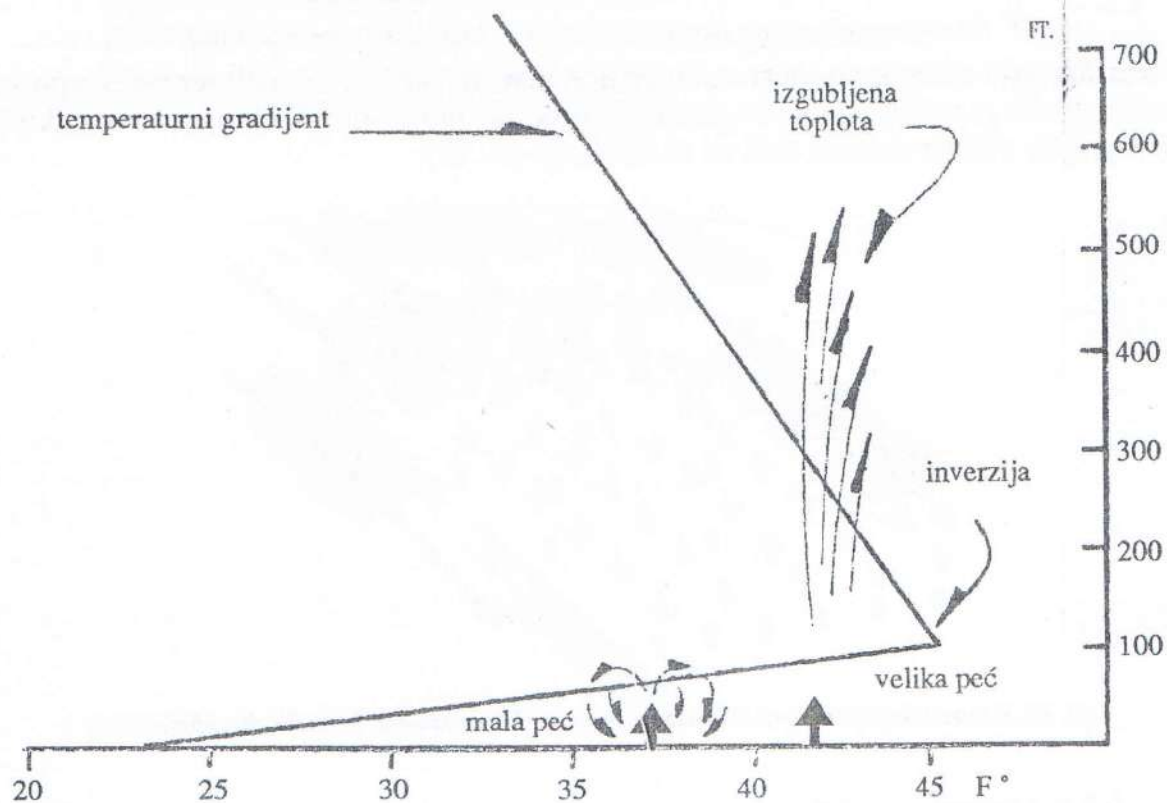
Peći povećale temperaturu vazduha za 5 ° F



Sl. 16. Efekat zagrevanja pećima u jednom voćnjaku u Kaliforniji (Young, 1947)

Fizički princip na kome se zasniva ovaj metod je jednostavan i efikasan. Za vreme vedre i tihe noći dolazi do pojave inverzije temperature. Prilikom zagrevanja nastaje konvektivna cirkulacija, odnosno topao vazduh se uzdiže, a na njegovo mesto dolazi hladniji. Do povećanja temperature dolazi, osim toga, još i usled provođenja i zračenja toplote od peći ka okolnom vazduhu. Na sl. 16 prikazan je efekat zagrevanja pećima u jednom voćnjaku kratko vreme posle paljenja peći (Young, 1947, Blanc i drugi, 1963). Na levoj strani su vrednosti temperature vazduha na raznim visinama pre početka rada peći. Blizu zemljišne površine, na 1,6 m (5 FT) temperatura iznosi  $-3^{\circ}\text{C}$  ( $27^{\circ}\text{F}$ ), a na visini 8 m (25 ft) oko  $0^{\circ}\text{C}$ . Međutim, posle početka rada peći nastaje mešanje vazduha u inverzionom sloju, a temperatura vazduha se povećava (vrednosti na desnoj strani slike).

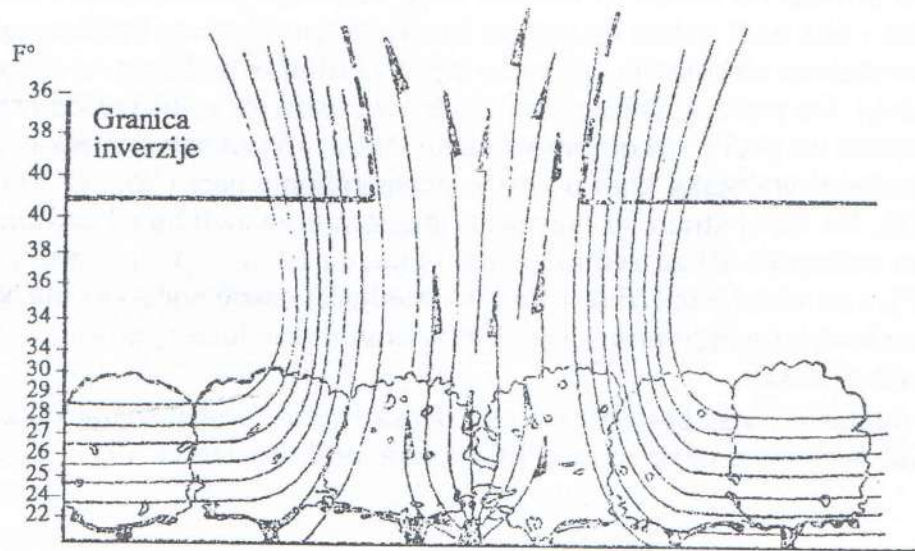
Valja naglasiti da se bolji efekat postiže sa većim brojem manjih peći pravilno raspoređenih po terenu nego sa manjim brojem velikih peći (sl. 17).



Sl. 17. Efekat manjih i velikih peći na zagrevanje prizemnog sloja vazduha (Vallij, 1971)

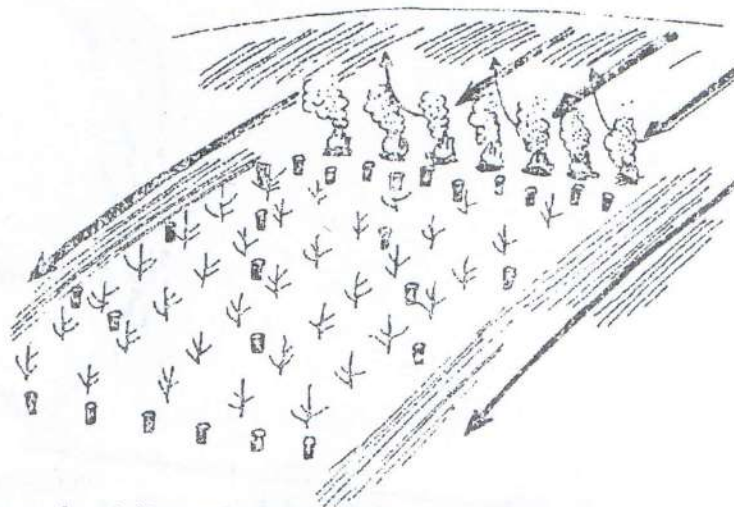
Velike peći stvaraju jaku struju toplog vazduha, koji se brzo penje kroz inverzioni sloj prouzrokujući "efekat dimnjaka". Probijajući gornju granicu inverzije, topli vazduh odlazi u slobodnu atmosferu, a na njegovo mesto dolazi hladan vazduh (sl. 18).

Broj i raspored peći zavisi od oblika terena, tipa peći i vrste goriva, kao i intenziteta očekivanog mraza. Na ravnom terenu potreban je manji broj peći postavljenih na jednakoj udaljenosti jedna od druge između redova voćaka.



Sl. 18. "Punktiranje" gornje granice inverzionog sloja velikim pećima (Vallij, 1971)

Na brdovitom terenu, na mestu gde pritiče hladan vazduh sa viših terena, raspored peći treba da je gušći, isto kao i pri dnu padine sa voćnjakom ili vinogradom, kako bi se zagrejao hladan vazduh koji se tu obrazuje (sl. 19).



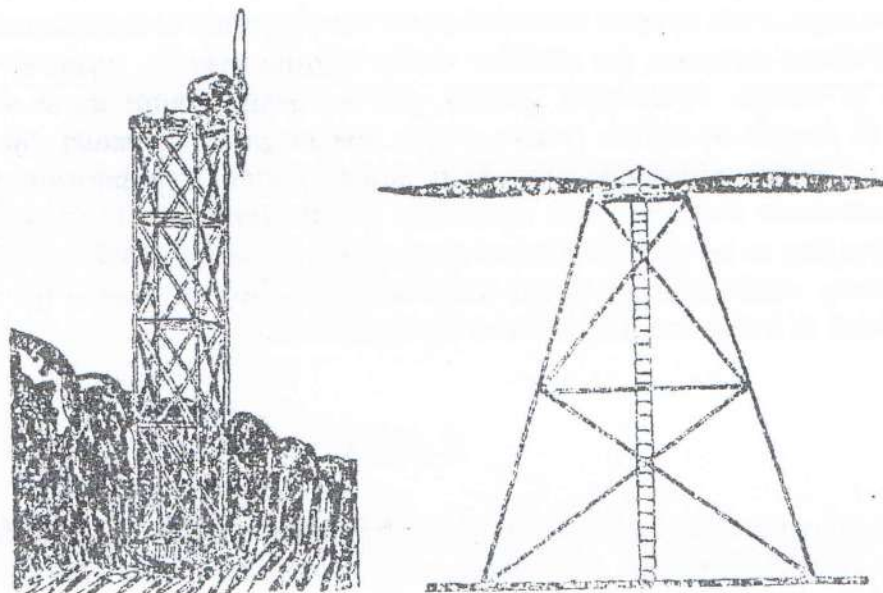
Sl. 19. Raspored grejalica na brdovitom terenu (Hilkenbäumer-Schnelle-Breuber, 1951)

### 1.3.3. Mešanje vazduha

Vetar smanjuje mogućnost pojave mraza, jer usled mešanja hladnijih i toplijih slojeva vazduha dolazi do opšteg povišenja temperature u prizemnom sloju vazduha. Taj princip iskorišćen je za sprečavanje pojave mraza, veštačkim mešanjem vazduha pomoću specijalnih uređaja (wind-mašina) ili helikoptera. Ovaj metod zaštite naročito se široko primenjuje u SAID. Prva proučavanja wind-mašina počela su u Kaliforniji, početkom 1920. godine, i nisu dala zadovoljavajuće rezultate, ali već 1928. godine konstruisana je nova mašina, prototip današnjih savremenih wind-mašina.

Uređaji (wind-mašine) sastoje se iz jednog postolja, visine 9-12 m, na kome se

nalazi propeler, sa 1-3 krila različite dužine (2,4-3,9 m američki, 6 m australijski, 10 m engleski). Propeleri se pokreću pomoću elektro, benzin ili dizel-motora različite jačine. Broj obrtaja američkog tipa iznos 900-1.200/min, čime se stvara vrlo jak vetar.



Sl. 20. Uređaj za veštačko mešanje vazduha u Kaliforniji

Međutim, metod mešanja vazduha pomoću wind-mašina je efikasan samo pri jakim inverzijama, kada je u inverzionom sloju velika razlika u temperaturi između niželežućih i viših slojeva. Ispitivanja na Univerzitetu u Floridi (Gerber, 1978) pokazala su da se površina, kao i veličina zaštite, može da predvidi iz jačine inverzije. Pri advektivnim mrazovima i slabim inverzijama ovaj način zaštite nije efikasan. U ovakvim slučajevima on treba da se kombinuje sa zagrevanjem.

Ogledi sa helikopterima (jedan helikopter za 40 ha) u Kaliforniji pokazali su da lagan, nizak let helikoptera (2-3 metra iznad vrha voćaka) može da povisi temperaturu vazduha za 2-5°C. Temperatura se povisila samo 20 do 30 minuta posle preleta helikoptera, tako da je radi održavanja određene temperature bilo potrebno više preletanja (svakih 20-30 minuta).

#### 1.3.4. Indirektne metode

Indirektne (pasivne) metode zaštite preduzimaju se znatno pre neposredne opasnosti od mraza. Pod njima se ne podrazumeva direktna borba protiv mraza, već sprečavanje ili smanjenje šteta od mraza.

U ove metode spada izbor lokacija za određene vrste biljaka. Pri tome za biljke osetljive na mraz treba izabrati one položaje gde ne postoji opasnost od radijacionih mrazeva ili je ona minimalna, dok se biljke otpornije na mraz mogu gajiti i na mestima gde postoji verovatnoća pojave slabih i umerenih mrazeva.

Štete od mraza u plitkim konkavnim oblicima terena mogu se izbeći sađenjem visokostablašica umesto niskostablašica, da bi se oni delovi biljke koji su osetljivi na mraz (cvet, mladi zametnuti plodovi) što više udaljili od hladne podloge.

Za gajenje jednogodišnjih poljoprivrednih kultura veoma je značajno poznavati prosečnu dužinu bezmraznog perioda na određenom području. Kada se zna dužina vegetacionog perioda određene kulture, može se, pomeranjem rokova setve, izbeći rizik oštećenja mrazom.

Osim toga, ovde spada i sađenje kasnocvetnih sorata voćaka na mestima koja su češće ugrožena mrazom, jer ukoliko voćke kasnije cvetaju, opasnost od prolećnih mrazeva je manja. Poslednjih godina vrše se eksperimenti da se odloži razviće cvetova ili drugih osetljivih delova biljke dok ne prođe opasnost od mraza. To se postiže prskanjem određenim hemijskim supstancama ("regulatorima razvića").

U indirektno metode spada i pravilna obrada zemljišta. U vreme opasnosti od mraza zemljište se ne sme obrađivati (rastresati), jer se iznad takvog zemljišta stvara više hladnog vazduha nego iznad neobrađenog. Zbog toga se u to vreme ne sme odstranjivati ni korov u voćnjacima i vinogradima.

## 2. SUŠA

Suša je jedna od najštetnijih vremenskih pojava, koja u mnogim delovima sveta ugrožava egzistenciju ljudi i nanosi ogromne štete raznim granama privrede. Stoga je ona od davnina izučavana, tako da se mogu naći zapisi o suši još iz početka 12. veka.

Do pojave suše na većem prostranstvu dolazi usled narušavanja normalne cirkulacije atmosfere. Međutim, o fizičkim razlozima koji dovode do anomalija u cirkulaciji postoje različite hipoteze. One se uglavnom mogu podeliti u dve grupe: one koje polaze od toga da do promena u cirkulaciji dolazi usled ekstraterestričkih uzroka i one koje promene razmatraju kao samorazvijajuće unutar kompleksa Zemlja - okean - atmosfera (Palmer, 1965; Hounam i drugi, 1975).

Pored toga, pojava i intenzitet suše na manjem području zavisi i od određenih regionalnih i lokalnih faktora. To se pre svega odnosi na opšti pluviometrijski režim toga područja, odnosno na godišnju sumu padavina, raspored i intenzitet padavina u toku godine, zatim na intenzitet isparavanja iz zemljišta i evaporacionu moć vazduha, osobine i stanje zemljišta i biljnog pokrivača, nivo podzemnih voda i niz drugih faktora.

U našoj zemlji suša nije redovna pojava, mada se u istočnoj polovini zemlje ona češće javlja, naročito u jugoistočnom delu Makedonije i Vojvodini, gde u pojedinim godinama može trajati 2-3 meseca pa i duže. Zavisno od trajanja i intenziteta, kao i od postojećih zaliha vode u zemljištu, ona u pojedinim godinama može naneti ogromne štete ne samo poljoprivredi već i drugim granama privrede.

### 2.1. Definicija suše

Ne postoji kompletna unificirana definicija suše, jer zavisno od objekta na koji se odnosi, ona ima različito značenje. Uglavnom, ona se može podeliti u tri grupe: *meteorološka suša* je situacija kada na velikoj površini nastaje znatan manjak padavina u odnosu na normalnu vrednost za određeno područje i godišnje doba. Ako

dugo traje, nastaje *hidrološka suša* sa značajnim padom nivoa vode u vodenim akumulacijama, jezerima, rekama, kao i padom nivoa podzemnih voda, što pogađa ne samo industriju već i poljoprivredu. *Poljoprivredna suša* se pojavljuje kada su u vegetacionom periodu vlažnost zemljišta i padavine nedovoljne da zdrave biljke dođu u fazu zrenja, prouzrokujući oštećenja biljaka i uvenuće. Poljoprivredna suša može postojati čak i u slučaju da nema meteorološke suše, i obrnuto. Na primer, kiše u kritičnom periodu razvića biljaka mogu dovesti do visokih prinosa čak i kada je ukupna količina padavina u vegetacionom periodu mala (Raman, Palmer, 1965).

Sa poljoprivredne tačke gledišta suša se može definisati kao kompleksna meteorološka pojava koja nastaje pri dužem odsustvu padavina i koja, usled pojačanog isparavanja, narušava vodeni bilans biljke i dovodi do deficita vlažnosti u aktivnoj rizosferi.

Međutim, kvantitativni pokazatelji suše su veoma različiti, zavisno od kriterijuma. Veličine koje same ili u kombinaciji služe za bliže kvantitativno određivanje suše jesu: padavine, temperatura vazduha, vlažnost vazduha, isparavanje sa slobodne vodene površine, evapotranspiracija, vlažnost zemljišta, vetar, oticanje i stanje biljaka.

Kako su padavine najvažniji faktor koji utiče na pojavu suše, to svi kriterijumi uključuju padavine, bilo same, bilo u kombinaciji s drugim meteorološkim elementima.

Sve definicije, odnosno kriterijumi suše mogu se klasifikovati u sledeće grupe (Hounam i drugi, 1975), zavisno od veličina na osnovu kojih se definiše suša:

- a) padavine
- b) padavine sa srednjom temperaturom vazduha
- c) vlažnost zemljišta i parametri biljke
- d) klimatski indeksi i određivanje evapotranspiracije
- e) opšte definicije i postavke.

Izbor kriterijuma koji će za određeno šire područje dati najrealniju sliku o trajanju i intenzitetu suše zavisi od opštih klimatskih prilika područja i orijentacije poljoprivredne proizvodnje.

## 2.2. Tipovi suša

Uticaj suše na biljke zavisi od vremena pojave, trajanja i intenziteta suše.

U agrometeorologiji se razlikuju dva tipa suše: atmosferska i zemljišna suša.

Pod *atmosferskom sušom* podrazumeva se duži beskišni period praćen visokom temperaturom i niskom vlažnošću vazduha. U takvim uslovima nadzemni delovi biljaka intenzivno gube vodu transpiracijom, naročito pri visokim temperaturama  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ , koje dovode do paralize stominog aparata. Stome ostaju otvorene, a biljka naglo gubi vodu. Kako korenov sistem nije u stanju da tako brzo nadoknadi sav gubitak vode, narušava se vodni bilans biljke, a ako takvi uslove duže potraju, biljka uvene.

U sovjetskoj literaturi poseban slučaj atmosferske suše poznat je pod imenom *suhovej*. Pod ovim pojmom podrazumeva se određeni kompleks meteoroloških elemenata koji imaju najveći uticaj na gubitak vode iz biljke.



Postoji više od 40 različitih kvantitativnih i kvalitativnih kriterijuma za identifikaciju pojave i intenzitet suhoveja, zavisno od meteoroloških elemenata na osnovu kojih se određuje suhovej (Smirnova, 1963).

Za razliku od suše, kod koje meteorološki elementi (temperatura, vlažnost, vetar, isparavanje) imaju dnevni hod blizak normalnom, kod suhoveja nastaju nagle promene kompleksa meteoroloških uslova, koji se razlikuju od normalnog za određeno područje i doba godine (Venckević, 1958). Suhovej dovodi do sniženja turgora, uvenuća, uvijanja lišća, kao i sušenja lišća i stabla, a stepen oštećenja biljaka zavisi od vlažnosti zemljišta, stanja biljaka, faze razvića, otpornosti biljaka prema suši, kao i od trajanja i intenziteta suhoveja.

Suhovej se može pojaviti u bilo koje vreme u toplom delu godine, a njegovo trajanje može iznositi od nekoliko časova do 5-7 dana i više. Što se tiče intenziteta, Feldman (cit. Hounam, 1975) je podelio intenzitet suhoveja u pet grupa, na osnovu različitih vrednosti meteoroloških veličina (tab. 21).

*Zemljišna suša* (edafska suša) nastaje kada se usled intenzivne evapotranspiracije (isparavanje zemljišta i biljaka) pri atmosferskoj suši isuši najpre površinski sloj zemljišta, a ako sušni period duže potraje, i dublji slojevi zemljišta u kojima se nalaze korenovi biljaka. Nedostatak vode u zemljištu dovodi i do nedostatka vode u biljkama, što izaziva različita oštećenja.

Zavisno od vremena pojave, razlikujemo zimske, prolećne, letnje i jesenje suše.

*Zimska suša*, mada ne utiče neposredno na biljke, pogotovo ako je već obrazovan zaštitni snežni pokrivač, ipak na posredan način nanosi štetu biljkama. Ona ne omogućava stvaranje dovoljne zalihe zimske vlage, koja je u proleće neophodna za razviće kako ozimih tako i jarih useva.

*Prolećna suša* odlikuje se relativno niskim temperaturama, suvim vazduhom i često jakim, hladnim i suvim vetrovima koji isušu zemljište.

METEOROLOŠKA KARAKTERISTIKA SUHOVEJA RAZLIČITOG INTENZITETA

Tab. 21

Relativna vlažnost (%)	Srednja dnevna temperatura (°C)	Deficit zasićenosti (hPa)	Intenzitet suhoveja
21 - 40	22,5 - 27,4	23	slab
41 - 60	27,5 - 32,4		
0 - 20	22,5 - 27,4	29	umeren
21 - 40	27,5 - 32,4		
41 - 60	32,5 - 37,4		
0 - 20	27,5 - 32,4	40	jak
21 - 40	32,5 - 37,4		
0 - 20	32,5 - 37,4	51	veoma jak
0 - 20	37,5 - 42,4	67	ekstremno jak

Ovaj tip suše usporava klijanje i nicanje jarih kultura, slabi bokorenje i ukorenjivanje biljaka, dovodi do obrazovanja manjeg broja klasaka u klasu, a kod ozimih useva smanjuje broj izdanaka u periodu bokorenja.

Prolećna suša štetnije utiče na jare nego na ozime useve, koji već imaju dobro razvijen korenov sistem. Međutim, pri dovoljnim zalihama vlage u zemljištu ovaj tip suše utiče neznatno na biljke.

*Letnja suša* se odlikuje niskom vlažnošću vazduha, visokim temperaturama i velikim isparavanjem. Ona isušuje zemljište, naglo smanjuje prirast vegetativne mase, uslovljava isušivanje listova i smanjuje fotosintetičku aktivnosti biljaka.

Štetno dejstvo letnje suše zavisi od faze razvića biljaka, zaliha vlage u zemljištu, kao i od otpornosti biljaka na sušu. Ona uvek, u manjoj ili većoj meri, smanjuje prinos poljoprivrednih kultura.

*Jesenja suša* utiče štetno na setvu, klijanje i nicanje ozimih kultura. Kako u takvim uslovima nicanje obično zakašnjava, to biljke ulaze u zimu nedovoljno razvijene, a otpornost takvih biljaka prema niskim zimskim temperaturama je umanjena.

Intenzitet suše se najčešće procenjuje prema smanjenju prinosa, pod uslovom da na to nisu uticali drugi štetni faktori. Prema A. V. Procerovu, ako je prinos određene poljoprivredne kulture smanjen do 20%, reč je o *slaboj suši*, od 20 do 50% o *srednjoj suši*, a preko 50% o *jakoj suši*.

### 2.3. Uticaj suše na biljke

Sve biljke ne reaguju podjednako na sušu. Otpornost biljaka prema suši je sposobnost biljaka da se normalno razvijaju i daju zadovoljavajuće prinose u uslovima suše. May i Milthorpe (cit. Hounam, 1975) izdvojili su tri vrste otpornosti biljaka na sušu:

a) izbegavanje suše - sposobnost da se ceo životni ciklus završi pre većeg nedostatka vode;

b) otpornost na sušu s velikom unutrašnjom količinom vode - sposobnost da se preživi suša pomoću dobro razvijenog korenovog sistema ili smanjene transpiracije;

c) otpornost na sušu s malom unutrašnjom količinom vode za vreme sušnog perioda, ali sa sposobnošću da se regeneriše i brzo razvija kada se vlažnost zemljišta ponovo poveća.

Uticaj suše je manji na biljke s dubokim i razgranatim korenovim sistemom, ali koliko će biljci stajati vode na raspolaganju zavisi i od vrste i fizičkih osobina zemljišta. Peskovita zemljišta brzo propuštaju vodu, dok je teška glinasta zemljišta drže velikim silama. Najbolja su ilovičasta zemljišta mrvičaste strukture, koja imaju najbolje regulisan vodni režim.

Veću otpornost prema suši pokazuju i biljke koje pri smanjivanju turgora lišća zatvaraju stome, ali ih u određeno doba dana otvaraju, tako da je omogućen proces fotosinteze bez maksimalnog gubitka vode.

Oštećenja biljaka sušom su vrlo slična oštećenju od mraza. Naime, u oba slučaja su mehaničke prirode, izazvana dehidracijom ćelija. Kako oštećenja od suše nastaju pri mnogo višim temperaturama, izgleda da je u pitanju i metabolizam. Mlado lišće je otpornije na sušu od starijeg ne samo zbog njegove veće osmotske vrednosti već i zbog većeg procenta proteina. U stvari, pošto još nisu u potpunosti objašnjeni fiziološki procesi pri oštećenju biljaka sušom, postoje dva prilaza ovom problemu. Prvi, koji oštećenja objašnjava promenama u metabolizmu i smanjivanjem proteina pri fotosintezi, disimilaciji, transpiraciji i procesima fermentacije, i drugi, koji to objašnjava mehaničkim oštećenjem strukture ćelije usled naizmeničnog vlaženja i

sušenja, kao i promenama u elastičnosti i viskoznosti protoplazme (Hounam, 1975).

Osim unutrašnjih procesa koji određuju oštećenja biljaka sušom, postoji i niz strukturnih i morfoloških promena koje, zavisno od vrste i faze biljke, određuju stepen oštećenja biljaka sušom ili njihovu otpornost. Maksimov S. A. (1963) je naveo sledeće kserofitne karakteristike biljke:

- a) smanjivanje ćelija;
- b) veliko zadebljanje zidova ćelija;
- c) mezofil zaštićen debelom kutikulom (pokožicom);
- d) povećan broj lisnih nerava;
- e) veliki broj stoma na jedinici površine.

Neki autori, kao Löw, Newton, Martin i Runyon (cit. Hounam, 1975) navode još i izrekanost lišća, dlakavost, smanjivanje veličine lišća i drugo.

Najveća potreba biljaka za vodom je u kasno proleće i tokom leta, kada je za obrazovanje lišća, cvetova i plodova potrebno mnogo vode. Ako vode nema dovoljno, lišće biljaka se u početku uvija da bi se smanjila površina transpiracije, zatim postaje meko i uvelo i najzad požuti. Međutim, suša ne oštećuje istovremeno svo lišće biljke. Za vreme suše gornji listovi crpe vodu iz donjih, starijih listova. Zbog toga se najpre isušuju donji listovi, dok gornji znatno duže ostaju aktivni.

Ratarskim kulturama najveću štetu suša nanosi u periodu pred cvetanje i u fazi porasta i razvića plodova, kada su one najosetljivije na nedostatak vlage.

Vazдушna suša, koja je leti gotovo redovno praćena visokim temperaturama, nanosi veliku štetu u fazi cvetanja i nalivanja zrna strnih žita. Kao posledica ovakve vremenske situacije oprašivanje je otežano, nalivanje zrna se prekida i dobijaju se smežurana (štura) zrna, slabog kvaliteta.

Voćkama suša nanosi štetu u doba cvetanja, jer dolazi do sušenja pojedinih organa cveta, a time i sprečavanja oprašivanja i zmetanja ploda. Kasnija, letnja suša utiče nepovoljno i na kvalitet i kvantitet plodova. Pod uticajem suše plodovi ostaju sitni, prisilno sazrevaju, a često i pre vremena otpadnu sa voćnih stabala.

Suša nanosi posredne štete biljnoj proizvodnji i na taj način što otežava pravovremeno izvođenje poljoprivrednih radova, kao što su npr. priprema zemljišta za setvu i setva, primena đubriva - jer da bi ona prodrle do zone korena i imala pozitivan efekat potrebno je da u zemljištu postoji bar minimalna količina vode. Pored toga, edafska suša pospešuje i eolsku eroziju.

Jedna od pratećih štetnih pojava suše su i češća pojava i širenje šumskih požara, pri čemu mogu da izgore veliki kompleksi šuma i drugog rastinja. Prema podacima za period 1955-1985. u našoj zemlji prosečno godišnje izbije 849 šumskih požara. U tom periodu sagorelo je ili oštećeno u požarima 220.332 ha šuma (Bertović S. i dr., 1987).

#### 2.4. Mere borbe protiv suše

Pošto je suša veoma nepovoljna vremenska pojava, mnogobrojna ispitivanja u svetu usmerena su na to da se ublaži ili spreči njen štetan uticaj. Ispitivanja se uglavnom vrše u tri pravca: selekciono-genetički, geografski i agrotehnički.

*Selekciono-genetička ispitivanja* imaju za cilj da se stvore sorte otporne na sušu

ili one koje se lako regenerišu od posledica suše, kao i sorte koje su vrlo ekonomične sa vodom koja se troši na isparavanje.

U našoj zemlji postoje instituti koji se bave ovom vrstom ispitivanja na osnovnim poljoprivrednim kulturama. Kao rezultat njihovog rada stvorene su mnogobrojne domaće sorte koje su prilagođene našim klimatskim uslovima i daju dobre prinose u sušnim godinama.

*Geografska ispitivanja* odnose se pre svega na agroklimatsko rejoniranje suše u odnosu na određenu biljku, a shodno tome na najcelishodniji raspored biljaka. Ispitivanja ovakve vrste iziskuju utvrđivanje čestine, trajanja i verovatnoće pojave suše određenog intenziteta u onim periodima razvića ispitivane biljke u kojima suša najviše utiče na smanjenje prinosa. Na taj način utvrđuje se stepen ugroženosti sušom onih područja gde ostali klimatski i edafski uslovi omogućavaju gajenje određene poljoprivredne kulture.

Primena mnogobrojnih *agrotehničkih mera* koje imaju za cilj da povećaju obezbeđenost biljaka vlagom zavisi od prirodnih i klimatskih uslova područja. Tu pre svega spadaju: navodnjavanje, pravilna obrada zemljišta, vetrozaštitni šumski pojasevi, zadržavanje snega i drugo.

*Navodnjavanje* je jedna od najsigurnijih i najuspešnijih mera u borbi protiv suše. Ovom merom se poboljšava vodni režim zemljišta i u znatnoj meri menjaju i meteorološki uslovi prizemnog sloja vazduha i toplotni režim zemljišta.

Pre svega, povećana vlažnost zemljišta dovodi do povećanog isparavanja, čime se snižava temperatura površinskog sloja zemljišta i okolnog vazduha, a povećava njegova vlažnost. Na navodnjavanoj parceli temperatura vazduha u biljnom sklopu je za 3-6°C niža nego na nenavodnjavanoj, a vlažnost vazduha veća za 30-60%, što je veoma važno pri vazdušnoj suši. Najveće sniženje temperature vazduha nastaje do visine 0,5 m, mada se uticaj navodnjavanja oseća do mnogo većih visina, danju do 200-300 m, a noću do 100 m visine. Povećanje vlažnosti vazduha oseća se do visine 200-300 m (Maksimov, 1963).

Efekat navodnjavanja u velikoj meri zavisi od njegovog sprovođenja, odnosno od pravilnog određivanja rokova i normi navodnjavanja u odnosu na potrebe određene kulture za vodom. To je veoma značajno zbog ekonomičnog trošenja vode, povećanja plodnosti zemljišta i dobijanja visokih prinosa.

Pod normom navodnjavanja podrazumeva se količina vode koju treba dodati na jedinicu površine (1 hektar). Ona predstavlja razliku između gornje i donje granice optimalne vlažnosti zemljišta i određuje se po formuli:

$$m = Hp (\beta_{\max} - \beta_{\min})$$

gde je:  $m$  = norma navodnjavanja ( $m^3/ha$ ),  $H$  = dubina vlaženja rizosfere (m),  $p$  = poroznost zemljišta (u % od zapremine),  $\beta_{\max}$  = gornja granica i  $\beta_{\min}$  = donja granica optimalne vlažnosti zemljišta (u % od poroznosti zemljišta).

Za gornju granicu optimalne vlažnosti zemljišta obično se uzima poljski vodni kapacitet, a za donju granicu ona količina vlage u zemljištu pri kojoj se naglo smanjuje njena pokretljivost, a u vezi s tim brzina transpiracije. Za većinu biljaka ona iznosi oko 70% od poljskog kapaciteta.

Rokovi navodnjavanja utvrđuju se prema postojećoj vlažnosti zemljišta, meteorološkim uslovima, fiziološkim pokazateljima i fazama razvića.

Određivanje rokova navodnjavanja prema vlažnosti zemljišta temelji se na tome da navodnjavanje treba izvršiti onda kada zalihe vlage u rizosferi padnu do donje granice optimalne vlažnosti. Ovaj način je najsigurniji, ali iziskuje sistematska merenja vlažnosti.

Rokovi navodnjavanja mogu se određivati i na osnovu meteoroloških podataka. Ovaj način podrazumeva izračunavanje gubitka vode iz zemljišta nastalog isparavanjem, odnosno evapotranspiracijom.

Fiziološki pokazatelji određivanja rokova navodnjavanja, kao što su npr. veličina usisavajuće sile listova, koncentracija ćelijskog soka i dr., predstavljaju jednu od perspektivnih metoda. Ona se zasniva na utvrđivanju korelacione veze između određenog fiziološkog pokazatelja i vlažnosti sloja zemljišta u kome se nalaze korenovi biljaka.

Određivanje rokova prema fazama razvića biljaka dosta je nepouzdan metod. On se zasniva na različitim potrebama biljaka za vlagom u raznim fazama razvića. Međutim, zavisno od vremenskih prilika u određenoj godini on zahteva čestu korekciju.

Za navodnjavanje se najviše koriste površinske vode: reke, jezera i vodene akumulacije. Mogućnost korišćenja podzemnih voda, koje su bogatije mineralnim materijama od površinskih, zavisi od osobina zemljišta, sastava soli i otpornosti biljaka na soli.

Razna ispitivanja su pokazala da otpadne vode, kojih ima sve više u industrijalizovanim i urbanim sredinama, mogu postati važan izvor za navodnjavanje. Otpadne vode, noseći sa sobom veliki broj korisnih elemenata, mogu ujedno poslužiti i za đubrenje zemljišta. U Sovjetskom Savezu predviđa se navodnjavanje oko 70.000 ha otpadnim vodama (Sinicina i drugi, 1973).

*Pravilna obrada zemljišta* ima za cilj da zadrži vlagu i spreči njen suvišan gubitak iz zemljišta.

Tu pre svega spada pretvaranje nestrukturnih zemljišta u strukturna, koja imaju bolje regulisan vodni režim i mnogo su ekonomičnija u raspolaganju vodom. To se postiže kalcifikacijom (unošenje kalcijuma) i humifikacijom (unošenje humusa). Osim toga, na takvom zemljištu treba zasnovati normalnu oranicu mrvičaste strukture.

Na već kultivisanom zemljištu u mere borbe protiv suše spadaju: produbljavanje ornice, borba protiv korova i primena pravilnog plodoreda, što znači da posle useva koji troši mnogo vode treba da sledi usev koji ima manje potrebe za vodom.

Vetrozaštitni šumski pojasevi, kao što je ranije izneto, utiču na ceo kompleks meteoroloških uslova na zaštićenim poljima. Smanjujući brzinu vetra, oni utiču na smanjenje gubitaka vode putem isparavanja, povećavaju vlažnost zemljišta i vazduha, a tokom zime sprečavaju odnošenje snega. Prema tome, vetrozaštitni šumski pojasevi u znatnoj meri smanjuju štetno dejstvo i vazdušne i zemljišne suše.

Zadržavanje snega je veoma korisna mera u rejonima s nedovoljnim ili neujednačenim vlaženjem, i to naročito u sušnim godinama. Međutim, u područjima gde je zemljište u proleće zasićeno vlagom ova mera nema svrhe.

Zadržavanje snega može se sprovesti pomoću različitih veštačkih štitova i pregrada, nasipa od snega, vetrozaštitnih šumskih pojaseva ili kulisa (uskih pojaseva) od biljaka, visokostablašica, kao što su kukuruz ili suncokret.

## 3. LITERATURA

- Aichele H., 1963: Frostscha-denverhütung durch Bedeckung. Frostschutz im Pflanzenbau, Band II, München.
- Bagdonas A., 1978: Methods of Cold and Frost Protection (Europe and Asia). Technical Note No 157, WMO, Geneva.
- Blanc M. L., Geslin H., Holzberg J. A., Mason B., 1963: Protection against Frost Damage. Technical Note No 51, WMO, Geneva.
- Bertović, S., Dimitrov T., Galović I., 1987: Osnove zaštite šuma od požara, Dio I. Centar za informacije i publicitet, Zagreb.
- Burkhardt H., 1956: Vorbeugender Frostschutz und Frostschutz durch Beregnung. Mitteilungen des Deutschen Wetterdienst No 16. Bad Kissingen.
- Čirkov I. I., 1975: Osnovi seljskohozjajstvennoi meteorologii. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Georg J. C., 1978: Techniques of Frost Prediction. Technical Note No 157, WMO, Geneva.
- Gerber J. F., 1978: Methods of Cold and Frost Protection (USA). Technical Note No 157, WMO, Geneva.
- Gloyne R. W., Lomas J., 1980: Lecture Notes for Training Class II and Class III Agricultural Meteorological Personnel. WMO-551, Geneva.
- Goljberg I. A., 1961: Agroklimatičeskaja karakteristika zamoroskov v SSSR i metodi borbi s nimi. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Hilkenbäumer F., Schnelle F., Breuer W., 1951: Bestands-und Ertragssicherung im Obstbau durch Frostscha-denverhütung. Berlin.
- Hounam C. E. and oth., 1975: Drought and Agriculture. Technical Note NO 138, WMO, Geneva.
- Jevtić S., 1977: Kukuruz. Nolit, Beograd.
- Lekcii po seljskohozjajstvennoi meteorologii. Pod red. M. S. Kulika i V. V. Sineljščikova, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Maksimov S. A., 1963: Pogoda i seljskoe hozjajstvo. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Otorepec S., Ljubinković D., 1966: Zaštita i osiguranje useva, voćnjaka i vinograda od vremenskih nepogoda. Zadrūžna knjiga, Beograd.
- Palmer C. W., 1965: Meteorological Drought. US Department of Commerce, Research Paper No 45, Washington.
- Raman C. R. V.,: A new Approach to Rainfall Climatology for Agricultural Planning. Poona, India.
- Rudnev G. V., 1964: Agrometeorologija. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Schneider M., 1963: Begriff und Einteilung des Frostes. Frostschutz im Pflanzenbau, Band I, München.
- Schnelle F., 1963: Die verschiedenen Formen des Frostschutz. Frostschutz im Pflanzenbau, Band I, München.
- Smirnova S. I., 1963: O edinom kriterii suhoveev. Meteorologija i gidrologija, No 5.
- Tomić B., 1953: Oglend zaštite od mraza pomoću kalifornijskih peći. Vesnik HMS FNRJ, god. 2. br. 4.
- Valli V. J., 1971: Basic Principles of Freeze Occurrence and the Prevention of Freeze Damage to Crops. Advisory Agricultural Meteorologist ESSA Weather Bureau, West Virginia.
- Venckević G. Z., 1958: Agrometeorologija, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Villers G. D. B., 1968: Protection of Crops against Frost Damage by Active and Passive Methods. WMO, Proceedings of the WMO Seminar, Melbourne, Australia.
- Witte, K., 1959: Frostscha-denverhütung durch Geländebeheizung und Beregnung. Land- und Hauswirtschaftlicher Auswertungs- und Informationsdienst, Heft 114, Frankfurt/Main.
- Young F., 1947: Frost and the Prevention of Frost Damage. US Department of Commerce Weather Bureau, Washington.
- Zasuhi v SSSR, ih proishozdenie, povtorjaemost i vlijanie na urožai. Pod red. A. I. Rudenko, Gidrometeoizdat, Leningrad.

## GLAVA V

# BILJKA I ZEMLJIŠTE

U abiotičke faktore spoljne sredine, pored klime, spada i zemljište.

Uloga zemljišta u životu biljaka je veoma složena. Pre svega, zemljište služi kao izvor hranljivih materija i vode koji su neophodan uslov za život biljaka, a svojim fizičkim, hemijskim i biološkim osobinama ono neposredno utiče na produktivnost biljne proizvodnje.

Mada tip i vrsta zemljišta zavise od klime, zemljište kao dinamičan sistem ima svoj razvitak i svoje delovanje na biljni svet, a time posredno i na klimu okolne sredine. Pored toga, od posebnog značaja za poljoprivrednu proizvodnju je klima zemljišta, koju čovek, za razliku od klime atmosfere, može u znatnoj meri poboljšati. Da bi se shvatio uticaj zemljišta na biljnu proizvodnju, potrebno je poznavati njegove osnovne fizičke, hemijske i biološke osobine.

### 1. OSNOVNE FIZIČKE OSOBINE ZEMLJIŠTA

Pod fizičkim osobinama zemljišta podrazumevaju se one osobine koje se odnose na njegov prirodni sastav. Najvažnije su sledeće fizičke osobine: zapreminska težina, poroznost, mehanički sastav, struktura, kao i vazdušni, toplotni i vodni režim zemljišta, o kojima će biti posebno više govora.

#### 1.1. Zapreminska težina zemljišta

Zapreminska težina zemljišta je težina 1 cm<sup>3</sup> apsolutno suvog zemljišta u prirodnom, neporemećenom stanju i izražava se u g/cm<sup>3</sup>. To je broj koji pokazuje koliko je puta 1 cm<sup>3</sup> zemljišta teži od iste zapremine vode.

Vrednosti zapreminske težine zemljišta kreću se od 0,1 kod horizonata sirovog humusa do 2,0 za teške mineralne horizonte. Ona je najmanja u površinskom sloju zemljišta, zbog toga što tu ima najviše humusa, a i rastresitost zemljišta je najveća.

Sa dubinom zapreminska težina se povećava, jer naglo opada količina humusa, a zemljište je zbijenije.

Vrednosti zapreminske težine služe za izračunavanje ukupne poroznosti zemljišta, količina vode, količina organske materije i drugo.

### 1.2. Poroznost zemljišta

Poroznost (šupljikavost) zemljišta definiše se kao zapremina svih šupljina u jedinici zapremine zemljišta.

Između čestica zemljišta nalaze se veće i manje šupljine — pore, ispunjene vazduhom i vodom. Veličina i oblik pora zavisi od vrste zemljišta. Peskovita zemljišta imaju krupne pore, pa zato brzo upijaju vodu, ali ne mogu da je zadrže. Suprotno pesku, glinovita zemljišta imaju mnogo sitnih pora, zbog čega teško i sporo upijaju vodu, ali je zato čvršće drže u sebi. Ukupna poroznost glinovitih zemljišta je veća nego peskovitih.

Prema ukupnoj zapremini pora (P), zemljišta se dele na:

vrlo porozna	$P > 60\%$
porozna	$P = 45—60\%$
slabo porozna	$P = 30—45\%$
vrlo slabo porozna	$P < 30\%$

Pore čiji je prečnik manji od 1 mm nazivaju se *kapilarne* (od latinske reči capilus — dlaka), a one čiji je prečnik veći od 1 mm — *nekapilarne*.

Kapilarne pore služe za zadržavanje vode, a nekapilarne za oticanje suvišne vode. U njima se nalazi vazduh. Plodno zemljište mora da sadrži i kapilarne i nekapilarne pore. Njihov optimalan odnos u zemljištu je 1:1.

### 1.3. Mehanički sastav zemljišta

Mehanički sastav zemljišta je smeša zemljišnih čestica različite veličine.

Međunarodna podela čestica po veličini je:

kamen	čestice veće od 2 cm
šljunak	od 2 cm do 2 mm
krupan pesak	od 2 mm do 0,2 mm
sitan pesak	od 0,2 mm do 0,02 mm
prah	od 0,02 mm do 0,002 mm
glina	čestice manje od 0,002 mm

Prisustvo kamena i šljunka u zemljištu smanjuje njegovu plodnost. Zemljišta u kojima preovlađuju krupne frakcije, kamen i šljunak, nazivaju se skeletna zemljišta.

Glavni sastojci poljoprivrednih zemljišta su pesak, prah i glina.

Glavne osobine peska su da nema sposobnost da drži vodu, ima veliku propusnost, čestice nisu povezane i nemaju sposobnost lepljenja. Zemljišta koja sadrže mnogo peska su rastresita, nevezana, brzo se zagrevaju i hlade, a po hranljivim satojcima su siromašna.



## GLAVA V

# BILJKA I ZEMLJIŠTE

U abiotičke faktore spoljne sredine, pored klime, spada i zemljište.

Uloga zemljišta u životu biljaka je veoma složena. Pre svega, zemljište služi kao izvor hranljivih materija i vode koji su neophodan uslov za život biljaka, a svojim fizičkim, hemijskim i biološkim osobinama ono neposredno utiče na produktivnost biljne proizvodnje.

Mada tip i vrsta zemljišta zavise od klime, zemljište kao dinamičan sistem ima svoj razvitak i svoje delovanje na biljni svet, a time posredno i na klimu okolne sredine. Pored toga, od posebnog značaja za poljoprivrednu proizvodnju je klima zemljišta, koju čovek, za razliku od klime atmosfere, može u znatnoj meri poboljšati. Da bi se shvatio uticaj zemljišta na biljnu proizvodnju, potrebno je poznavati njegove osnovne fizičke, hemijske i biološke osobine.

### 1. OSNOVNE FIZIČKE OSOBINE ZEMLJIŠTA

Pod fizičkim osobinama zemljišta podrazumevaju se one osobine koje se odnose na njegov prirodni sastav. Najvažnije su sledeće fizičke osobine: zapreminska težina, poroznost, mehanički sastav, struktura, kao i vazdušni, toplotni i vodni režim zemljišta, o kojima će biti posebno više govora.

#### 1.1. Zapreminska težina zemljišta

Zapreminska težina zemljišta je težina 1 cm<sup>3</sup> apsolutno suvog zemljišta u prirodnom, neporemećenom stanju i izražava se u g/cm<sup>3</sup>. To je broj koji pokazuje koliko je puta 1 cm<sup>3</sup> zemljišta teži od iste zapremine vode.

Vrednosti zapreminske težine zemljišta kreću se od 0,1 kod horizonata sirovog humusa do 2,0 za teške mineralne horizonte. Ona je najmanja u površinskom sloju zemljišta, zbog toga što tu ima najviše humusa, a i rastresitost zemljišta je najveća.

Sa dubinom zapreminska težina se povećava, jer naglo opada količina humusa, a zemljište je zbijenije.

Vrednosti zapreminske težine služe za izračunavanje ukupne poroznosti zemljišta, količina vode, količina organske materije i drugo.

### 1.2. Poroznost zemljišta

Poroznost (šupljikavost) zemljišta definiše se kao zapremina svih šupljina u jedinici zapremine zemljišta.

Između čestica zemljišta nalaze se veće i manje šupljine — pore, ispunjene vazduhom i vodom. Veličina i oblik pora zavisi od vrste zemljišta. Peskovita zemljišta imaju krupne pore, pa zato brzo upijaju vodu, ali ne mogu da je zadrže. Suprotno pesku, glinovita zemljišta imaju mnogo sitnih pora, zbog čega teško i sporo upijaju vodu, ali je zato čvršće drže u sebi. Ukupna poroznost glinovitih zemljišta je veća nego peskovitih.

Prema ukupnoj zapremini pora (P), zemljišta se dele na:

vrlo porozna	$P > 60\%$
porozna	$P = 45—60\%$
slabo porozna	$P = 30—45\%$
vrlo slabo porozna	$P < 30\%$

Pore čiji je prečnik manji od 1 mm nazivaju se *kapilarne* (od latinske reči capilus — dlaka), a one čiji je prečnik veći od 1 mm — *nekapilarne*.

Kapilarne pore služe za zadržavanje vode, a nekapilarne za oticanje suvišne vode. U njima se nalazi vazduh. Plodno zemljište mora da sadrži i kapilarne i nekapilarne pore. Njihov optimalan odnos u zemljištu je 1:1.

### 1.3. Mehanički sastav zemljišta

Mehanički sastav zemljišta je smeša zemljišnih čestica različite veličine.

Međunarodna podela čestica po veličini je:

kamen	čestice veće od 2 cm
šljunak	od 2 cm do 2 mm
krupan pesak	od 2 mm do 0,2 mm
sitan pesak	od 0,2 mm do 0,02 mm
prah	od 0,02 mm do 0,002 mm
glina	čestice manje od 0,002 mm

Prisustvo kamena i šljunka u zemljištu smanjuje njegovu plodnost. Zemljišta u kojima preovlađuju krupne frakcije, kamen i šljunak, nazivaju se skeletna zemljišta.

Glavni sastojci poljoprivrednih zemljišta su pesak, prah i glina.

Glavne osobine peska su da nema sposobnost da drži vodu, ima veliku propusnost, čestice nisu povezane i nemaju sposobnost lepljenja. Zemljišta koja sadrže mnogo peska su rastresita, nevezana, brzo se zagrevaju i hlade, a po hranljivim satojcima su siromašna.

Prah ima dobar vodni kapacitet, propusnost nije tako velika kao kod peska, slabo je plastičan, ne bubri ili slabo bubri, slabo se lepi i u suvom stanju je vezan.

Glinene čestice su najaktivniji deo zemljišta, naročito čestice veličine ispod 0,1 mikrona (koloidi). Glina može da upije veliku količinu vode, pri čemu bubri, uvećava se nekoliko puta, plastična je i lepljiva. U suvom stanju se skuplja, stvrdnjava i ispuca. Zemljišta koja sadrže veliki broj glinenih čestica slabo su propustljiva za vodu, teška su i zbijena, hladna, teško se obrađuju.

Najbolja su zemljišta u kojima postoji povoljan odnos između peska i gline. To su ilovače, koje se odlikuju povoljnim fizičkim, pa i hemijskim osobinama. Zemljišta u kojima preovlađuje frakcija peska zovu se peskuše, a ako preovlađuje frakcija gline — glinuše.

U tab. 22. prikazana je klasifikacija zemljišta po mehaničkom sastavu, na osnovu međunarodne podele čestica (prema Schefferu i Schachtschabelu, 1956).

Poljoprivredna vrednost zemljišta raste od peska do ilovače i ponovo pada prema glini.

KLASIFIKACIJA ZEMLJIŠTA PO MEHANIČKOM SASTAVU  
(Scheffer i Schachtschabel, 1956)

Tab. 22

Teksturna oznaka	Glina < 0,002 mm	Prah 0,02 do 0,002 mm	Glina i prah < 0,02 mm	Pesak ukupno 0,02 do 2 mm	Sitan pesak 0,2 mm 0,02 mm	Krupan pesak 0,2 do 2 mm
Količina pojedinih kategorija čestica u %						
Ilovičasti krupni pesak			<15	>85		>45
Ilovičasti sitni pesak			<15	>85	>40	
Krupnopeskovita ilovača	<15		15-35	65-85		>45
Sitnopeskovita ilovača	<15		15-35	65-85	>40	
Ilovača		<45	>35	<65		
Praškasta ilovača		>45				
Peskovito glinasta ilovača		<20	<45	>55		
Glinasta ilovača	15-25	<45	>35	<65		
Praškastoglinasta ilovača		>45	>60	<40		
Peskovita glina		<20	<45	>55		
Ilovičasta glina	25-45	<45	>45	<55		
Praškasta glina		>45	>70	<30		
Teška glina	>45					

### 1.4. Struktura zemljišta

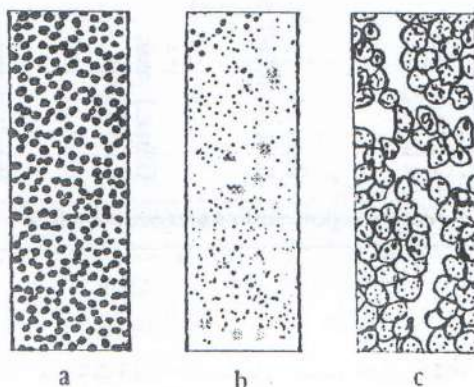
Struktura zemljišta je povezanost zemljišnih čestica u agregate različitog oblika i veličine.

Kao lepak za slepljivanje zemljišnih čestica u krupnije agregate služe koloidi. Ako u zemljištu nema dovoljno koloida, struktura se neće stvoriti (peskuše), kao i kada ima suviše koloida (teške glinuše).

Prema veličini, obliku i položaju agregata postoji: praškasta (veličina agregata do 0,5 mm), sitnomrvičasta ili krupnomrvičasta (agregati 0,5—5 mm), graškasta (5—10 mm), sitnoorašasta ili krupnoorašasta (1—3,5 cm), sitnogrudasta ili krupnogrudasta (agregati veći od 3,5 cm) struktura.

Najpovoljnija za poljoprivrednu proizvodnju su zemljišta sa mrvičastom i graškastom strukturom, veličine agregata 1—10 mm.

Strukturalna zemljišta imaju dobro regulisan vazdušni, toplotni i vodni režim; lako se obrađuju, a za vreme suša se ne isušuju brzo i ne stvrdnjavaju. U njima je najpovoljniji odnos vode i vazduha: u kapilarnim porama je voda, a u nekapilarnim vazduh. Ovakva zemljišta su visoko produktivna, u njima ima dosta hranljivih materija i vlage za razviće biljaka, a postoje povoljni uslovi i za rad mikroorganizama i za obrazovanje humusa.



Sl. 21. Nestrukturalno i strukturalno zemljište: a) Nestrukturalno zemljište — pesak (samo nekapilarne pore); b) Nestrukturalno zemljište — glina (samo kapilarne pore) c) Strukturalno zemljište (između agregata nekapilarne, a unutar agregata kapilarne pore) (Stebut, 1949)

## 2. HEMIJSKE OSOBINE ZEMLJIŠTA

Hemijske osobine i hemijski sastav zemljišta su rezultat određenog toka pedogenetskih procesa i stoga su usko povezane s morfološkim, fizičkim i biološkim osobinama zemljišta.

Po hemijskom sastavu razlikuju se u zemljištu dve grupe sastojaka: organska i neorganska.

*Organski deo zemljišta*, iako iznosi samo 1—3% i najčešće ne prelazi 10%, jedan je od najvažnijih sastojaka zemljišta, koji ima veliki uticaj na plodnost zemljišta i ishranu biljaka.

Organske materije, poreklom od uginulih biljnih i životinjskih organizama, u širem smislu nazivaju se humusom (na latinskom humus — zemlja). Humus se u zemljištu stvara na dva načina: razlaganjem prvobitne organske materije mikrobiološkim putem, i drugo, sintezom novih organskih materija, opet radom mikroorganizama.

Najpoznatiji oblici humusa su: kiseli humus i blagi ili zreli humus. *Kiseli humus* se stvara raspadanjem organskih materija u vlažnim zemljištima, gde ima malo kiseonika, ili u zemljištima siromašnim krečom. On štetno deluje na zemljište, razara ga i osiromašuje biljnim hranljivim sastojcima. Nasuprot ovome, *blagi* ili *zreo humus* obrazuje se u umereno toplim klimatskim uslovima, u zemljištima sa dovoljno kiseonika i kreča i dobrim fizičkim osobinama. U takvim uslovima dolazi do dobre humifikacije, tj. razlaganja organskih ostataka, do mešanja humusa i mineralnih materija i do stvaranja organsko-mineralnih kompleksa.

Mineralni deo zemljišta se sastoji od minerala građenih od raznih hemijskih elemenata. To je osnovni sastojak zemljišta, koji obično iznosi preko 90%.

*Mineralni deo zemljišta* predstavlja glavni izvor hrane za biljke, pod uslovom da su biogeni elementi u pristupačnom, tj. fiziološki aktivnom obliku, te ih biljke pomoću korena mogu usisavati.

Hemijske elemente biljke uzimaju u obliku mineralnih soli, osim kiseonika i vodonika, koje uzimaju u obliku vode. Oni mogu biti neophodni i korisni. Neophodni su oni elementi bez kojih biljka nije u stanju da završi svoj životni ciklus, a korisni oni bez kojih biljka može normalno da raste i da se razvija ali njihovo prisustvo deluje povoljno na rast.

Neophodni su sledeći elementi: ugljenik, kiseonik, vodonik, azot, fosfor, kalijum, kalcijum, sumpor, gvožđe, magnezijum, zatim bor, mangan, cink, bakar, molibden i kobalt.

Korisni su elementi: natrijum, hlor i silicijum.

Svi neophodni elementi se, međutim, u biljkama ne nalaze u podjednakim količinama, pa se razlikuju:

— makrohranljivi ili makroelementi, čiji procenat u biljkama iznosi više od 0,1%. To su prvih deset od spomenutih neophodnih elemenata;

— mikrohranljivi ili mikroelementi, čiji procenat u biljnim tkivima iznosi manje od 0,1%.

Međutim, bez obzira na njihovu različitu količinu u biljnim tkivima, svi su ovi elementi neophodni za normalno razviće biljaka.

Kako biljke stalno crpu iz zemljišta biljna hraniva organskog i neorganskog porekla, to je, da bi se sačuvala i povećala plodnost zemljišta, potrebno da mu se stalno dodaju materije koje ono gubi ishranom biljaka ili ispiranjem. Ovo se postiže đubrenjem zemljišta.

Đubriva se dele na prirodna i veštačka. Prirodna ili organska đubriva sadrže sva biljna hraniva koja najčešće nedostaju zemljištu (stajnjak, osoka itd.), a veštačka ili mineralna đubriva sadrže obično samo jedan, ređe dva ili tri hranljiva sastojka. Za razliku od prirodnih đubriva, ona ne sadrže ni organske materije ni bakterije. Prema mnogim proučavanjima najčešće u ishrani biljaka nedostaju azot, fosfor i kalijum (NPK). Azot utiče na stvaranje zelenih delova biljke i na porast, fosfor na brže sazrevanje i obrazovanje ploda, a kalijum i na porast biljke i na poboljšanje kvaliteta

proizvoda. Po svom značaju za povećanje prinosa na svim zemljištima, azot je najvažniji jer ulazi u građu belančevina, hlorofila, nukleinskih kiselina i drugih jedinjenja bez kojih nema fotosinteze i obrazovanja organske materije.

Veoma značajno hemijsko svojstvo je i reakcija zemljišta, pod čim se podrazumeva stepen njegove kiselosti, odnosno bazičnosti. Reakcija zemljišta može biti kisela, neutralna ili bazična. Određena je odnosom vodonikovih (H) i hidroksilnih (OH) jona. Zemljišta kod kojih je koncentracija H-jona veća od koncentracije OH-jona su kisela, sa jednakom koncentracijom H i OH jona neutralna, a sa većom koncentracijom OH od H jona bazična. Koncentracija vodonikovih jona u zemljištu izražava se negativnim logaritmom vrednosti H, odnosno  $-\log H = \text{pH}$ .

Ako pH iznosi 7,0, onda je reakcija zemljišta neutralna, za  $\text{pH} > 7$  bazična, a ako je  $\text{pH} < 7$ , reakcija zemljišta je kisela (Gračanin, 1947).

Kisela reakcija negativno utiče ne samo na zemljište već i na biljke. Svaka kulturna biljka ima određene granice reakcije zemljišta, najpovoljnije za njeno razviće. Većina njivskih kultura se najbolje razvija u neutralnom ili slabo kiselom zemljištu. Ako reakcija zemljišta postane kisela i pređe granice intervala povoljne za tu biljku, biljka prestaje normalno da se razvija. Kisela reakcija negativno utiče na zemljište tako što ono počinje da gubi strukturu, pa vodne i ostale fizičke osobine postaju nepovoljne. To utiče na smanjenje porasta vegetacije, što može dovesti do erozije. Kao meliorativna mera za smanjenje kisele reakcije zemljišta primenjuje se kalcifikacija (unošenje sredstava koja sadrže kalcijum).

### 3. BIOLOŠKE OSOBINE ZEMLJIŠTA

Biološke osobine zemljišta obuhvataju život svih onih živih bića koja žive u zemljištu, od nekih vrsta sisara pa do onih koji se ne mogu videti golim okom (mikroorganizmi).

Uticaj većih životinja koje stalno ili delimično žive u zemljištu (krtice, miševi, razni crvi, gliste itd.) povoljan je stoga što one svojim kretanjem vrše znatan mehanički rad. One buše, kopaju, sitne, mešaju i premeštaju zemlju, kopaju hodnike i na taj način znatno utiču na vazdušne i vodne osobine zemljišta. Pored toga, one obogaćuju zemljište organskim sastojcima, jer tokom života uvlače u zemljište organske materije kojima se hrane, a kad uginu, njihova tela tu i istrunu.

Od svih predstavnika makrofaune najvažnije su kišne gliste, kojih može biti od nekoliko stotina pa do više od dva miliona po hektaru. One vole vlažna zemljišta, bogata organskim materijama. Kišne gliste uzimaju razne organske ostatke iz površinskih slojeva zemljišta i odvlače ih u dublje slojeve, a iz njih iznose na površinu čestice zemljišta. Njihova aktivnost obavlja se u sloju od oko 50 cm.

Najveći značaj za poljoprivredu, od svih živih bića u zemljištu, imaju *mikroorganizmi*. Oni doprinose plodnosti zemljišta i njihova uloga u zemljištu je trostruka: učestvuju u razaranju organske materije, u sintezi novih jedinjenja i svojom izumrlom masom obogaćuju zemljište.

Broj mikroorganizama u zemljištu je veoma veliki i različit jer zavisi od vrste zemljišta i od uslova za njihovo razmnožavanje. U jednom gramu zemljišta može se

naći više desetina miliona pa i do tri milijarde mikroorganizama. Najviše ih ima u sloju od 5 do 10 cm, a sa dubinom njihov broj se smanjuje, tako da ih na dubini 3—4 m uopšte nema.

Od mikroorganizama se svojom životnom aktivnošću naročito ističu bakterije.

Jedna vrsta bakterija bavi se isključivo time što razlaže organske materije (ostaci uginulih životinja i biljaka) sve do mineralnih sastojaka iz kojih su i bile sagrađene. Pri razlaganju, ove bakterije pretvaraju najpre organsku materiju u humus, koji se dalje razlaže do najprostijih (mineralnih) sastojaka, pri čemu se obrazuju razni oblici azotne biljne hrane.

Druga vrsta bakterija, takode vrlo značajna za plodnost zemljišta, jesu azotofiksatori. Ove bakterije uzimaju azot iz vazduha, koga u atmosferi ima u velikim količinama, a posle uginuća ostavljaju ga zemljištu. Postoje dve vrste azotofiksatora. Jedna vrsta živi slobodno u zemljištu i može za godinu dana da unese 30—50 kg azota na hektar zemljišta. Druga vrsta bakterija živi u kvržicama na korenu biljaka iz roda mahunica (npr. lucerke). Smatra se da one mogu obogatiti zemljište sa 120 do 150 pa i 200 kg azota po 1 hektaru.

Smatra se da je globalna godišnja fiksacija azota iz atmosfere od strane kopnenih biljaka prilično mala (oko 140 M tona/godina), odnosno manja od 10% u poređenju sa količinom azota koji se godišnje koristi u primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji (Bolin, 1980).

Veoma korisna vrsta bakterija su nitrifikatori, koji imaju sposobnost da vrše oksidaciju azota u nitrate, najpovoljniji oblik azota za ishranu biljaka.

Međutim, u zemljištu ima i štetnih mikroorganizama, koji ometaju stvaranje biljne hrane ili je razaraju. Tu spadaju dinitrifikatori, koji razaraju nitrate, najdragoceniju biljnu hranu. U štetne bakterije spadaju i one koje na kulturnim biljkama izazivaju različita oboljenja.

#### 4. VAZDUŠNI REŽIM ZEMLJIŠTA

Pod vazdušnim režimom zemljišta podrazumeva se sposobnost zemljišta da obnavlja zemljišni vazduh. Obnavljanje se vrši razmenom zemljišnog i atmosferskog vazduha i naziva se još i aeracijom ili provetravanjem zemljišta.

Zemljišni i atmosferski vazduh razlikuju se po odnosu pojedinih gasova. Po Remezovu (cit. Pavičević) učešće najvažnijih sastojaka vazduha, izraženo u zapreminskim procentima, iznosi:

	atmosferski vazduh	zemljišni vazduh
azot	78	78 — 80%
kiseonik	21	0,1 — 20
ugljen-dioksid	0,03	0,1 — 20

Vazduh je stalni sastojak zemljišta i nalazi se uglavnom u nekapilarnim porama. Najveći kapacitet za vazduh imaju peskuše, nešto manji ilovače, a najmanji gline. Za uspešno gajenje biljaka najpovoljniji uslovi su ako se u oko 40% svih pora nalazi vazduh, a u oko 60% voda. To je obično slučaj kod zemljišta s mrvičastom strukturom.

Vazduh u zemljištu je neophodan u pedogenetskim procesima, procesu humifikacije organskih materija i drugim procesima razlaganja i sinteze materija, kao i za rad mikroorganizama, čime indirektno utiče na biljnu proizvodnju.

Povoljan vazdušni režim zemljišta veoma je važan za porast i razviće biljaka. Nedostatak kiseonika nepovoljno utiče na sve kulturne biljke, mada ne u podjednakoj meri. Naročito brzo reaguju strna žita, koja pri nedovoljnoj količini kiseonika u zemljištu zaostaju u porastu. Od količine kiseonika u zemljištu zavisi i brzina rasta korena, a prvi vidljivi znaci nedovoljne aeracije su venjenje biljaka i smanjenje transpiracije (Sinicina i drugi, 1973).

Na biljke negativno utiče i povećana koncentracija ugljen-dioksida u zemljišnom vazduhu. Već pri klijanju semena ona deluje kao narkotično sredstvo i time usporava ovaj proces, a u kasnijim periodima razvića povećanje koncentracije ovog gasa može da parališe apsorpcionu moć korena.

Aeracija zemljišta je neophodna jer se usled raznih hemijskih i bioloških procesa, kao i delatnošću samih biljaka, u zemljištu neprekidno stvara ugljen-dioksid. Razmenom zemljišnog i atmosferskog vazduha zemljište se oslobađa suvišnog ugljen-dioksida i obogaćuje kiseonikom. Istovremeno, prizemni sloj vazduha obogaćuje se ugljen-dioksidom, što je vrlo značajno za proces fotosinteze.

Aeracija zemljišta zavisi od fizičkih osobina zemljišta, količine vode u zemljištu, temperature vazduha i zemljišta, vetra, padavina i isparavanja.

Zemljišta s povoljnim fizičkim osobinama, kao što su strukturalna zemljišta, imaju bolje regulisan vazdušni režim od nestrukturalnih. Odvođenje suvišne vode, tj. drenaža, kao i razne agrotehničke mere (drljanje, okopavanje i dr.), povećavaju aeraciju zemljišta.

U suvom zemljištu vazduh zauzima sve pore, a u umereno vlažnom samo nekapilarne pore.

Aeracija je veća noću nego danju, jer se noću topao vazduh iz dubljih slojeva kreće ka površini zemlje, a hladniji vazduh sa površine spušta ka nižim slojevima.

Vetar povećava aeraciju površinskih slojeva zemljišta.

Prilikom prodiranja u zemljište padavine istiskuju zemljišni vazduh iz pora. Međutim, kada jedan deo vode ispari, u zemljišne pore ulazi atmosferski vazduh.

## 5. TOPLOTNI REŽIM ZEMLJIŠTA

Toplota je jedan od odlučujućih faktora u procesima pedogeneze, kao i u svim fizičkim, hemijskim, biohemijskim i biološkim procesima u zemljištu.

Biljna proizvodnja veoma mnogo zavisi od toplotnog režima zemljišta, jer temperatura zemljišta ne utiče samo na porast i razviće nadzemnih delova biljaka već i na energiju klijanja i nicanja, kao i na rast i apsorpcionu moć korenova.

Toplotni režim zemljišta u hladnom delu godine takođe je od značaja za poljoprivredne kulture. Niske temperature zemljišta mogu naneti određena oštećenja biljkama iako se one nalaze u stanju zimskog mirovanja.



### 5.1. Toplotne osobine zemljišta

Stepen zagrevanja površinskih i dubljih slojeva zemljišta zavisi, pored geografskog položaja mesta, od čitavog niza faktora. Najvažniji su: fizičke osobine zemljišta, vrsta pokrivača (biljni ili snežni pokrivač), ekspozicija, oblik terena i dr.

Od fizičkih osobina zemljišta najvažnije su toplotni kapacitet i toplotna provodljivost zemljišta.

*Toplotni kapacitet* je sposobnost zemljišta da primi određenu količinu toplote. Razlikuje se specifični i zapreminski toplotni kapacitet. Specifični toplotni kapacitet je količina toplote potrebna da se 1 gram zemlje zagreje za 1°C, a zapreminski toplotni kapacitet količina toplote potrebna da se 1 cm<sup>3</sup> zagreje za 1°C. Za praktične potrebe više se koristi zapreminski toplotni kapacitet.

Toplotni kapacitet zemljišta zavisi od njegove vlažnosti, poroznosti i od mineralnog sastava. Kako je toplotni kapacitet vode dva puta veći od toplotnog kapaciteta tvrdih mineralnih čestica zemljišta, to se sa povećanjem vlažnosti zemljišta povećava i njegov toplotni kapacitet. Nasuprot tome, smanjivanje vlažnosti, odnosno povećanje količine vazduha u zemljištu smanjuje toplotni kapacitet zemljišta. To je jedan od glavnih razloga što su vlažna zemljišta hladna, a suva toplija. Pored toga, vlažna zemljišta znatan deo primljene toplote troše na isparavanje vode, što takođe usporava njihovo zagrevanje.

Toplotni kapacitet zavisi još i od boje i ekspozicije zemljišta. Tamna zemljišta apsorbuju više Sunčeve energije i zagrevaju se brže i jače od svetlijih zemljišta, čiji je albedo veći. Što se tiče ekspozicije, najtoplije su južne, zatim zapadne, pa istočne, i najzad severne padine.

*Toplotna provodljivost* zemljišta je osobina zemljišta da provodi toplotu od jače zagrejanih ka manje zagrejanim slojevima. Kao kvantitativna mera služi koeficijent toplotne provodljivosti. To je količina toplote koja u 1 sekundi prođe kroz 1 cm<sup>2</sup> nekog tela debljine 1 cm kada razlika u temperaturi između obe strane iznosi 1°C. Ukoliko je veći koeficijent toplotne provodljivosti utoliko zemljište brže provodi toplotu i utoliko se brže zagrevaju dublji slojevi zemljišta.

TOPLOTNI KAPACITET I TOPLOTNA PROVODLJIVOST ČVRSTE, GASOVITE I TEČNE FAZE ZEMLJIŠTA

Tab. 23

Sastavni deo zemljišta	Toplotni kapacitet		Toplotna provodljivost (J/cm <sup>2</sup> sec °C)
	Specifični(J/g°C)	Zapreminski(J/cm <sup>3</sup> °C)	
Pesak i glina	0,75-0,96	2,05-2,43	0,00126
Treset	2,0	2,51	0,00837
Vazduh u zemljištu	1,00	0,00126	0,00021
Voda u zemljištu	4,19	4,19	0,00502

Toplotna provodljivost zemljišta zavisi takođe od odnosa čvrste, gasovite i tečne faze zemljišta. Toplotna provodljivost čvrste faze zemljišta je 100 puta a vode (tečne faze) 24 puta veća od toplotne provodljivosti zemljišnog vazduha. Zbog toga vlažno zemljište bolje provodi toplotu od suvog zemljišta.

Na toplotnu provodljivost utiče još i poroznost zemljišta. Sa povećanjem

poroznosti smanjuje se toplotna provodljivost zemljišta, jer se povećava količina vazduha u zemljištu.

Zavisno od svojih fizičkih osobina različita zemljišta imaju različit toplotni režim. Pri tome treba imati u vidu da vegetacija u znatnoj meri utiče na temperaturu površinskog sloja zemljišta, što zavisi od vrste biljaka, faze razvića i gustine biljnog pokrivača.

Biljni pokrivač utiče kako na dnevni tako i na godišnji tok temperature površinskih slojeva zemljišta. Danju i u toplom delu godine on štiti zemljište od direktnog Sunčevog zračenja, a pored toga povećava i površinu isparavanja, što je još jedan faktor koji utiče na snižavanje temperature gornjih slojeva zemljišta. Noću i u hladnom delu godine biljni pokrivač ima termoizolirajuće svojstvo, smanjuje izračivanje toplote i povećava temperaturu zemljišta.

O uticaju snežnog pokrivača, kao termoizolatora, na temperaturu zemljišta bilo je govora ranije (glava 2).

## 5.2. Dnevni i godišnji hod temperature zemljišta

Dnevni i godišnji hod temperature zemljišta je uglavnom uslovljen hodom Sunčevog zračenja i Zemljinog izračivanja.

Temperatura površinskog sloja zemljišta počinje da raste od izlaska Sunca i svoj maksimum ne dostiže u pravo Sunčevo podne, kada je intenzitet Sunčevog zračenja najveći, već oko 13 sati po lokalnom vremenu. U popodnevnom satima, kada je intenzitet Sunčevog zračenja sve manji u odnosu na intenzitet Zemljinog izračivanja, temperatura površinskog sloja zemljišta opada. Hlađenje ovog sloja usled izračivanja se nastavlja i noću, i neposredno pred izlazak Sunca javlja se minimum. Pošto je površinski sloj zemljišta topliji i od prizemnog sloja vazduha i od dubljih slojeva zemljišta, to on odaje toplotu i u jednom i u drugom smeru. Maksimum temperature vazduha na visini 2 m javlja se stoga 1 - 2 sata posle maksimuma na površini zemljišta, odnosno 2 - 3 sata posle kulminacije Sunca. S obzirom da se provođenje toplote u dublje slojeve vrši vrlo sporo, temperature ovih slojeva su znatno niže nego na površini zemlje, a vreme nastupanja maksimuma i minimuma zakašnjava sa dubinom prosečno 2 - 3 sata na svakih 10 cm dubine.

Raspored temperature zemljišta po dubinama je u toku dana i noći suprotan. Danju je najtopliji površinski sloj zemljišta a sa dubinom temperatura opada (insolacioni tip), dok je noću obrnut slučaj - temperatura raste sa dubinom (radijacioni tip).

Zimi, zbog intenzivnog hlađenja zemljine površine, naročito u slučaju golomrazice, i danju i noću preovlađuje radijacioni tip, odnosno temperatura raste sa dubinom. U tab. 24 prikazan je raspored srednjih dnevnih temperatura zemljišta na dubinama na kojima se u Hidrometeorološkoj službi Jugoslavije vrše osmatranja, u

jednom zimskom i letnjem danu, kao i u prelaznim godišnjim dobima - proleće i jesen - kada nastupa izotermija, tj. temperature imaju približne vrednosti na svim osmatranim dubinama.

RASPORED SREDNJIH DNEVNIH TEMPERATURA ZEMLJIŠTA PO DUBINI U RAZLIČITIM GODIŠNJI  
DOBIMA (Novi sad - Rimski Šančevi, 1984)

Tab. 24

Dubina (cm)	15.I	15.III	15.VII	5.X
2	0,1	3,8	30,8	17,1
5	0,4	4,0	29,7	16,4
10	0,4	3,9	28,6	16,0
20	0,5	3,7	26,8	16,1
30	1,2	3,6	25,2	16,6
50	3,1	4,3	22,6	17,7
100	5,6	4,7	18,1	17,7

Kako se površina zemljišta najviše zagreje tokom dana ali i najviše rashladi tokom noći, to je kolebanje temperature ovog sloja najveće. Sa dubinom kolebanje se smanjuje, a na dubini 35 - 100 cm prestaje, što zavisi od strukture i mehaničkog sastava zemljišta i njegove vlažnosti. Kako veličina dnevnog kolebanja zavisi od intenziteta Sunčevog zračenja i Zemljinog izračivanja, to znači da će ono biti veće leti nego zimi, kako u površinskom tako i u dubljim slojevima. Shodno tome, dnevno kolebanje će se leti osećati do veće dubine nego zimi.

Pojedinih dana raspored temperature zemljišta po dubinama može znatno da odstupa od napred opisanog, što zavisi od određenih meteoroloških uslova. Padavine snižavaju temperaturu zemljišta, a dubina do koje će se njihov rashlađujući uticaj osećati zavisi od njihove količine. Utvrđeno je da temperatura zemljišta do 20 cm dubine opada relativno brzo posle početka padavina. Pad temperature je mnogo izrazitiji ako je pljusak praćen gradom. Osim toga padavine izjednačuju temperaturu na raznim dubinama i smanjuju kolebanje. Oblačnost, isto kao i padavine, smanjuje dnevno kolebanje i izjednačuje temperaturu zemljišta na raznim dubinama. Pri oblačnom vremenu promene temperature su mnogo manje, kako po dubinama tako i u dnevnom hodu na istoj dubini. Vetar snižava temperaturu površinskog sloja zemljišta zbog toga što povećava intenzitet isparavanja.

GODIŠNJI HOD TEMPERATURE ZEMLJIŠTA NA RAZNIM DUBINAMA, NOVI SAD - RIMSKI ŠANČEVI  
Period 1951 - 1975.

Tab. 25

Dub. (cm)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
2	0,4	1,8	5,5	12,6	19,1	23,4	25,6	24,6	19,3	12,3	6,3	2,1	12,8
5	0,6	1,9	5,5	12,2	18,5	22,9	24,7	24,1	19,3	12,6	6,5	2,3	12,4
10	0,7	1,7	5,2	11,8	18,0	22,3	24,2	23,7	19,2	12,8	6,8	2,5	12,4
20	1,3	2,1	5,1	11,3	17,3	21,5	23,5	23,4	19,3	13,2	7,5	3,2	12,4
30	1,9	2,3	5,1	11,0	16,7	20,9	23,0	23,1	19,4	13,7	8,2	3,8	12,4
50	3,1	3,0	5,3	10,4	15,4	19,5	22,0	22,5	19,6	14,8	9,6	5,1	12,5
100	6,0	4,9	6,0	9,2	12,9	16,6	19,2	20,4	18,9	16,3	12,3	8,5	12,6

Godišnji hod temperature površinskog i dubljih slojeva zemljišta u umerenim geografskim širinama odlikuje se jednim maksimumom (u julu ili avgustu) i jednim minimumom (u januaru ili februaru). Vreme nastupanja maksimuma i minimuma zakašnjava u godišnjem hodu prosečno 20 - 30 dana na 1 m dubine.

Posle proletnje ravnodnevnice i u toku leta zemljište ne izdaje svu primljenu toplotu već jedan deo akumulira i na taj način se zagreva. Ovu toplotu zemljište odaje u toku hladne polovine godine. U umerenim širinama najviše toplote zemljište prima između maja i juna, a najviše odaje između novembra i decembra (tab. 26).

GODIŠNJI HOD TOPLOTNE RAZMENE U PEŠČANOM ZEMLJIŠTU ( $J/CM^2$  MESEC)  
(P.N.Tverski, cit. Šuljgin, 1957)

Tab. 26

XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-1645	-1256	-695	-25	1478	2085	1963	1444	615	-557	-1616	-1779	

Razlikuju se letnji i zimski raspored temperature zemljišta po dubinama. Leti temperatura opada sa dubinom, a zimi se povećava. U prelaznim godišnjim dobima (mart, septembar) javlja se izotermija (tab. 25), koja se ponekad može i poremetiti. Naime, na nekoj dubini se u jesen može pojaviti najtopliji sloj, od koga temperatura opada i ka površini i ka dubljim slojevima, a u proleće najhladniji sloj, od koga se temperatura povećava naviše i naniže.

Godišnja kolebanja su najveća na površini zemljišta, a sa dubinom opadaju, što potvrđuju i višegodišnji rezultati merenja temperature zemljišta u našoj zemlji (tab. 27).

APSOLUTNO GODIŠNJE KOLEBANJE TEMPERATURE ZEMLJIŠTA U JUGOSLAVIJI  
Period 1951 - 1975.

Tab. 27

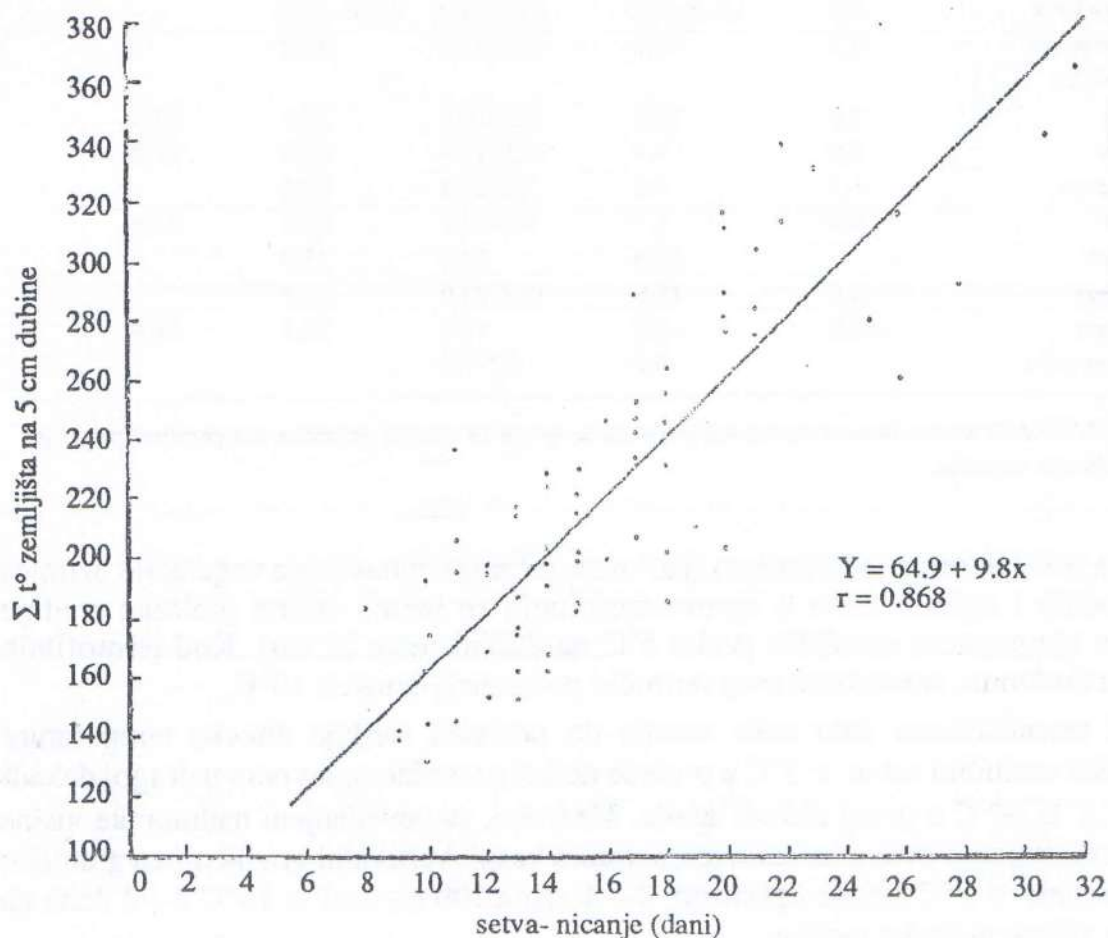
Dubina (cm)	Ekstremne vrednosti u °C	Najčešće vrednosti u °C
2	41-69	50-60
5	37-64	40-55
10	33-51	35-45
20	23-42	25-40
30	21-34	25-30
50	20-31	20-25
100	18-26	18-20

Prema teoretskim proučavanjima Furier-a (cit. Šuljgin, 1957) dubina do koje se oseća godišnje kolebanje temperature zemljišta je 19 puta veća od dubine prodiranja dnevnih kolebanja. Međutim, smatra se da je u prirodnim uslovima ovaj odnos veći, zbog povećanja toplotne provodljivosti sa dubinom, promene vlažnosti zemljišta sa dubinom i vremenski, kao i usled manje proznosti zemljišta na većim dubinama. U proseku, dubina prodiranja godišnjih kolebanja varira od 8 do 25 metara. Prof. P.Vujević (1909) je za beogradsko tlo dobio dubinu prodiranja godišnjih kolebanja od 13,5 m, uzimajući da se dnevna kolebanja osećaju do dubine oko 65 cm.

### 5.3. Značaj temperature zemljišta za porast i razviće biljaka

Temperatura zemljišta je jedan od najvažnijih faktora klime zemljišta, od posebnog značaja za životnu aktivnost biljaka. Porast i razviće biljaka mogući su samo u određenim granicama temperature, različitim za svaku biljnu vrstu i fazu razvića.

Temperatura oraničnog sloja zemljišta je jedan od najboljih pokazatelja spremnosti zemljišta za setvu i služi za utvrđivanje pravovremenih rokova setve određene poljoprivredne kulture. Kao što je ranije izneto (tab. 4), svaka biljna vrsta ima svoj biološki minimum za početak rasta, odnosno za klijanje i nicanje. Ako je temperatura zemljišta na dubini setve niža od biološkog minimuma, usporava se proces bubrenja i klijanja semena, a samim tim i nicanje i porast biljaka. Zbog toga je veoma važno izvršiti setvu u dovoljno zagrejano zemljište, jer samo tada, uz ostale povoljne uslove može doći do pravovremenog klijanja i nicanja biljaka. Uticaj temperature zemljišta na trajanje perioda od setve do nicanja može se uočiti na primeru suncokreta (Otošec, 1977), na sl. 22.



Sl. 22. Zavisnost trajanja perioda setva-nicanje suncokreta od sume temperature zemljišta na dubini 5 cm

Agrometeorološki istraživači u Kaliforniji (SAD) su pri ispitivanju uticaja temperature zemljišta na klijanje semena različitih poljoprivrednih kultura došli do izvesnih graničnih vrednosti, koje su prikazane u tab. 28.

GRANIČNE TEMPERATURE ZEMLJIŠTA (°C) ZA KLIJANJE SEMENA NEKIH  
POLJOPRIVREDNIH KULTURA  
(W.H.Tung, 1976; cit. Wang i dr. 1982)

Tab. 28

Vrsta	Donja letalna	Minimum	Optimum	Maksimum	Gornja letalna
<b>ŽITA:</b>					
Ječam	-8,3	0,0	25,0-31,1	37,2	-
Ovas	0,0	5,0	25,0-31,1	37,2	-
Pšenica	-8,9	5,0	25,0-31,1	37,2	-
Kukuruz	0,6	10,0	15,6-35,0	40,6	41,7
<b>PREDIVNE BILJKE:</b>					
Pamuk	-1,1	15,0	25,0-30,0	35,0	>40,0
<b>VOĆKE:</b>					
Jabuka	-34,4	-17,8 do -12,2	11,1-19,4	23,9	-
Breskva	-26,1	1,1	18,3-23,9	-	-
Orah	-6,7	1,1	-	37,8	-
Vinova loza	0,0	1,7 do 4,4	20,0-30,0	35,0 - 40,0	-
Pomorandže	-2,2	12,8	22,8-32,8	37,8	-
<b>POVRĆE:</b>					
Pasulj	3,3	15,6	18,3-26,7	29,4	37,8
Kupus	0,0	4,4	10,0-15,6	35,0	37,8
Šargarepa	-1,1	4,4	7,2-29,4	35,0	-
Salata	0,0	1,7	4,4-26,7	29,4	37,8
Paprika	-	15,6	29,4	35,0	-
Paradajz	0,0	13,9	18,3-23,9	26,7	-
Krompir	<-2,2	-2,2	17,2	26,1	28,9
Šećerna repa	-	-7,2	6,1-7,2	-	-

NAPOMENA: Letalna (smrtonosna) temperatura je donja ili gornja granična temperatura pri kojoj prestaju sve funkcije.

Za početak setve jarih kultura (jari ovas, ječam) i obnavljanje vegetacije ozimica i prirodnih i sejanih trava u agrometeorologiji se uzima vreme prelaska srednje dnevne temperature zemljišta preko 5°C na dubini setve (5 cm). Kod termofilnih biljaka (kukuruz, suncokret) ovaj termički pokazatelj iznosi  $\geq 10^\circ\text{C}$ .

U ravničarskom delu naše zemlje do prelaska srednje dnevne temperature zemljišta na dubini setve  $\geq 5^\circ\text{C}$  u proleće dolazi prosečno uglavnom u drugoj dekadi marta, a  $\geq 10^\circ\text{C}$  u prvoj dekadi aprila. Međutim, sa povećanjem nadmorske visine vreme nastupanja ovih graničnih temperatura kasni. Vertikalni gradijenti za graničnu temperaturu  $\geq 5^\circ\text{C}$  iznose uglavnom 3—4 dana/100 m, a za  $\geq 10^\circ\text{C}$  2—3 dana na svakih 100 m visinske razlike.

Koliko zagrevanje zemljišta kasni sa visinom može se videti iz visine prolaska izolinijskog datuma prelaska temperature zemljišta  $\geq 5^\circ\text{C}$  (tab. 29) i  $\geq 10^\circ\text{C}$

(tab. 30) u proleće na dubini 5 cm. Tako, na primer, dok se na Primorju i jugu Makedonije (najtopliji I rejon) zemljište 20. marta zagreje do 5°C već do visine 900 m, u severozapadnim i severnim delovima zemlje (najhladniji V rejon) ta visina iznosi svega 350 m (tab. 29).

VISINE PROLASKA IZOLINIJA SREDNJEG DATUMA PRELASKA TEMPERATURE ZEMLJIŠTA  $\geq 5^{\circ}\text{C}$  U PROLEĆE NA DUBINI 5 CM

Tab. 29

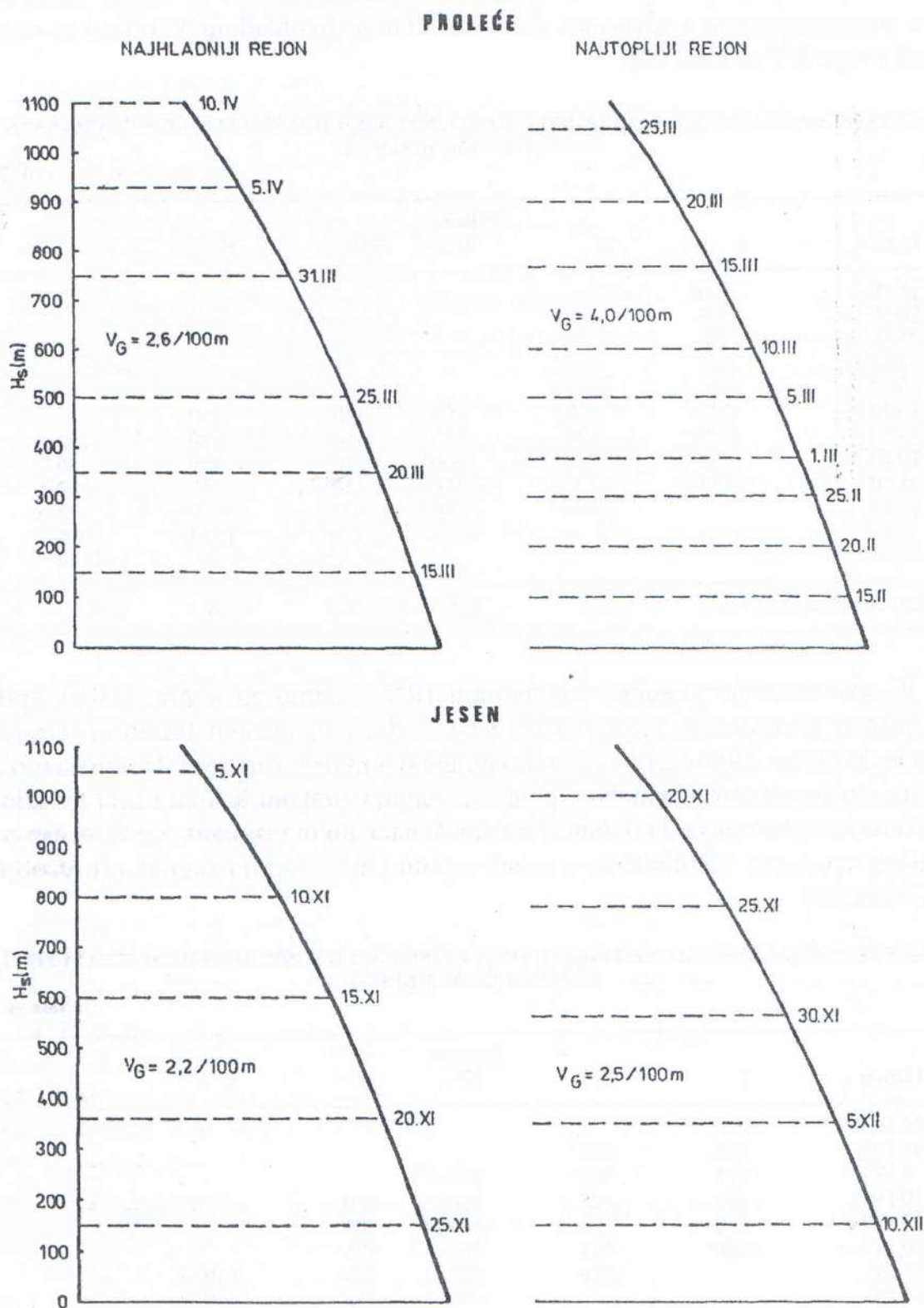
Datum	I	II	Rejoni IIIa	III	IV	V
15.II	100					
20.II	200					
25.II	300	100				
1.III	375	150				
5.III	500	275				
10.III	600	430	300	200	100	
15.III	770	600	450	400	280	150
20.III	900	750	600	570	450	350
25.III	1050	900	750	750	630	500
31.III		1100	960	960	850	750
5.IV			1150	1150	1030	930
10.IV						1100
Vertikal. gradijenti	4,0	3,3	3,2	2,8	2,8	2,6

Ili, ako uzmemo graničnu temepraturu 10°C, vidimo da se npr., do 10. aprila zemljište u Makedoniji, južnoj Srbiji i na srednjem i južnom Primorju (I rejon) zagreje do visine 750 m, u najvećem kontinentalnom delu zemlje (IV rejon) samo do 200 m, a u severnom planinskom delu Slovenije, Gorskom Kotaru i Lici (V rejon) površinski sloj zemljišta do dubine 5 cm još ni na manjim visinama nije dostigao ovu graničnu vrednost. Zemljište se u ovom rejonu tek 25. aprila zagreje prosečno do 10°C (tab. 30).

VISINE PROLASKA IZOLINIJA SREDNJEG DATUMA PRELASKA TEMPERATURE ZEMLJIŠTA  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  U PROLEĆE NA DUBINI 5 cm

Tabela 30.

Datum	I	II	Rejoni III	IV	V
25.III	225				
31.III	400	175			
5.IV	575	350	200		
10.IV	750	525	380	200	
15.IV	900	700	560	400	
20.IV	1050	875	750	575	
25.IV		1050	930	750	550
30.IV			1100	950	750
5.V				1130	950
10.V					1150
Vertikal. gradijenti	3,1	2,9	2,8	2,7	2,3



Sl. 23. Zagrevanje i hlađenje površinskog sloja zemljišta do granične temperature  $5^{\circ}C$  na dubini 5 cm



Završetak perioda sa srednjom dnevnom temperaturom zemljišta  $5^{\circ}\text{C}$  u jesen na dubini 5 cm može se smatrati termičkim pokazateljem završetka setve ozimica, odnosno kao krajnji rok setve ovih kultura. Na sl. 23 je prikazano zagrevanje (proleće) i hlađenje (jesen) površinskog sloja zemljišta do granične temperature  $5^{\circ}\text{C}$  na dubini 5 cm u najhladnijim i najtoplijim područjima naše zemlje. Najhladnija područja ovog termičkog pokazatelja obuhvataju severozapadni i severni ravničarski deo zemlje, a najtoplija Primorje, nisku Hercegovinu i južnu Makedoniju. Vertikalni gradijenti (Vg) su mnogo veći u proleće (3-4 dana/100 m) nego u jesen (2 dana/100 m), što znači da se zagrevanje zemljišta u proleće, kako na manjim tako i na većim visinama, vrši sporije nego njegovo hlađenje u jesen.

Osim toga što temperatura zemljišta utiče na energiju klijanja semena i nicanja biljaka, ona je od velikog značaja i u daljem toku razvića biljaka. Dovoljno zagrejano zemljište povoljno utiče na rast korena i njihovu apsorpcionu moć. Ako temperatura zemljišta padne ispod određene granice, smanjuje se količina vode i hranljivih materija koju koreni apsorbuju, što dovodi do izvesnog zastoja u razviću biljaka. Na temperaturi od  $0^{\circ}\text{C}$  gotovo kod svih biljaka prestaje apsorpcija vode i hranljivih materija.

Mikrobiološka aktivnost zemljišta takođe zavisi od njegove temperature. Sa povećanjem temperature zemljišta povećava se i rad mikroorganizama, koji je najaktivniji pri temperaturi  $10-40^{\circ}\text{C}$ . Pri višim temperaturama brzina procesa koje izazivaju mikroorganizmi se smanjuje.

Međutim, visoke temperature zemljišta mogu biti i štetne za neke poljoprivredne kulture. Tako je, na primer, poznato da se krompir najbolje razvija pri temperaturi oko  $17^{\circ}\text{C}$ ; pri višoj temperaturi on se izrođava i dobija se loš semenski materijal, dok pri temperaturi  $27-29^{\circ}\text{C}$  prestaje obrazovanje krtola. Osim toga, sa povećanjem temperature zemljišta aktiviraju se mnoge biljne bolesti i štetočine, što takođe nepovoljno utiče na poljoprivrednu proizvodnju.

APSOLUTNI TERMINSKI MAKSIMUMI TEMPERATURE ZEMLJIŠTA U JUGOSLAVIJI  
(Period 1951-1975)

Tab. 31.

Dubina (cm)	Ekstremne vrednosti u $^{\circ}\text{C}$	Najčešće vrednosti u $^{\circ}\text{C}$
2	33,5 — 60,0	40 — 50
5	28,4 — 56,8	35 — 45
10	26,5 — 48,9	30 — 40
20	21,6 — 38,8	25 — 35
30	19,4 — 34,0	25 — 35
50	19,0 — 31,0	20 — 30
100	20,0 — 28,6	20 — 25

U našoj zemlji se površinski sloj golog zemljišta tokom leta veoma zagreje (tab. 31), tako da maksimalne temperature mogu biti i za  $15-20^{\circ}\text{C}$  više od temperature vazduha. Višegodišnji rezultati merenja pokazuju da najveći apsolutni terminski maksimum na dubini 2 cm iznosi  $60^{\circ}\text{C}$  i zabeležen je u Titogradu 1962. i Mostaru 1963. godine.

O uticaju niskih temperatura zemljišta, koje u hladnom delu godine mogu naneti znatna oštećenja ozimicama, voćkama i vinovoj lozi, bilo je govora u glavi 2 (4.6.) i glavi 3 (2.1.).

#### 5.4. Zamrzavanje zemljišta

Zamrzavanje zemljišta nastaje nešto posle početka zime ako nema snežnog pokrivača. Dalji hod zamrzavanja zemljišta zavisi od intenziteta i trajanja mraza i od debljine snežnog pokrivača. Krajem zime i početkom proleća dolazi do odmrzavanja zemljišta, i to u dva pravca: odozgo, pod uticajem Sunčevog zračenja i u znatno manjoj meri odozdo, pod uticajem toplote koja pritiče iz dubljih slojeva zemljišta.

Proces zamrzavanja zemljišta se prema P.I. Koloskovu (cit. Šuljgin, 1957) može podeliti na četiri stadijuma. Prvi stadijum počinje padom temperature ispod  $0^{\circ}\text{C}$  i traje do početka obrazovanja leda, što nastupa pri različitoj temperaturi, u zavisnosti od vlažnosti zemljišta i trajanja niskih temperatura. U suštini to je stadijum prehladene vode u zemljištu. Drugi stadijum počinje od momenta pojave kristalića leda i završava se kada počinje povećanje zapremine zemljišta. Ovaj stadijum karakteriše nastajanje i povećanje čvrstoće zemljišta usled cementacije njegovih čestica, odnosno usled prelaska vode u led. Treći stadijum počinje od momenta povećanja opšte zapremine zemljišta i završava se potpunim zamrzavanjem celokupne slobodne vode, usled čega zemljište ima najveću moguću zapreminu. Četvrti stadijum nastaje pri daljem padu temperature, pri čemu potpuno zamrznut površinski sloj zemljišta počinje da smanjuje zapreminu i raščlanjava se na pojedinačne vertikalne prizme, razdvojene pukotine.

Stadijumi slede jedan za drugim. Za drugi i naredne stadijume potrebna je ne samo određena količina vode u zemljištu već i određene, sve niže temperature.

Utvrđeno je da zamrzavanje slobodne vode u zemljištu počinje pri temperaturama  $-0,1$ ,  $-0,2^{\circ}\text{C}$ , a proces zamrzavanja zemljišta počinje od momenta prelaska temperature ispod  $0^{\circ}\text{C}$  i teče pri sve nižim temperaturama u zemljištu, prelaskom različitih kategorija vode u led. Što je vlažnost zemljišta manja, to je i temperatura zamrzavanja niža. Pri vlažnosti koja je bliska koeficijentu uvenuća temperatura zamrzavanja je oko  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Sa povećanjem vlažnosti povećava se i temperatura zamrzavanja zemljišta. Kada je ono zasićemo do poljskog ili punog vodnog kapaciteta, počinje da se zamrzava već pri temperaturi ispod  $0^{\circ}\text{C}$ .

Pored intenziteta i trajanja mraza, debljine snežnog pokrivača i količine vlage u zemljištu, na dubinu zamrzavanja zemljišta utiče i reljef.

Na uzdignutim terenima, zbog veće jačine vetra koji odnosi sneg, dubina zamrzavanja je veća nego na nižim terenima. Na osnovu ispitivanja niza autora (cit. Šuljgin) utvrđeni su koeficijenti za izračunavanje dubine zamrzavanja zemljišta u različitim uslovima reljefa. Koeficijenti su dati u odnosu na ravnu površinu i iznose za:

uzdignuta mesta i severne padine	1,2 — 1,5
istočne i zapadne padine	1,0 — 1,35
južne padine	0,7 — 0,9
kotline	0,5 — 0,7

Tako na primer, ako dubina zamrzavanja zemljišta na ravnom terenu iznosi 20 cm, onda će na uzdignutim mestima i severnim padinama ona iznositi 24—30 cm, na južnim padinama 14—18 cm, a u kotlinama samo 10—14 cm.

Za poljoprivrednu proizvodnju zamrzavanje zemljišta tokom zime ima i svoje pozitivne i negativne strane. Pozitivno dejstvo ogleda se u tome što u područjima s visokim nivoom podzemnih voda ono potpomaže pritanju vode iz dubljih slojeva i na taj način obogaćuje vodom oranični sloj zemljišta. Zamrzavanje zemljišta pooranog u jesen poboljšava njegovu strukturu. Pri zamrzavanju vode u zemljištu, led, koji ima veću zapreminu od vode, vrši pritisak na zidove pora i na taj način mrvi i sitni zemljište.

Ako se tokom zime naizmenično vrši zamrzavanje i odmrzavanje zemljišta, to može dovesti ponekad do podlubljivanja zemljišta i istiskivanja čvora bokorenja, čime se on izlaže štetnom dejstvu niskih temperatura.

Duboko zamrznuto zemljište tokom oštih zima bez snega može dovesti biljke u stanje fiziološke suše. Naime, u proleće kada je temperatura vazduha znatno iznad 0°C i vegetacija već krenula, odmrzava se samo površinski sloj zemljišta, dok su dublji slojevi još zamrznuti. Biljke tada mogu da koriste vodu samo iz gornjih slojeva, a kada nju iscrpu, počinju da venu iako u zemljištu ima dovoljno vode, ali ona nije u obliku u kome biljke mogu da je koriste. U našoj zemlji do ove pojave može doći samo u visinskim područjima, i to veoma retko.

#### 5.4.1. Merenje i određivanje dubine zamrzavanja zemljišta

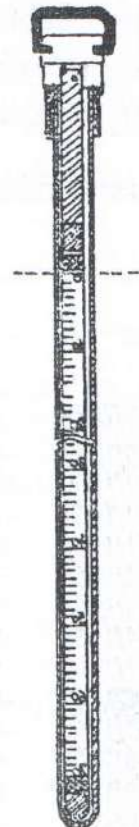
Kako je u našim klimatskim uslovima zemljište tokom zime skoro uvek zasićeno do poljskog ili čak do punog vodnog kapaciteta, što znači da sadrži veliki procenat slobodne vode, to se dubina prodiranja nulte izoterme može uzeti i kao dubina zamrzavanja zemljišta.

Dubina prodiranja nulte izoterme može se odrediti instrumentalno, pomoću mrzlomera Danilina, ili računski, na osnovu merenja temperature zemljišta na raznim dubinama.

Mrzlomer Danilina (sl. 24) sastoji se od tankog gumenog creva dužine 70 cm, napunjenog destilovanom vodom. U crevu se nalazi snop uvoštenih niti koje služe za zadržavanje leda. Jedan kraj creva pričvršćen je za naglavak dužine 40 cm, na čijem se kraju nalazi kuka za izvlačenje creva iz zemlje. Instrument se postavlja tako što se u rupu iskopanu bušilicom stavi najpre zaštitna cev, a u nju gumeni crevo s naglavkom.

Osmatranje se vrši na taj način što se iz zaštitne cevi izvuče gumeni crevo i pipanjem prstima odredi donja granica stubića leda, sa tačnošću od 0,5 cm. To je dubina zamrzavanja zemljišta ili, tačnije, dubina prodiranja nulte izoterme.

Pri zimskim otopljenjima i u proleće kada se led odmrzava, pored donje, određuje se i gornja granica stubića leda, koja



Sl. 24. Mrzlomer Danilina

odgovara dubini odmrzavanja zemljišta. Zemljište se odmrzava iz dva pravca, odozgo — pod uticajem Sunčevog toplotnog zračenja, i u znatnoj manjoj meri odozdo — usled toplote akumulirane u dubljim slojevima zemljišta. Zbog toga će se u proleće na izvesnoj dubini pojaviti zamrznut sloj koji će bivati sve tanji dok potpuno ne iščezne.

Prema višegodišnjim merenjima ovim instrumentom u našoj zemlji (1961—1975) maksimalna dubina nulte izoterme nastaje najčešće krajem januara i u prvoj polovini februara. Najveće vrednosti u ovom periodu zabeležene su tokom zime 1962/1963. godine na meteorološkim stanicima Postojna 68 cm i Livno 66 cm.

Međutim, nedostatak ovog instrumenta je što pokazuje određenu inertnost i ne reaguje brzo na promene temperature zemljišta, tako da je umesto dnevnih vrednosti bolje koristiti maksimalnu dubinu prodiranja nulte izoterme tokom zime.

*Izračunavanje dubine prodiranja nulte izoterme* na osnovu vrednosti temperature zemljišta na raznim dubinama (Drozdov, 1957) vrši se po formuli:

$$H = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} (t_1)$$

gde je:

H = dubina prodiranja nulte izoterme, u cm

$h_1$  = dubina poslednjeg geotermometra s negativnim terminskim minimumom

$h_2$  = dubina narednog geotermometra s pozitivnim terminskim minimumom

$t_1$  i  $t_2$  = terminski minimumi temperature zemljišta na dubini  $h_1$  i  $h_2$

$(t_1)$  = apsolutna vrednost terminskog minimuma temperature na dubini  $h_1$

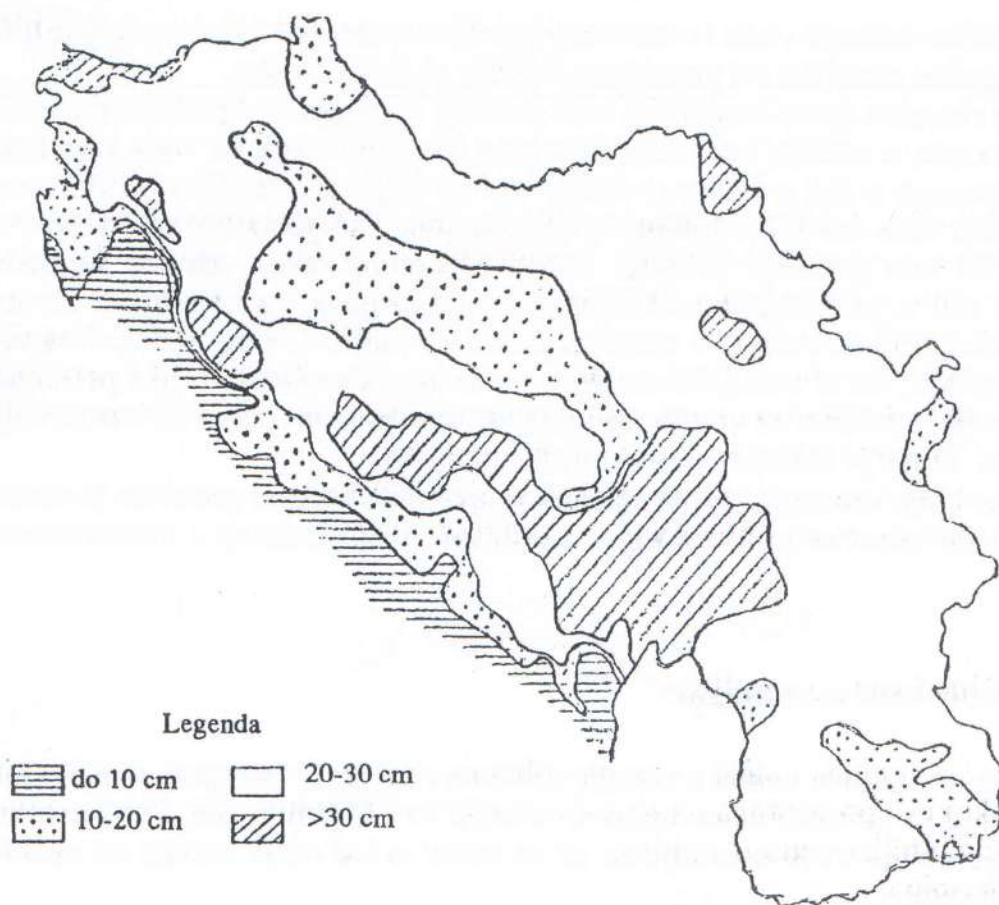
APSOLUTNI TERMINSKI MINIMUMI TEMPERATURE ZEMLJIŠTA I DUBINA PRODİRANJA NULTE IZOTERME, BEOGRAD-ZELENO BRDO

Tab. 32.

Zima	Dubina (cm)							Dubina prodiranja nulte izoterme (cm)
	2	5	10	20	30	50	100	
1957/1958	-4,6	-3,8	-1,4	-0,2	0,4	0,5	3,3	23,3
1958/1959	-4,0	-3,8	-2,7	-0,8	-0,5	0,4	2,6	41,1
1959/1960	-10,0	-8,4	-5,6	-3,3	-1,0	0,1	2,4	48,2
1960/1961	-7,4	-6,4	-4,8	-3,6	-2,0	0,8	3,1	34,0
1961/1962	-3,5	-2,6	-1,2	0,4	0,3	1,2	3,3	17,5
1962/1963	-7,0	-5,6	-3,6	-1,4	-0,6	0,3	2,3	43,3
1963/1964	-7,6	-7,2	-6,6	-5,5	-4,4	-2,4	1,8	78,6
1964/1965	-3,8	-2,8	-2,6	-0,2	0,0	0,8	3,0	30,0
1965/1966	-5,7	-4,6	-2,3	-0,6	0,0	-0,4	3,2	55,6
1966/1967	-6,5	-5,8	-4,3	-1,6	-0,9	0,6	5,7	42,0
1967/1968	-1,8	-0,4	-0,1	-0,4	0,4	1,2	3,3	25,0
1968/1969	-6,0	-5,8	-2,4	-0,8	0,1	0,8	3,7	28,9
1969/1970	-2,1	-1,4	-0,8	0,0	0,4	0,7	4,4	20,0
1970/1971	-1,6	-0,8	-0,4	0,1	0,6	0,7	4,9	18,0
Sred vred.	-5,1	-4,2	-2,8	-1,3	-0,4	0,4	2,9	40,0

U tab. 32 naveden je primer izračunavanja dubine prodiranja nulte izoterme u zemljište na meteorološkoj stanici Beograd—Zeleno Brdo u periodu 1957—1971. godine.

Na osnovu višegodišnjih rezultata merenja temperature zemljišta na dubinama od 2 do 100 cm (period 1951—1975) u najvećem kontinentalnom delu naše zemlje srednja dubina prodiranja nulte izoterme iznosi 20-30 cm. U višim, hladnijim predelima ona je veća (Kolašin 73,5 cm, Pljevlja 45,0 cm), a u toplijim krajevima manja. Najmanja srednja dubina zamrzavanja zemljišta je na uskom pojasu duž Primorja s ostrvima i na jugu Povardarja, od 3,1 cm (Vela Luka) do 10 cm (sl. 25).



Sl. 25. Srednja dubina prodiranja nulte izoterme, izračunata po temperaturi zemljišta (cm)  
Period: 1951 - 1975.

Maksimalna dubina prodiranja nulte izoterme, odnosno najveća dubina do koje se u pojedinim godinama zemljište zamrzlo, znatno je veća. U hladnim planinskim krajevima i u područjima sa izrazitom kontinentalnom klimom (Vojvodina, Slavonija i dr.) ona iznosi više od 40 cm, a u Pljevljima tokom zime 1974/1975. godine iznosila je čak i više od 100 cm. Rezultati pokazuju da i na ostrvima severnog Primorja i na srednjem i južnom Primorju maksimalna dubina zamrzavanja iznosi do 20 cm.

Uporedna analiza izmerenih i izračunatih vrednosti dubine prodiranja nulte izoterme pokazuje da su vrednosti dobijene pomoću mrzlomera Danilina manje. Jedan od razloga je svakako izvesna inertnost instrumenta, nastala zbog slabije

provodljivosti gumenog creva i zaštitnog omotača. Međutim, važniji razlog je taj što se pri izračunavanju dubine prodiranja nulte izoterme obuhvata već prvi stadijum zamrzavanja zemljišta, od pada temperature zemljišta ispod 0°C pa do obrazovanja leda, dok se mrzlomerom Danilina obuhvata tek drugi ili čak treći stadijum zamrzavanja, koji nastaju pojavom kristalića leda i zamrzavanjem celokupne slobodne vode u zemljištu.

## 6. VODNI REŽIM ZEMLJIŠTA

Kako biljke uzimaju vodu i rastvorene hranljive materije isključivo iz zemljišta, to je vodni režim zemljišta od presudnog značaja za život biljaka.

Voda u rizosferi (zoni korenova) vodi poreklo uglavnom od padavina, kao i od podzemnih voda, u slučaju kada je njihov nivo dovoljno visok da voda kapilarnim dizanjem dospeva u sloj u kome se nalaze koreni biljaka. Određenu, mada veoma malu, količinu vode zemljište dobija i kondenzacijom. Ona za uslove srednje Evrope ne prelazi 10 mm godišnje (Škorić, 1970). Međutim, kako padavine ne padaju neprekidno niti u podjednake količinama, a biljkama je za obavljanje životnih procesa voda potrebna stalno, to znači da je uloga zemljišta ne samo da prima vodu već i da je zadrži. Da bi zemljište moglo neprekidno da snabdeva biljke potrebnom količinom vode, naročito za vreme perioda bez padavina, ono mora da ima povoljan vodni režim. Takav je slučaj kod strukturnih zemljišta.

Da bi se bolje razumeo proces snabdevanja biljaka vodom, potrebno je ukratko se osvrnuti na osnovne oblike vode u zemljištu, njeno kretanje i vodne osobine zemljišta.

### 6.1. Oblici vode u zemljištu

Voda se u zemljištu nalazi u raznim oblicima i u sva tri agregatna stanja. Oblici vode razlikuju se po osobinama na osnovu kojih su i klasifikovani. Postoje mnoge klasifikacije oblika vode u zemljištu, pa se često za isti oblik nailazi na nekoliko različitih termina.

Opšte uzev, voda u zemljištu javlja se u sledećim oblicima:

1. hemijski vezana voda
2. fizički vezana voda
3. kapilarna voda
4. gravitaciona voda
5. voda u obliku vodene pare
6. voda u čvrstom stanju

#### 6.1.1. Hemijski vezana voda

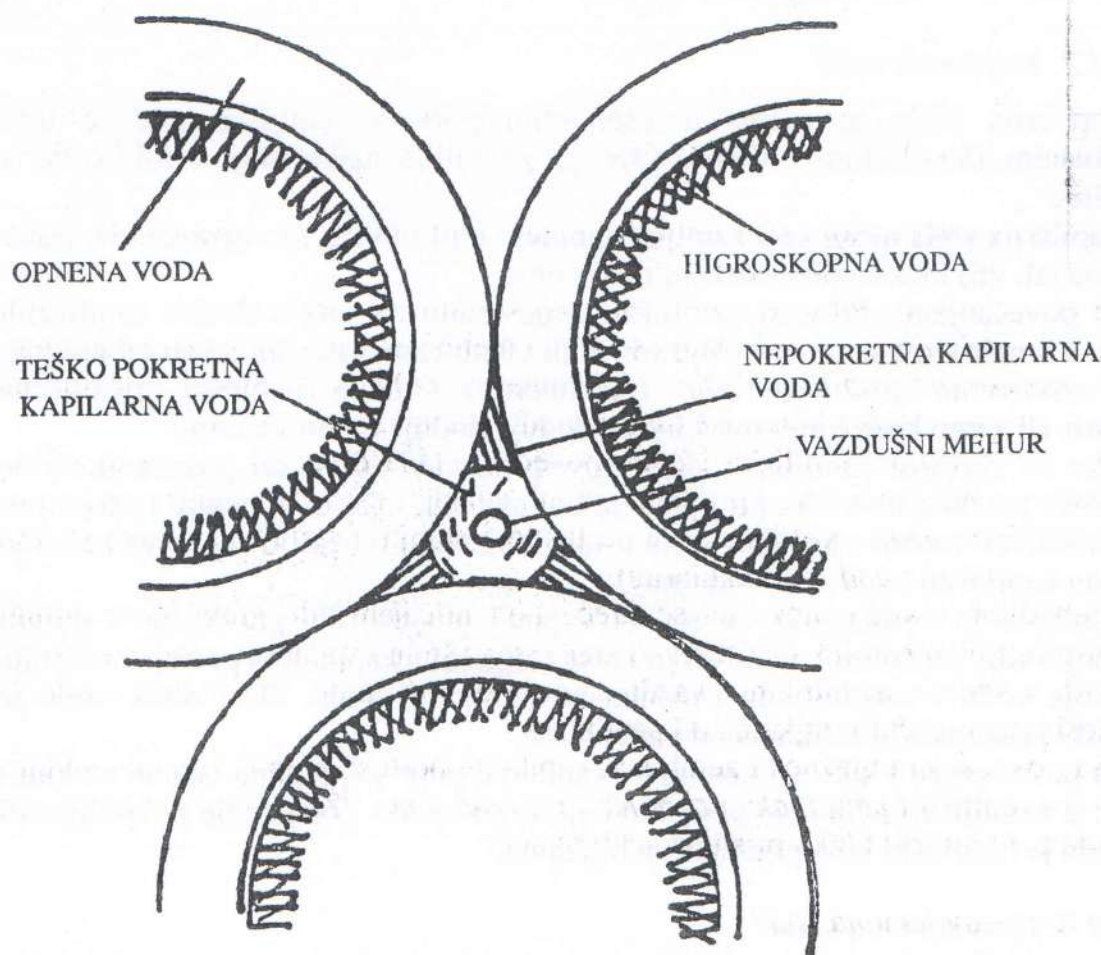
Hemijski vezana voda (konstitucionalna, kristalna voda) nalazi se u sastavu hidratnih minerala od kojih se sastoji čvrsta faza zemljišta. Količina ove vode u zemljištu je neznatna, oko 5 do 12%.

### 6.1.2. Fizički vezana voda

Fizički vezana voda nalazi se u zemljištu u sva tri agregatna stanja.

Zemljište, kao porozan sistem, ima osobinu da veže određenu količinu vode. Čim dođu u dodir s vodom ili vodenom parom, zemljišne čestice privlače izvesnu količinu molekula vode na svoju površinu. Na taj način se oko zemljišnih čestica formiraju vodene opne različitih debljina, koje su za zemljišne čestice vezane veoma jakim molekularnim silama. To je fizički vezana voda, koja se deli na: higroskopsnu i opnenu vodu.

Osobina zemljišnih čestica da privlače molekule vode iz vodene pare naziva se higroskopsnost, a voda apsorbirana na površini zemljišnih čestica pod uticajem higroskopsnosti naziva se *higroskopsna voda* (sl. 26)



Sl. 26. Oblici vode u zemljištu (Stojičević, 1961)

Higroskopsna voda je veoma čvrsto vezana za površinu zemljišnih čestica jakim molekularnim silama, koje dostižu i do 10.000 atmosfera. Zbog toga ona nije pokretna, ne može da rastvara soli i smrzava se na znatno nižoj temperaturi od 0°C.

Ovaj oblik vode biljke ne mogu da koriste, te stoga ona spada u fiziološki nepristupačnu vodu u zemljištu.

Molekularne sile zemljišnih čestica nisu energetske u potpunosti zasićene

privlačenjem i držanjem higroskopne vode. Ako ovako zemljište dođe u dodir s vodom u tečnom stanju, molekularne sile zemljišnih čestica privući će izvesnu količinu vode, koja će se nalaziti iznad higroskopne vode u obliku opne. To je *opnena voda* (filmska, lentokapilarna).

Opnena voda se za zemljišne čestice drži manjim silama od higroskopne vode. Sila privlačenja, kojom čestice privlače i drže vodu, slabi sa povećanjem debljine vodene opne. Ovaj oblik vode je samo delimično pristupačan biljkama, i to samo voda iz površinskog sloja debljih vodenih opni.

Opnena voda može da se kreće u tečnom obliku od zemljišnih čestica s debljom ka onima s tanjom vodenom opnom, ali je to kretanje vrlo sporo.

Količina opnene vode kod peščanih zemljišta iznosi oko 2% od težine zemljišta, kod ilovača 15-17%, a kod glinuša 25-30%.

### 6.1.3. Kapilarna voda

Kapilarna voda se nalazi u kapilarnim porama zemljišta, gde se drži meniskusnim (kapilarnim) silama. Ovo je za biljke najkorisniji oblik vode u zemljištu.

Kapilarna voda može se u zemljištu pojaviti u tri oblika: kao nepokretna, teško pokretna (sl. 26) i lako pokretna kapilarna voda.

Sa povećanjem vlažnosti zemljišta, neposredno uz mesto dodira zemljišnih čestica, a u uglovima pora, obrazuju se vodni meniskusi izolovani jedan od drugog. To je *nepokretna kapilarna voda* (pendularna). Ona je fiziološki pristupačna biljkama, ali samo kada korenove dlačice dođu u dodir s ovom vodom.

Ako se vlažnost zemljišta i dalje povećava, tada dolazi do povećanja širine meniskusa pendularne vode, pri čemu se oni spajaju, tako da u centru svake pore ostaje zatvoren mehur vazduha. Voda u takvom stanju u zemljištu naziva se *teško pokretna kapilarna voda* (funikularna).

Funikularna voda može da se kreće pod uticajem sile gravitacije i drugih spoljašnjih sila. Međutim, ona se teško kreće stoga što u kapilarima postoje i suženja, kroz koja voda s mehurićima vazduha ne može da prođe. Ovaj oblik vode je fiziološki pristupačniji biljkama od pendularne.

Sa povećanjem vlažnosti zemljišta, kapilarne pore se potpuno ispune vodom i tada se u zemljištu javlja *lako pokretna kapilarna voda*. Zbog svoje pokretljivosti ova voda je fiziološki lako pristupačna biljkama.

### 6.1.4. Gravitaciona voda

Gravitaciona voda se nalazi u krupnim nekapilarnim porama zemljišta. Pošto je lako pokretna, zemljište nije u stanju da je zadrži te ona pod uticajem sile gravitacije otiče u dublje slojeve zemljišta. Kada ova voda dođe do vodonepropustljivog sloja, tu se zadržava i stvara podzemnu vodu.

Gravitaciona voda je fiziološki pristupačna biljkama, ali se u rizosferi kratko zadržava, tako da je biljke ne mogu direktno da koriste.

### 6.1.5. Voda u obliku vodene pare

Voda u obliku vodene pare, kao sastojak zemljišnog vazduha, nalazi se u svim



porama zemljišta, ukoliko one nisu ispunjene vodom. U suvom ili malo vlažnom zemljištu to je jedini oblik vode u zemljištu koji može da se kreće, od sloja s većim ka sloju s manjim pritiskom vodene pare, ili od toplijih ka hladnijim mestima. Pri vlažnosti zemljišta većoj od maksimalne higroskopnosti, relativna vlažnost zemljišnog vazduha iznosi oko 100%.

#### 6.1.6. Voda u čvrstom stanju

Pri temperaturi ispod 0°C voda u tečnom stanju prelazi u čvrsto stanje — led, povećavajući pri tome zapreminu za 1/11 deo. Najlakše se zamrzava gravitaciona voda, zatim kapilarna, a mnogo teže opnena voda. Higroskopna voda smrzava se pri temperaturi znatno ispod 0°C.

### 6.2. Vlažnost zemljišta

Pod vlažnošću zemljišta podrazumeva se ukupna količina vode koju zemljište sadrži u određenom trenutku vremena. To je vrlo promenljiva veličina i zavisi od prihoda i rashoda vode u zemljištu, kao i od fizičkih osobina zemljišta i reljefa.

Prihod i rashod vode u tesnoj su vezi sa sposobnošću kretanja vode u zemljištu. Što je količina vode, odnosno vlažnost zemljišta veća, to je energija kojom se voda drži u zemljištu manja, a sposobnost njenog kretanja veća. Voda u tečnom agregatnom stanju kreće se u descendentnom, ascendentnom i lateralnom smeru. Descendentan (naniže) smer kretanja ima gravitaciona voda, ascendentno (naviše) kretanje vode je ono koje se vrši iz nižih horizonata prema površini, a pod lateralnim kretanjem podrazumeva se kretanje vode u bočnom smeru, što se koristi pri navodnjavanju pomoću brazda.

Pošto se energija kojom zemljište drži vodu postepeno smanjuje sa povećanjem količine vode, to je i fiziološka pristupačnost vode veća pri većoj količini vlage. Biljke troše manje energije za uzimanje vode iz vlažnijeg nego iz suvljeg zemljišta, koju ovde drže veće sile. Izvesnu količinu vode zemljišne čestice drže tako velikim silama da biljke ne mogu uopšte da je koriste.

Sila kojom se voda drži u zemljištu izražava se kao kapilarni potencijal i odgovara sili koja jedinicu mase vode oduzima od jedinice mase zemljišta pri datoj vlažnosti. Što je vlažnost zemljišta manja, to je ona većim silama vezana za zemljišne čestice. Stoga kapilarni potencijal raste sa opadanjem vlažnosti zemljišta.

Veza između kapilarnog potencijala (CP) i vlažnosti zemljišta može se izraziti sledećom jednačinom:

$$CP = \frac{e}{V} + d$$

gde je: V = količina vode u zemljištu; e i d = konstante, različite za razne tipove zemljišta. One uglavnom zavise od fizičkih osobina zemljišta, te stoga svaki tip zemljišta ima svoju krivu odnosa između vlažnosti i kapilarnog potencijala (Verigo, Razumova, 1963).

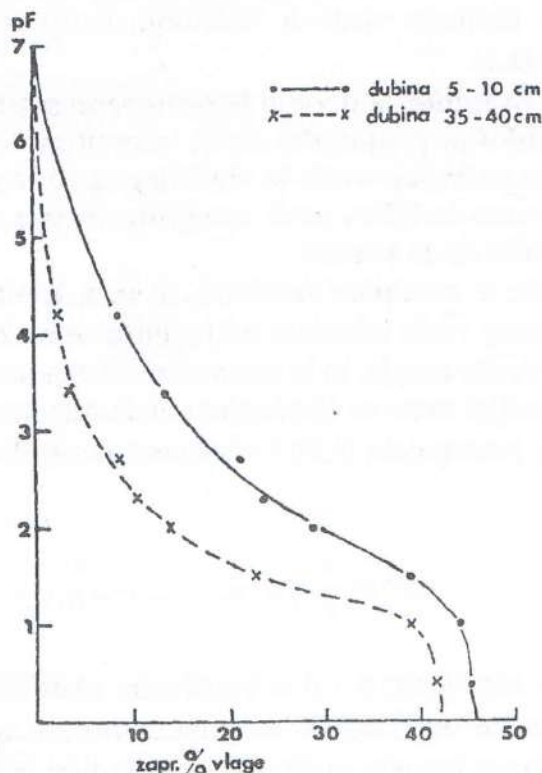
Kapilarni potencijal izražava se ili u jedinicama pritiska (santimetar vodenog stuba) ili u jedinicama rada (džul). Stub vode od 1000 cm odgovara pritisku od 1 atmosfere.

Schofield (1935, 1938) je predložio da se kapilarni potencijal označi simbolom  $pF$  ( $F$  opšti simbol za bilo koju silu, a  $p$  znači logaritamsku vrednost određenog pritiska vodenog stuba, odnosno veličine sile kojom zemljište drži vodu). Na primer, ako kapilarni potencijal iznosi 1000 cm vodenog stuba, onda njemu odgovara  $pF$  vrednost 3 ( $\log 1000 = 3$ ).

RAZLIČITE VREDNOSTI  $pF$ , IZRAŽENE U SANTIMETRIMA VODENOG STUBA I U ATMOSFERAMA

Tab. 33

Visina vodenog stuba u cm	Pritisak u atmosferama	$pF$ vrednosti
1	0,001	$\approx 0$
10	0,01	1
100	0,1	2
346	0,33	2,54
500	0,5	2,7
1000	1	3
10000	10	4
15800	15	4,2
50000	50	4,7
100000	100	6
1000000	1000	6
10000000	10000	7



Sl. 27.  $pF$ -kriva za jedno peskovito zemljište u Holandiji (Harst i Stakman, 1965)

Radi boljeg razumevanja energetskog izražavanja, pomoću pF vrednosti, veličina sila kojima zemljište drži vodu, u tab. 33. navodi se nekoliko ekvivalentnih vrednosti za pF u visini vodenog stuba u santimetrima i u atmosferama.

Na ovaj način mogu se definisati različiti oblici vode i stanje bilo koje vlažnosti zemljišta, što dozvoljava konstruisanje pF-kriva za različite tipove ili slojeve zemljišta (sl. 27). Veoma važna prednost ovakvog prikazivanja vlažnosti zemljišta je u tome što se mogu određivati ekvivalentne veličine vlažnosti različitih tipova zemljišta, a shodno tome i upoređivati njihove vodno-fizičke osobine (Rode, 1952). Tako se npr. ona količina vode koja odgovara osmotskom pritisku od 0,5 do 0,33 atmosfera, odnosno pF vrednosti od 2,7 do 2,54 naziva poljskim vodnim kapacitetom. Granična vrednost vlažnosti zemljišta kod koje je podjednaka moć držanja vode od strane koloida i usisavajuće sile biljnih korena naziva se tačkom uvenuća ili vlažnošću uvenuća. Ona kod većine kulturnih biljaka iznosi oko 15 atmosfera (pF 4,2—4,3). U stvari, biljni koreni mogu da usisavaju vodu i pri pritisku većem od 15 atmosfera, ali je tada kapilarna provodljivost zemljišta tako mala da se gubitak vode usled transpiracije ne može dovoljno brzo da nadoknadi (Harst i Stakman, 1965).

### 6.3. Vodne konstante zemljišta

Proučavanja odnosa vode i zemljišta i apsorpcije vode od strane biljaka pokazala su da pri promeni vlažnosti zemljišta postoje neke granične vrednosti, pri kojima se osobine vode u zemljištu i njena dostupnost biljkama naglo menjaju. Takve granične vrednosti nazivaju se vodnim konstantama zemljišta ili agrohidrološkim konstantama. One su različite za razne vrste i tipove zemljišta, zavisno od njihovih fizičkih osobina.

U osnovne vodne ili agrohidrološke konstante zemljišta, značajne za utvrđivanje količine fiziološki aktivne vlage u zemljištu, spadaju:

1. puni vodni kapacitet
2. kapilarni vodni kapacitet
3. poljski vodni kapacitet
4. vlažnost uvenuća

#### 6.3.1. Puni vodni kapacitet

Puni (ili maksimalni) vodni kapacitet je maksimalna količina vode koju zemljište može da primi. Sve pore napunjene su vodom, a vazduh je iz njih potpuno istisnut.

U prirodnim uslovima ovo stanje vlažnosti nastaje u rano proleće prilikom topljenja snega, posle jakih kiša ili pri podizanju nivoa podzemne vode do površine zemljišta. Za biljke je ovo stanje zasićenosti zemljišta nepovoljno, jer je za normalan porast i razviće biljaka pored vode neophodno i prisustvo vazduha u zemljištu. U našim klimatskim uslovima ovo stanje vlažnosti se obično ne zadržava dugo.

Puni vodni kapacitet (P), izražen u procentima od težine apsolutno suvog zemljišta, izračunava se po formuli:

$$P = \frac{p}{b}$$

gde je  $p$  = opšta poroznost zemljišta izražena u zapreminskim procentima,  $b$  = zapreminska težina zemljišta izražena u  $\text{g/cm}^3$ .

### 6.3.2. Kapilarni vodni kapacitet

Kapilarni vodni kapacitet je najveća količina vode koju zemljište može da zadrži u svojim kapilarima molekularnom adhezijom, hidratacionim i kapilarnim silama i površinskim naponom. Pri ovoj vlažnosti zemljište sadrži sve oblike vode sem gravitacione.

Terminologija o ovoj vodnoj konstanti je veoma raznolika. Po Gračaninu (1947) ovom pojmu odgovara termin retencioni kapacitet, po Kopeckom apsolutni kapacitet za vodu, a sreću se još i termini opmeno—kapilarni kapacitet, maksimalni vodni kapacitet, minimalni vodni kapacitet i dr. Razlika između ovih pojmova je samo u načinu određivanja ove vodne konstante zemljišta.

Kapilarni vodni kapacitet izražava se u procentu od težine apsolutno suvog zemljišta, ili u procentu od zapremine zemljišta ili u milimetrima. Prema Gračaninu, na osnovu vrednosti retencionog kapaciteta izraženog u zapreminskim procentima, zemljišta se mogu klasifikovati:

s vrlo malim kapacitetom	< 25%
s malim kapacitetom	25 — 35%
sa srednjim kapacitetom	35 — 45%
s velikim kapacitetom	45 — 60%
s vrlo velikim kapacitetom	> 60%

Kapilarni vodni kapacitet zavisi od mehaničkog sastava i strukture zemljišta, količine humusa, dubine obrade i dr. Utvrđeno je da površinski slojevi zemljišta imaju veći kapilarni kapacitet od nižih slojeva. Peskovita zemljišta imaju malu sposobnost zadržavanje vode, dok teška zemljišta, nasuprot sili zemljine teže, zadržavaju znatne količine vode.

Određivanje kapilarnog kapaciteta vrši se u laboratoriji. U tu svrhu, na reprezentativnom mestu parcele gde se prati dinamika vlažnosti zemljišta, uzimaju se prirodno neporemećeni uzorci zemljišta za svaki 10-santimetarski sloj. Za uzimanje uzoraka obično se koriste cilindri Kopecki, zapremine  $100 \text{ cm}^3$ . U laboratoriji se cilindri stavljaju na stalak pokriven filter-papirom, koji se nalazi u plitkoj posudi s vodom. Kada se zemljište na površini cilindra orosi, znači da se zasitilo do kapilarnog kapaciteta. Cilindri se zatim izmere i ponovo stave u vodu. Posle izvesnog vremena izvrši se drugo, kontrolno merenje cilindra. Ako razlika u težini između ova dva merenja iznosi više od 2—3 grama, postupak se ponavlja.

Kada je zemljište zasićeno, cilindri se stavljaju u termostat, suše na  $105^\circ\text{C}$  do konstantne težine, a zatim ponovo izmere.

Kapilarni vodni kapacitet (K), izražen u procentima od apsolutno suvog zemljišta, izračunava se po formuli:

$$K = \frac{T_2 - T_1}{T_3} \cdot 100$$

gde je:  $T_2$  = najveća težina cilindra sa zemljom posle zasićenja,  $T_1$  = težina cilindra sa zemljom posle sušenja,  $T_3$  = težina apsolutno suvog zemljišta, bez tare ( $T_1$  umanjena za težinu tare cilindra).

Pri određivanju ove vodne konstante zemljišta može se ujedno odrediti i zapreminska težina zemljišta. Ona se dobija kada se težina apsolutno suvog zemljišta ( $T_3$ ) podeli sa zapreminom cilindra ( $100 \text{ cm}^3$ ).

### 6.3.3 Poljski vodni kapacitet

Poljski vodni kapacitet zemljišta je, prema Veihmeyeru i Hendricksonu (1949), količina vode u zemljištu koja se zadrži posle ocedivanja gravitacione vode i prestanka descendentnog kretanja vode. To je, znači, najveća količina vode koju određeni sloj zemljišta može da zadrži pod uslovom da je nivo podzemne vode dovoljno dubok da ne postoji kapilarno vlaženje.

U američkoj literaturi nema razlike između poljskog kapaciteta i kapilarnog kapaciteta, dok su u sovjetskoj literaturi ovo dva sasvim različita pojma i dve vodne konstante (Rode, cit. Vučić). Prema Vučiću (1971, 1976) pod poljskim kapacitetom podrazumeva se samo ona vrednost koja je dobijena u poljskim uslovima.

Poljski kapacitet, kao i kapilarni, zavisi od mehaničkog sastava i strukture zemljišta, kao i od količine humusa. Stoga peskovita zemljišta imaju mali poljski kapacitet (4—10% tež.), a teže ilovače i glinovita zemljišta mnogo veći, 30—40% tež. U tab. 34. prikazan je po slojevima poljski vodni kapacitet nekih naših najrasprostranjenijih tipova zemljišta izražen u težinskim procentima (Vučić, 1971).

Poljski vodni kapacitet, kao i kapilarni, veoma su značajne vodne konstante zemljišta, pre svega kao pokazatelji gornje granice optimalne vlažnosti zemljišta. Pošto je pristupačnost vode biljkama veća ukoliko je vlažnost zemljišta bliža ovim konstantama, to se one u praksi koriste za određivanje vremena i količine navodnjavanja. Prema mnogim autorima donja granica optimalne vlažnosti zemljišta ili tehnički minimum vlažnosti za ratarske kulture iznosi 65—75% a za povrtarske 75—80% od poljskog vodnog kapaciteta. Međutim, kako navodi Vučić (1976), preovlađuje gledište da kod zemljišta srednjeg i težeg mehaničkog sastava donja granica optimalne vlažnosti iznosi 60—70% od poljskog vodnog kapaciteta. Kod vrlo teških zemljišta ova granica je viša, a kod lakših niža od ovih vrednosti.

Poljski kapacitet se određuje u polju, na mestu reprezentativnom po tipu zemljišta i reljefu za širu okolinu. Na prostor veličine  $2 \times 2 \text{ m}$  ili  $1 \times 1 \text{ m}$ , ograničen zemljanim nasipom visine 30—35 cm, sipa se toliko vode da se ceo sloj zemljišta, za koji se određuje poljski kapacitet, prezasiti vodom. Da bi se sprečilo isparavanje, ceo prostor se pokriva slojem slame, debljine 50—60 cm, a zatim ciradom. Posle određenog vremena zaštitni materijal se uklanja, a uzorci zemljišta uzimaju se za svaki 10-santimetarski sloj do dubine obično 1—1,5 m. Metodom sušenja uzoraka određuje se količina vlage izražena u procentima od težine apsolutno suvog zemljišta, što predstavlja poljski vodni kapacitet svakog ispitivanog sloja zemljišta.

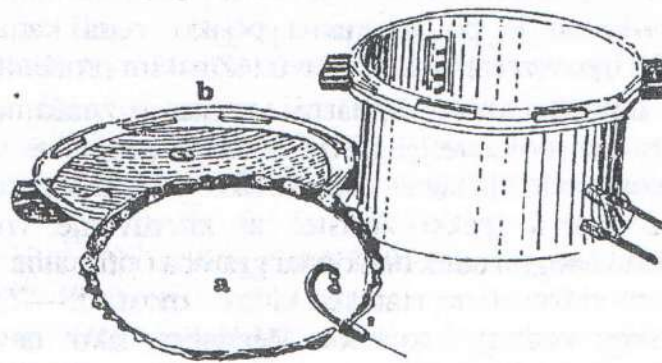
Pri ovom načinu određivanja poljskog kapaciteta veliku teškoću predstavlja utvrđivanje pravog momenta kada količina vlage u zemljištu odgovara poljskom kapacitetu. Po nekim stručnjacima uslovi ravnoteže nastaju 24 časa posle zalivanja, a po drugima posle 2—3 dana. Vučić (1971) navodi da je za sloj debljine 1,5 m kod peskovitih zemljišta dovoljan jedan dan, kod ilovačastih 2—3 dana, glinovitih strukturnih 5—7 dana, a kod teških nestrukturnih zemljišta i više od 7 dana.

POLJSKI VODNI KAPACITET NEKIH TIPOVA ZEMLJIŠTA IZRAŽEN U TEŽINSKIM %  
(Vučić, 1976)

Tab. 34.

Tip zemljišta	Dubina (cm)			
	0—20	20—40	40—60	60—80
Smonica	40,2	39,4	36,7	36,2
Gajnjača	24,3	23,8	23,2	22,7
Karbonatni černozem terasa	29,8	25,7	26,2	24,8
Livadski černozem	31,5	26,7	26,6	25,8
Pesak	6,1	5,8	7,2	5,8

Za određivanje poljskog kapaciteta u mnogim zemljama se koriste aparati za istiskivanje vode iz uzoraka zemljišta pomoću pritiska ili isisavanja vakuumom do stanja ravnoteže. To je ona količina vode u zemljištu koja odgovara pritisku od 0,5, odnosno 0,33 atmosfere (pF 2,7—2,54). Za merenje količine vode koja je u zemljištu vezana manjim silama, do 1 atmosfere, služi tzv. tlačni ekstraktor (pressure plate extractor) ili "porous plate" aparat.



Sl. 28. Tlačni ekstraktor (pressure plate extractor): a) porozna keramička membrana; b) poklopac aparata sa otvorom za dovod pritiska (Marinčić, 1971)

Tlačni ekstraktor (sl. 28) sastoji se iz jedne komore (najčešće se koristi Papinov lonac) u kojoj se jedna iznad druge nalaze 3—4 keramičke porozne ploče (a), na koje se stavljaju uzorci zemljišta. Svaka od ploča ima sa donje strane izlivnu cevčicu za odvod vode istisnute pod pritiskom. Uzorci zemljišta, smešteni u metalnim prstenovima i prethodno potpuno zasićeni destilisanom vodom, postavljaju se na keramičke ploče i podvrgavaju pritisku od 1/3 atmosfere do uspostavljanja ravnoteže, tj. dok se ne prekine odvod vode kroz izlivne cevčice. Posle toga uzorci se stavljaju u posude za merenje, izmere se, a zatim suše u termostatu do konstantne

težine, posle čega se ponovo mere. Izračunavanje vlažnosti vrši se u težinskim procentima od apsolutno suvog zemljišta.

#### 6.3.4. Vlažnost uvenuća

Vlažnost uvenuća ili koeficijent uvenuća je ona vlažnost zemljišta pri kojoj biljka počinje da vene (Lobanov, Taylor, Blaney and Mac Laughlin, cit. Rode, 1952).

Međutim, još Briggs i Shantz (cit. Rode, 1952) ustanovili su da biljka nastavlja da izvlači vodu iz zemljišta i posle opadanja vlažnosti do vlažnosti uvenuća. Vlažnost zemljišta pri kojoj korenov sistem prestaje da usisava vodu iz zemljišta i pri kojoj biljka ugine, zbog nedostatka vode nazvana je "mrtva zaliha" ili "mrtva vlaga". Ona približno odgovara maksimalnom higroskopicitetu.

Briggs i Shantz su na osnovu eksperimentalnih podataka utvrdili, a mnoga kasnija ispitivanja potvrdila, da vlažnost uvenuća na jednom zemljištu ne zavisi od biljne vrste, već različite biljke venu pri istoj vlažnosti. Ovaj paradoks objašnjava se činjenicom da su pokretljivost vode i sile kojima je ona vezana za zemljište u prvom redu funkcija vlažnosti zemljišta.

Mada ima autora (Fedorovski, 1948, cit. Rode) koji dokazuju da usisavajuća sila biljaka zavisi od vrste biljke, njenog uzrasta i osmotskog pritiska zemljišnog rastvora, ima takođe i novijih istraživanja koja potvrđuju da većina biljaka na jednom zemljištu vene pri istoj vlažnosti (Mayer, Anderson, Böhning, 1960, cit. Vučić), tj. da je vlažnost uvenuća karakteristika zemljišta, a ne biljke.

Vlažnost uvenuća se povećava ukoliko zemljište sadrži više sitnijih čestica i bogatije je humusom. Za pesak ona nije veća od 1,5%, za glinovita zemljišta kreće se od 4 do 12%, a na teško glinovitim zemljištima dostiže 20% od težine apsolutno suvog zemljišta (tab. 35).

VLAŽNOST UVENUĆA ZA RAZLIČITE VRSTE ZEMLJIŠTA  
(Verigo i Razumova, 1963)

Tab. 35

Vrsta zemljišta	Koeficijent uvenuća u % od apsolutno suvog zemljišta
Peskovita zemljišta	0,5 — 1,5
Pesak	1,5 — 4,0
Glinovita zemljišta	
laka	3,5 — 7,0
srednja	5,0 — 7,0
teška	8,0 — 12,0
Teško glinovita	12,0 — 20,0

Vlažnost uvenuća može se odrediti na dva načina: biološkom metodom i fizičkim metodama.

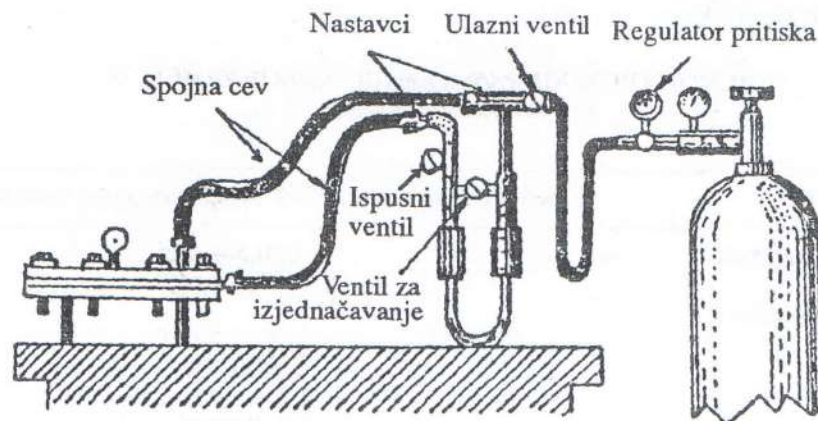
Biološka metoda se zasniva na gajenju biljaka u posudama, gde je za početne faze razvića obezbeđena dovoljna vlažnost zemljišta. Kao indikatorne biljke najčešće se koriste ovas, ječam i suncokret. U agrometeorološkoj grani hidrometeorološke usluge SSSR-a, kao i naše zemlje, uzet je ovas. Koeficijent uvenuća određuje se za svaki 10-santimetarski sloj zemljišta do dubine 100 cm.

Postupak je sledeći: u epruvete, visine 14 cm i prečnika 3 cm, sipa se najpre određena količina fiziološkog rastvora, a zatim zemlja sa određenog sloja. U svaku

epruvetu zasadi se po jedno zrno već prokljalog ovsa i posle 2—3 dana, kada ovas nikne, izvrši se izolacija zemljišta oko biljke, kako zbog spoljašnjih uticaja tako i zbog gubitka vode isparavanjem. Epruvete, smeštene u specijalne sanduke, odnose se u vegetacionu kućicu. Zatim se prati reakcija biljaka na opadanje količine vode u zemljištu, a kada se pojave prvi znaci venenja (lišće gubi turgor), biljke se odnose u vlažnu komoru. Ukoliko biljke tokom noći povrate turgor, znači da venenje još nije nastupilo. Epruvete se ponovo iznose na dnevnu svetlost i postupak se ponavlja sve dok i u vlažnoj komori znaci venenja ostanu vidljivi. Posle toga odstranjuje se zaštitni sloj i biljke, a iz epruvete se uzimaju uzorci zemljišta i određuje količina vlage. Vlažnost zemljišta izražena u procentu od apsolutno suvog zemljišta predstavlja vlažnost uvenuća određenog sloja zemljišta.

Zapaženo je da u prirodnim uslovima, u polju, biljke venu pri većoj količini vode u zemljištu nego u sudovima, pa stoga vlažnost uvenuća određenu biološkom metodom treba smatrati uslovnom veličinom (Vučić, 1976). Razlog tome je što se ona odnosi na gustu rizosferu u "vegetacionim minijaturama" (Rode, cit. Vučić), gde je mogućnost korišćenja vode drugačija nego u prirodnim uslovima. Pored toga, jedan od nedostataka ove metode je još i taj što određivanje momenta početka venenja biljke unosi dosta subjektivnosti.

Vlažnost uvenuća može se odrediti i raznim fizičkim metodama koje mere energiju potrebnu da se istisne voda iz zemljišta u momentu kada količina vlage padne do vlažnosti uvenuća. U tu svrhu najčešće se koristi "pressure membrane" aparat po Richards-u (aparat sa tlačnom membranom ili aparat s pritiskom na membranu; sl. 29).



Sl. 29. "Pressure membrane" aparat (Marinčić, 1971)

Količina vlage u zemljištu ekvivalentna pritisku od oko 15 atmosfera (pF 4,2—4,3) odgovara vlažnosti zemljišta pri kojoj biljke počinju da venu. Aparat "pressure membrane", koji se u tu svrhu koristi, sastoji se od komore — dve čelične ploče i živinog diferencijalnog regulatora (manometra). Uzorci zemljišta stave se u gumene prstenove, a ovi na vlažnu celuloidnu polupropusnu membranu i dobro nakvase. Ovako pripremljeni uzorci stavljaju se u komoru i izlažu pritisku od 15 atmosfera u



trajanju od 48 sati. Zatim se na uobičajeni način određuje vlažnost zemljišta izražena u procentu od težine apsolutno suvog zemljišta, koja predstavlja vlažnost uvenuća.

Vlažnost uvenuća može se odrediti i indirektnim putem, preko maksimalne higroskopnosti. Za zemljišta evropske teritorije SSSR-a vlažnost uvenuća je jednaka maksimalnoj higroskoposti pomnoženoj sa 1,34. Pojedini autori dobili su i druge množitelje, od 1,1 do 2,2. Kako navode Verigo i Razumova (1963), veće vrednosti množitelja dobijaju se za veoma zaslanjena zemljišta, zbog toksičnog dejstva soli na biljke.

#### 6.4. Produktivna vlaga zemljišta

Produktivna ili fiziološki aktivna vlaga zemljišta je ona količina vode u zemljištu koju biljke mogu da koriste. U odnosu na vodne konstante zemljišta to je vlažnost između poljskog (ili kapilarnog) vodnog kapaciteta i vlažnosti uvenuća. Fiziološka pristupačnost vode biljkama povećava se sa povećanjem vlažnosti zemljišta od donje granice (vlažnost uvenuća) do gornje (poljski ili kapilarni vodni kapacitet). Produktivna vlaga je veoma važan kompleksan pokazatelj obezbeđenosti biljaka vodom, jer on uključuje mnoge faktore, kao što su padavine, oticanje, isparavanje i vertikalna razmena vlage.

Za većinu poljoprivrednih kultura optimalne zalihe produktivne vlage u zemljištu su bliske poljskom vodnom kapacitetu, koji za glinovita zemljišta u sloju od jednog metra iznosi 170—180 mm, za peskovita 150—160 mm, a za pesak 80—120 mm (Pavlova, 1974). U oraničnom sloju zemljišta (0—20 cm) optimalne zalihe produktivne vlage iznose 35—40 mm za glinovita, 30—35 mm za peskovita zemljišta i 20—25 mm za pesak.

Za kritične količine zaliha produktivne vlage u zemljištu, u sloju od 0 do 20 cm i 0 do 100 cm, koje u raznim periodima razvića mogu dovesti do manjih ili većih oštećenja biljaka, u tab. 36 navode se pokazatelji iz agroklimatskog priručnika za Ukrajinu (1976).

Produktivna vlaga izražava se u milimetrima, što omogućava njeno poređenje s ostalim komponentama vodnog bilansa polja. Ona predstavlja razliku između ukupne i neproduktivne vlage u zemljištu.

POKAZATELJI KRITIČNE KOLIČINE ZALIHA PRODUKTIVNE VLAGE ZEMLJIŠTA U RAZNIM PERIODIMA RAZVIĆA BILJAKA

Tab. 36.

Oštećenje biljaka	Vlažnost zemljišta (mm) u sloju	
	0 — 20 cm	0 — 100 cm
Opadanje turgora	20	100
Uvrtanje listova	10	80 — 90
Znatno opadanje turgora	10 — 15	70 — 80
Žućenje lišća	10	50
Sušenje lišća	0 — 5	50
Vrlo jako opadanje turgora	0	35

#### 6.4.1. Izračunavanje produktivne vlage zemljišta

Da bi se izračunala zaliha produktivne vlage u zemljištu, potrebno je raspolagati podacima o vlažnosti zemljišta na raznim dubinama, vlažnosti uvenuća i zapreminskoj težini odgovarajućeg sloja.

U agrometeorološkoj grani hidrometeorološke službe vlažnost zemljišta određuje se gravimetrijskom metodom jedanput dekadno pod ozimom pšenicom i kukuruzom za sloj: 0—5, 5—10, 10—20, 20—30 cm itd. do sloja 90—100 cm.

Vlažnost zemljišta  $V$ , izražena u procentu od težine apsolutno suvog zemljišta, izračunava se po formuli:

$$V = \frac{T_v - T_s}{T'_s} \cdot 100$$

gde je:  $T_v$  = težina uzorka zemljišta pre sušenja, u prirodno vlažnom stanju,  $T_s$  = težina uzorka posle sušenja,  $T'_s$  = neto-težina uzorka posle sušenja (bez tare posude). Veličina  $(T_v - T_s)$  predstavlja težinu isparene vode.

Ukupna opšta zaliha vlage u osmatranom sloju zemljišta ( $W_{op}$ ) ustvari je vlažnost zemljišta  $V$  toga sloja izražena u milimetrima. Ona se dobija po formuli:

$$W_{op} = \frac{V \cdot b \cdot c}{100} \text{ mm}$$

gde je:

$W_{op}$  = opšta zaliha vlage za osmatrani sloj, u mm

$V$  = vlažnost zemljišta toga sloja izražena u procentu od težine apsolutno suvog zemljišta

$b$  = zapreminska težina sloja

$c$  = debljina sloja, u cm

10 = koeficijent za prevođenje opšte zalihe vlage iz cm u mm

100 = koeficijent za prevođenje procenta vlažnosti u grame vode

Za 5-santimetarski sloj zemljišta (0—5, 5—10 cm) ova formula ima oblik:

$$W_{op} = \frac{V \cdot b}{2}$$

a za 10-santimetarski sloj:

$$W_{op} = V \cdot b$$

Opšta zaliha vlage u određenom sloju zemljišta može se izraziti i u  $\text{m}^3/\text{ha}$  ili  $\text{t}/\text{ha}$ , ako se vrednost  $W_{op}$  u mm pomnoži sa 10, ili po formuli:

$$W_{op} = V \cdot b \cdot c \text{ m}^3/\text{ha}$$

Zaliha neproduktivne vlage u osmatranom sloju zemljišta ( $W_{np}$ ) je vlažnost uvenuća izražena u milimetrima. Dobija se po istoj formuli kao i opšta zaliha vlage,

samo se umesto momentalne vlažnosti zemljišta  $V$  stavi vrednost vlažnosti uvenuća ( $K$ ) za određenu dubinu. Izražava se takođe u procentima od težine apsolutno suvog zemljišta:

$$W_{np} = \frac{K \cdot b \cdot c \cdot 0}{100}$$

odnosno

$$W_{np} = \frac{K \cdot b}{2}$$

za 5-santimetarski i  $W_{np} = K \cdot b$  za 10-santimetarski sloj zemljišta.

Zaliha produktivne vlage u mm ( $W_{pr}$ ) određenog sloja zemljišta izračunava se po formuli:

$$W_{pr} = W_{op} - W_{np} \quad mm$$

$$W_{pr} = (W_{op} - W_{np}) \cdot 100 \text{ m}^3/\text{ha}$$

ZALIHE PRODUKTIVNE VLAGE ZEMLJIŠTA U mm POD KUKURUZOM U OSIJEKU 1977. G.

Tab. 37.

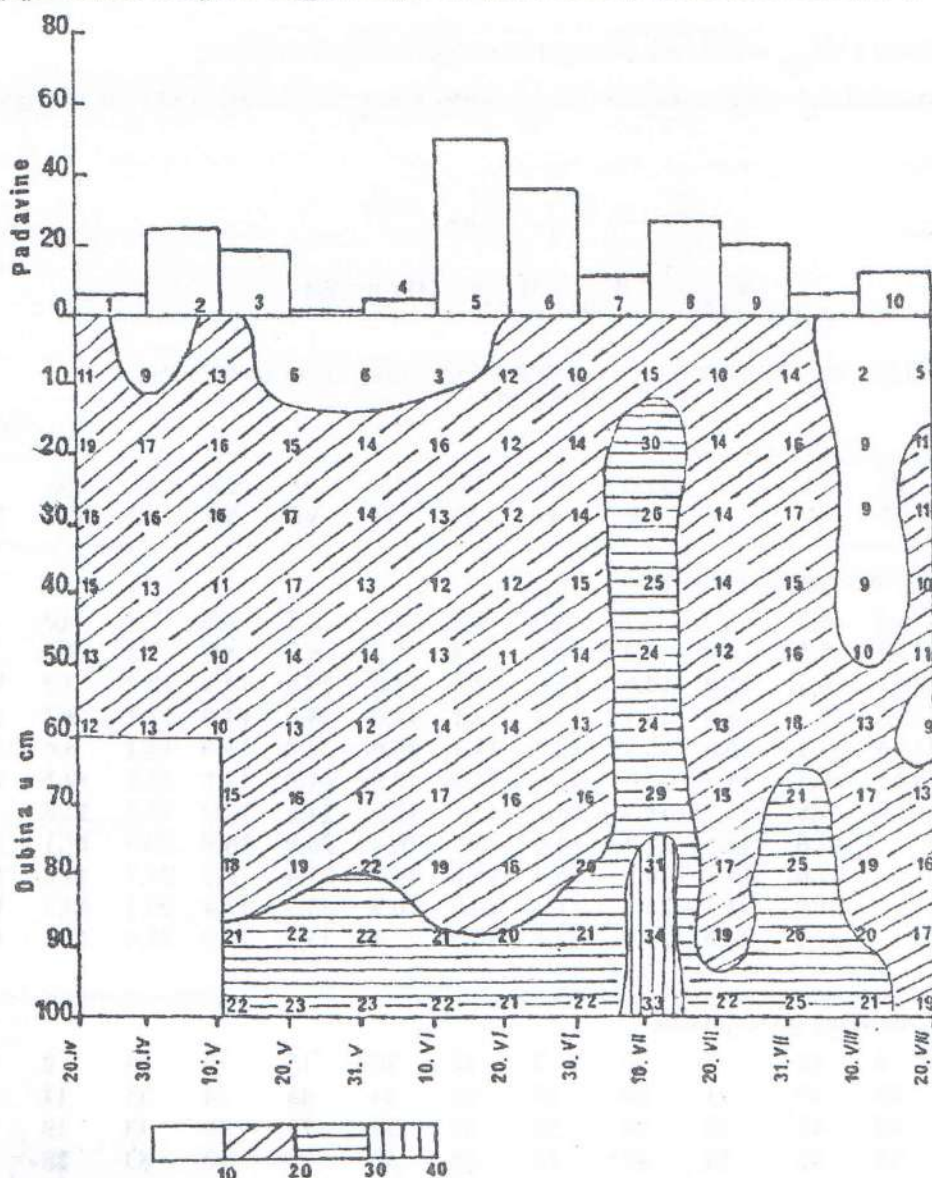
Sloj (cm)	20. IV	30. IV	10. V	20. V	31.0 V	10. VI	20. VI	30. VI	10. VII	20. VII	31. VII	10. VIII	20. VIII
a) Količina produktivne vlage u slojevima													
0—5	4,2	3,1	6,5	1,9	2,7	0,0	6,2	4,3	6,5	4,9	7,3	0,0	2,8
5—10	6,4	5,8	6,5	4,0	3,2	3,2	5,4	5,2	8,9	5,2	7,2	1,8	2,0
10—20	18,9	17,1	16,4	15,0	14,5	15,6	12,2	14,5	29,6	14,1	16,4	8,9	10,6
20—30	16,3	15,8	12,1	16,6	14,1	13,3	12,1	14,0	25,6	13,8	17,1	8,7	11,3
30—40	14,6	13,4	11,1	16,8	12,9	12,4	11,7	14,6	24,8	11,8	15,1	8,6	10,5
40—50	13,4	12,3	10,1	14,2	13,5	12,8	11,0	13,9	24,0	12,1	15,8	10,5	10,7
50—60	11,7	13,1	9,6	12,7	11,5	13,7	11,2	12,9	24,5	12,9	17,7	12,8	9,2
60—70			14,6	16,5	17,4	16,6	15,5	16,2	28,9	14,9	20,9	17,1	13,2
70—80			17,6	18,7	19,9	18,7	15,6	19,7	31,4	17,2	24,7	18,6	16,2
80—90			21,0	21,7	22,3	21,3	20,0	20,9	33,5	19,4	26,1	19,7	17,4
90—100			22,1	22,8	22,9	22,4	20,9	22,4	33,1	21,8	25,4	21,1	19,1
b) Zalihe produktivne vlage po slojevima													
0—10	11	9	13	6	6	3	12	10	15	10	14	2	5
0—20	30	26	29	21	20	19	24	24	45	24	31	11	15
0—30	46	42	41	38	34	32	36	38	71	38	48	19	27
0—40	60	55	52	54	47	44	48	53	95	50	63	28	37
0—50	74	68	63	68	61	57	59	66	119	62	79	38	48
0—60	86	81	72	81	72	71	70	79	144	75	97	51	57
0—70			87	98	90	88	85	96	173	90	118	68	70
0—80			104	116	110	106	101	115	204	107	142	87	86
0—90			125	138	132	128	121	136	238	126	168	107	104
0—100			148	161	155	150	142	159	271	148	194	128	123

Zaliha produktivne vlage u mm može se dobiti i bez posebnog izračunavanja zalihe opšte i neproduktivne vlage na sledeći način:

$$W_{pr} = 0.1(V - K) \cdot b \cdot c \text{ mm}$$

gde su: V — vlažnost zemljišta, K — vlažnost uvenuća, b — zapreminska težina, c — debljina određenog sloja zemljišta, a 0,1 koeficijent za prevođenje vlažnosti zemljišta iz % u mm.

Zalihe produktivne vlage za određeni sloj zemljišta (0—20, 0—60, 0—100 cm) dobijaju se sabiranjem odgovarajućih vrednosti pojedinačnih slojeva.



Sl. 30. Zalihe produktivne vlage zemljišta pod kukuruzom u Osijeku 1977. g.: 1 - setva; 2 - nicanje; 3 - otvaranje trećeg lista; 4 - otvaranje šestog lista; 5 - otvaranje sedmog lista; 6 - pojava vrha metlice; 7 - metlica potpuno razvijena; 8 - pojava vrha klipa; 9 - pojava svile na klipu; 10 - nalivanje zrna; 11 - mlečna zrelost.

Da bi se mogla dati ocena o obezbeđenosti određene biljke vlagom, odnosno ocena da li je postojeća zaliha produktivne vlage dovoljna za porast i razviće te

biljke, potrebno je da se ona uporedi sa zalihama produktivne vlage pri poljskom ili kapilarnom vodnom kapacitetu, tj. pri optimalnoim uslovima vlažnosti.

U tab. 37 prikazane su zalihe produktivne vlage pod kukuruzom u Osijeku u 1977. godini, za period od setve do mlečne zrelosti kukuruza. U početku vegetacionog perioda kukuruza uzorci zemljišta uzimani su samo do dubine 60 cm, a u kasnijim fazama razvića do dubine 100 cm, kako je to predviđeno programom rada u agrometeorološkoj grani hidrometeorološke službe.

Na osnovu ovih podataka urađen je grafikon (sl. 30), gde je kretanje zaliha produktivne vlage tokom vegetacionog perioda kukuruza prikazano u vidu izopleta.

Kao što se iz grafikona može zaključiti, u čitavom vegetacionom periodu kukuruz u Osijeku nije oskudevao u vlazi, što je uz ostale povoljne uslove dovelo do veoma visokih prinosa.

## 6.5. Merenje vlažnosti zemljišta

Metode merenja vlažnosti zemljišta mogu se podeliti u dve grupe: direktne i indirektne. Direktnom metodom se neposredno meri količina vode u zemljištu, a indirektne metode određuju vlažnost zemljišta na osnovu promene određenih fizičkih osobina zemljišta, koje zavise od njegove vlažnosti.

U direktne metode spada gravimetrijska metoda, jedna od najpoznatijih i najviše korišćenih metoda. Prve indirektne metode koristile su električnu provodljivost zemljišta kao meru za vlažnost zemljišta. Niz metoda koriste toplotnu provodljivost i toplotni kapacitet zemljišta, dok druge kapilarni potencijal vlage u zemljištu. Sve ove metode imaju taj nedostatak što zbog nepotpunog kontakta između zemljišta i mernog tela mogu nastati greške u merenju. To nije slučaj kod radioaktivnih metoda, gde ovaj kontakt nije ni potreban.

### 6.5.1. Gravimetrijska metoda

Gravimetrijska metoda ili metoda sušenja uzoraka je jedina direktna metoda merenja vlažnosti zemljišta. To je najtačnija metoda. Njen nedostatak je u tome što iziskuje dosta vremena i truda.

Uzorci zemljišta uzimaju se sa parcele pod određenom poljoprivrednom kulturom. Parcela mora biti reprezentativna za širu okolinu po reljefu, tipu zemljišta, dubini podzemnih voda i agrotehnici. Uzorci se uzimaju u nekoliko ponavljanja, a njihov broj zavisi od stepena tražene tačnosti. U agrometeorološkoj grani hidrometeorološke službe uzorci se uzimaju u 4 ponavljanja, na 4 karakteristične tačke polja.

Pre nego što se počne s operativnim programom merenja vlažnosti zemljišta, uzimaju se uzorci zemljišta za laboratorijsko određivanje osnovnih agrohidroloških konstanti zemljišta, neophodnih u daljim proračunima (zapreminska težina, vlažnost uvenuća, kapilarni ili poljski vodni kapacitet).

Za određivanje vlažnosti po ovoj metodi potreban je sledeći pribor (sl. 31):

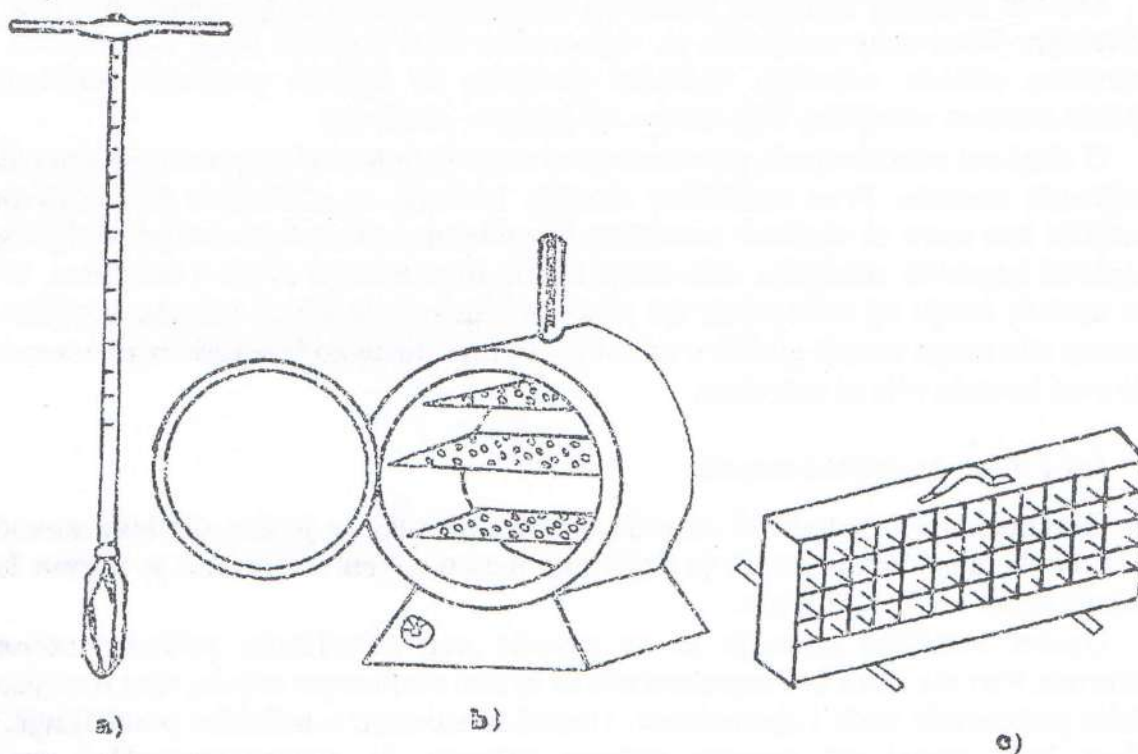
1. bušilica, koja služi za uzimanje uzoraka zemljišta (a);
2. termostat ili sušnica, za sušenje uzoraka zemljišta (b);

3. aluminijumske kutijice, za stavljanje uzoraka zemljišta, obeležene brojevima;
4. drveni sanduk za stavljanje i prenos aluminijumskih kutijica (c);
5. tehnička vaga, tačnosti 0,05 grama za merenje uzoraka.

Uzorcima zemljišta se po donošenju sa polja najpre izmere ( $T_v$ ), a zatim suše u termostatu na temperaturi  $105^{\circ}\text{C}$  do konstantne težine. Posle toga se ponovo izmere ( $T_s$ ). Vlažnost zemljišta  $V$ , izražena u procentu od težine apsolutno suvog zemljišta, dobija se po formuli:

$$V = \frac{T_v - T_s}{T'_s} \cdot 100$$

Za brže dobijanje rezultata, kada je u pitanju manji broj uzoraka, može se primeniti sušenje infracrvenim zracima, pomoću lampe infracrvenih zraka jačine 500 W, ili spaljivanjem alkohola po Bouyucosu, prvenstveno kod zemljišta sa malom količinom organske materije.



Sl. 31. Pribor za merenje vlažnosti zemljišta

### 6.5.2. Elektrometrijska metoda

Ova metoda je nastala na principu da se elektroprovodljivost zemljišta povećava sa smanjivanjem njegove vlažnosti. Merenje vlažnosti zemljišta svodi se na merenje otpora između elektroda postavljenih u blokove od poroznog materijala. Materijal treba da ima osobinu da brzo postigne ravnotežu sa vlagom okolnog zemljišta i da brzo reaguje na njene promene kada se blokovi postave u zemljište. U tu svrhu

najviše se koristi gips, najlon, fiberglas i njihove različite kombinacije.

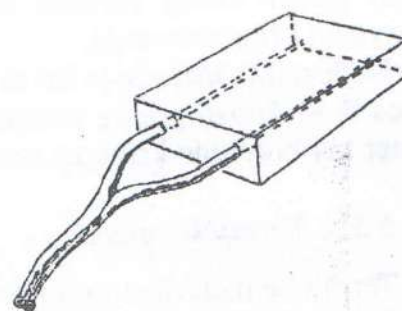
Gipsani blokovi, iako su bili prvi uvedeni u praksu, i danas su najviše u upotrebi. Gips ima prednost zbog relativno visoke koncentracije jona u bloku. Međutim, on ima taj nedostatak što se u vlažnim zemljištima brzo raspada. Ovo može da se u velikoj meri prevaziđe impregnacijom gipsa najlonskom smolom. Merne vrednosti kod blokova imaju vremensko zakašnjanje od približno jedan dan.

Najlonski blokovi su osetljiviji pri većoj vlažnosti i imaju kraće vreme zakašnjanja od gipsanih blokova. Elektrode se sastoje od dva odvojena komada nerđajućeg čelika, uvijena u trostruki omotač od najlona.

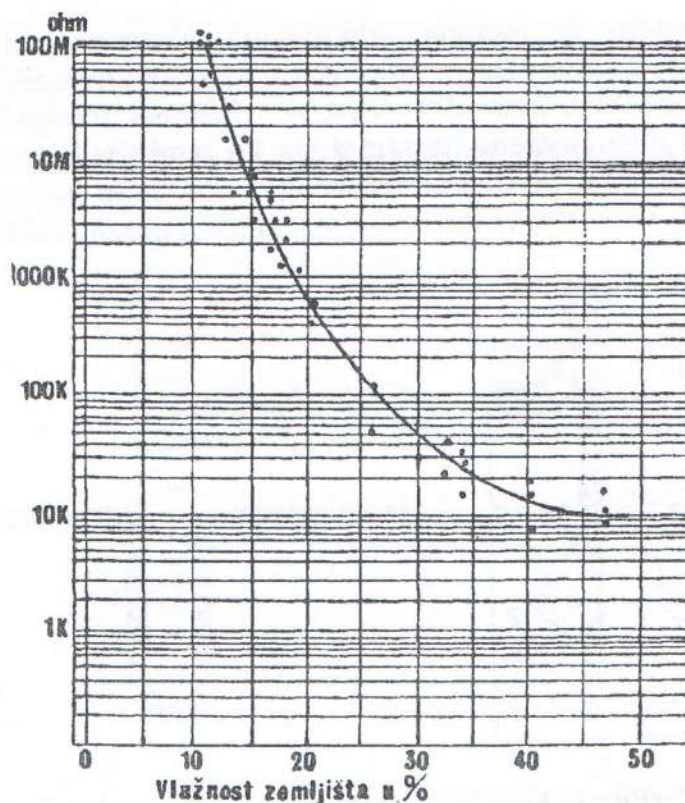
Blokovi od fiberglasa imaju iste prednosti i nedostatke kao i najlonski blokovi u poređenju s gipsanim blokovima. Napravljeni su od tri mrežaste elektrode, razdvojene debelim slojem fiberglasa i obložene trostrukim omotačem od istoga materijala. One su smeštene u metalnu kutiju s otvorima sa strane.

Kombinacijom različitog materijala mogu se smanjiti nedostaci i povećati prednosti ovog načina merenja vlažnosti zemljišta.

Otpor elektroda meri se konduktometrom. Skala na konduktometru je graduisana ili u % vlage ili u log oma.



Sl. 32. Gipsani blok sa elektrodama (po Bouyoucosu i Mickiu)



Sl. 33. Kalibraciona kriva za tip vlagomera IVP-53 (Verigo i Razumova, 1963)

Prednost ovog metoda je kontinuirano merenje vlažnosti zemljišta na istom mestu tokom celog perioda osmatranja, kao i njegova pogodnost za daljinska očitavanja i registrovanja.

Nedostatak metoda je što se za svaki prijemnik i za svako zemljište mora utvrditi odnos % vlažnosti prema vrednostima na skali konduktometra. Na sl. 33 prikazan je primer kalibracione krive za sovjetski tip vlagometra IVP-53.

### 6.5.3. Termičke metode

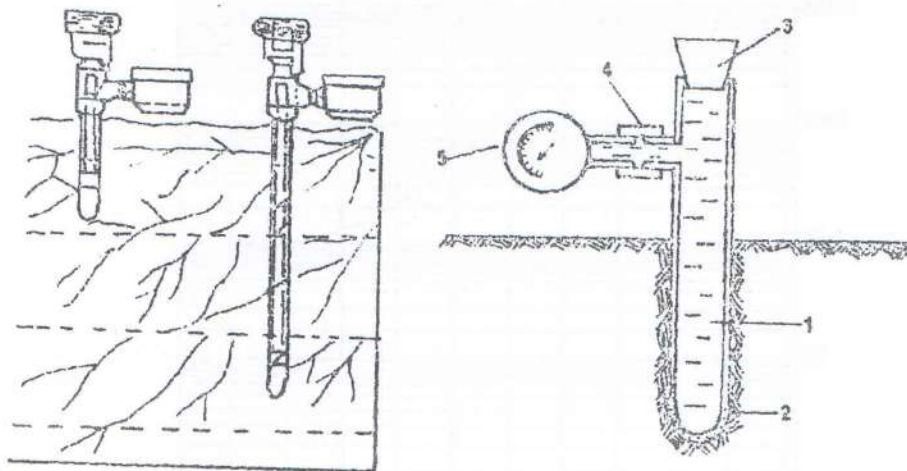
Termičke metode određuju vlažnost zemljišta na osnovu toplotne provodljivosti i toplotnog kapaciteta zemljišta.

Pošto se toplotna provodljivost zemljišta povećava sa povećanjem njegove vlažnosti, to se merenjem ove veličine može odrediti količina vlage u zemljištu na osnovu njihovog odnosa utvrđenog ranije laboratorijskim putem. Glavni nedostatak ove metode je što naglo povećanje toplotne provodljivosti sa povećanjem vlažnosti nastaje samo pri manjim vrednostima vlage; već pri srednjim vrednostima vlage ovo se ne zapaža.

Toplotni kapacitet većine zemljišta u suvom stanju iznosi oko 0,837 J/g, a vode 4,186 J/g. Shodno tome, sa povećanjem vlažnosti zemljišta povećava se i njegov toplotni kapacitet. Metoda zasnovana na ovom principu još se ne primenjuje šire u praksi jer je u poljskim uslovima još nemoguće da se sa dovoljnom tačnošću odredi toplotni kapacitet, a osim toga on se i sporo menja sa promenom vlažnosti.

### 6.5.4. Metoda tenziometara

Metoda tenziometara je metoda određivanja vlažnosti zemljišta prema kapilarnom potencijalu, a zasnovana je na principu da se sa povećanjem kapilarnog potencijala smanjuje vlažnost zemljišta. Merenje vlažnosti zemljišta svodi se na merenje vakuuma koji u tenziometru nastaje stoga što zemljište isisa vodu. Merenja se vrše pomoću manometra, hermetički spojenog s poroznim sudom napunjenim vodom (sl. 34). Postoje razni tipovi tenziometara, čija je porozna čašica napravljena



Sl. 34. Postavljanje tenziometara u zemljište i šema konstrukcije: 1 - cev s vodom, 2 - porozna čašica, 3 - čep, 4 - spoj, 5 - vakuum-metar (Vučić, 1976)



od različitog materijala, najčešće keramike. Najnovija proučavanja pokazuju da polupropustljive plastične čašice obezbeđuju brže reagovanje od keramičkih, koje mogu zakašnjavati od pola sata do nekoliko sati, u zavisnosti od promene vlažnosti zemljišta.

Tenziometarska merenja se izražavaju u barima. (1 bar = 0,987 atmosfera, odnosno 1,023 cm vodenog stuba).

Tenziometri ne treba da se kalibriraju ako se traže samo direktne vrednosti potencijala. Međutim, kako se u praksi više koriste vrednosti vlažnosti zemljišta u težinskim ili zapreminskim procentima, to se mora izvršiti kalibracija za svaki sloj zemljišta u kome se na ovaj način meri vlažnost zemljišta. Kalibracija se vrši u laboratoriji, pomoću pressure membrane ili porous plate aparata, ili u polju, uzimanjem uzoraka zemljišta u blizini tenziometra.

Prednost tenziometra su brzo, jednostavno i kontinuirano određivanje vlažnosti zemljišta, zbog čega se oni najčešće koriste pri navodnjavanju.

Nedostatak tenziometara je pre svega ograničenost njihovog raspona osetljivosti. Na oko 0,85 atm. potencijala vode vazduh ulazi u tenziometarski sud, pa se više ne dobijaju upotrebljive vrednosti. Osim toga što za vreme sušnih perioda ne daje podatke, tenziometar neće početi da radi ni kada vlažnost zemljišta padne ispod 0,85 atmosfere. Da bi počeo da radi, potreban je poseban postupak.

Jedan od većih nedostataka ovih instrumenata je i neophodnost kalibriranja.

#### 6.5.5. Radioaktivne metode

U radioaktivne metode spada određivanje vlažnosti zemljišta neutronsom metodom i pomoću gama-zraka.

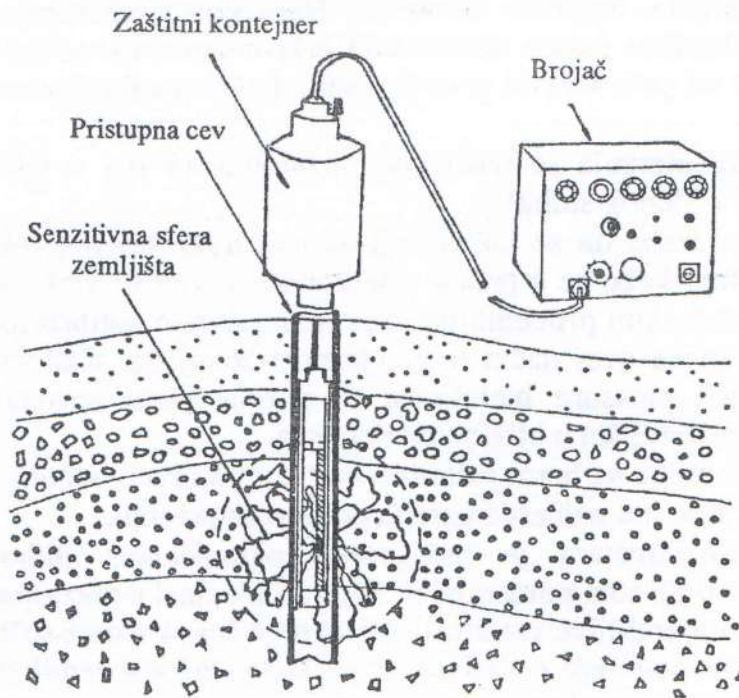
*Neutronska metoda* se zasniva na principu merenja usporenja neutrona (emitovanih od radioaktivnih supstanci) usled sudara sa jezgama vodonika. Utvrđeno je da elementi male atomske težine najefektnije prevode brze neutrone u spore, termalne. Kako je vodonik, kao osnovni elemenat male atomske težine u zemljištu, veoma zastupljen u molekulima vode u zemljištu, to se može utvrditi zavisnost između broja sporih neutrona u jedinici vremena i količine vode u jedinici zapremine zemljišta.

Uređaji se sastoje od izvora brzih neutrona (npr. berilijum-radijum), detektora za spore neutrone, brojača, zaštitnog kontejnera za radioaktivni izvor, kabla za povezivanje detektora s brojačem i pristupne cevi za spuštanje sonde neutronske brojača (sl. 35).

Izvor neutrona, detektorska cev i tranzistorski predpojačivač (tzv. sonda neutronske merača) spuštaju se u zemljište na željenu dubinu, ali ispod 20 cm, jer se na manjim dubinama jedan deo neutrona gubi u vazduh i tada se dobijaju nerealne vrednosti. Zbog toga su površinske sonde, koje se nalaze na zemljinoj površini, zaštićene slojem parafina i olova da bi se sprečio gubitak neutrona.

Prednosti neutronske metode su tačnost, preciznost i brzina dobijanja rezultata, kao i širok raspon merenja, od apsolutno suvog zemljišta pa do punog vodnog kapaciteta. Nedostaci su visoki troškovi opreme i neophodnost kalibriranja.

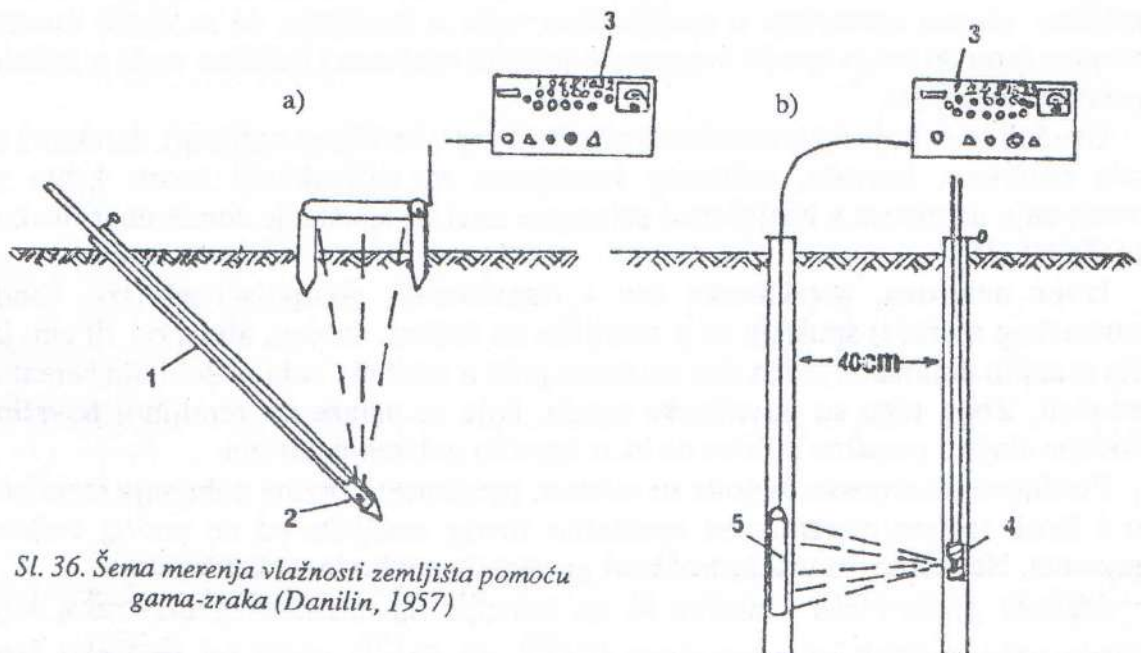
*Metoda gama-zraka* zasniva se na principu da intenzitet gama-zraka, koje emituje neka radioaktivna supstanca ( $CO^{60}$  ili  $Cs^{137}$ ), slabi pri prolasku kroz



Sl. 35. Šematski prikaz pribora neutronskog merača pri radu (Jakovljević, 1971).

zemljište. Stepenn slabljenja je funkcija početne energije zraka i gustine i debljine materije kroz koju zračenje prolazi. Ako se zna da sloj suvog zemljišta slabi jačinu gama-zraka do postojeane veličine, onda će ona još više slabiti ako u zemljištu ima vode. Po slabljenju gama-zraka može se odrediti količina vode u određenom sloju zemljišta.

Merenje vlažnosti zemljišta metodom gama-zraka vrši se pomoću vertikalnog i horizontalnog snopa gama-zraka (sl. 36).



Sl. 36. Šema merenja vlažnosti zemljišta pomoću gama-zraka (Danilin, 1957)

Kod vertikalnog snopa gama-zraka (sl. 36 a) u zemljište se pod izvesnim uglom stavi metalna cev (1). U momentu merenja u cev se stavi šipka s olovnim naglavkom, u koji je smešten izotop  $CO^{60}$  (2) i na kome se nalazi otvor za izlaženje gama-zraka. Na površini zemlje nalazi se brojač (3) povezan s meračem intenziteta zračenja. Ovim načinom može se određivati vlažnost zemljišta samo do dubine 50 cm.

Horizontalan snop (sl. 36 b) omogućuje određivanje vlažnosti zemljišta do dubine 1,5—2 m i više. U zemlju se na rastojanju 40—50 cm ukopaju dve cevi. U momentu merenja u jednu se unosi izvor gama-zraka (4), a u drugu brojač (5). Oni se sinhronizovano pomeraju, da bi se dobila vlažnost zemljišta na raznim dubinama.

Za određivanje količine vlage u zemljištu po ovoj metodi potrebno je imati "početnu" vlažnost zemljišta  $W_1$  i "početni" intenzitet gama-zraka, tj. broj gama-kvanta  $N_1$  u jedinici vremena  $t$ . Oni se određuju paralelno, 1—2 puta u godini ili sezoni. Vlažnost zemljišta u bilo kom drugom momentu određuje se po formuli:

$$W = W_1 + \Delta W$$

a promena količine vlage u određenom sloju  $\Delta W$  jednaka je:

$$\Delta W = \frac{\ln N_1 - \ln N_2}{\mu}$$

gde je:

$W_1$  = početna vlažnost zemljišta dobijena gravimetrijskom metodom

$N_1$  = broj gama-kvanta u momentu određivanja početne vlažnosti zemljišta

$N_2$  = broj gama-kvanta u bilo kom drugom momentu određivanja vlažnosti zemljišta

$\mu$  = koeficijent slabljenja gama-zraka od strane vode u zemljištu (oko 0,040).

## 7. ISPARAVANJE

Isparavanje je jedna od osnovnih komponenata vodnog i toplotnog bilansa aktivne površine sa koje se vrši isparavanje. U prirodnim uslovima aktivna površina je slobodna vodena površina, zemljište i vegetacija.

Isparavanje je fizički proces koji se definiše kao prenošenje vodene pare sa aktivne površine u atmosferu, odnosno to je količina isparene vode sa jedinice površine u jedinici vremena. Isparavanje sa slobodne vodene površine i vlažnog, zasićenog zemljišta je kontinuiran proces i zavisi samo od meteoroloških faktora, dok isparavanje sa nezasićenog zemljišta i vegetacije zavisi još i od drugih faktora.

Isparavanje sa bilo koje aktivne površine zavisi u prvom redu od količine raspoložive toplotne energije i brzine prenošenja vodene pare iz sloja neposredno uz površinu koja isparava do viših slojeva atmosfere. Drugim rečima, ono zavisi od energije Sunčevog zračenja, brzine vetra i količine vlage u prizemnom sloju vazduha.

Količina isparene vode sa neke aktivne površine direktno zavisi od količine primljene Sunčeve energije od koje zavisi toplotni bilans podloge. Sa povećanjem

intenziteta Sunčeve energije i trajanja osunčavanja povećava se i temperatura podloge i okolnog vazduha, a time i isparavanje.

Pošto je molekularna difuzija vodene pare iznad površine koja isparava veoma spora, isparavanje je u suštini turbulentan proces. Intenzitet isparavanja zavisi od intenziteta turbulentnog mešanja. Kako se ono povećava sa povećanjem brzine vetra, to je očigledna zavisnost intenziteta isparavanja od brzine vetra.

Međutim, ova zavisnost je veoma komplikovana jer intenzivna turbulencija dovodi do opadanja vertikalnog gradijenta specifične vlažnosti vazduha, od koga isparavanje takođe zavisi. Pored toga, uticaj vetra na intenzitet isparavanja ogleda se i u tome što pri vetru nastaje horizontalno prenošenje vazduha obogaćenog vodenom parom iznad površine koja isparava. To je naročito slučaj kada u atmosferi postoje veliki horizontalni gradijenti vlažnosti vazduha, ili pak kada je reč o isparavanju sa malih površina. Tada se zbog odnošenja vlažnog i donošenja suvljeg vazduha isparavanje povećava. Pri isparavanju sa velike, istorodne aktivne površine horizontalni gradijent je blizak nuli i isparavanje tada uglavnom zavisi od vertikalnog gradijenta vodene pare.

Ako se uzme u obzir samo toplotni bilans, isparavanje bi se smanjivalo sa povećanjem geografske širine mesta. Međutim, ovaj zonalni raspored isparavanja poremećen je uslovima vlažnosti. U zavisnosti od padavina, godišnja suma stvarnog isparavanja se npr. u tropskim širinama, gde su zalihe toplote velike, kreće od vrednosti bliskih nuli, u pustinjama (Sahara, Namib i dr.), do 1.500 mm u vlažnim tropskim i ekvatorijalnim šumama (Zubenok, 1976).

Složenost rasporeda isparavanja povećava i reljef. Uticaj nadmorske visine na visinu isparavanja još nije dovoljno ispitan da bi se utvrdila opšta zakonitost njegove promene sa visinom. Razlog tome je što se meteorološki elementi koji primarno utiču na isparavanje različito ponašaju sa povećanjem nadmorske visine. Naime, dok temperatura vazduha opada sa visinom, vetar i Sunčevo zračenje sa povećavaju. Međutim, opšte je usvojeno da, kao rezultanta svih uticaja, isparavanje opada sa povećanjem nadmorske visine (Nordenson, 1968).

L. I. Zubenok (1976) je utvrdio da se u uslovima dovoljne vlažnosti, u umerenim i malim širinama, ne zapaža primetno opadanje isparavanja do visine 500 m. Međutim, na većim visinama isparavanje se smanjuje, uglavnom zbog smanjenja radijacionog bilansa, opadanja temperature i povećanja vlažnosti vazduha.

U uslovima nedovoljne vlažnosti, do neke visine - različite, u zavisnosti od vlaženja — isparavanje se povećava zbog povećanja padavina sa visinom. Iznad ove visine isparavanje opada sa visinom zbog smanjenja zaliha toplote, odnosno radijacionog bilansa. Po materijalima Šihminskog (cit. Zubenok) visina na kojoj promena isparavanja sa povećanjem nadmorske visine menja znak je za Veliki Kavkaz oko 1000 m a za Mali Kavkaz oko 1500 m.

Prema ispitivanjima A.A. Efimove (cit. Zubenok) u uslovima srednjeg Urala opadanje radijacionog bilansa sa visinom iznosi prosečno oko  $2,093 \text{ kJ/cm}^2$  god na svakih 100 m. U ovim uslovima opadanje isparavanja iznosi 50—100 mm/god na svakih 100 m visinske razlike. Do sličnih vertikalnih gradijenata isparavanja došao je i Ljunč pri ispitivanju isparavanja sa rečnih slivova u švajcarskim planinskim oblastima.

### 7.1. Isparavanje sa zemljišta

Isparavanje sa zemljišta, kao aktivne površine, zavisi pre svega od njegove vlažnosti, odnosno od toga da li se isparavanje vrši sa vlažnog, zasićenog ili nezasićenog zemljišta. Isparavanje sa zasićenog zemljišta, slično kao i isparavanje sa slobodne vodene površine, kontinuiran je proces i zavisi primarno od evaporacione moći prizemnog sloja vazduha. Isparavanje sa nezasićenog zemljišta zavisi pored toga i od količine vlage koju sadrži, kao i od dubine podzemnih voda i fizičkih i hemijskih osobina zemljišta.

Zavisno od toga da li je reč o zasićenoj ili nezasićenoj sredini, razlikuju se potencijalno i stvarno isparavanje. *Potencijalno isparavanje* (eng. potential evaporation; rus. isparjaemost) je maksimalna količina vode koja bi mogla da ispari pri određenim vremenskim uslovima. Ovaj termin se najpre odnosio samo na vodenu površinu, ali je kasnije proširen i na druge aktivne površine, pod uslovom da ima dovoljno vode. *Stvarno isparavanje* (eng. evaporation, actual evaporation; rus. isparenje) je količina vode koja isparava u postojećim uslovima. Ona u prvom redu zavisi od količine vlage u zemljištu.

Isparavanje sa vodene površine je uvek potencijalno, dok je kod zemljišta to slučaj samo ako je ono zasićeno do punog vodnog kapaciteta. Ako se pođe od toga da i isparavanje zasićenog zemljišta i isparavanje slobodne vodene površine zavise samo od evaporacione moći vazduha, u praksi se vrlo često uzima isparavanje sa slobodne vodene površine kao mera za isparavanje vlažnog zemljišta. Prema ispitivanjima A.R.Konstantinova (1968, 1970), potencijalno isparavanje sa golog zemljišta zasićenog do poljskog vodnog kapaciteta, zatim sa optimalno vlažne, kompaktne travne površine i sa vodene površine praktično se podudaraju (razilaženje je prosečno ispod 20%). Pri tome je Konstantinov sveo rezultate na beskonačno velike površine, zbog "efekta ivice", koji nastaje na granici dveju različitih aktivnih površina, pri prelasku vazdušnih strujanja sa jedne na drugu. Međutim, ako obe aktivne površine obezbeđuju potencijalno isparavanje, onda "efekta ivice" neće biti i intenzitet isparavanja neće zavisiti od veličine aktivne površine.

Dok u zasićenom zemljištu potencijalno i stvarno isparavanje imaju približne vrednosti, u nezasićenom zemljištu, u uslovima nedovoljne vlažnosti, oni se mogu znatno razlikovati. U našim, umerenim širinama najveće razlike nastaju u periodu letnjih suša, kada je stvarno isparavanje blisko nuli, a potencijalno, zbog visoke temperature i velikog deficita zasićenosti vazduha, ima vrlo visoke vrednosti. U pustinjama su ove razlike još mnogo veće. Tako je npr. u Sahari godišnja suma stvarnog isparavanja nula, a potencijalnog čak veća od 2.500 mm.

Na isparavanje sa površine zemljišta u određenim uslovima utiče i dubina podzemnih voda. Veliki broj ogleđa (Gangopadhyaya i drugi, 1966) pokazao je da ako se nivo podzemnih voda nalazi na dubini 1,25 m ili većoj, kapilarne sile ne mogu da dovedu vodu do zemljine površine, što znači da na isparavanje sa zemljine površine ne utiču podzemne vode. Međutim, ako je nivo vode dovoljno blizu da obezbeđuje zasićenost površinskog sloja, isparavanje sa zemljišta približava se isparavanju sa slobodne vodene površine.

Mehanički sastav zemljišta i njegova struktura takođe utiču na isparavanje sa površinskog sloja zemljišta. Zemljišta težeg mehaničkog sastava, sa većim poljskim

kapacitetom, mogu u površinskim slojevima da zadrže znatne količine vode. Ako postoje povoljni uslovi, ova voda će skoro u potpunosti ispariti. Zemljišta lakšeg mehaničkog sastava, npr. peščana, imaju manji poljski kapacitet, pa u uslovima intenzivnog vlaženja (pri pljuskovima, topljenju snega i dr.) propuštaju veći deo vode u dublje slojeve zemljišta, tako da su gubici vode usled isparavanja na ovim zemljištima manji. Strukturna zemljišta gube mnogo manje vode isparavanjem, nego nestrukturna zemljišta.

Boja zemljišta utiče na isparavanje posredno. Tamna zemljišta se jače zagrevaju od svetlijih, pa je stoga i isparavanje sa njih veće nego sa svetlijih zemljišta. Na isti način deluje i ekspozicija terena. Zavisno od uslova zagrevanja, najveće isparavanje je na najtoplijim južnim padinama, a najmanje na slabije zagrejanim severnim padinama.

## 7.2. Transpiracija

Transpiracija predstavlja fiziološki proces isparavanja vode sa površine lista, stabljike i drugih biljnih delova.

Kao i isparavanje sa drugih aktivnih površina, i transpiracija zavisi od meteoroloških faktora, kao što su Sunčevo zračenje, temperatura, vlažnost vazduha i brzina vetra. Ali pored toga ona zavisi još i od fizioloških osobina biljke, faze razvića, razvijenosti korenovog sistema, broja i rasporeda stoma. Brzina transpiracije kod biljaka sa širokim lišćem dostiže na Sunčevoj svetlosti oko 5 grama vode na  $1 \text{ dm}^2$  lisne površine za 1 sat. Obično se brzina transpiracije koleba u granicama  $0,5\text{—}2,5 \text{ g/dm}^2$  sat, a noću može da opadne do  $0,1 \text{ g/dm}^2$  sat i više (Leopold, 1964).

Transpiracija je složen fiziološki proces koji pored isparavanja utiče i na promet vode u biljci, a samim tim i na promet mineralnih soli i organskih materija. Hranljive materije rastvorene u vodi ne isparavaju s vodom nego ostaju u biljci. Pošto se u vodi koju korenov sistem crpi iz zemljišta nalaze male količine mineralnih materija (2—3 grama u jednom litru vode), to kroz biljku mora transpiracijom da prođe velika količina vode da bi se biljka obezbedila dovoljnom količinom hranljivih materija.

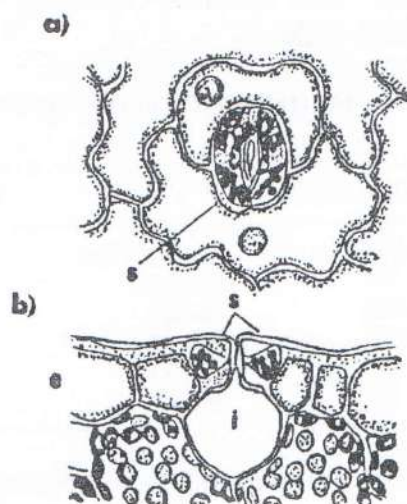
Prolazeći kroz tkiva biljke, voda sa rastvorenim mineralnim materijama prelazi u intercelularnim (međucelijskim) prostorima lista u gasovito stanje. Odavde vodena para odlazi u atmosferu na dva načina: difuzijom kroz stome — otvore prečnika manjeg od 10 mikrona i kroz kutikulu (kožasta opna na biljkama). Iako je broj stoma veoma veliki (50—700 na  $1 \text{ mm}^2$  lisne površine, zavisno od vrste), njihova ukupna površina je mala, svega 1—3% od ukupne kutikularne površine lista. Transpiracija se uglavnom vrši preko stoma, dok kroz kutikulu ona iznosi samo 0—30% od ukupne količine isparene vode.

Stomin aparat sastoji se iz dve ćelije zatvaračice, pasuljastog oblika, čije su unutrašnje membrane zadebljale i dodiruju se svojim gornjim delovima. Pored ćelija zatvaračica, nalaze se i ćelije pomoćnice. U stomin aparat ulazi još i stomina jama ili otvor, koji je povezan s intercelularima lista, a ovi dalje sa intercelularima stabla i korena, te zajedno čine sistem za provetravanje (sl. 37.). U ćelijama zatvaračicama

nalazi se hlorofil i zahvaljujući tome one mogu da vrše fotosintezu.

Fiziološki mehanizam koji reguliše otvaranje i zatvaranje stoma još nije do sada dovoljno proučen. Jasno je da su ovi pokreti hidrauličke prirode i da zavise od elastičnosti zidova ćelija zatvaračica, a takođe i od turgora. Tanji spoljni zidovi ćelija više se rastežu nego unutrašnji, krivina ćelija se povećava a otvor širi. Pri smanjivanju zapremine ćelija (usled gubitka vode) nastaje obrnut proces. Razlog ovih hidrauličkih pokreta ćelija zatvaračica mogu biti dva faktora — količina vode i svetlost.

Von Mol (1856) (cit. Leopold, 1964) je primetio da svetlost izaziva otvaranje stoma i to objasnio promenama u osmotskom pritisku ćelijskog soka. Međutim, ako u listu nastaje deficit vode, stome u podne obično ostaju zatvorene, bez obzira na vrlo intenzivnu osvetljenost. To je povezano s opadanjem osmotskog pritiska ćelijskog soka u ćelijama zatvaračicama. Već u toku 2 sata posle zatvaranja stoma vodni bilans biljke se znatno poboljšava. Na taj način u uslovima suše svetlost ustupa mesto nekom drugom osmotskom regulatoru otvaranja i zatvaranja stoma.



Sl. 37. Stome na epidermu lista majčine dušice: a— pogled odozgo, b) na preseku, s — ćelije zatvaračice s otvorom između njih, i — intercelular, e — epiderm

Kod većine biljaka u našim klimatskim uslovima stome su danju otvorene, a noću zatvorene (Popović, 1964). Međutim, one se zatvaraju i danju kada biljka oskudeva u vodi. U periodu jakih suša, kada biljke počinju venuti, stome se uopšte ne otvaraju. Pri tome se obustavlja ne samo gubitak vode transpiracijom već i fotosintetska aktivnost biljke. Ovakvo stanje ne može da traje dugo, jer bi dovelo do trajnih oštećenja biljke. Mehanizam stominog aparata funkcioniše samo do temperature 35—40°C. Pri višim temperaturama stome ostaju otvorene, biljke brže troše vodu transpiracijom i, ako ovo stanje duže potraje, uvenu.

K.A. Timirjazev je nazvao transpiraciju "nužnim zlom", jer u uslovima nedovoljne vlažnosti ona može dovesti biljku do uginuća. Međutim, bez transpiracije život biljke ne bi bio moguć, jer ona omogućava apsorpciju mineralnih soli iz zemljišta i uslovljava pojavu usisavajuće sile u ćelijama koja je pokretač kretanja vode kroz biljku. Pored toga, transpiracija sprečava preterano zagrevanje biljke, jer se za isparavanje 1 grama ( $1 \text{ cm}^3$ ) vode utroši 2511,6 J toplote. Uvenuti listovi imaju

za 4—5°C višu temperaturu od lišća koje nije izgubilo svoju životnu aktivnost.

Utrošak vode na transpiraciju najčešće se izražava *transpiracionim koeficijentom*, pod kojim se podrazumeva količina vode utrošena na stvaranje jedne težinske jedinice suve materije. On se izračunava po formuli:

$$K_{tr} = \frac{M_{tr}}{Y}$$

gde je  $K_{tr}$  = transpiracioni koeficijent,  $M_{tr}$  = ukupna količina vode koju transpiriše biljka na 1 ha,  $Y$  = ukupna težina (prinos) suve materije, u tonama/hektar.

Transpiracioni koeficijent nije postojana veličina. On zavisi od vrste i sorte biljke, faze razvića, plodnosti zemljišta, meteoroloških uslova i nivoa agrotehnike. Ukoliko su za određenu vrstu i sortu biljke spoljašnji uslovi povoljniji, agrotehnika na većem nivou i prinos veći, utoliko je transpiracioni koeficijent manji. Pošto zavisi od mnogo faktora, u literaturi se za istu biljnu vrstu sreće veliki raspon veličine transpiracionih koeficijenata, što otežava njihovo korišćenje u praktičnim proračunima potrebnih količina vode.

TRANSPIRACIONI KOEFICIJENTI RAZLIČITIH POLJOPRIVREDNIH KULTURA

Tab. 38.

Vrsta	Transpirac.koeficijent	Vrsta	Transpirac.koeficijent
Pšenica	217-755	Šećerna repa	227 - 670
Ječam	257-744	Krompir	167 - 659
Raž	350-600	Pamuk	350 - 1651
Ovas	258-676	Detelina	400 - 500
Kukuruz	174-406	Lucerka	400 - 800
Suncokret	290-705	Voćke	250 - 500

Kako u prirodnim uslovima pored transpiracije postoji i isparavanje sa zemljišta, za određivanje ukupne potrebe biljaka za vodom u poljskim uslovima A. M. Alpatjev je predložio sledeću formulu:

$$U = \alpha \sum D$$

gde je  $U$  = potreba biljke za vodom u mm,  $\sum D$  = suma srednjih dnevnih vrednosti deficita zasićenosti vazduha za vegetacioni period određene kulture u mm,  $\alpha$  = koeficijent koji predstavlja odnos stvarne prema potencijalnoj evapotranspiraciji i koji se kreće uglavnom od 0,5 do 0,7.

Prema našim ispitivanjima (Otošec, 1978) za obezbeđenje optimalnih uslova porasta i razvića suncokreta u SR Srbiji potrebno je prosečno oko 450—530 mm, odnosno 450—530 litara vode na 1 m<sup>2</sup> površine zasejane suncokretom.

### 7.3. Evapotranspiracija

Evapotranspiracija je istovremeno isparavanje i sa zemljišta i sa biljaka. *Stvarna evapotranspiracija* je količina isparene vode sa zemljišta i biljaka u postojećim

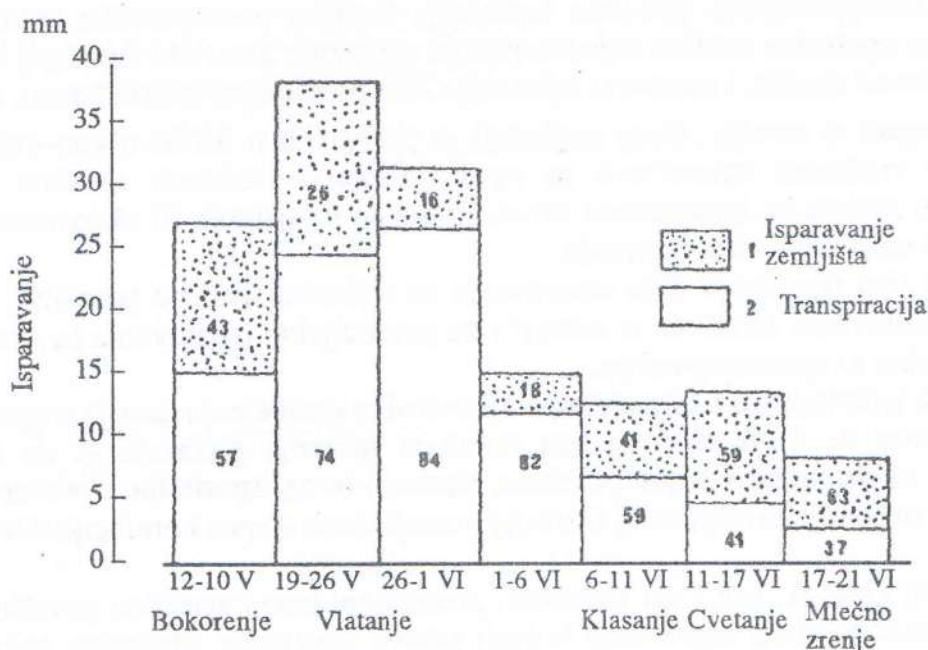


vremenskim uslovima i uslovima vlažnosti zemljišta. Skoro istovremeno C.W. Thornthwaite u SAD i H.L. Penman u Engleskoj uveli su i pojam *potencijalne evapotranspiracije*. Pod ovim terminom podrazumeva se količina isparene vode sa zemljišta potpuno pokrivenog vegetacijom, kada u zemljištu nema deficita vode.

Evapotranspiracija zavisi od svih faktora spoljne sredine od kojih zavisi isparavanje i sa zemljišta i sa biljaka, a pored toga i od bioloških osobina biljke i faze razvića. Na veličinu evapotranspiracije utiče i salinitet zemljišta. Ayers i Westcot (1976) smatraju da salinitet utiče na pristupačnost vode biljkama tako što se pristupačnost smanjuje proporcionalno povećanju saliniteta zemljišta. Biljka može da crpi veće količine vode iz neslanog nego iz slanog zemljišta, te će shodno tome i evapotranspiracija biti veća na neslanim nego na slanim zemljištima.

Ako se uticaj spoljne sredine na evapotranspiraciju posmatra odvojeno za isparavanje zemljišta i transpiraciju, onda se isparavanje zemljišta može zanemariti samo ako postojeća vegetacija u potpunosti pokriva zemljište. U prirodnim uslovima to nije čest slučaj, ili bar ne tokom celog vegetacionog perioda. Obično je u prvim periodima razvića isparavanje sa zemljišta veće od transpiracije, a u kasnijim periodima razvića, kada je biljna masa mnogo veća, preovlađuje transpiracija. Što se više približava završetak vegetacionog perioda, usled sušenja biljke isparavanje zemljišta je ponovo veće od transpiracije. Na sl. 38 dat je primer odnosa isparavanja sa zemljišta i transpiracije na jednom polju zasejanom jarom pšenicom.

U fazi bokorenja, kada je biljna masa već toliko razvijena da zaklanja jedan deo zemljišta, transpiracija je neznatno (za 14%) veća od isparavanja. Ali u fazi vlatanja ovaj odnos je mnogo izrazitiji. Od cvetanja pa nadalje isparavanje je opet veće od transpiracije.



Sl. 38. Odnos između isparavanja zemljišta i transpiracije na polju zasejanom jarom pšenicom, izražen u % (Rusin, 1955)

Na veličinu evapotranspiracije utiče i intercepcija padavina. To naročito dolazi do izražaja pri visokoj temperaturi i nedovoljnoj vlažnosti zemljišta u rizosferi, kada je evapotranspiracija smanjena. Tada intercepcija povećava evapotranspiraciju u poređenju sa suvim biljkama pod istim uslovima.

Potencijalna evapotranspiracija je veoma važan klimatski elemenat jer predstavlja mogući rashod vode u nekom klimatskom području. Uslovi vlažnosti nekog područja ne mogu se procenjivati samo na osnovu padavina, već se mora uzeti u obzir i utrošak vode na isparavanje i transpiraciju. Područja u kojima je potencijalna evapotranspiracija veća od padavina mogu se okarakterisati kao sušna, a u obrnutom slučaju kao vlažna. Gde padavine i potencijalna evapotranspiracija imaju približne vrednosti može se govoriti o subhumidnom klimatu (Thornthwaite, Mather, 1951).

#### 7.4. Merenje isparavanja

Egzaktna merenja isparavanja sa bilo koje aktivne površine, koja u potpunosti reprezentuju isparavanje u prirodnim uslovima, veoma su složena i još nisu rešena na zadovoljavajući način. Jedan od osnovnih uslova koji isparitelji treba da zadovolje jeste da dobijeni rezultati budu i vremenski i prostorno uporedivi, što je veoma teško postići s obzirom na veliku raznolikost klimatskih i drugih uslova. To je i osnovni razlog što postoji ogroman broj raznih tipova isparitelja, od kojih veliki broj daje zadovoljavajuće rezultate samo za uslove za koje su konstruisani.

S obzirom na veliku brojnost i raznolikost isparitelja, navešćemo samo osnovne karakteristike i principe rada određenih tipova isparitelja, pre svega onih koji imaju najširu primenu ili su u upotrebi u našoj zemlji.

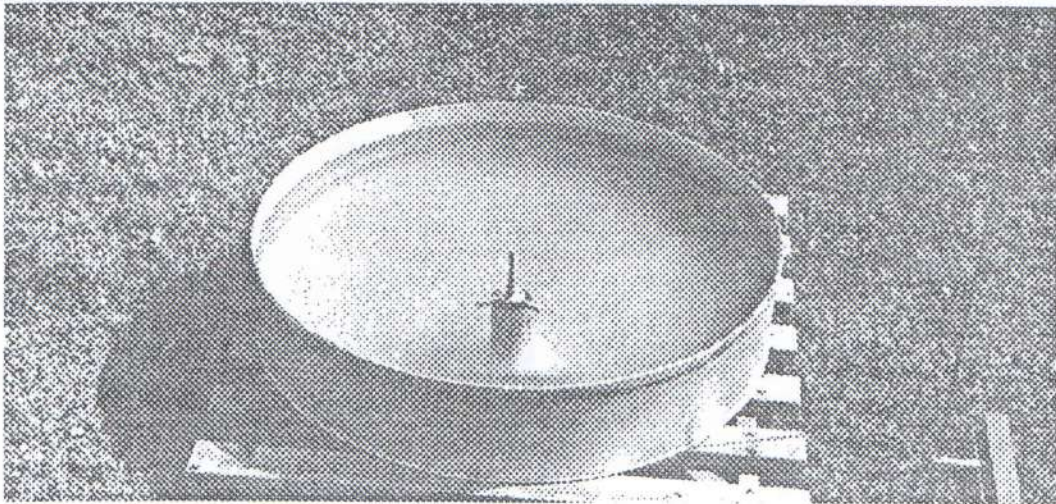
Među mnogobrojnim tipovima isparitelja Svetska meteorološka organizacija smatra da za uporedne analize najveću pažnju zaslužuju američki isparitelj klase A, postavljen iznad zemlje, i sovjetski isparitelj GGI-3000 i ispariteljski bazen, veličine 20 m<sup>2</sup>, ukopani u zemlju. Ovaj poslednji je prihvaćen u SSSR-u kao etalon. Za pretvaranje vrednosti isparavanja sa ovog bazena u vrednosti za veće vodene akumulacije koriste se korelacione krive, dobijene na osnovu ili eksperimentalnih podataka ili teoretskih izračunavanja.

Ova tri tipa isparitelja daju isparavanje sa slobodne vodene površine, koje, u određenim uslovima, može da se odnosi i na potencijalno isparavanje sa zemljišta i na potencijalnu evapotranspiraciju.

Od ovih isparitelja, u okviru hidrometeorološke službe naše zemlje u upotrebi je isparitelj klase A. Uporedna analiza rezultata merenja pokazala je da između isparavanja sa slobodne vodene površine, pomoću ovog isparitelja, i potencijalnog isparavanja sa zemljišta (isparitelj Garnije) postoji visok stepen korelacije (Otošević, 1973).

Isparitelj klase A, kao i svi isparitelji postavljeni iznad zemljine površine, daje uvećane vrednosti zbog zagrevanja bočnih zidova isparitelja. Međutim, kako je on proučavan u raznim klimatskim uslovima, u velikom rasponu geografske širine i nadmorske visine, to postoje pouzdani odnosi za pretvaranje vrednosti dobijenih ovim ispariteljem u vrednosti isparavanja sa velikih vodenih akumulacija. U

humidnim područjima i sezona temperatura vode u sudu klase A je viša od temperature vazduha i koeficijent za isparitelj može biti 0,80 i veći. U aridnim područjima i sezona temperatura vode u sudu je niža od temperature vazduha, a koeficijent može iznositi 0,60 i manje. Koeficijent 0,70 se primenjuje kada su temperature vode i vazduha približne. U našoj zemlji se za godišnje sume isparavanja po ovom isparitelju uzima koeficijent 0,70.



Sl. 39. Isparitelj klase A za merenje isparavanja sa slobodne vodene površine

Tehnika merenja isparavanja sa golog zemljišta (bez vegetacije) i sa zemljišta pokrivenog vegetacijom (evapotranspiracija) ista je. Tačnost merenja zavisi od toga koliko su uslovi u ispariteljima reprezentativni za širu okolinu, odnosno koliko su se približili prirodnim uslovima. Isparitelji za merenje stvarnog ili potencijalnog isparavanja zemljišta i evapotranspirometri najčešće se nazivaju *lizimetri*.

Prema načinu merenja promene sadržaja vlage zemljišta, lizimetri se dele na: 1) težinske, koji koriste mehaničku skalu i vagu, 2) hidrauličke, bazirane na hidrauličkom principu merenja, i 3) zapreminske, kod kojih se isparavanje meri pomoću količine dodane ili ispuštene vode. Za merenje isparavanja sa zemljišta i za merenje evapotranspiracije još nema univerzalnog standardnog instrumenta (SMO, 1974).

*Težinski lizimetri* su najpouzdaniji i najtačniji rutinski metod za dobijanje vrednosti isparavanja. Stoga se oni preporučuju za precizna merenja u istraživačkim centrima, kao i za standardizaciju drugih metoda merenja isparavanja.

Za istraživačke centre pogodne su registrujuće vage, montirane ispod svakog lizimetra. Međutim, u praksi se koriste ili pokretne vage ili stacionirane vage, sa lizimetrima postavljenim tako da se pomoću pokretnih kranova mogu podizati i meriti.

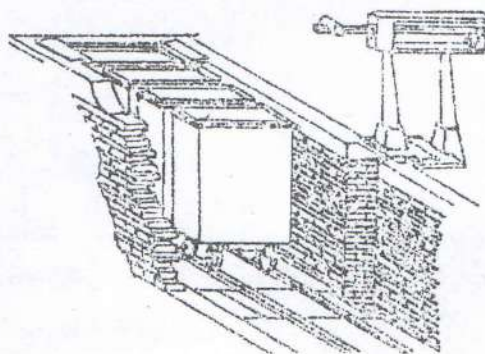
Osim velikih lizimetarskih postrojenja, koja se sastoje iz većeg broja lizimetarskih kaseti, vage, šahta i dr., u ovu grupu isparitelja spadaju i manji isparitelji, kao što su sovjetski isparitelji GGI-500, dubine 50 i 100 cm (GGI-500-50 i GGI-500-100) i isparitelj Popova. Oni daju stvarno isparavanje zemljišta i stvarnu evapotranspiraciju (GGI-500-100).

Da bi se dobile vrednosti isparavanja, treba vršiti merenje isparitelja (lizimetara)

u određenim vremenskim razmacima (dan, pentada, dekada), padavina i količine procedene vode. Isparavanje (evapotranspiracija) se dobije iz odnosa:

$$E = R + c(T_1 - T_2) - P$$

gde je:  $E$  = isparavanje (ili evapotranspiracija) u mm,  $R$  = padavine,  $T_1$  i  $T_2$  = težina monolita u gramima pri prethodnom ( $T_1$ ) i tekućem merenju ( $T_2$ ) i  $P$  = količina procedene vode, u mm. Koeficijent prevođenja  $c$  dobija se iz odnosa  $1/S \times 10$  (mm), gde je  $S$  površina isparitelja u  $\text{cm}^2$ .



Sl. 40. Pokretni metalni težinski lizimetri Seelhorsta (Golubeev, 1967, cit. Vučić, 1971)

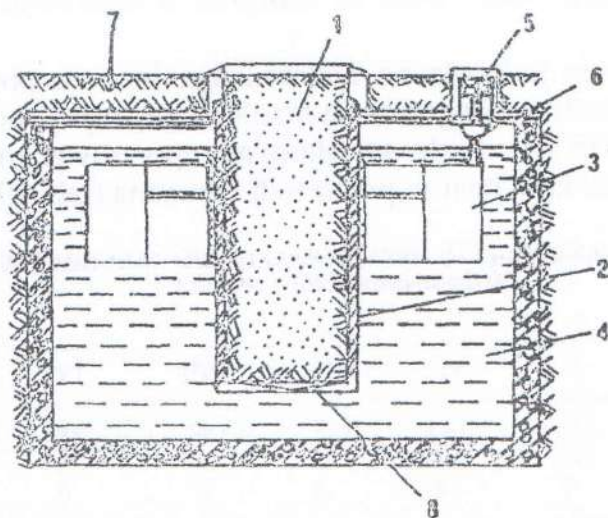
U našoj zemlji, kao i nekim drugim evropskim zemljama, za dobijanje stvarnog isparavanja vode iz zemljišta koristi se isparitelj Popova. Pod uslovom da se merenja sprovode egzaktno, ovaj isparitelj daje vrlo dobre rezultate.

Hidraulički lizimetri rade na principu Arhimedovog zakona, a vaga je zamenjena hidrauličkim sistemom. Sud sa monolitom zemlje pluta u vodi koja se nalazi u spoljašnjem sudu. Gubitak ili povećanje težine plutajućeg suda sa monolitom odražava se u promeni nivoa vode. Ovi lizimetri sastoje se iz četiri osnovna dela: suda sa monolitom, plutajućeg sistema — pontona, suda sa vodom i merne opreme. Merenje promene nivoa vode može se vršiti sa velikom tačnošću, do  $\pm 0,1$  mm i manje.

U SSSR-u je za specijalna naučna ispitivanja konstruisan hidraulički zemljišni isparitelj velikog modela (površine  $5 \text{ m}^2$  i dubine 2 m), dok se za merenja na većem broju stanica koriste hidraulički isparitelji malog modela, površine  $0,2 \text{ m}^2$  i dubine 1,25 m (sl. 41). I američki isparitelji koji rade na ovom principu imaju slične dimenzije.

Kod *zapreminskih lizimetara* meri se količina dodane vode, padavine i količina procedene vode. Dovođenjem vlažnosti zemljišta u isparitelju do poljskog kapaciteta na početku i na kraju perioda, isparavanje (evapotranspiracija) se dobija kao razlika između prihoda vode (padavine plus dodana voda) i rashoda (procedivanje).

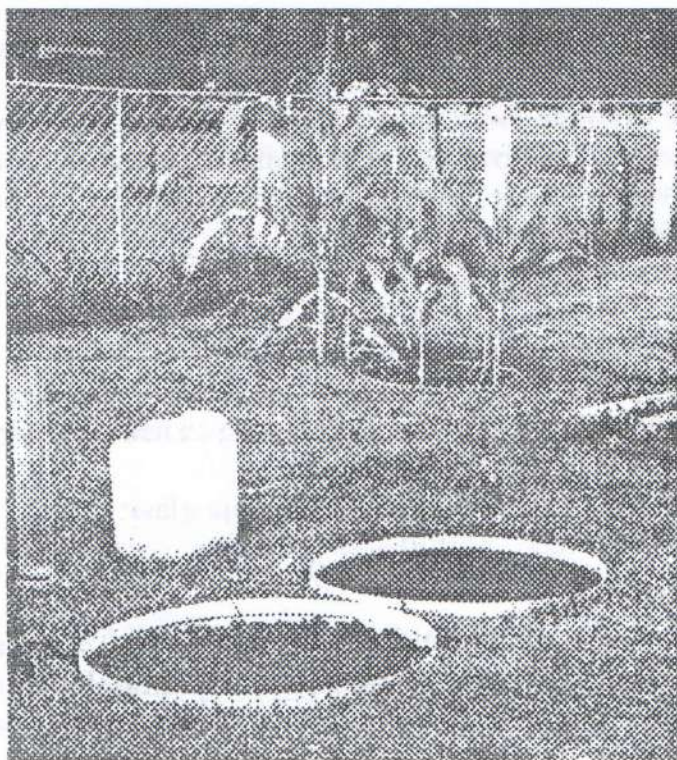
Zapreminski lizimetri mogu biti drenažni i kompenzacioni. Kod drenažnih lizimetara se svakodnevno dodavanjem vode održava zasićenost zemljišta do oko poljskog kapaciteta (npr. isparitelj Garnije), a kompenzacioni lizimetri su konstruisani tako da se u njima održava konstantan nivo vode, ili na nekoj dubini ili



Sl. 41. Šematski prikaz hidrauličkog isparitelja malog modela: 1 — monolit zemlje; 2 — metalni cilindar sa toplotnom izolacijom; 3 — prstenasti ponton; 4 — spoljni sud — rezervoar s vodom; 5 — mikrometerski zavrtanj; 6 — čašica sa živom; 7 — sloj zemljišta na poklopcu spoljnog suda; 8 — sud za skupljanje vode

na površini zemljišta u lizimetru (npr. evapotranspirometar Thornthwaite-a).

U našoj zemlji se na agrometeorološkim stanicama za dobijanje potencijalnog isparavanja sa golog zemljišta, bez vegetacije, koristi isparitelj Garnijea (sl. 42).



Sl. 42. Isparitelj Garnijea (snimio M. Maričić)

Isparitelj se sastoji iz cilindričnog suda napunjenog zemljom, na čijem se dnu nalazi oko 7,5 cm šljunka. Odvodna cev dužine 2 m vodi do suda za skupljanje proceđene vode, smeštenog u šahtu (ili drugom cilindričnom sudu). Svakog dana

sipa se određena količina vode, kako bi zemljište u isparitelju bilo zasićeno do poljskog kapaciteta.

Isparitelj Garnijea je jednostavne konstrukcije, lako se postavlja i održava. Pored ovih prednosti, analiza višegodišnjih rezultata merenja je pokazala da on daje vrlo dobre rezultate, što se moglo konstatovati upoređivanjem ovih izmerenih vrednosti sa vrednostima izračunatim po metodi Penmana (tab. 39).

POTENCIJALNO ISPARAVANJE SA ZEMLJIŠTA PO ISPARITELJU GARNIJEJA I METODI PENMANA  
(Križevci, period 1961—1968. g.)

Tab. 39

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV-X
Garnije	85	118	143	157	139	88	54	784
Penman	92	125	149	160	134	88	53	801
$\Delta$	-7	-7	-6	-3	5	0	1	-17

Nedostatak ovog isparitelja je što se pomoću njega ne mogu dobiti pouzdane vrednosti za evapotranspiraciju, jer zbog permanentnog dolivanja vode često dolazi do poleganja ili čak truljenja biljaka.

### 7.5. Indirektne metode određivanja isparavanja

Pošto instrumentalno merenje isparavanja još nije rešeno na najpovoljniji način, isparavanje sa slobodne vodene površine i zemljišta, kao i evapotranspiracija, određuju se najčešće pomoću indirektnih metoda. U praksi postoji veliki broj raznih metoda za izračunavanje isparavanja, zasnovanih na poznatim fizičkim principima, ili empirijskih. Sve se one mogu grupisati na sledeći način:

1. metoda vodnog bilansa
2. metoda bilansa energije
3. aerodinamičke metode
4. kombinovane metode
5. empirijske metode

*Metoda vodnog bilansa* za procenu isparavanja sa neke aktivne površine (voda, zemljište, vegetacija) je u principu jednostavna.

Osnovna jednačina za izračunavanje isparavanja glasi:

$$E = P + I - O \pm \Delta S$$

gde je: E = isparavanje, P = padavine, I = priticanje vode, O = oticanje vode,  $\Delta S$  = promena u sadržaju vode. Kod određivanja isparavanja sa slobodne vodene površine (jezera, rezervoara i dr.) veličine I i O se odnose i na površinske i na dubinske vode.

Evapotranspiracija (ET) se izračunava pojedinačini:

$$ET = P - O - U \pm \Delta S$$

gde je U = duboka drenaža, odnosno procedivanje vode ispod zone korenova, a  $\Delta S$  = promena sadržaja vlage u zemljištu.

U dugim sušnim uslovima, kada se ne primenjuje navodnjavanje, veličine P, O i U su jednake nuli. Tada je:

$$ET = \pm \Delta S$$

Kod isparitelja je sprečeno površinsko oticanje, a svi ostali članovi jednačine mogu se lako i jednostavno meriti.

*Metoda bilansa energije* ili metoda toplotnog bilansa zasniva se na određivanju toplotne energije utrošene na isparavanje sa neke aktivne površine. Tačnost iznosa isparavanja zavisi od tačnosti merenja ili posrednog određivanja svih članova jednačine bilansa energije, koja glasi:

$$E = R_n - H - G$$

gde je: E = isparavanje,  $R_n$  = bilans fluksa zračenja koji dospeva do aktivne površine, H = turbulentna razmena toplote između aktivne površine isparavanja i donjih slojeva vazduha, G = razmena toplote između površine podloge i niželežućih slojeva.

Pri ovim izračunavanjima zanemaruje se energija utrošena na fotosintezu (manje od 5%), kao i zaliha toplotne energije u biljkama, ako se radi o evapotranspiraciji. Kod isparavanja sa slobodne vodene površine, pored navedenih veličina, treba odrediti još i termičku energiju koju sadrži vodena masa, kao i bilans advektivne energije, tj. količinu termičke energije koja je doneta u vodenu akumulaciju pri dotoku ili padavinama, ili, koja je izgubljena oticanjem. Za temperaturu padavina se pretpostavlja da je ista kao temperatura vlažnog termometra.

Metoda bilansa energije daje dobre rezultate i zavisi uglavnom od stepena tačnosti merenja bilansa zračenja ( $R_n$ ), kao ključne veličine. Jedan od ograničavajućih faktora njene šire primene su i relativno visoki troškovi ulaganja u opremu i njeno održavanje.

*Aerodinamičke metode* zasnivaju se na osnovnoj ideji da se prenos vodene pare sa neke površine isparavanja u atmosferu vrši duž gradijenta koncentracije pare, a intenzitet prenosa zavisi od intenziteta turbulentnog mešanja vazduha.

One se mogu podeliti u tri grupe: metode prenosa mase, metode aerodinamičkog profila i metode turbulentnog prenosa. Za izražavanje zavisnosti između turbulentnog prenosa vodene pare i određenih meteoroloških elemenata, razvijene su mnoge aerodinamičke jednačine, kako teoretske tako i semi-empirijske i empirijske.

*Kombinovane metode* predstavljaju kombinaciju metode bilansa energije i aerodinamičke metode. Jedna od najpoznatijih i najviše korišćenih metoda je metoda Penmana, za izračunavanje isparavanja sa slobodne vodene površine, vlažnog zemljišta i evapotranspiracije.

U opštem obliku ona glasi:

$$E = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} R_H + E_a}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1}$$

gde je: E = isparavanje sa slobodne vodene površine u mm/dan,  $\Delta$  = gradijent

maksimalnog pritiska vodene pare pri temperaturi  $t_a$ ,  $\gamma$  = psihrometerska konstanta (0,66),  $R_H$  = bilans zračenja, odnosno razlika između kratkotalasnog zračenja i dugotalasnog izračivanja zemlje.  $E_a$  je aerodinamički član jednačine, koji ustvari predstavlja evaporacionu moć vazduha, i koji je dat izrazom:

$$E_a = 0,26 (e_a - e_d) (0,50 + 0,54u_2)$$

gde je  $e_a$  maksimalni i  $e_d$  stvarni pritisak vodene pare, a  $u_2$  brzina vetra na visini 2 m.

Zavisno od koeficijenta refleksije ( $r$ ), dobija se isparavanje sa slobodne vodene površine ( $r \approx 0,05$ ), vlažnog zemljišta ( $r \approx 0,10$ ) ili potencijalna evapotranspiracija ( $r \approx 0,20 - 0,25$ ). Osim toga, kada se radi o evapotranspiraciji, u aerodinamičkom članu  $E_a$  menja se i konstantan faktor uz brzinu vetra, koji za vodu iznosi 0,50, a za vegetaciju 1,00, zbog veće neujednačenosti površine isparavanja.

Penman (1956) je za zapadnu Evropu našao da faktor  $f = ET/E$  iznosi za letnje mesece 0,80, za zimske mesece 0,60, a za mart i septembar 0,70. Istraživanja u našoj zemlji, na podacima sa oko 100 stanica, daju nešto drugačije faktore u našim klimatskim uslovima. Za topli deo godine, od aprila do septembra, faktor  $f$  u nas iznosi 0,80. Međutim, u hladnom delu godine, od oktobra do marta,  $f$  na Primorju iznosi 0,90 - 1,00, a u kontinentalnom delu zemlje se kreće od 0,50 do 0,80.

Sličan prilaz određivanju isparavanja imaju i druge kombinovane metode (McIlroy, Ferguson, Tanner, Kohler).

*Empirijske metode* se u praksi najčešće koriste za određivanje isparavanja sa slobodne vodene površine i evapotranspiracije. Razlog tome je što su jednostavne za korišćenje, naročito ako se u formuli koriste samo jedan ili dva meteorološka elementa koji se mere na svim meteorološkim stanicama.

Postoji veliki broj empirijskih formula, koje daju manje ili više aproksimativne vrednosti isparavanja, u zavisnosti od toga na kom su principu i kojim meteorološkim elementima razvijene. Vrednosti su utoliko tačnije ukoliko je formula zasnovana na fizičkim principima procesa isparavanja i kada uzima u obzir više meteoroloških elemenata od kojih zavisi gubitak vode sa određene aktivne površine isparavanja.

Empirijske formule zasnovane su na korelaciji između isparavanja, dobijenog pomoću isparitelja ili metodom vodnog i energetskog bilansa, i meteoroloških elemenata od kojih zavisi isparavanje: temperature vazduha, bilansa zračenja, vlažnosti vazduha i vetra. Najbolje rezultate daju u područjima sa sličnim klimatskim uslovima onim gde su razvijene. Stoga je pre primene neophodno njihovo testiranje u postojećim klimatskim uslovima i verifikovanje pomoću formula zasnovanih na čisto fizičkim principima ili pomoću pouzdanih direktnih merenja isparavanja.

Najveći broj empirijskih formula za određivanje isparavanja sa slobodne vodene površine zasnovan je na Daltonovom prilazu, koji je prvi ukazao da je isparavanje proporcionalno razlici između pritiska vodene pare vazduha na vodenoj površini i iznad nje. Opšti oblik jednačine Daltona je:

$$E = f(u) (e_s - e_z)$$

gde je:  $f(u)$  = funkcija vetra,  $e_s$  = maksimalni pritisak vodene pare na temperaturi



površine vode,  $e_z$  = pritisak vodene pare na visini  $h_z$ .

Od mnogobrojnih empirijskih jednačina, zasnovanih na ovom principu i razvijenih u različitim klimatskim područjima sveta, spomenućemo samo one koje imaju najširu primenu, i koje se manje ili više aproksimativno mogu primeniti i u našim klimatskim uslovima. To su pre svega slične jednačine razvijene u SAD i SSSR-u, koje daju prilično pouzdane rezultate:

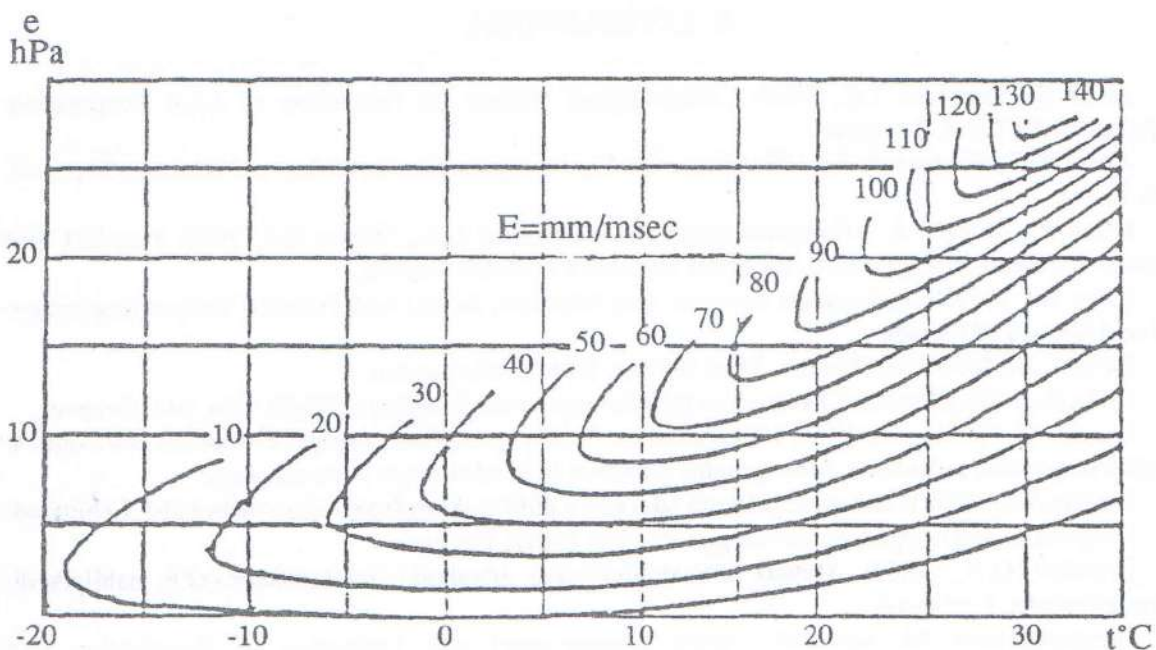
$$(SAD) \quad E = 0,131 u_2 (e_0 - e)$$

$$(SSSR) \quad E = 0,13 (1 + 0,72 u_2) (e_0 - e)$$

gde je  $E$  = isparavanje u mm/dan,  $u_2$  = brzina vetra na 2 m iznad vodene površine u m/s,  $e_0$  = maksimalni pritisak vodene pare koji odgovara temperaturi vodene površine, u hPa i  $e$  = stvarni pritisak vodene pare na visini 2 m, u hPa.

Semi-empirijska metoda A.R.Konstantinova omogućava dobijanje vrednosti isparavanja i sa vodene površine i sa zemljišta zasićenog vlagom. Prema njegovim ispitivanjima, isparavanje sa vodene površine plitkih jezera ili sa isparitelja (GGI-3000, bazena 20 m<sup>2</sup>) može se koristiti kao karakteristika potencijalnog isparavanja sa površine zemljišta zasićenog do poljskog vodnog kapaciteta. Razlike u isparavanju ove dve aktivne površine se kreću od 10 - 13%, koliko obično iznose granice tačnosti merenja isparavanja.

Određivanje srednjih višegodišnjih mesečnih i godišnjih vrednosti isparavanja sa površine zemljišta vrši se ili pomoću grafikona (sl. 43) ili tablica, na osnovu srednjih višegodišnjih vrednosti temperature vazduha ( $t^{\circ}\text{C}$ ) i stvarnog pritiska vodene pare ( $e$ ) izraženog u hPa.



Sl. 43. Grafikon za izračunavanje srednjih mesečnih višegodišnjih suma isparavanja sa površine zemljišta (mm/mesec)

Empirijske formule za izračunavanje evapotranspiracije (ET) najčešće su razvijene na eksperimentalnim podacima dobijenim pomoću lizimetara ili na oglednim parcelama sa određenom biljnom vrstom. Veličine koje one daju mogu se koristiti pri planiranju navodnjavanja, za određivanje potreba biljaka za vodom. Međutim, i njihova primena iziskuje prethodno testiranje, ako nisu razvijene u našim klimatskim uslovima.

Mnoge metode zasnovane su samo na deficitu zasićenosti vazduha, kao što su metode Haude-a i Alpatjeva i dr.

Od metoda koje koriste temperaturu vazduha najpoznatije su metoda Thornthwaite-a i Blaney-Cridde. Za njihovu lakšu primenu u praksi, mnogi autori su dali niz pomoćnih tabela (Otošec). Metode Makkinga i Turca pored temperature, uvode u formule i globalno Sunčevo zračenje. Turcove metode (kada je relativna vlažnost vazduha manja od 50 % i veća od 50%) su testirane u različitim klimatskim uslovima. Pošto daju pouzdane dekadne i mesečne vrednosti ET, koriste se širom Evrope pri navodnjavanju.

U Mađarskoj je Antal (1968) razvio metodu za izračunavanje potencijalne evapotranspiracije, na osnovu temperature i deficita zasićenosti vazduha. Isti autor razvio je i metodu za izračunavanje stvarne evapotranspiracije, koja zavisi od vlažnosti zemljišta i bioloških osobina biljke, datih preko biljnih konstanti, čije se vrednosti kreću od 0 do 1. Na osnovu testiranja ovih metoda, moglo se konstatovati da one daju dosta pouzdane vrednosti u vegetacionom periodu (III - X), što je i razumljivo s obzirom na sličnost klimatskih uslova Mađarske i najvećeg kontinentalnog dela naše zemlje.

## 8. LITERATURA

- Antal E., Kozmane T.E., 1980: Climatological Method for Estimation of Areal Evaporation. Idojaras, Vol.84, No 2, Budapest
- Auers R. S., Westcot D. W., 1976: Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome.
- Baier W., Doyle J.J. - Gangopadhyaya M., Razumova L.A., Winter E.J., 1968: Practical Soil Moisture Problems in Agriculture. Technical Note No 97, WMO, Geneva.
- Baier W., 1967: Relationships between Soil Moisture, Actual and Potential Evapotranspiration. National Council of Canada.
- Baver L.D., 1956: Soil Physics. Third Edition, New Yourk-London.
- Bolin B., 1980: Climatic Changes and their Effects on the Biosphere. WMO - No. 542, Geneve.
- Brochet P., Gerbier N., 1974: L'Evaporation, Aspect agrométéorologique évaluation pratique de l'évapotranspiration potentielle. Monographie No 65 de la Météorologie National, Paris.
- Danilin A.I., 1957: Primenenie jadernih izlučenij v gidrometeorologii. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Delijanić I., 1987: Opšta meteorologija. Naučna knjiga, Beograd.
- Drozdov O.A., 1957: Metodi klimatologičeskoj obrabotki meteorologičeskih nabljudenii. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Gangopadhyaya M. and oth., 1966: Measurement and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration. Technical Note No 83, WMO, Geneva.
- Gračanin M., 1947. Pedologija. Poljoprivredno nakladni zavod, Zagreb.
- Guide to Meteorological Instrument and Observing Practices. WMO, No 8-TP. 3, Fourth Edition, Geneva, 1971.
- Guide to Hydrological Practice. WMO, No 168, Third Edition, Geneva, 1974.

- G. G. van der Harst, W.P. Stakman, 1965: Soil Moisture Retention Curves. Institut for Land and Water Management Research, Wageningen.
- Houman C.E., 1971: Problems of Evaporation Assessment in the Water Balance. World Meteorological Organization, Report No 13, Geneva.
- Izraelsen O., 1956: Praktične osnove navodnjavanja. (Prevod). Građevinska knjiga, Beograd.
- Jakovljević M., 1971: Određivanje vlage u zemljištu neutronsom metodom. Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga V, Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta, Beograd.
- Konstantinov A.R., 1968: Isparenie v prirode. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Konstantinov A. R., 1970: Zavisnost intensivnosti i isparjenja ot razmera ploščadi isparjajuščei poverhnosti pri različnih pogodnih uslovijah. Separat.
- Korunović R., 1964: Zaštita zemljišta — praktikum. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Kratkii agroklimatičeskii spravočnik Ukraini., 1976. Pod red. Longvinova, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Leopold A.C., 1964: Plant Growth and Development. Mc Graw-Hill Book Company.
- Marinčić J., 1971: Određivanje pF-vrijednosti i pF-krivulja. Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga V, Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta, Beograd.
- Nejgebauer V., Ćirić M., Živković M., 1961: Komentar pedološke karte Jugoslavije. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd.
- Norderson T.J., 1968: Preparation of Co-ordinated Precipitation, Runoff and Evaporation Maps. WMO, Report No 6, Geneva.
- Otorepec S., 1973: Prilog proučavanju isparavanja sa golog zemljišta na nekim lokalitetima umereno-kontinentalne i mediteranske klime u Jugoslaviji. Zbornik meteoroloških i hidroloških radova, br. 4, Beograd.
- Otorepec S., 1979: Agroklimatski uslovi gajenja suncokreta (*Helianthus annuus* L.) u SR Srbiji. Republički hidrometeorološki zavod SR Srbije, Beograd.
- Otorepec S.; Metode merenja i određivanja isparavanja. U štampi.
- Pavićević N., 1972: Fizika zemljišta. Univerzitet u Beogradu.
- Pavlova V. D., 1974: Praktikum po agrometeorologiji. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Penman H. L.: 1956: Evaporation: An Introductory Survey, Netherlands Journal of Agricultural Science, Vol. 4, No 1.
- Popović Ž., 1962: Fiziologija bilja. Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.
- Racz Z., 1971: Određivanje mehaničkog (teksturnog, gravimetrijskog) sastava tla. Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga V, Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta, Beograd.
- Rijtema P. E., 1965: An Analysis of Actual evapotranspiration. Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie, Wageningen.
- Rode A.A., 1952: Počvenaja vlaga. Izdateljstvo Akademii nauk SSSR, Moskva.
- Rusin N. P., 1955: Klimat seljskohozjajstvennih polei. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Shaw B. T., 1952: Soil Physical Conditions and Plant Growth. Volume II, Academic Press Inc., Publishers, New York.
- Sinicina N. I., Goljberg I.A., Sgtrunnikov E.A., 1973: Agroklimatologija. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Stebut A. I., 1949: Agropedologija. Prvi deo, Naučna knjiga, Beograd.
- Stojićević D., 1961: Fizičke osobine vode i vodno-fizičke osobine zemljišta. Skripta, Beograd.
- Škorić A., 1960: Pedologija, fiziologija i geneza tala, Zagreb.
- Šuljgin A.I., 1957: Temperaturnij režim počvi. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Thornthwaite C. W., Holzman B., 1942: Measurement of Evaporation from Land and Water Surfaces. United States of Agriculture, Washington, D.C.
- Thornthwaite C. W., 1943: Atmospheric Turbulence and the Measurement of Evaporation. Soil Conservation Service, Washington.
- Thornthwaite C.W., Mather J.R., 1951: The role of Evapotranspiration in Climate. Archiv für Meteorologie, Geophysic und Bioklimatologie, Serie B, Band III, Wien.
- Tverskoj P.N., 1962: Kurs meteorologiji (fizika atmosfere). Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Unger K., 1963: Methoden der Bodenfeuchtigkeitsmessungen mittels radioaktiver Nuklide. Kerkenergie, 6. Jahrgang, Heft 9.

- Velhmeyer F.J., Hendrickson A.H., 1949: Methods of Measuring Field Capacity and Permanent Wilting Percentage of Soils. Soil Science Vol. 68, No 1, July.
- Verigo S.A., Razumova L.A., 1963: Počvenaja vlaga i ee značenie v seljskohozjajstvennom proizvodstve. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Vučić N., 1971: Određivanje poljskog vodnog kapaciteta. Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga V, Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta, Beograd.
- Vučić N., 1976: Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Vujević P., 1909: Temperature tla u Beogradu. Glas Srpske Kr. Akademije nauka, Knjiga LXXIX.
- Vukašinović S., Vučić N., 1962: Praktično uputstvo za rad sa aparatima za određivanje pF vrednosti. Savremena poljoprivreda br. 1, Novi Sad.
- Zubenok L. I., 1976: Isparenie na kontinentah. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Walter H., 1951: Grundlagen der Pflanzenverbreitung, I Standortlehre. Stuttgart.
- 1983: Temperatura zemljišta. Prilog fenoklimatografiji Jugoslavije, Sv.II, Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd.

## GLAVA VI

# FENOLOGIJA

### 1. ISTORIJAT FENOLOGIJE, NJEN ZNAČAJ I ZADACI

Fenologija je nauka koja proučava zakonitosti periodičnih pojava (faza) u razviću biljaka i životinja i njihovu zavisnost od faktora spoljne sredine. Termin "fenologija" predložio je botaničar Ch. Morren, a potiče od starogrčke reči "phainesthai", što znači pojaviti i "logos" — nauka, dakle nauka o pojavama.

Fenologija se deli na: *fitofenologiju* ili fenologiju biljaka, koja prati faze razvića biljaka od početka do završetka vegetacionog perioda, i *zoofenologiju* ili fenologiju životinja, koja prati pojave u razviću životinja. Fitofenologija se mnogo više razvila od zoofenologije, tako da se pod fenološkim osmatranjima najčešće podrazumevaju samo faze razvića kod biljaka. Ako je reč o zoofenološkim osmatranjima, onda je to posebno naglašeno.

Najstarija fenološka osmatranja ima Japan, gde zbog tradicionalnog "praznika cvetanja trešnje" postoje zapisi o datumu cvetanja trešnje još od 812. godine, dakle preko 1.000 godina. U Evropi je prva osmatranja listanja i cvetanja nekih lekovitih biljaka vršio jedan apotekar u Krakovu, od 1490. do 1527. godine. Međutim, prva sistematska fenološka osmatranja za naučne svrhe sproveo je švedski botaničar Carl von Linné na 18 stanica, od 1750. do 1752. godine. Na osnovu osmatranja listanja, cvetanja, zrenja plodova i opadanja lišća napravio je "Biljni kalendar" i pokušao da ga, između ostalog, objasni i vremenskim uslovima.

Ovim je dat podstrek za razvoj fenoloških osmatranja, pa su i u drugim zemljama vršeni pokušaji da se biljke koriste kao pokazatelji klimatskih osobenosti. Tako je Stelligfleet u Engleskoj 1755. godine napravio biljni kalendar ("Floral Calender"), Scopoli 1762. u Koruškoj ("Calendarium Florae Carniolicae"), Haenke 1786. godine u Pragu i drugi.

U 19. veku su već u mnogim evropskim zemljama organizovana fenološka osmatranja koja su obuhvatila i tadašnju Rusiju. A. Quetelet iz Brisela je od 1841. do 1872. godine u čitavoj Evropi organizovao mrežu stanica (oko 80) i sproveo relativno obiman program fenoloških osmatranja. Prvu fenološku kartu "Nastup

proleća u srednjoj Evropi u poređenju sa Gisenom" (cvetanje jabuke) napravio je nemački botaničar H. Hoffmann 1881. godine i Ihne 1885. godine. Tokom vremena širi se mreža fenoloških stanica, povećava se program osmatranja i poboljšava njihov kvalitet, izdavanjem pismenih uputstava, priručnika i drugim vidovima, radi povećanja znanja osmatrača iz ove naučne oblasti. Danas su fenološka osmatranja sastavni deo osmatranja na agrometeorološkim stanicama u svim zemljama članicama Svetske meteorološke organizacije.

Koliki se značaj pripisuje ovim osmatranjima vidi se po tome što je Komisija za agrometeorologiju Svetske meteorološke organizacije već na svojoj prvoj sednici 1953. godine donela rezoluciju da fenološka osmatranja treba da budu sastavni deo programa osmatranja na svim agrometeorološkim stanicama. Rezolucija No 2 glasi: "Fenološka osmatranja treba prvenstveno vršiti na kulturnim biljkama... ali ih treba proširiti i na divlje biljke... gde god je to moguće".

U našoj zemlji mrežu fenoloških osmatranja organizovalo je Agrometeorološko odeljenje Savezne uprave hidrometeorološke službe pri Vladi FNRJ 1950. godine, a počev od 1951. godine podaci fenoloških osmatranja se redovno štampaju u Fenološkom godišnjaku. Program fenoloških osmatranja na više od 370 stanica širom zemlje obuhvata 71 vrstu poljoprivrednih i šumskih kultura, sa ukupno 307 fenoloških faza, ne uzimajući u obzir veliki broj sorata i hibrida ratarskih kultura, voćaka i vinove loze.

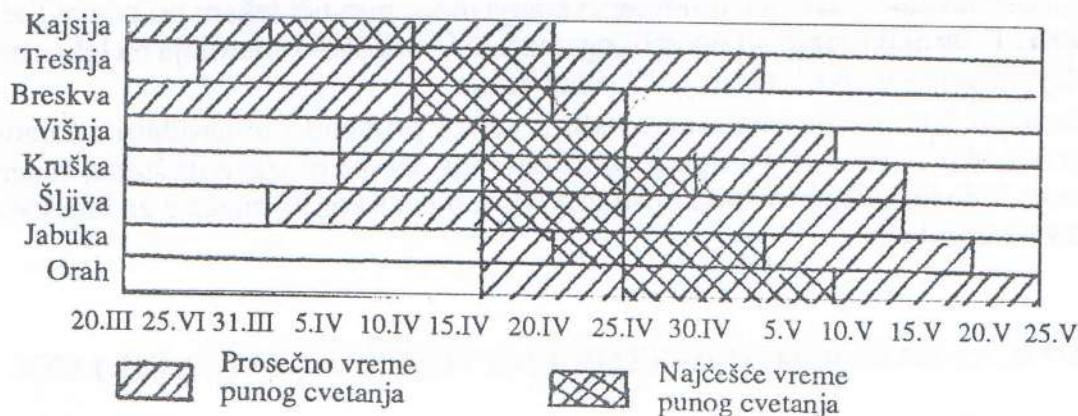
U agrometeorologiji fenološki podaci, pored meteoroloških, predstavljaju osnovu za proučavanje uticaja vremena i klime na razviće biljaka. Oni u stvari predstavljaju biološke granice u kojima se ispituje odnos biljaka prema uslovima spoljne sredine. Ispitivanja stepena povoljnosti agroklimatskih uslova nekog područja u odnosu na određenu poljoprivrednu kulturu, odnosno agroklimatsko rejoniranje, ne može se sprovesti bez višegodišnjih rezultata fenoloških osmatranja.

Fenološki podaci nisu samo sastavni deo agroklimatskih analiza već služe i kao indikatori za bliže i bolje poznavanje prirodnih uslova i klimatskih karakteristika pojedinih oblasti. Razlog tome je što je životna aktivnost biljke funkcija istovremenog uticaja čitavog niza faktora spoljne sredine, pre svega klimatskih, edafskih i geomorfoloških, a fenološki podaci odražavaju kompleksno delovanje svih ovih faktora.

Biljke kao indikatori vremena i klime imaju veliki značaj pri proučavanju klime nekog područja. Vrsta i raspored biljaka već samo svojim prisustvom ukazuju na određene makroklimatske karakteristike područja, uglavnom na njegov termički i pluviometrijski režim. Međutim, o lokalnim karakteristikama klime, odnosno o mikroklimatskim promenama u području, pored vrste govori i ritam razvića biljaka. Tako, na primer, biljke cvetaju znatno ranije na južnim nego na severnim ekspozicijama. U uslovima izraženog reljefa, usled oticanja hladnog vazduha ka dnu kotline ili doline, na padinama nastaje "topla padinska zona". U proleće i u jesen biljke koje tu rastu su u pogledu temperaturnih uslova u izvesnoj prednosti u odnosu na one koje se nalaze na dnu doline. Geiger, Woelfe i Seip (cit. Seyfert, 1960) merenjima temperature u bavarskim šumama potvrdili su postojanje ove tople padinske zone i utvrdili da na visini oko 250 m iznad dna doline vegetacija bukve (*Fagus silvatica*) počinje oko 5 dana ranije nego na dnu doline, kao i da njeni izdanci takođe za oko 5 dana pre dostižu dužinu od 4 cm. U jesen u toploj padinskoj zoni lišće lišćara ostaje zeleno nedelju dana duže nego u dolini.

Primena fenoloških podataka u poljoprivredi je mnogostruka. Pre svega oni služe kao osnova za fenoklimatološka ispitivanja, na osnovu kojih se za svaku poljoprivrednu kulturu mogu dobiti bioklimatski pokazatelji, koji govore o potrebi određene biljke za toplotom i vlagom u svakoj fazi njenog razvića. Ovi pokazatelji predstavljaju osnovu za agroklimatsko rejoniranje poljoprivrednih kultura, agrometeorološke prognoze i dr. Pri fenoklimatskim ispitivanjima, obrada klimatoloških podataka ne vrši se po kalendarskim mesecima, već po prirodnim etapama razvića biljke (npr. od setve do nicanja, od nicanja do klasanja itd., ili od obnavljanja vegetacije u proleće do listanja ili cvetanja, od cvetanja do donošenja ploda itd.).

Fenologija ima veliku primenu i u voćarstvu. Pri podizanju novih zasada izbor sorata treba vršiti na fenološkoj osnovi. Pre svega, da bi se dobili maksimalni prinosi, valja izabrati one sorte za koje su lokalni ekološki uslovi optimalni, a zatim sorte koje se međusobno oprašuju i istovremeno cvetaju. Samo tada pčele mogu prenositi polen i izvršiti oplodnju.



Sl. 44. Vreme punog cvetanja voćaka u Jugoslaviji

Ispitivanja u našoj zemlji (Stanković D. i dr.) su pokazala da kod voćaka do punog cvetanja najpre dolazi kod kajsije i breskve, s tim što do masovne pojave kod breskve (sorta Hale pozni) dolazi oko 10 dana kasnije nego kod kajsije (sorta Krupna rana), odnosno u isto vreme kao kod trešnje (sorta Majska rana). Puno cvetanje višnje, kruške (Kaluderke) i šljive (Požegače) nastupa prosečno istovremeno, najčešće 15 - 25). aprila, a najkasnije u nas cvetaju jabuke i orah (sl. 44).

Rezultati fenoloških osmatranja mogu se koristiti i u ostalim granama poljoprivrede, kao što su vinogradarstvo, pčelarstvo, zaštita biljaka od biljnih bolesti i štetočina, stočarstvo — ne samo zoofenološkim osmatranjima već i fenoklimatskim ispitivanjima krmnog bilja. Primera ima mnogo, ali se već iz ovo nekoliko može shvatiti da je fenologija tesno vezana za poljoprivrednu i praksu i nauku.

U šumarstvu se fenološka osmatranja na šumskom drveću i šiblju takođe mogu koristiti za utvrđivanje bioklimatskih pokazatelja određene vrste i njenih zahteva prema spoljnim uslovima. U agrometeorološkoj grani Hidrometeorološke službe

Jugoslavije se, pored osmatranja ne prirodnim šumskim objektima u mreži fenoloških stanica, vrše i fenološka osmatranja na četinarima, listopadnom drveću i šiblju u 8 Međunarodnih fenoloških vrtova, lociranih u različitim klimatskim područjima naše zemlje. Prvi Međunarodni fenološki vrtovi osnovani su u Evropi 1959. godine, a danas se raspolaže višegodišnjim rezultatima osmatranja po jedinstvenoj metodici sa 69 vrtova u 20 zemalja Evrope. Mreža ovih vrtova se u smeru sever-jug proteže na 28 stepeni geografske širine, a zapad-istok na oko 37 stepeni geografske dužine. Ispitivanja zavisnosti razvića šumskih kultura od vremena i klime vrše se na objektima istog porekla, razmnoženim vegetativno, kako bi se eliminisanjem naslednih osobina mogao ispitivati samo uticaj spoljne sredine.

Pošto većina hipoteza o uzrocima sušenja šuma uključuje uticaj zagađenog vazduha ili kao uzrok, ili kao dodatni faktor, to mreža fenoloških stanica, na kojima se osmatra 25 vrsta najizrazitijih i najrasprostranjenijih lišćara i četinara, omogućava praćenje i ispitivanje ove pojave, koja i u našoj zemlji uzima sve više maha.

U medicini se takođe mogu u određenim slučajevima koristiti fenološki podaci. Poznato je oko 130 biljaka čiji polenov prah izaziva alergičnu kijavicu (Schnelle, 1955), a poznavanje vremena njihovog cvetanja može pomoći lekaru pri postavljanju dijagnoze. U farmakologiji su od velikog značaja fenološka osmatranja na lekovitom bilju, čija se primena poslednjih godina povećava.

Rezultati fenoloških osmatranja nalaze veliku primenu i u narodnoj odbrani u slučaju rata i korišćeni su i u drugom svetskom ratu. Vreme olistavanja šuma, žućenja i promene boje lišća, kao i vreme opadanja lišća, od velikog su značaja za korišćenje sredstava kamuflaže.

## 2. UTICAJ RAZLIČITIH FAKTORA NA TEMPO RAZVIĆA BILJAKA

Od svih faktora spoljne sredine najveći uticaj na razviće biljaka ima vreme i klima. Klimatski uslovi uglavnom odlučuju o rasporedu biljnih vrsta, o njihovom arealu rasprostiranja, kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pravcu. Vremenske prilike, koje se iz godine u godinu menjaju, utiču na tempo razvića biljaka u određenoj godini. O uticaju najvažnijih meteoroloških elemenata na porast i razviće poljoprivrednih kultura bilo je govora ranije (glava 2). Ovde ćemo se osvrnuti samo na neke osnovne regionalne zakonitosti u razviću biljaka vezane sa fizičko-geografske uslove sredine.

Na tempo razvića biljaka utiče geografski položaj mesta, reljef, a takođe i zemljište.

Uticaj geografskog položaja odražava se posredno preko različitih klimatskih uslova koji nastaju usled neravnomernog rasporeda Sunčevog zračenja i dužine dana na raznim geografskim širinama Zemljine površine. Količina globalnog Sunčevog zračenja na jedinicu površine, kao i temperatura, opadaju u proleće i leto idući od juga ka severu na severnoj hemisferi. To je praćeno zakašnjenjem u razviću biljaka. Kvantitativan iznos zakašnjenja u razviću biljaka u zavisnosti od geografske širine pokušali su da izračunaju razni autori još u 19. veku i početkom ovog veka. Tako su Ihne E. (1900) i Hopkins A.D. (1918, 1938; cit. Kurpelova, 1968) za teritoriju Nemačke i SAD odredili širinski (horizontalni) fenološki gradijent od 4 dana za 1°



geografske širine i u SAD od približno 5 dana za 1° geografske dužine. U poslednje vreme ovim pitanjem naročito se bavio G.E. Šuljc (1965, 1966; cit. Kurpelova, 1968) koji je za kontinentalne uslove ruske nizije izračunao horizontalni fenološki gradijent od 2 do 2,5 dana za 1° geografske širine.

Veličina horizontalnog fenološkog gradijenta menja se i prostorno i vremenski, pored toga što zavisi od vrste i faze razvića biljke. Tok fenoloških pojava je brži u kontinentalnim oblastima istočne Evrope nego u priokeanskim oblastima zapadne Evrope. Analogno tome fenološke faze protiču brže u južnoj nego u severnoj Evropi, što odgovara povećanju temperature u pravcu sever — jug (Kurpelova, 1968). Ispitivanja širinskog fenološkog gradijenta, prvenstveno na velikim nizijskim prostranstvima SSSR-a, pokazala su da se sa povećanjem geografske širine tempo razvića biljaka usporava.

U područjima s izraženim reljefom uslovi su složeniji jer je nadmorska visina glavni faktor koji utiče na tempo razvića biljaka. Ona uslovljava vertikalnu promenu klimatskih elemenata, pri čemu sa fenološke tačke gledišta najveći značaj ima opadanje temperature sa visinom.

Fenološke faze zakašnjavaju sa povećanjem nadmorske visine. Veličinu zakašnjenja za svakih 100 m visinske razlike daju vertikalni fenološki gradijenti. Veličina vertikalnog gradijenta zavisi od opštih klimatskih uslova, oblika reljefa, ekspozicije i nagiba padine i različita je ne samo za različite biljne vrste već i za faze razvića. U toplijim područjima, gde temperatura brže opada sa visinom, vertikalni gradijenti su veći nego u hladnijim krajevima, gde su termičke promene sa visinom slabije izražene. Shodno tome, vreme nastupa određene faze razvića u toplijim područjima više zakašnjava sa povećanjem nadmorske visine za svakih 100 m visinske razlike nego u hladnijim područjima. Pri tome treba imati u vidu da ako se planinski sistemi pružaju u pravcu jug-sever, onda na veličinu vertikalnog gradijenta istovremeno utiče i geografska širina.

VISINE PROLASKA IZOFENA POČETKA CVETANJA CRVENE DETELINE U KONTINENTALNOM DELU NAŠE ZEMLJE

Tab. 40.

Datum	I	II	III	IV	Rejoni V	VI	VII	VIII	IX	X
10.V	200									
15.V	400	200								
20.V	600	400	200							
25.V	800	700	500	250	100					
31.V	1050	975	800	650	500	350				
5.VI	1250	1200	1100	950		750	500	250		
10.VI				1200		1100	950	700	400	
15.VI								1150	750	500
20.VI									1100	975
Vertikal. gradij.	2,4	2,1	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	1,2	1,0	1,0

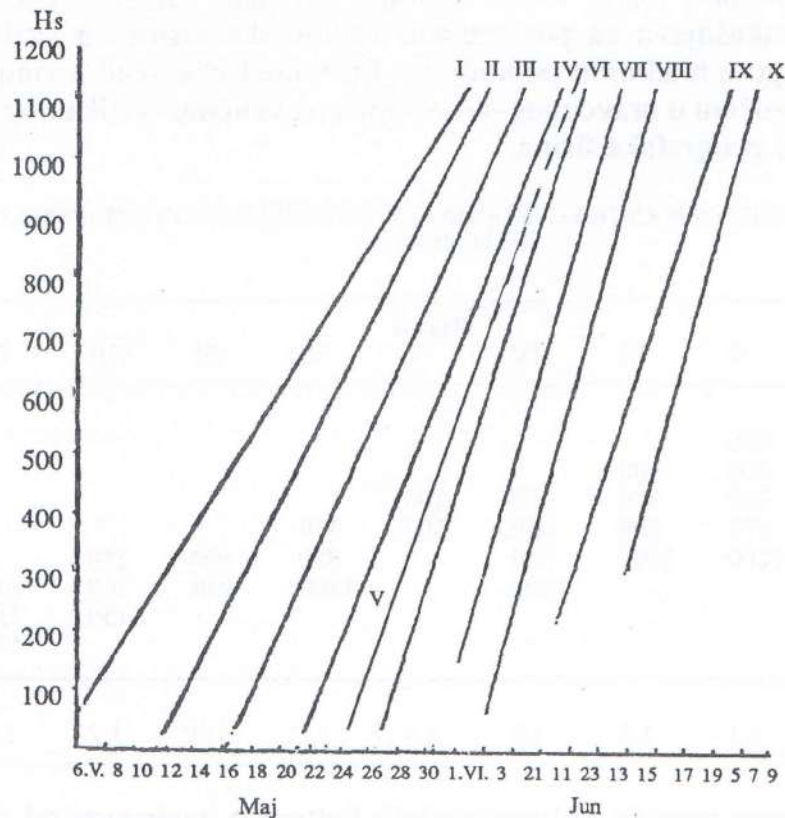
Ispitivanja tempa razvića poljoprivrednih kultura u zavisnosti od nadmorske visine u našoj zemlji su veoma značajna, jer oko 70% površine ima nadmorsku visinu veću od 200 m. Koliko vreme pojave određene faze razvića zavisi od nadmorske

visine, vidi se na primeru crvene deteline (*Trifolium pratense* L.) za kontinentalni deo naše zemlje (tab. 40, sl. 45). Brojevima od I do X označeni su homogeni rejoni, tj. rejoni sa istom veličinom zakašnjenja početka cvetanja ove biljke sa povećanjem visine. Redosled homogenih rejona, po vremenu pojave ove fenofaze, ide od toplijih ka hladnijim područjima (Otošec, 1975).

Visine prolaska izofena (linija koje povezuju iste datume nastupa fenološke faze) pokazuju kada i na kojoj visini prosečno nastupa početak cvetanja crvene deteline, a vertikalni gradijenti prosečnu veličinu zakašnjenja ove faze u svakom homogenom rejonu. Tako npr. izofena 5.VI pokazuje da dok u toplijim područjima (rejoni I—III) crvena detelina počinje da cveta već i na visinama većim od 1.000 m, u hladnijim područjima ova faza još nije nastupila (rejoni IX, X).

Mada nije posebno proučavan uticaj geografske širine na vreme nastupanja početka cvetanja crvene deteline, kao i drugih faza razvića, ipak se on može zapaziti pri redosledu korelacionih kriva (sl. 45), po kome krive idu od toplijih ka hladnijim krajevima. Pošto se naši najtopliji krajevi nalaze na jugu zemlje, a idući ka severozapadu, odnosno ka većim geografskim širinama temperature opadaju, to redosled korelacionih kriva donekle odražava i uticaj geografske širine.

Ispitivanja u našoj zemlji (Otošec, Vukmirović, Stanković) pokazala su da vertikalni fenološki gradijenti za najvažnije faze razvića žita (klasanje, metličenje, cvetanje, mlečno i voštano zrenje), kao i za cvetanje voćaka i leguminoza, iznose 1 - 3 dana/100 m, u zavisnosti od opšteklimatskih a prvenstveno termičkih uslova područja.



Sl. 45. Zavisnost početka cvetanja crvene deteline od nadmorske visine u kontinentalnom delu naše zemlje

Oblik reljefa, ekspozicija i nagib padina mogu u znatnoj meri da utiču na veličinu vertikalnog gradijenta time što, menjajući osnovne makroklimatske faktore, obrazuju više ili manje izražen lokalni mikroklimat. U konkavnim oblicima terena, pre svega zbog niskih noćnih temperatura, tempo razvića većine biljaka se usporava ili ubrzava, zavisno od perioda razvića. Naime, u proleće, kada se u konkavnim oblicima terena skuplja hladan vazduh i obrazuju "jezera hladnog vazduha", na dnu ugnutih oblika (kotlina, dolina, dubodolina) dolazi do zakašnjenja u razviću biljaka. Schnelle (1955) navodi da cvetanje jabuke na dnu doline može da kasni do dva dana u odnosu na toplije, više padine, koje se nalaze iznad inverzionog sloja. U jesen fenološke razlike između dna doline i padine mogu biti još veće. Do promene boje i opadanja lišća dolazi pre na dnu doline, zbog skupljanja hladnog vazduha, nego na padinama. Tako, prema Schnelleu, u planinama srednje Evrope ove faze često nastupaju istovremeno na visinama i dnu dolina, dok na sredini padina nastupaju kasnije.

Do zakašnjenja u razviću biljaka može doći i ako je dno doline blatnjavo ili veoma vlažno. Takav je slučaj npr. u nekim zapadnobosanskim kraškim poljima (Duvanjsko, Livanjsko, Glamočko), usled poplavlivanja terena koje izazivaju ponornice i koje može trajati od jeseni pa sve do maja. U Duvanjskom polju, koje se nalazi na nadmorskoj visini 903 m, crvena detelina npr. cveta prosečno 5.VI, odnosno znatno ranije nego u nižem Livanjskom polju, na visini 724 m. Razlog tome je što je Duvanjsko polje najmanje zahvaćeno poplavama (samo oko 15% površina), dok u Livanjskom polju poplave mogu da traju od novembra do maja (Otošec, 1975).

Na fitofenološki režim utiču i različiti elementi reljefa. Tako, na primer, u dolinama meridionalnog pravca pružanja vreme nastupa određenih faza je nešto kasnije nego u dolinama zonalnog pravca pružanja, zbog zasenjivanja padina u jutarnjim satima. Doline zonalnog pravca su manje zasunjene. Širina konkavnih oblika terena, kao i nagib padina utiču na tempo razvića biljaka. Na dnu malih uskih dolina između planinskih masiva zakašnjavanje razvića biljaka je veće nego na padinama, na istoj nadmorskoj visini. Ako je još sklop masiva takav da se strane uzdižu strmo iznad dna doline, onda je na dnu ovih dubokih, uskih dolina zakašnjenje u razviću vegetacije još veće. Samo u dolinama sa dovoljno širokim dnom vreme nastupa faza razvića biljaka zavisiće od opšteklimatskih uslova i nadmorske visine područja.

Na tempo razvića biljaka utiče i ekspozicija. Na istim nadmorskim visinama, fenološke faze pre nastupaju na južnim padinama, sa povoljnim uslovima osunčavanja, nego na severnim. Na severnim padinama, usled manjeg dolaznog Sunčevog zračenja, cvetanje voćaka može početi 1—2 nedelje kasnije nego na južnim padinama, koje su ceo dan pod uticajem direktnog Sunčevog zračenja (Schnelle, 1955).

Pri izučavanju sezonskog razvića biljaka treba uzeti u obzir i uticaj velikih vodenih akumulacija (mora, jezera i dr.). U hladnom delu godine one utiču na povišenje temperature, pa stoga proleće u priobalnom delu nastupa ranije nego u unutrašnjosti kopna. Sredinom proleća i leti kopno se više zagreje i tempo razvića biljaka je brži nego u priobalnom delu (Mališeva, 1968).

Proučavanje geografsko-fenoloških zakonitosti neophodno uključuje i uticaj

zemljišta na tempo razvića biljaka. Kao što je poznato, peskovita zemljišta, sa većom sposobnošću proceđivanja, brže se suše i zagrevaju. Usled toga vegetacija na ovim zemljištima počinje u proleće ranije, a sve faze razvića protiču brže. Glinovita zemljišta, zbog toga što su vlažnija, zagrevaju se u proleće sporije. Pored toga zbog suvišne vlage mogu se stvoriti anaerobni uslovi, koji usporavaju razviće biljaka ne samo neposredno već i zbog akumulacije raznih toksičnih materija. Sve to dovodi do toga da na takvim zemljištima razviće biljaka počinje sa zakašnjenjem i protiče usporenije. Razlika u vremenu nastupa faza može iznositi i do 10 dana (Schnelle, 1955).

### 3. SEZONSKO RAZVIĆE BILJAKA (Fenološki kalendar)

Već sama definicija fenologije govori o tome da se ona bavi periodičnim biološkim pojavama u vezi sa sezonskim promenama vremena i klime. Samim tim pojava određene fenološke faze, naročito kod biljaka koje rastu u slobodnoj prirodi bez većeg uticaja čoveka, indicira nastanak određene sezone, odnosno doba godine. Za razliku od kalendarskih godišnjih doba, fenološka doba nisu vezana za određeni datum, već svake godine počinju i završavaju se u različito vreme, u zavisnosti od vremenskih prilika u toj godini. Ona se menjaju ne samo vremenski već i prostorno, što zavisi od geografskog položaja mesta, reljefa i niza drugih faktora.

Pošto razviće biljaka u najvećoj meri zavisi od toplotnih uslova sredine, to su, na osnovu utvrđene zavisnosti tempa razvića biljaka u umerenim geografskim širinama i temperature vazduha, u agrometeorologiji uslovno prihvaćene sledeće vrednosti srednjih dnevnih temperatura vazduha ( $t_{sr}$ ) kao granične vrednosti temperature za određene sezone:

zima	period sa $t_{sr} \leq 0^{\circ}\text{C}$
pretproleće	period sa $t_{sr}$ od $0^{\circ}$ do $5^{\circ}\text{C}$
proleće	period sa $t_{sr}$ od $5^{\circ}$ do $15^{\circ}\text{C}$
leto	period sa $t_{sr} \geq 15^{\circ}\text{C}$
jesen	period sa $t_{sr}$ od $15^{\circ}$ do $5^{\circ}\text{C}$
predzimski period	period sa $t_{sr}$ od $5^{\circ}$ do $0^{\circ}\text{C}$ .

Međutim, pošto je kod biljaka svaka faza razvića rezultanta delovanja svih faktora spoljne sredine, to je, u izvesnom smislu, biljka čak i kompleksniji indikator nastupanja određene sezone od instrumentalnog merenja samo jednog meteorološkog elementa. Ako se još uzme u obzir i to da je teritorijalna rasprostranjenost biljaka neuporedivo veća nego gustina meteoroloških stanica, onda je jasno da su biljke veoma dobri indikatori početka ili završetka određene sezone.

Kako su biljke vrlo osetljivi "instrument" i brzo reaguju na vremenske promene, fenoloških godišnjih doba ima više nego kalendarskih. Naime, određene biljke — indikatori omogućuju da se npr. tokom proleća identifikuju ne samo pretproleće, rano i pravo proleće već i da se ovim sezonama odredi početak, glavni period i završetak. Višegodišnji rezultati osmatranja datuma nastupa fenoloških faza razvića biljaka-indikatora omogućuju da se napravi fenološki kalendar za određeno mesto ili klimatski homogeno područje.

FENOLOŠKI KALENDAR  
(Schnelle, Seyfert, 1960)

Tab. 41.

## PRETPROLEĆE

*Početak:* pojava prvih cvetova visibabe, podbela, šafrana  
početak i opšte cvetanje leske

*Glavni period:* početak i opšte cvetanje crne jove

*Završetak:* početak i opšte cvetanje drene, početak cvetanja ive, početak listanja divljeg kestena  
početak poljskih radova, setva jarog ovsa i ječma

## RANO PROLEĆE

*Početak:* pojava prvih cvetova maslačka

*Glavni period:* početak i opšte cvetanje običnog šipka, početak cvetanja trnjine  
početak cvetanja ranih vrsta voćaka (trešnje, šljive, višnje, ribizle)  
sadnja ranog krompira, setva stočne repe, nicanje jarih žitarica

*Završetak:* početak cvetanja i listanja breze, početak cvetanja belog jasena

## PRAVO PROLEĆE

*Početak:* početak listanja trnjine, lipe krupnolisne, bukve, opšte cvetanje divljeg kestena  
cvetanje jabuke i završetak cvetanja ranih vrsta voćaka

*Glavni period:* početak listanja lipe sitnolisne, početak cvetanja bukve  
početak listanja i cvetanja hrasta lužnjaka, početak i opšte cvetanje jorgovana

*Završetak:* pojava prvih cvetova bele rade  
početak listanja belog jasena i topole, početak cvetanje belog gloğa i bagrema  
početak cvetanja deteline i lisičjeg repka

## RANO LETO

*Početak:* početak i opšte cvetanje zove i bagrema  
početak cvetanja lucerke  
cvetanje ozime raži

*Završetak:* početak i opšte cvetanje lipe krupnolisne  
cvetanje ranog krompira  
sazrevanje ranih sorata trešanja

## PRAVO LETO

*Početak:* početak i opšte cvetanje lipe sitnolisne  
cvetanje kasnih sorata krompira  
sazrevanje ribizla, malina i kasnih sorata trešanja

*Završetak:* sazrevanje višnje  
žetva ozime pšenice, raži i ječma

## KASNO LETO

*Početak:* početak cvetanja vrišta

*Glavni period:* prvi zreli plodovi belog gloğa

*Završetak:* sazrevanje ranih sorata šljive

## RANA JESEN

*Početak:* pojava prvih cvetova mrazovca  
prvi zreli plodovi zove, drene i leske

*Završetak:* prvi zreli plodovi šipka

## PRAVA JESEN

*Početak:* pojava prvih zrelih plodova bukve, hrasta, kestena

*Glavni period:* opšte žućenje lišća kestena, breze, bukve, hrasta lužnjaka  
opadanje lišća voćaka

*Završetak:* opšte žućenje lišća jasena  
setva ozimih useva

## KASNA JESEN

*Početak:* opšte opadanje lišća liščara

vadenje stočne i šećerne repe  
*Završetak:* završetak poljskih radova

FENOLOSKI KALENDAR  
(F. Witterstein, 1978)

Tab. 42

Godišnje doba	Divlje zeljasto bilje, šumsko drveće i šiblje	Ratarske kulture	Voćke i vinova loza
PRETPROLEĆE	<i>Početak:</i> početak cvjetanja leske, visibabe <i>Glavni period:</i> početak cvjetanja crne jove, podbela, koptinjaka, poljskog cveća <i>Završetak:</i> početak cvjetanja ive		
RANO PROLEĆE	<i>Početak:</i> početak cvjetanja sase <i>Glavni period:</i> početak cvjetanja mliječa, ariša, trnjine, breze, belog jasena i početak listanja divljeg kestena, breze, lipe krupnolisne i mliječa <i>Završetak:</i> početak cvjetanja smrčice i početak listanja bukve, hrasta lužnjaka i lipe sitnolisne	Početak poljskih radova Setva i nicanje jarih žitarica, sadnja krompira, bokorenje ozimih žitarica	Početak cvjetanja badema Početak cvjetanja tanja breskve, ogrozda, ribizle, trešnje, šljive, i početak listanja ogrozda  Početak cvjetanja kruške
PRAVO PROLEĆE	<i>Početak:</i> početak cvjetanja jorgovana <i>Glavni period:</i> početak cvjetanja divljeg kestena, žute metle (žuti-lovke), bukve, hrasta lužnjaka, belog gloaga, zanoveti, jerebice, belog bora i pojava prvih cvetova bele rade <i>Završetak:</i> početak cvjetanja jasmína	Nicanje krompira, setva kukuruza	Početak cvjetanja jabuke  Početak cvjetanja oraha, dunje, kupine, borovnice
RANO LETO	<i>Početak:</i> početak cvjetanja zove, bagrema, biserka <i>Glavni period:</i> početak cvjetanja kaline, lipe krupnolisne <i>Završetak:</i> početak cvjetanja lipe sitnolisne		Početak cvjetanja maline Zrenje ranih trešanja, jagoda
PRAVO LETO	<i>Početak:</i> početak cvjetanja belog krína <i>Glavni period:</i> početak cvjetanja različka	Klasanje i početak cvjetanja žitarica, kosidba trava, deteline, lucerke	Početak cvjetanja vinove loze  Zrenje ribizli
KASNO LETO	<i>Završetak:</i> <i>Početak:</i> zrenje biserka <i>Glavni period:</i> početak cvjetanje vrišta, zrenje jarebice, zove <i>Početak:</i> početak cvjetanja mrazovca <i>Glavni period:</i> zrenje kaline <i>Završetak:</i> zrenje divljeg kestena	Žetva ozime raži Početak žetve jarog ječma Žetva ozime i jare pšenice, ovsa, kosidba otave	Zrenje kasnih sorata trešnji, borovnice, malina, ogrozda ranih sorata breskvi
RANA JESEN	<i>Glavni period:</i> promena boje lišća listopadnog drveća, zrenje bukve, hrasta lužnjaka <i>Glavni period:</i> opadanje lišća listopadnog drveća <i>Završetak:</i> Vremenski period između završetka kasne jeseni i početka pretproleća	Setva ozime uljane repice, ozimog ječma Setva ozime raži, vadenje kasnih sorata krompira  Vadenje šećerne repe Završetak poljskih radova	Zrenje kajsija, ranih sorata šljiva, krušaka jabuka  Zrenje jesenjih sorti krušaka i jabuka  Zrenje zimskih sorata krušaka i jabuka, oraha, vinove loze
PRAVA JESEN			
KASNA JESEN			
ZIMA			

Još 1895. godine E. Ihne je predložio da se godina podeli na sledećih 8 fenoloških godišnjih doba: pretproleće, rano proleće, pravo proleće, rano leto, pravo leto, rana jesen, jesen i zima. Schnelle (1955), Seyfert (1960) i Witterstein (1978), podelili su vegetacioni period na 9 fenoloških godišnjih doba (tab. 41 i 42), izostavljajući zimu kao period u kome je životna aktivnost biljaka svedena na minimum. Pri podeli fenološke godine na sezone najvažnije je napraviti pravilan izbor biljaka-indikatora i odrediti njihov odnos prema termičkim uslovima područja. Mada su oba fenološka kalendara dali nemački naučnici, oni se donekle razlikuju kada je reč o istim biljakama. To ukazuje ili da su dobijeni iz različitih nizova fenoloških osmatranja ili u različitim klimatskim uslovima. S obzirom na dug niz fenoloških osmatranja na divljim i kulturnim biljkama, obiman dokumentacioni materijal kojim raspolaže agrometeorološka grana Hidrometeorološke službe Jugoslavije, omogućava izradu fenološkog kalendara za našu zemlju, odnosno naše klimatske uslove, što je u toku.

Mada su divlje zeljasto i šumsko bilje najbolji fenoindikatori, jer rastu u prirodnim uslovima, i kulturne biljke mogu da se koriste kao indikatori fenoloških sezona. Pri tome treba samo utvrditi koje biljke i faze razvića najbolje mogu da indiciraju granice između pojedinih sezona. U navedenim fenološkim kalendarima uzete su u obzir i divlje i kulturne biljke.

Prvo što pada u oči kod fenoloških kalendara jeste određen redosled u nastupu faza razvića različitih listopadnih vrsta drvenastih biljaka, kao i kulturnih biljaka, koji se održava iz godine u godinu. Sinhrono razviće biljaka, tj. da ista fenološka faza nastupa istovremeno kod nekoliko vrsta ili da određenoj fazi razvića jedne biljne vrste odgovara druga faza druge vrste biljaka, govori o podjednakoj reakciji biljaka na uslove spoljne sredine, prvenstveno o njihovoj reakciji na toplotne uslove. Kada to ne bi bio slučaj, onda u različitim fizičko-geografskim uslovima ne bi došlo do sinhronog razvića određenih biljnih vrsta.

Sinhronost razvića biljaka, prvenstveno drvenastih, omogućava da se po vremenu nastupa jedne vrste može procenjivati hod razvića kod drugih. Da bi se ustanovilo koje se drvenaste biljke razvijaju sinhrono, dovoljno je vršiti detaljna osmatranja nekoliko godina na objektima koji rastu u analognim uslovima, prvenstveno termičkim (Šigoljev, 1957).

Međutim, paralelizam ili istovremenost u razviću postoji i između divljih i kulturnih biljaka. Ona se lako može uočiti iz kalendara prirode za jedno mesto ili klimatski homogeno područje. Kalendar prirode, koji obuhvataju ne samo fenološko razviće biljaka već i poljoprivredne radove, biljne bolesti, štetočine i druge pojave žive prirode, dobijaju se na osnovu višegodišnjih kontinuiranih osmatranja u određenom mestu ili području.

Osim naučnog, kalendar prirode imaju i veliki praktičan značaj u poljoprivredi, prvenstveno pri sprovođenju određenih agrotehničkih mera i mera zaštite.

#### 4. FENOLOŠKA OSMATRANJA

Životni ciklus ili ontogeneza većine viših biljaka sastoji se iz dva osnovna perioda:

— formiranje vegetativnih organa (koren, stablo, list), koji služe za ishranu biljke i snabdevanje vodom i

— formiranje generativnih organa (cvet, plod), koji služe za razmnožavanje.

Pošto je formiranje svih organa biljke, i vegetativnih i generativnih, usko povezano ne samo s rastom već i razvićem biljke u celini, to je pravilnije da se podela ontogeneze vrši po nekim drugim kriterijumima koji uzimaju u obzir određene pojave u životu biljaka (Gotlin, Pucarić, 1970). Zavisno od toga koje se pojave uzimaju kao kriterijum, ontogeneza viših biljaka deli se na:

1. faze razvića i rasta
2. uzrasne periode
3. stadije razvića
4. etape organogeneze ili formiranje organa.

Fenološka osmatranja prate faze razvića biljaka tokom njihovog vegetacionog perioda. Pod *fazom razvića* ili *fenološkom fazom* (skraćeno fenofaza) podrazumeva se spoljna promena na biljci, koja nastaje kao rezultat unutrašnjih fizioloških i biohemijskih procesa rasta i razvića biljke.

Sve više biljke, u koje spadaju i poljoprivredne kulture, dele se prema dužini životnog ciklusa na: jednogodišnje, dvogodišnje i višegodišnje.

Jednogodišnje biljke su one koje svoj životni ciklus počinju i završavaju u jednoj godini, bilo da on traje samo nekoliko nedelja, bilo nekoliko meseci. Od ratarskih useva tu spadaju jare vrste, koje se seju u proleće a vegetacija im se završava u leto ili jesen, kao i ozimi usevi, čija vegetacija počinje u jesen a završava se donošenjem ploda u leto ili jesen naredne godine.

Dvogodišnje vrste u prvoj godini života obično formiraju vegetativne organe, a u drugoj godini cvetaju i donose plod. Od poljoprivrednih kultura tu spadaju šećerna i stočna repa i dr.

U višegodišnje vrste koje su uključene u program osmatranja, pored šumskog drveća, voćaka i vinove loze, spada još i višegodišnje krmno bilje iz porodice leguminoza (lucerka, crvena detelina) i trave (mačji repak, lisičji repak i dr.).

Jednogodišnje, većina dvogodišnjih i mali broj višegodišnjih biljaka spadaju u monokarpne vrste, tj. one koje jedanput donose plod i posle toga uginu. Kod polikarpnih vrsta, tj. onih koje plod donose više puta, odumiru pojedini organi ali ne i ceo organizam biljke. To su višegodišnje vrste.

Fenološka osmatranja, tj. osmatranja određenih fenoloških faza, vrše se tokom celog životnog ciklusa biljke, bez obzira na njegovu dužinu. Tako se kod ozimih useva razviće po fazama prati od setve do ulaska u zimski period mirovanja i od obnavljanja vegetacije u proleće do donošenja ploda. Kod listopadnih višegodišnjih drvenastih biljaka (voćaka, šumskog drveća) prate se faze razvića od obnavljanja vegetacije u proleće do opadanja lišća u jesen.

Osnovni uslov koji se kod fenoloških osmatranja mora zadovoljiti jeste da se ona vrše po jedinstvenoj metodici, odnosno po jedinstvenim kriterijumima za svaku fazu razvića. Samo su u tom slučaju rezultati osmatranja prostorno i vremenski uporedivi.

Radi sprovođenja jedinstvene metodike fenoloških osmatranja u celoj zemlji, u agrometeorološkoj grani HM službe izrađena su uputstva i priručnici, gde su na vrlo jednostavan i jasan način (u vidu slika u boji ili crno-belaj tehnici, sa kratkim obrazloženjem) dati kriterijumi, odnosno simptomi za identifikaciju određene faze razvića.

Pri organizovanju mreže fenoloških stanica čiji je cilj utvrđivanje geografsko-



fenoklimatskih zakonitosti u razviću biljaka, mora se voditi računa i o tome da fenološka osmatranja budu reprezentativna za određeno područje, kako po položaju terena i tipu zemljišta, tako i po vrsti biljaka. To se naročito odnosi na brdsko-planinska područja, gde oblik reljefa i položaj imaju veliki uticaj na ritam razvića biljaka. Stoga mreža stanica na takvim terenima treba da bude gušća nego na ravnom terenu.

Fenološka osmatranja su vizuelna, a tačnost dobijenih rezultata zavisi kako od izbora mesta i biljaka, tako i od savesnosti osmatrača. Stoga postoji težnja da se nađe način za objektivizaciju osmatranja. Jedan od takvih načina je i snimanje iz aviona. Ogledi sprovedeni u SSSR-u (Rostovska oblast) na površini od 2.000 ha zasejanoj ozimom pšenicom, jarim ječmom i ovsom i kukuruzom, dali su pozitivne rezultate. Fotografisanje je vršeno crno-belim i spektralno-zonalnim filmom, u razmeri 1 : 2.000, visina snimanja 400 m. Snimanja su sprovedena u tri roka, kako bi se obuhvatile tri različite faze razvića ovih kultura. Pri dešifrovanju snimaka kao osnovni pokazatelj uzet je ton slike, tj. optička gustina snimka. Pored identifikacije fenoloških faza, ovo snimanje omogućilo je i određivanje zakorovljenosti useva.

Poslednjih godina zabeležen je vidan napredak u praćenju fenološkog razvića biljaka pomoću tehnike daljinskog merenja, korišćenjem snimaka sa veštačkih zemljinih satelita, kosmičkih brodova i automatskih kosmičkih stanica. Svaka biljna vrsta ima svoju sopstvenu spektralnu sliku ili oznaku, koja zavisi od morfologije biljaka, faze razvića i geometrije biljnog pokrivača.

Satelitski senzori su postali važni detektori ne samo stanja poljoprivrednih i šumskih kultura, već i ento - fitopatološkog stanja vegetacije i vlažnosti zemljišta. Podaci sa satelita se u SAD i SSSR-u koriste za rešavanje mnogih agrometeoroloških problema.

## 5. FENOMETRIJA

U domen fenologije spada proučavanje uticaja vremena i klime ne samo na razviće biljaka već i na povećanje visine, površine ili zapremine pojedinih biljnih organa. Ove promene su predmet izučavanja *fenometrije* (grčki "metron" — merenje). Prema definiciji koju je dao Morgen A., 1950. (cit. F. Schnelle), fenometrija obuhvata sve pojave na biljkama koje se mogu meriti.

Najviše rasprostranjena fenometrijska merenja su određivanje *visine* biljaka. Za potrebe agrometeorologije najčešće se meri visina strnih žita (pšenice, raži, ječma, ovsa), zatim kukuruza i suncokreta. U tu svrhu koristi se merna traka (ili lenjir). Tačnost merenja je 1 cm.

U Međunarodnim fenološkim vrtovima meri se visina šumskog drveća jedanput godišnje po prestanku vegetacije. Drveće manje visine meri se pomoću nivelmanske letve, dok se visoko drveće meri indirektno, pomoću visinomera (Faustmanov, Vajzeov ili Blume-Lajsov).

Postupak koji je razvijen na eksperimentalnoj poljoprivrednoj stanici u Montani (cit. Caprio i drugi, 1975) omogućava merenje visine biljaka sa tačnošću oko jednog milimetra. Ovakva tačnost omogućuje biometeorološka proučavanja dnevne visine porasta biljke. Merenja se vrše pomoću merača visine. On se sastoji od libele, koja

se pomera uz graduisan štap. Za vreme merenja visine useva štap se postavlja na šiljak na kocu, koji se tokom celog perioda merenja nalazi ukopan u zemljištu. Vertikalna položaj štapa se za vreme merenja održava pomoću libele.

Radi proučavanja dnevnih promena visine biljke još je bolje raspolagati kontinuiranim registrovanim merenjima. Johnson (1967) i Johnson i Davis (1971; cit. Caprio, 1975) napravili su instrumente koji kontinuirano mere visinu biljke i prečnik glavnog korena. Ovi instrumenti koriste ekstenziometre sa promenljivom izlaznom voltažom koja zavisi od dužine rastojanja između biljke i ekstenziometra. Takey, 1964. (cit. Heichel) konstruisao je elektronski instrument, koji kontinuirano meri i registruje povećanje debljine plodova voća.

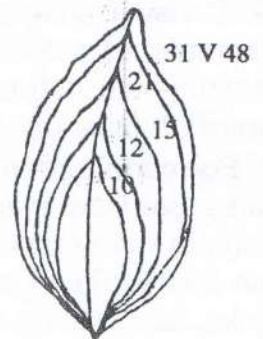
Povećanje površine biljnih delova, naročito lišća, takođe se može lako meriti. Morgen je predložio "Lichtpaus-Planimeter" metodu. Ona se sastoji u tome što se u posebno pripremljeni ram stavi drvena ploča pokrivena ozolit-papirom (osetljiv na svetlost, Lichtpaus) i namesti neposredno ispod izabranog lista. Preko lista stavi se staklena ploča iste veličine. Posle izvesnog vremena na papiru jasno ostaje slika lista u prirodnoj veličini, čija se površina izračuna pomoću planimetra.

Na ovaj način može se pratiti povećanje površine listova s dovoljnom tačnošću a da se list pri tome ne ošteti. Na sl. 46 vidi se koliko je jedan list jabuke porastao od 10. do 31.V.1948. godine. Slična proučavanja vršio je u nas Ratković (1978), koji je pratio ritam porasta nekih sorata vinove loze na području Beograda.

Merenje *porasta debljine* plodova voćaka ili bubrenja pupoljaka takođe spada u fenometrijska merenja. Najbolje rešenje za ova merenja dao je Kaempfert W. (1948; cit. Schnelle). On je konstruisao instrument, nazvan fenometar, pomoću koga se optički, bez oštećenja ploda, može meriti povećanje njegove debljine. Za tu svrhu njemu je poslužio jedan stari teodolit na čiji je durbin postavljen mikrometar.

U Međunarodnim fenološkim vrtovima jedanput godišnje, po prestanku vegetacije, meri se i debljina stabla, i to instrumentom za merenje prečnika (prečnica), koji se u šumarstvu koristi na premeru šuma.

Pošto rezultati ovakvih merenja predstavljaju dragocen materijal u biometeorološkim proučavanjima, sigurno će se vremenom naći bolja i jednostavnija rešenja za njihovu primenu u širokoj mreži osmatranja.



Sl. 46 Povećanje površine lista jabuke (Po A. Morgenu, Cit. Schnelle, 1955)

## 6. METODE OBRADJE FENOLOŠKIH PODATAKA

Fenološka osmatranja su vizuelna i samim tim postoji veća mogućnost grešaka nego kod instrumentalnih merenja. To se naročito odnosi na osmatranja onih faza razvića koje se teže uočavaju, kao npr. cvetanje strnih žita i dr. Veličina subjektivne greške je pri tome različita i zavisi od iskustva i savesnosti osmatrača. Korišćenje svih osmotrenih vrednosti, bez prethodne logičke i kritičke kontrole, a u nadi da će varijaciona statistika pronaći zavisnost između ispitivanih pojava, često dovodi do

netačnih zaključaka (Šigoljev, 1955).

Logička kontrola otklanja grube, lakše uočljive greške, nastale ili pri samom osmatranju ili pri prepisivanju podataka u izveštajne obrasce. Ona obuhvata i proveru redosleda nastupa fenoloških faza kod iste biljne vrste, koji je za većinu biljaka stalan. Međutim, u slučaju intercepcije fenoloških faza (promene redosleda faza), do koje može doći u pojedinim godinama ili područjima zbog različite reakcije biljaka na vremenske uslove, utvrđivanje tačnosti podataka spada već u kritičku kontrolu.

Kritička kontrola osmotrenih vrednosti je neophodna za konačno utvrđivanje ispravnosti podataka. Pri tome se svi sumnjivi podaci podvrgavaju individualnoj detaljnoj analizi radi donošenja definitivne odluke o tome da li su tačni ili ne. Kritička kontrola biljnog materijala je veoma složen posao s obzirom na to što je, kao što je već rečeno, svaka faza razvića rezultanta delovanja svih faktora spoljne sredine u određenom periodu vremena. Potrebno je raspolagati objektivnim merilima — kriterijumima za svaku biljnu vrstu i svaku fenološku fazu.

Jedno od objektivnih merila je standardna devijacija, pomoću koje se mogu utvrditi vremenske granice pojave određene fenološke faze u jednom mestu ili klimatski homogenom rejonu. Kako su ispitivanja Bessonove (1956) pokazala da kriva verovatnoće pojave fenoloških faza u granicama 10 - 90% verovatnoće ima simetričan karakter, mada neka istraživanja pokazuju da to i nije uvek slučaj, to se može pretpostaviti da njihova čestina sledi Gausovu krivu normalne raspodele. Da bi se ova pretpostavka mogla potvrditi, ili opovrgnuti, potrebno je raspolagati sa veoma dugim nizovima fenoloških osmatranja.

Za utvrđivanje vremenskih granica nastupa faza, prema kriterijumu normalne raspodele, može se smatrati da je faza nastupila:

znatno ranije = ako je  $D < (D_{sr} - 1,28 \delta)$

ranije = ako je  $(D_{sr} - 1,28 \delta) < D < (D_{sr} - 0,67 \delta)$

normalno = ako je  $(D_{sr} - 0,67 \delta) < D < (D_{sr} + 0,67 \delta)$

kasnije = ako je  $(D_{sr} + 0,67 \delta) < D < (D_{sr} + 1,28 \delta)$

znatno kasnije = ako je  $D > (D_{sr} + 1,28 \delta)$ ,

gde je:  $D_{sr}$  = srednji višegodišnji datum nastupa određene fenološke faze,  $D$  = datum nastupa te faze u određenoj godini i  $\delta$  = standardna devijacija.

Verovatnoća nastupa određene fenološke faze u okviru pojedinih intervala iznosi:

normalno	50%
ranije, odnosno kasnije po	15%
znatno ranije, odnosno znatno kasnije po	10%

Uzmimo kao primer, srednji datum početka cvetanja lucerke na stanici Sevnica ( $H_s = 256$  m,  $\varphi = 16^\circ 01'$ ,  $\lambda = 15^\circ 19'$ ), koji za period 1953 - 1977. iznosi 27.V ili 147, izraženo u broju dana od početka godine. Standardna devijacija je 8,0 dana. Vremenske granice pojave ove fenofaze na stanici Sevnica su:

pre 17.V	znatno ranije
od 17.V do 22.V	ranije
od 22.V do 1.VI	normalno
od 1.VI do 6.VI	kasnije
posle 6.VI	znatno kasnije

U navedenom primeru sve vrednosti o datumu početka cvetanja lucerke u Sevnici pre 17. maja i posle 6. juna, kao ekstremne za to mesto, podležu posebnoj i individualnoj analizi.

U nedostatku ovakvih merila, kritička kontrola se najčešće vrši poređenjem sa višegodišnjim vrednostima ili sa vrednostima sa susednih stanica. Najbolje je da se vrši prostorno poređenje pomoću radne karte sa označenim reljefom i ucrtanim izohipsama, jer se tada lakše mogu uočiti netačni ili sumnjivi podaci. Kontrola se takođe vrši i upoređivanjem dužine međufaznih intervala između stanica u istom klimatskom području, ili sa ekstremnim i normalnim vrednostima intervala na istoj stanici, dobijenim iz dužeg niza osmatranja, pri čemu se uzimaju u obzir vremenske prilike u određenoj godini.

Pri obradi fenološkog materijala primenjuju se iste statističke metode kao i pri obradi meteoroloških podataka.

U fenološkim i fenoklimatskim proučavanjima najčešće se koriste srednje višegodišnje vrednosti fenoloških faza. Da bi se dobile dosta tačne srednje vrednosti, Schnelle (1955) smatra da je dovoljno imati niz osmatranja od 20 do 30 godina za faze koje se javljaju u proleće i leto i niz od 30 do 40 godina za faze koje se javljaju u rano proleće i jesen. Ispitivanje F. Wittersteina (1952) pokazala su da je neophodan niz fenoloških osmatranja 20—40 godina (u zavisnosti od vremena pojave fenofaze), kako odstupanja od srednjih višegodišnjih vrednosti ne bi iznosila više od  $\pm 2$  dana. Za faze koje se pojavljuju početkom i krajem vegetacionog perioda potrebni su duži nizovi osmatranja, a za faze koje se javljaju sredinom leta nešto kraći nizovi.

Kada se raspolaze dugogodišnjim nizom osmatranja, srednja višegodišnja vrednost fenofaze je aritmetička sredina svih vrednosti. Međutim, pošto stanice najčešće raspolazu različitim nizovima osmatranja, to se srednje višegodišnje vrednosti moraju redukovati na isti period, kako bi bile prostorno uporedive. U tu svrhu se u našoj zemlji dosta koristi metoda Schnelle-Batmanov.

Srednje višegodišnje vrednosti, ma kako bile značajne za naučne i praktične svrhe, ne daju predstavu o promenljivosti vremena pojave određene fenofaze iz godine u godinu, shodno promenljivosti meteoroloških uslova. Srednji datumi nedovoljno karakterišu nastup faze u pojedinim godinama, mada je poznato da je nastupanje faza najčešće oko srednjeg datuma, kao i da odstupanja od ove vrednosti ne iznose više od  $\pm 15$  dana (Bessonova, 1956).

Fenološki podaci za neko područje obično pokazuju veće rasipanje nego meteorološki podaci za to isto područje (Eimern, 1968). Uzrok tome nije uvek manja tačnost fenoloških osmatranja, već je rasipanje rezultat bioloških osobina materijala osmatranja, odnosno razlika u reagovanju na nešto izmenjene uslove sredine. Često male razlike u vlažnosti, zbog drugih osobina zemljišta, pospešuju cvetanje ili

listanje. Do većih razlika između dve susedne stanice može doći i ako npr. jedan osmatrač osmatra biljke samo na navetrenoj strani, a drugi, na susednoj stanici, na strani na kojoj su biljke više izložene Suncu.

Za proučavanje promenljivosti vremena pojave fenoloških faza, kao mere varijacije, koristi se razlika između najranijeg i najkasnijeg datuma pojave fenofaze u jednom dužem nizu osmatranja, zatim fenoanomalije i standardna devijacija.

Fenoanomalije su odstupanja datuma nastupa fenofaze u svakoj godini osmatranja od srednje višegodišnje vrednosti. Srednja vrednost pojedinačnih anomalija (bez obzira na predznak), odnosno srednja promenljivost ili srednje odstupanje se često koristi kao mera varijacije podataka.

PRIKAZ RASIPANJA FENOLOŠKIH PODATAKA POČETKA CVETANJA LUCERKE U SEVNICI, U PERIODU 1953—1977.

Tab. 43

Srednji višegodišnji datum . . . . .	27.V
Najkasniji datum . . . . .	12.VI
Najraniji datum . . . . .	12.V
Razlika (u danima) . . . . .	31
Relativna čestina fenoanomalija u %	
- 10 (- 8 do - 12) . . . . .	20 dana
- 15 (-13 do - 17) . . . . .	4 dana
- 5 (-3 do - 7) . . . . .	16 dana
0 (+ 2 do - 2) . . . . .	24 dana
+ 5 (+ 7 do + 3) . . . . .	12 dana
+ 10 (+ 12 do + 8) . . . . .	20 dana
+ 15 (+ 17 do + 13) . . . . .	4 dana
Srednje odstupanje . . . . .	± 6,7 dana
Standardna devijacija . . . . .	8,0 dana

Standardna devijacija (ili srednje kvadratno odstupanje) najbolji je pokazatelj mere varijacije, jer se u njenim granicama nalazi oko 68% podataka, dok srednja promenljivost obuhvata oko polovinu. Standardna devijacija je uvek veća od srednje promenljivosti ( $P = 0,8 \delta$ ).

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}}$$

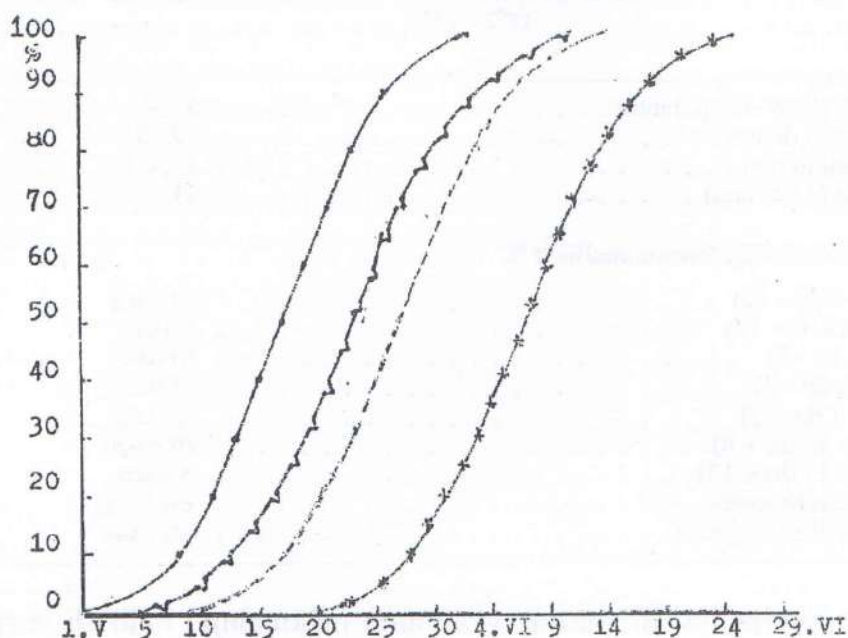
gde je:  $\delta$  = standardna devijacija,  $\sum d^2$  = suma kvadrata odstupanja od srednjeg datuma i  $n$  = broj godina osmatranja.

Veličina standardne devijacije je različita za razne biljne vrste i faze razvića. Najveće vrednosti ona ima kod faza koje se javljaju u proleće, a za kasnije faze ona se smanjuje tako da najmanje vrednosti kolebanja pokazuju faze koje se javljaju sredinom leta, kada su i kolebanja termičkih uslova iz godine u godinu najmanja. Znači, veličina odstupanja je manja ako se faza razvića javlja u termički stabilnijem dobu godine.

Međutim, standardna devijacija može biti različita i kod fenofaza koje se javljaju u istom dobu godine. Razlike mogu nastati zbog različite reakcije biljaka na

spoljašnje uslove ili, ako je reč o istoj biljnoj vrsti, zbog različite reakcije faza razvića. Tako je uočeno da su odstupanja vremena nastupa cvetanja veća nego kod listanja, iako se obe faze javljaju u skoro isto vreme. Kako navodi W. Böer (1951; cit Schnelle), promena spoljašnjih uslova više utiče na generativne nego na vegetativne faze razvića.

Standardna devijacija se u agrometeorologiji, pri fenoklimatskim proučavanjima koristi ne samo kao mera varijacije već i za izračunavanje sumarne verovatnoće pojave određene fenološke faze. Ispitivanja E. V. Bessonove (1957) pokazala su da kriva verovatnoće, izračunata na osnovu standardne devijacije, ima simetričan karakter u granicama 10—90%.



Sl. 47. Integralne krive sumarne verovatnoće početka cvetanja lucerke  
— Sr. Karlovci, -- Vranje, ---- Sevnica, - x - Sjenica

Dobijanje sumarnih ili integralnih kriva verovatnoće pomoću standardne devijacije, gde se grafičkim putem proučava odnos srednjih i mogućih vrednosti, postiže se na taj način što se standardna devijacija množi koeficijentima Gausove krive. U tab. 44 naveden je primer izračunavanja sumarne verovatnoće početka cvetanja lucerke u Sevnici, izračunate na osnovu 25-godišnjeg niza osmatranja, a na sl. 47 prikazana je integralna kriva sumarne verovatnoće pojave ove fenološke faze. Poređenja radi, na slici 47 su osim ove stanice u Sloveniji, prikazane i krive sumarne verovatnoće za još tri stanice u drugim klimatskim uslovima.

Integralna kriva sumarne verovatnoće može poslužiti kao karakteristika za bližu okolinu stanice na koju se odnosi. Međutim, za proučavanje prostorno-vremenskih zakonitosti fitofenološkog režima šireg područja rezultati integralnih kriva za stanice ispitivanog područja se objedinjuju. Pri tome se ne moraju uzeti u obzir sve stanice, već je dovoljno odabrati one najtipičnije, koje u dovoljnoj meri reprezentuju širu

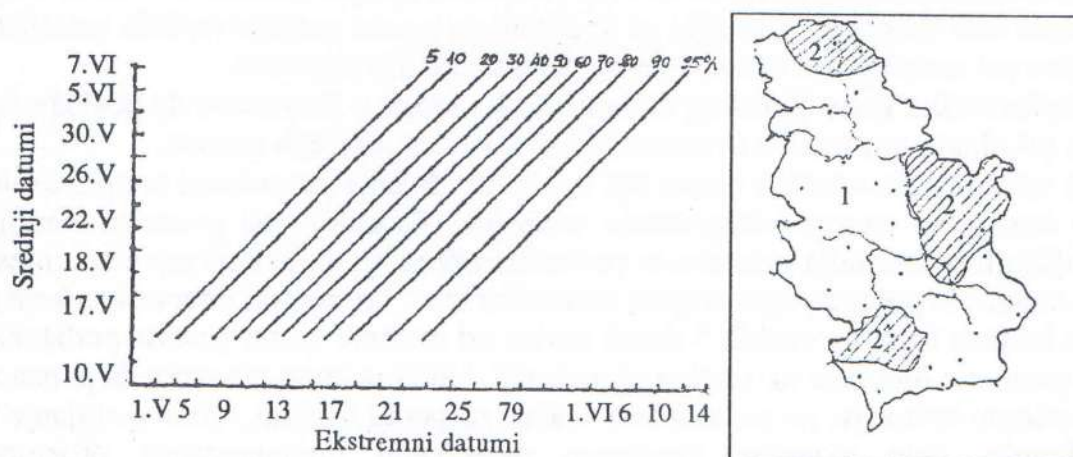
okolinu. Ovo se može učiniti na dva načina: pomoću nomograma, tj. računskog grafika ili osrednjavanjem svih integralnih kriva verovatnoće. U praksi se češće koristi prvi način, tj. nomogrami.

SUMARNA VEROVATNOĆA POČETKA CVETANJA LUCERKE U SEVNICI

Tab. 44

Verovatnoća u %	0	10	20	30	40		
Gausovi koeficijenti	-2,25	-1,28	-0,84	-0,52	-0,25		
Odstupanja u danima	-18	-10	-7	-4	-2		
Datumi verovatnoće	9.V	17.V	20.V	23.V	25.V		
	50	60	70	80	90	100	
Gusovi koeficijenti	0	0,25	0,52	0,84	1,28	2,25	
Odstupanja u danima	0	2	4	7	10	18	
Datumi verovatnoće	27.V	29.V	31.V	3.VI	6.VI	14.VI	

Pomoću nomograma mogu se odrediti krajnje moguće granice promenljivosti ispitivane fenofaze po godinama, u granicama od 95% verovatnoće, što praktično znači svake godine (u 19 od 20 godina), do 5% verovatnoće, odnosno jedanput u 20 godina. Vrednosti koje se nalaze u granicama od 20 do 80% verovatnoće jesu vrednosti koje se najčešće javljaju. Na sl. 48 prikazan je nomogram početka cvetanja lucerke u 1. homogenom rejonu koji obuhvata najveći deo SR Srbije (na sl.48 desno), tj. rejonu sa približnim vrednostima standardne devijacije, kao najbolje mere varijacije vremena nastupa ove faze po godinama. Ona se u ovom rejonu kreće od 6,0 do 8,8 dana (Otorepec, 1977).



Sl. 48 Nomogram verovatnoće početka cvetanja lucerke u 1. homogenom rejonu SR Srbije

Početak cvetanja lucerke može se u Srbiji očekivati u periodu maj-jun, zavisno od nadmorske visine i položaja mesta. Kada se zna srednja vrednost nastupa ove fenofaze (iz statističke obrade ili iz karata Agroklimatskog atlasa SFRJ), koja je bliska verovatnoći od 50%, može se iz ovakvih prikaza očitati sumarna verovatnoća početka cvetanja lucerke za bilo koji datum kada je ono moguće ili, obrnuto, sa kakvim se procentom verovatnoće može očekivati pojava ove fenofaze nekog određenog datuma.

Poslednjih godina sve se više koriste u praksi modeli biljka/vreme za prognozu vremena pojave određene fenološke faze i prinosa poljoprivrednih kultura, kao i modeli vreme/biljna bolest, o čemu će biti više reči u Glavi 7.

## 7. KARTOGRAFSKI PRIKAZ FENOLOŠKIH PODATAKA

Osnova za proučavanje sezonskog razvića biljaka su fitofenološke karte, tj. karte koje pokazuju prostornu i vremensku zakonitost pojave faza razvića biljaka.

Fitofenološke karte urađene pomoću gradijenata, imaju široku primenu u raznim naučnim disciplinama. Pošto omogućavaju dobijanje uvida o biološkom potencijalu određene sredine, one predstavljaju bazu za različita teoretska razmatranja u botanici (sistematika, biogeografija, fitoekologija).

Široku primenu fitofenološke karte mogu imati u klimatologiji. U umerenom klimatskom pojasu, u područjima obezbeđenim vlagom, određeni fitofenološki pokazatelji, kao što su npr. vreme listanja, cvetanja i sazrevanja plodova mnogih vrsta biljaka, tako tesno koreliraju s dinamikom temperature prizemnog sloja vazduha da sami postaju pokazatelji termičkog režima (Mališeva, 1968). U tom slučaju fitofenološke karte se mogu koristiti kao indikatori klime, tj. kao dopuna klimatološkim kartama.

Fitofenološke karte gajenih biljaka imaju veliku primenu u poljoprivredi. Pre svega one se koriste za rejoniranje vrsta i sorata poljoprivrednih kultura, kao i pri utvrđivanju i planiranju rokova sprovođenja mera u različitim granama poljoprivrede (ratarstvu, voćarstvu, pčelarstvu, livadarstvu, zaštiti bilja i dr.). Pošto je hod fitofenoloških faza tesno povezan sa svim faktorima spoljne sredine, ove karte mogu da posluže kao dragocen materijal za kvalitativnu ocenu poljoprivrednih zemljišta, delimično pri sastavljanju katastra zemljišta u različitim rejonima.

Fitofenološke karte šumskog drveća i šiblja mogu u šumarstvu da posluže kao osnova pri planiranju radova i racionalnijem korišćenju biljnih resursa.

Za izradu fitofenoloških karata čiji je cilj utvrđivanje zakonitosti tempa razvića biljaka koriste se srednje višegodišnje vrednosti. Kvantitativna promena srednjih višegodišnjih pokazatelja izražava se pomoću *izofena*, tj. linija koje povezuju mesta s istim datumom pojave odgovarajuće fenološke faze. Vremenski intervali za koje se izvlače izofene (npr. na svakih 5 dana) zavise od razmere karte, gustine podataka i brzine promene fenofaze na kartiranoj teritoriji. Veličina intervala treba da je ista za celu kartiranu teritoriju, jer samo u tom slučaju raspored izofena, njihovo zbijanje ili razređivanje, daje vizuelnu predstavu o stepenu ravnomernosti prostorne promenljivosti fenofaze.

Za ispitivanje fitofenološkog režima određene teritorije, tj. odnosa sezonskog razvića određene grupe biljaka u konkretnoj geografskoj jedinici (Mališeva, 1968) veoma je značajna razmera karte. Karte krupnih razmera (1 : 100 000 i krupnije) pokazuju zakonitosti usko lokalnog karaktera; karte srednjih razmera (1 : 100 000 do 1 : 1 000 000) daju tačnu sliku stvarnog rasporeda fitofenološkog režima pojedinih područja, a karte malih razmera (1 : 2 000 000 i manje) pokazuju zakonitosti koje zavise od opšte cirkulacije atmosfere, širinske zonalnosti i razlika između kopna i okeana.



Pitanje gustine podataka za izradu karte određene razmere još nije dovoljno proučeno. Schnelle (1955) smatra da je za izradu karte razmere 1 : 500 000 i 1 : 1 000 000 neophodno imati 1—2 podatka (stanice) na 100 km<sup>2</sup>; za kartu 1 : 200 000 broj podataka se povećava na 3—4, a za kartu razmere 1 : 2 000 000 dovoljno je raspolagati sa 1—2 podatka na 400 km<sup>2</sup>. Međutim, ovo pravilo važi samo za ravne terene i istorodan biljni pokrivač. U uslovima izraženog reljefa, u brdsko-planinskim područjima, broj tačaka osmatranja treba da je gušći. Gustinu mreže fenoloških stanica u područjima sa izraženim reljefom teško je predložiti jer ona zavisi od niza faktora (oblika reljefa, svrhe ispitivanja, pristupačnosti terena i dr.).

Za područja bez izraženog reljefa karte se izrađuju metodom vizuelne interpolacije na osnovu stvarnih podataka osmatranja. Međutim, za područja sa izraženim reljefom, u koja spada i naša zemlja, postupak je složeniji. Izofene se izvlače na osnovu prethodno utvrđene zavisnosti vremena nastupa određene fenološke faze od nadmorske visine i veličine vertikalnog fenološkog gradijenta, odnosno veličine zakašnjenja fenofaze sa porastom nadmorske visine mesta.

U našoj zemlji, u okviru agrometeorološke grane Hidrometeorološke službe Jugoslavije urađen je Agroklimatski atlas SFRJ — I Poljoprivredni deo, koji sadrži karte osnovnih faza razvića naših najvažnijih poljoprivrednih kultura iz grupe krmnog bilja, ratarskih kultura i voćaka.

## 8. LITERATURA

Agroklimatičeskie resursi territorii socialističeskikh stran Evropi, 1971. Izdateljstvo bolgarskoj Akademii nauk, Sofija.

Batmanov V. A., 1957: Metod makrofenologičeskogo kartografirovanija. Geografičeskij sbornik, Voprosi fenologii, Izdateljstvo Akademii nauk SSSR, Leningrad.

Bessonova E. V., 1956: Izmenčivost javlenij po godam. Klimatičeskie resursi centralnih oblasti evropejskoj časti SSSR i ispolzovanie ih v seljskohozjajstvennom proizvodstve. Gidrometeoizdat, Leningrad.

Bessonova E. V., 1957: Nastuplenie faz razvitija osnovnih seljskohozjajstvennih kultur na territorii SSSR. Geografičeskij sbornik, Voprosi fenologii, Izdateljstvo Akademii nauk SSSR, Leningrad.

Bessonova E. V., 1972: Izmenčivost otklonenij faz razvitija seljskohozjajstvennih kultur ot srednej dati v otdelnie godi. Voprosi fenologičeskogo kartografirovanija. Geografičeskoe obščestvo Sojuza SSR, Leningrad.

Caprio J. M., Magnuson M. D., Metcalf H. N., 1970: Instruction for Phenological Observations. Montana State University.

Caprio J. M., Hopp R. J., Metcalf H. N., 1975: Phenological Measurements of Plants in Bioclimatic Studies. Progress in Biometeorologie, Division C, Vol. 1, Amsterdam.

Defila C., 1986: Phänologische Beobachtungen in der Schweiz (gestern-heute-morgen). Arboreta Phaenologica, Internationalen Phänologie - Symposium, Wien, 17-20 Sept. 1986, Offenbach/M.

Eimern V. J., 1968: Phenological Observations of Cultivated and Wild Species with Examples of Application to Agrometeorological Problems. Proceedings of the WMO Seminar, Melbourne.

Gotlin J., Pucarić A., 1970: Specijalno ratarstvo, I dio. Posebna izdanja "Agronomskog glasnika", Zagreb.

Heichel G. H., 1975: Progress in Measurements and Methods of Crop Physiology. Progress in Biometeorologie, Division C, Vol. 1, Amsterdam.

Kurpelova M., 1968: Primenenie fenologičeskikh dannih pri isledovanii agroklimatičeskikh elementov i orografičesko-morfologičeskikh edinic. Sbornik dokladov po agrometeorologii, Izdateljstvo bolgarskoj akademii nauk, Sofija.

- Lebedev A. N., 1971: Klimatičeskie zakonomernosti i nomogrammi. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Mališeva G. S., 1968: Metodičeskoe rukovodstvo po sostavljeniju fitofenologičeskih kart. Izdatelstvo "Nauka", Leningrad.
- Otorepec S., 1977: Proučavanje fenoklimatskih karakteristika lucerke (*Medicago sativa* L.) na teritoriji SR Srbije. Arhiv za poljoprivredne nauke, God. XXX — Sv. 109.
- Otorepec S., 1975: Početak cvetanja crvene deteline i lucerke. Prilog proučavanju agroklimatskih uslova razvoja poljoprivrednih kultura, Grupa: Krmno bilje, Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd.
- Radević Č., 1988: Bioklimatski uslovi razvića divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum* L.) u Jugoslaviji. Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd.
- Ratković B., Malovrh V., 1963: Priručnik za fenološka osmatranja. Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd.
- Ratković B., 1978: Proučavanje ritma porasta nekih sorti vinove loze *Vitis vinifera* L. Savezni hidrometeorološki zavod, Rasprave i studije 12, Beograd.
- Rudenko A. I., 1957: K voprosu o putjah razvitija i ispoljzovanija fenologii v narodnom hozjajstve. Geografičeskih sbornik, Voprosi fenologii. Izdatelstvo Akademii nauk SSSR, Moskva—Leningrad.
- Schnelle F., 1955: Pflanzen-Phänologie. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Schnelle F., 1966: Abriss einer Methodik der Phänologie. Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes, No 38 (Band 5), Offenbach am M.
- Schnelle F., 1986: Ergebnisse aus den Internationalen Phänologischen Gärten in Europa - Mittel 1973—1982. Wetter und Leben, Jahrgang 38.
- Seyfert F., 1960: Phänologie. Ziemsen Verlag-Wittenberg Lutherstadt.
- Stanković D., Vukmirović M., Otorepec S., 1976: Opšte cvetanje voćaka. Prilog proučavanju agroklimatskih uslova razvoja poljoprivrednih kultura, Grupa: Voćke. Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd.
- Šigoljev A. A., 1955: Rukovodstvo po kontrolju i obrabotke nabljudenij nad fazami razvitija seljskohozjajstvennih kultur. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Šigoljev A. A., 1957: Issledovanie tempov razvitija rastenij. Geografičeskij sbornik, Voprosi fenologii. Izdatelstvo Akademii nauk SSSR, Moskva—Leningrad.
- Witterstein F., 1952: Untersuchungen an der Langjährigen Beobachtungsreihe von Geisenheim. Ber. Dtsch., Wetterd. US-Zone, No 42.
- Witterstein F., 1978: Bedeutung und Aufgaben des Phänologischen Dienstes. Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes, No 19 (Band 3), Offenbach/Main.

## GLAVA VII

# AGROMETEOROLOŠKE INFORMACIJE ZA POTREBE POLJOPRIVREDE

### 1. UVOD

Osnovni zadatak agrometeorologije, kao interdisciplinarne nauke, je da znanja iz meteorologije primenjuje u poljoprivredi. Teško da ima neka grana privrede koja toliko zavisi od vremena i klime kao poljoprivreda. Stoga je jedan od osnovnih zadataka agrometeorološke grane Hidrometeorološke službe da poljoprivrednim institucijama, a pre svega onima koji se neposredno bave poljoprivrednom proizvodnjom, pruži odgovarajuću pravovremenu informaciju. Agrometeorološke informacije namenjene poljoprivredi mogu se podeliti u dve grupe:

a) operativne agrometeorološke informacije o stanju i reakciji poljoprivrednih kultura na određene vremenske uslove, kao i o daljim izgledima za njihov porast i razviće s obzirom na prognozirani razvoj vremena. One treba da pomognu poljoprivredi u donošenju taktičkih ili kratkoročnih odluka za preduzimanje odgovarajućih mera.

b) agroklimatske informacije, zasnovane na proučavanjima višegodišnjih klimatoloških i fenoloških podataka. Njihov cilj je priprema studijske dokumentacije za donošenje strategijskih ili dugoročnih odluka u poljoprivredi, koji se pre svega odnose na njen budući razvoj.

### 2. OPERATIVNE AGROMETEOROLOŠKE INFORMACIJE

Osnovni cilj operativne agrometeorološke informacije je da pomogne agronomima i poljoprivrednim proizvođačima kako da na najbolji način iskoriste povoljne vremenske uslove za sprovođenje raznih aktivnosti i drugo, da smanje štete u poljoprivrednoj proizvodnji, koje mogu direktno ili indirektno nastati zbog nepovoljnih vremenskih situacija i pojava.

Operativne informacije se daju na osnovu tekućih podataka iz mreže

agrometeoroloških stanica na kojima se redovno vrše osmatranja fizičke sredine (vazduha i zemljišta) i bioloških karakteristika poljoprivrednih kultura (porast, razviće i stanje), kao i na osnovu kratkoročnih i/ili srednjeročnih prognoza vremena i agrometeoroloških prognoza.

Osim klasičnog načina prikupljanja potrebnih podataka, preko izveštajnih obrazaca (poštom) i telekomunikacionih veza (AGMET - depeše), u razvijenim zemljama se poslednjih godina do podataka dolazi i preko radara i satelita, koji čak daju bolje informacije i podatke. Satelitski podaci su naročito korisni i primenljivi u zemljama sa velikim jednoobraznim prostranstvima (SAD, SSSR).

U operativnom usluživanju poljoprivrede veoma je važan i sistem distribucije informacija. Za širu poljoprivrednu javnost najviše se koriste sredstva javnog informisanja (TV, radio, štampa). U visoko razvijenim zemljama kontakti sa korisnicima su neposredniji, jer uglavnom ima dovoljno tehničkih sredstava na raspolaganju, počev od telefona pa do računarske povezanosti. Tako veliki broj farmera na primer u Holandiji i SR Nemačkoj, a u Mađarskoj sva veća poljoprivredna dobra, poseduju svoje personalne računare (PC), koji su povezani sa velikim računarom u Meteorološkoj službi. Na taj način je omogućena obostrana razmena podataka i informacija. U tim zemljama se velika pažnja posvećuje i obučavanju i obrazovanju naprednih poljoprivrednih proizvođača u korišćenju i primeni agrometeoroloških informacija i saveta.

## 2.1. Agrometeorološke analize, saveti i upozorenja

Agrometeorološka odeljenja u saveznom i republičkim/pokrajinskim hidrometeorološkim zavodima redovno izdaju agrometeorološke analize o uticaju vremena na porast, razviće i prinos poljoprivrednih kultura, kao i na mogućnost obavljanja poljoprivrednih radova. Analize se mogu odnositi na duže vremenske periode - proizvodnu godinu ili etapu razvića određene kulture, ili na kraći vremenski period - dekada ili 7-dnevna informacija, što je najčešće slučaj.

Za izradu kvalitetne agrometeorološke analize potrebno je raspolagati dnevnim rezultatima osmatranja najvažnijih meteoroloških elemenata i parametara značajnih za životnu aktivnost i etapu razvića i datumima nastupa određenih fenoloških faza poljoprivrednih kultura. Za razliku od meteorološkog pristupa, gde se rezultati osmatranja prikazuju kalendarski, najčešće za period od mesec dana, agrometeorološka analiza treba da se odnosi na određene periode razvića kulture, jer biljka ne zna za kalendar niti se ponaša po njemu. Pri tome posebnu pažnju treba obratiti na one meteorološke elemente koji u određenom periodu razvića biljaka imaju najveći uticaj na njihov porast i razviće, a time i na prinos.

Uzmimo kao primer ozimu pšenicu, koja je pored kukuruza, naša najvažnija ratarska kultura. U vreme *setve* (oktobar, optimalan rok za glavna žitorodna područja) naglasak treba dati uslovima vlažnosti (padavine, zalihe produktivne vlage u oraničnom sloju zemljišta) i temperaturi zemljišta na dubini setve, jer je ona bolji pokazatelj spremnosti zemljišta za setvu nego temperatura vazduha. Dužina perioda *setva - nicanje* zavisi i od temperature vazduha; viša temperatura ubrzava pojavu ponika i obrnuto. Pri srednjim dnevnim temperaturama vazduha 15 - 17°C nicanje

nastupa posle 6 - 8 dana, sa padom temperature period se produžava, a pri temperaturi ispod 6°C nicanje se praktično prekida. Prema nizu naših i stranih istraživanja, prosečna suma temperatura za period setva-nicanje iznosi oko 120°C. U periodu *nicanje - završetak jesenje vegetacije* (sa bokorom od 2 - 3 izdanka), koji nastupa sa padom srednje dnevne temperature vazduha ispod 5°C, odvija se ukorenjavanje i bokorenje biljaka, koje se u našim uslovima nastavlja delimično i u proleće. U ovom periodu važan je trend opadanja temperature do 0°C, najniže do -4°C. U periodu *prezimljavanja* treba najpre analizirati vremenske uslove za pripremu (kaljenje) biljaka, a tokom zime se posebno osvrnuti na postojanje snežnog pokrivača, njegovu visinu i gustinu i, naročito u slučaju golomrazice, na niske zimske temperature vazduha i zemljišta. Period *obnavljanja vegetacije u proleće - klasanje* je veoma značajan za budući prinos pšenice. Posebno su važne padavine, jer u to vreme pada i kritičan period u odnosu na vlagu (vlatanje - klasanje), kada se obrazuju plodonosni organi biljaka. U periodu *klasanje - voštano zrenje*, u uslovima normalne snabdevenosti zemljišta vlagom, naročito su značajne temperature vazduha. Naime, za cvetanje, koje nastupa odmah posle klasanja, optimalne temperature danju su do 25°C, najviše do 30°C, a noćne oko 10 - 12°C. Pri visokim temperaturama (do 40°C) i niskoj vlažnosti vazduha cvetovi će delimično ili potpuno ostati neoplođeni. Nalivanje zrna, koje počinje od mlečnog stanja i traje do početka voštane zrelosti, takođe mogu da ometaju visoke temperature (35 - 40°C) i suv vazduh, i da dovedu do prevremenog sazrevanja i šturosti zrna. Na kraju, u doba *žetve* povoljno je suvo i toplo vreme.

Velike potrebe za agrometeorološkim informacijama nastaju u određenim eksczesnim vremenskim situacijama, kada se preko sredstava javnog informisanja ili na zahtev zainteresovanih institucija izdaju specijalne informacije, saveti i upozorenja. To je slučaj pri pojavi kasnih prolećnih mrazeva, kada je većina voćaka u fazi cvetanja, precvetavanja ili zametanja plodova i kada mraz određene jačine, zavisno od vrste voća, može znatno smanjiti ili uništiti rod za tu godinu. Mada nanose manje štete od prolećnih, i jesenji mrazevi, koji se u najvećem kontinentalnom delu zemlje pojavljuju prosečno u trećoj dekadi oktobra, mogu oštetiti kukuruz, a naročito vinovu lozu.

Agrometeorološke informacije se daju i u slučaju značajnijeg zastoja porasta i razvića poljoprivrednih kultura zbog suše ili prekomerne vlažnosti zemljišta, šteta nastalih zbog toplotnog udara u doba oplodnje i nalivanja zrna žitarica, epidemije biljnih bolesti i štetočina i kada dođe do prekida poljoprivrednih radova (setve, žetve, zaštite, tretiranja herbicidima, prihranjivanja).

Za kratkoročne ili taktičke operativne odluke u poljoprivredi (nedeljne, dnevne) koje se mogu menjati zavisno od razvoja vremenskih uslova, veoma važnu ulogu imaju specijalne prognoze vremena namenjene poljoprivredi. One treba da obuhvate sve one meteorološke elemente i parametre koji direktno utiču na planiranje i obavljanje poljoprivrednih radova, a koji se menjaju, zavisno od sezone i poljoprivredne kulture. Tako u vreme pripreme zemljišta i setve, poljoprivredni proizvođač mora znati koje se promene temperature zemljišta očekuju i da li će i koliko biti padavina. Tokom vegetacionog perioda, pored prognoze temperature i padavina, naročito su važne prognoze opasnih vremenskih pojava, kao što su mraz, grad, olujni vetrovi, a u doba žetve prognoze padavina, naročito sipećih kiša i magle.

Specijalne prognoze potrebne su i posle žetve, za sušenje, skladištenje, transport i marketing poljoprivrednih proizvoda.

Veliki značaj vremenske prognoze imaju za primenu hemijskih sredstava u poljoprivredi, kao i za pojavu, širenje i suzbijanje biljnih bolesti i štetočina, o čemu će biti nešto više reči u delu 2.2.5.

Efikasnost tretiranja prskanjem, odnosno primena herbicida, fungicida i insekticida zavisi od vremenskih uslova ne samo za vreme tretmana, već i posle tretiranja. Glavni vremenski faktori su turbulencija (mehanički ili termički izazvano vrtloženje vazduha), brzina i pravac vetra, mada se idealni vremenski uslovi za prskanje mogu definisati kao kombinacija sledećih meteoroloških elemenata:

a) Horizontalna i vertikalna strujanja vazduha. Brzina horizontalnog strujanja vazduha, odnosno vetra na visini 1,5 m ili više iznad tretiranog polja ne treba da bude veća od 2,5 m/s. Što je manja brzina vetra to je bolja koncentracija hemijskih sredstava na terenu koji se tretira, jer je manje njihovo odnošenje na veće razdaljine. Brzina vetra od 5 m/s znatno utiče na tretiranje, pri 10 m/s ono postaje teško, a pri brzini vetra 15 m/s skoro nemoguće. Međutim, čak i pri malim brzinama vetra, 1,0 ili 1,5 m/s, turbulencija može da prouzrokuje odnošenje finih čestica rasprskivača na znatne razdaljine, a njen efekat je uočljiv i po količini nanetih čestica. Za velike i teške čestice, dopuštena je samo malo veća brzina vetra i/ili turbulencija, dok za male i lake čestice to ne važi, jer se one lakše raznose. Izvestan stepen turbulencije kod prskanja fungicidima ima čak pozitivan efekat, jer određena količina hemijskih sredstava dospeva i na naličje lišća gde se nalaze gljivice (Wang, 1982).

b) Temperatura i Sunčevo zračenje. Danju, usled konvektivnih (vertikalnih) strujanja čestice rasprskivača teže da se penju naviše i da onda horizontalnim vetrom budu nošene bočno, što ima za posledicu znatno manje sredstava iznad tretiranog terena (Wang i dr., 1982). Međutim, kada iznad tretiranog područja postoji termički inverzioni sloj\* (noću i u ranim jutarnjim satima) a brzina vetra je manja od 2,5 m/s, čestice padaju na ili ispod inverzionog sloja i budu zadržane, tako da je malo verovatno da će dospeti daleko od mesta tretiranja. Stoga je najbolje vreme za prskanje rano ujutro ili noću, ali da se sa prskanjem počne tek pola sata nakon zalaska Sunca, jer je pre toga temperatura zemljišta još uvek visoka pa postoji mogućnost da se još neko vreme održavaju slabija konvektivna strujanja. Ako se prskanje vrši rano ujutro, ono se može nastaviti najkasnije do 5 sati nakon izlaska Sunca. Nikakvo prskanje se ne preporučuje kada temperatura prizemnog sloja vazduha (do 2,5 m visine) dostigne vrednost oko 27°C (26,8°C), zbog velikih gubitaka usled isparavanja raspršenih hemijskih sredstava (Kennerly, 1952; cit. Wang 1982). Šta više, prskanje pri intenzivnom zračenju može da prouzrokuje opekotine na lišću biljaka.

c) Vlažnost i padavine. Kada je vlažnost vazduha velika, može doći do obrazovanja rose, koja deluje kao "zadržavajući faktor", naročito za sitne čestice. To takođe potvrđuje da je najbolje vreme za prskanje noć ili rano ujutro. Izvestan efekat, ali ne mnogo značajan, ima magla ili kiša, odnosno njihove kapi koje razređuju primenjena hemijska sredstva.

Treba naglasiti da pri izvođenju bilo kog prskanja, treba što je moguće više sprečiti odnošenje hemijskih sredstava izvan tretiranog područja, jer ona mogu biti

\* Inverzioni sloj je sloj u kome temperatura vazduha raste sa visinom.

otrovna za okolne useve, životinje i ljude. Pri tome su najvažniji vremenski faktori turbulencija, brzina i pravac vetra. Naravno da jačina oštećenja zavisi od vrste i koncentracije hemikalija, kao i od osetljivosti živih bića na njih. Zbog velike zagađenosti prizemnog sloja atmosfere, danas ima sve više prigovora na upotrebu različitih hemijskih sredstava u poljoprivredi.

## 2.2. Agrometeorološke prognoze

Pored specijalnih prognoza vremena namenjenih poljoprivredi, postoje i agrometeorološke prognoze, kojima se zadnjih 30 godina poklanja sve veća pažnja jer se stalno potvrđuje njihova praktična i ekonomska vrednost. Naime, i pored primene savremenih agrotehničkih mera i uvođenja u proizvodnju novih visokorodnih sorata i hibrida, prinosi variraju iz godine u godinu, što se može objasniti samo uticajem vremenskih faktora na porast i razviće poljoprivrednih kultura tokom vegetacionog perioda, a time i na prinos.

Agrometeorološke prognoze se zasnivaju na kvantitativno utvrđenim odnosima između biljaka i onih meteoroloških elemenata od kojih u najvećoj meri zavisi njihovo razviće i prinos. Razvoj i primena ovih metoda prognoze zahteva obimna prethodna istraživanja, bilo da je reč o razvoju novih modela ili o testiranju već utvrđenih modela i njihovom prilagođavanju našim klimatskim uslovima.

Pored prognoza prinosa, ekonomski najznačajnijih agrometeoroloških prognoza, poljoprivrednim proizvođačima potrebno je da znaju i vreme pojave određenih fenoloških faza poljoprivrednih kultura radi primene odgovarajućih agrotehničkih mera, što se odnosi i na prognozu rokova setve ozimih i jarih useva. Za setvu, kao i za procenu obezbeđenosti biljaka vlagom tokom vegetacionog perioda važne su i prognoze zaliha produktivne vlage zemljišta.

U agrometeorološke prognoze spadaju i prognoze radijacionih mrazeva, prognoze uslova prezimljavanja ozimica i njihovog stanja u vreme obnavljanja vegetacije u proleće, a mnogi tu ubrajaju i prognoze vremena pojave i širenja biljnih bolesti i štetočina u zavisnosti od vremenskih uslova.

### 2.2.1. Prognoza rokova setve poljoprivrednih kultura

Prognoza rokova setve poljoprivrednih kultura je, u stvari, prognoza temperature zemljišta na dubini setve određene kulture, pošto je temperatura oraničnog sloja zemljišta jedan od najboljih pokazatelja spremnosti zemljišta za setvu. Prognozirani datum kada će se ovaj sloj zemljišta zagrejati do biološkog minimuma potrebnog za klijanje semena, predstavlja ujedno i vreme kada se može početi setva određene biljke. Za većinu žita, kao što je izneto ranije (tab.4 i 28) on iznosi 4 - 5°C a za termofilne biljke 8 - 10°C pa i 14 - 15°C (pamuk).

Prognoza datuma nastupa određene temperature oraničnog sloja zemljišta vrši se na osnovu prethodno utvrđene kvantitativne veze između srednje dnevne temperature vazduha na 2 m visine iznad tla (metoda N.Z.Ivanove) ili maksimalne

temperature vazduha na toj visini (metoda N.Z.Ivanove i J.I.Čirkova) i temperature zemljišta na dubini setve. S obzirom na veliku prostornu heterogenost zemljišnih uslova i niz faktora koji utiču na njihovu promenljivost, prognoze rokova setve daju najbolje rezultate za lokaciju gde postoje uporedna merenja temperature vazduha i zemljišta.

### 2.2.2. Fenološke prognoze

Tempo razvića biljaka shodno tome i vreme nastupa fenoloških faza zavise od uslova spoljne sredine, prvenstveno od temperature, pod uslovom da u zemljištu ima dovoljno vode. Fenološke prognoze, odnosno prognoze vremena nastupa faza razvića biljaka se stoga zasnivaju na utvrđivanju kvantitativne veze razvića biljaka i temperature okolne sredine, odnosno na određivanju verovatnog trajanja pojedinih međufaznih perioda razvića.

Postoje mnoge metode za izražavanje zavisnosti razvića biljaka od temperature sredine, ali se u praksi najviše primenjuje *metoda A.A.Šigoljeva* (1957), odnosno metoda suma efektivnih temperatura.

Za određivanje datuma nastupa faze razvića poljoprivrednih kultura formula Šigoljeva glasi:

$$D = D_1 + \frac{A}{t - B}$$

gde je:

$D$  = prognozirani datum nastupa faze razvića

$D_1$  = datum nastupa prethodne faze razvića

$A$  = konstantna suma efektivnih temperatura vazduha za određeni period razvića dobijena na osnovu višegodišnjih vrednosti

$t$  = očekivana srednja temperatura vazduha za međufazni period

$B$  = početna temperatura razvića (biološki minimum), koja za mnoge žitarice i drvenaste biljke umerene klime iznosi  $5^{\circ}\text{C}$ , a za termofilne biljke  $10^{\circ}\text{C}$  ili čak  $15^{\circ}\text{C}$  (tab.4 i 28).

Ako se prognoza sastavlja nekoliko dana posle nastupa prethodne faze, izračunavanje se vrši po formuli:

$$D = D_2 + \frac{A - \sum t_{ef}}{t - B}$$

gde je:  $D_2$  = datum sastavljanja prognoze, a  $\sum t_{ef}$  = suma efektivnih temperatura vazduha akumulirana od datuma nastupa prethodne faze do datuma sastavljanja prognoze.

Srednja temperatura međufaznog perioda ( $t$ ) određuje se ili iz dugoročne prognoze vremena ili iz višegodišnjih srednjih vrednosti, kao što je najčešće slučaj.



U tab. 45 prikazane su sume efektivnih temperatura vazduha (aktivne temperature umanjene za biološki minimum) za ozima i jara žita, do kojih su došli sovjetski naučnici (Poljevoj, 1986), i odnose se na sorte koje se gaje u SSSR-u.

SUME EFEKTIVNIH TEMPERATURA VAZDUHA (°C) ZA OZIMA I JARA ŽITA  
(Poljevoj, 1986)

Tab. 45

Period	ozima pšenica	ozima raž	jara pšenica	jari ovas	jari ječam
setva-nicanje	67	52			
nicanje-početak bokorenja	67	67			
nicanje-klanjanje	330	183	280-400	370-380	330
klanjanje-cvetanje	-	144			
klanjanje-mlečno zrenje	230	-			
cvetanje-mlečno zrenje	-	225			
mlečno-voštano zrenje	490	175			
klanjanje-voštano zrenje	720	544	450-540	428-466	388-410
nicanje-voštano zrenje	1050	727	730-940	798-846	718-740

NAPOMENA: Pošto ozima pšenica počinje da cveta ubrzo nakon pojave klasa, to ova faza nije uzeta u obzir.

Za određivanje mogućeg datuma pojave važnih fenoloških faza krompira (tab.46), uzete su u obzir sume srednjih dnevnih aktivnih temperatura vazduha (iznad 7°C), pri čemu je u prvoj aproksimaciji zanemaren efekat vlažnosti zemljišta (Poljevoj, 1986).

SUME SREDNJIH DNEVNIH AKTIVNIH TEMPERATURA VAZDUHA (IZNAD 7°C) ZA MEĐUFAZNE PERIODE RAZVIĆA KROMPIRA  
(Poljevoj, 1986)

Tab.46

Nivo dubrenja	Međufazni periodi			
	setva-nicanje	nicanje-pojava pupoljaka	pojava pupoljaka-cvetanje	cvetanje-venjenje cime
	<i>Ranostasne sorte</i>			
visok	320	350	200	850
srednji	400	350	200	600
	<i>Srednjestasne sorte</i>			
visok	320	450	200	1000
srednji	400	450	200	700
	<i>Kasnostasne sorte</i>			
visok	320	500	200	U srednjem delu SSSR vegetacija se nastavlja do pojave mraza
srednji	400	500	200	

Za prognozu datuma cvetanja voćaka Šigoljev (1957) je uzeo konstantnu sumu efektivnih temperatura vazduha (iznad 5°C) za period od obnavljanja vegetacije u proleće do cvetanja (tab.47). Za područja sa postojanom zimom ove sume se izračunavaju počev od prelaska srednje dnevne temperature vazduha iznad 5°C, a za

područja sa nepostojanom zimom od 1. januara.

SUME EFEKTIVNIH TEMPERATURA VAZDUHA (°C) ZA NEKE VRSTE VOĆAKA  
(Šigoljev, 1957)

Tab.47

Vrsta	Od početka vegetacije do početka cvetanja
Kajsija (sovj. sorte)	88
Kruška (rane sorte)	125 ± 10
Šljiva	125 ± 10
Jabuka (većina sorti umerene zone SSSR-a)	185 ± 10

Kada se na osnovu višegodišnjih vrednosti osmatranja fenoloških faza određene vrste i temperature vazduha utvrde konstantne sume efektivnih temperatura za pojedine međufazne periode, dalja tehnika izrade prognoze je jednostavna, bilo da se izračunavanja vrše na osnovu formula, bilo neposredno, sabiranjem dnevnih vrednosti efektivnih temperatura.

J.I.Čirkov (1969) razradio je metodiku za prognozu datuma metličenja kukuruza, zasnovanu na kvantitativnim pokazateljima zavisnosti rasta i razvića kukuruza od temperature vazduha. Ispitivanja su pokazala da je osnovni termički pokazatelj od koga zavisi vreme nastupa ove fenološke faze kod kukuruza - suma efektivnih temperatura vazduha iznad 10°C.

J.I.Čirkov polazi od toga da metličenje kukuruza nastaje posle završetka obrazovanja lišća. Svaka sorta i hibrid ima određen broj listova na glavnom stablu, koji predstavljaju sortnu odliku za stepen stasavanja: kasnije sorte i hibridi imaju više od 19 - 20 listova, a ranostasne 11 - 12 listova. U tab.48 navodi se broj listova najraširenijih sorata kukuruza različitog vremena stasavanja u Sovjetskom Savezu.

BROJ LISTOVA RAZLIČITIH SORATA KUKURUZA  
(Čirkov, 1969)

Tab.48

Grupa sorata i hibrida po vremenu stasavanja	Broj listova na glavnoj stabljici
Vrlo kasne	> 21
Kasne	19 - 21
Srednje kasne	17 - 18
Srednje	15 - 16
Srednje rane	13 - 14
Rane	11 - 12

Ispitivanjima je utvrđeno da je za obrazovanje svakog lista pri srednjoj dnevnoj temperaturi vazduha ispod 18°C potrebna suma efektivnih temperatura vazduha (iznad 10°C) od 30°C. Ukupna potrebna suma efektivnih temperatura u periodu treći list - metličenje, u zavisnosti od broj listova N date sorte i hibrida, iznosiće 30 (N - 2). Prognozirani datum nastupa faze metličenja kukuruza (D) izračunava se po formuli:

$$D = D_1 + \frac{30(N-2)}{K(t-10)}$$

gde je:

$D_1$  = datum nastupa faze trećeg lista kukuruza

$N$  = broj listova odnosne sorte (hibrida)

$t$  = očekivana srednja temperatura vazduha za međufazni period

$K$  = korekcionni faktor

Korekcionni faktor ( $K$ ) zavisi od srednje temperature vazduha za međufazni period. U formulu je uveden za slučaj kada su srednje dnevne temperature vazduha više od 18 - 20°C, jer se tempo razvića kukuruza tada usporava, pa se za obrazovanje jednog lista troši više toplote. Pri srednjoj dnevnoj temperaturi višoj od 26 - 28°C ne primećuje se ubrzano razviće kukuruza.

U fazi metličenja može se dati prognoza datuma mlečne zrelosti na osnovu utvrđenih suma efektivnih temperatura vazduha za međufazni period metličenja - mlečna zrelost. Po Čirkovu one iznose: za kasne i srednje kasne sorte 280°C, za srednjestasne 260°C, a za srednje rane i rane sorte 240°C.

U fenološke prognoze spadaju i tzv. *tranzitivne fenološke prognoze* (od latinske reči transitivus - prethodni), kod kojih se prognoza datuma nastupa bilo koje faze razvića izračunava prema datumu nastupa prethodnih faza.

Meljnik (1947) je na osnovu statističke obrade fenoloških podataka osmatranja srednje poznih sorata suncokreta na teritoriji Ukrajine, severnog Kavkaza i Povolžja dobio sledeće koeficijente korelacije između datuma nastupa fenoloških faza suncokreta (tab.49).

MATRICA KOEFICIJENATA KORELACIJE IZMEĐU DATUMA NASTUPA FENOLOŠKIH FAZA SUNCOKRETA (Meljnik, 1974)

Tab.49

Fenološke faze	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
$x_1$		0,90	0,68	0,83	0,70
$x_2$	0,91		0,74	0,85	0,71
$x_3$	0,69	0,75		0,72	0,64
$x_4$	0,84	0,86	0,78		0,76
$x_5$	0,74	0,74	0,72	0,78	

$x_1$  - setva,  $x_2$  - nicanje,  $x_3$  - pojava glavice,  $x_4$  - cvetanje,  $x_5$  - zrenje

Za svaku od ovih zavisnosti data je jednačina regresije.

Jednačina regresije između datuma zrenja ( $x_5$ ) i setve ( $x_1$ ) omogućava da se po datumu setve dovoljno tačno prognozira zrenje suncokreta ( $x_5 = 0,658x_1 + 124,234$ ).

Srednja kvadratna greška ( $S = \pm \frac{1-r^2}{\sqrt{r}}$ ) jednačine iznosi  $\pm 9$  dana u 89% slučajeva.

Ako se ima u vidu blagovremenost prognoze zrenja, rezultati su veoma zadovoljavajući.

Ispitivanjem zavisnosti trajanja vegetacionog perioda (setva-puna zrelost) suncokreta ( $y$ ) od datuma setve ( $x$ ) na teritoriji SR Srbije (Otošec, 1979) dobijen je koeficijent korelacije  $r_{x,y} = -0,74$  i jednačina regresije:

$$y = 222,36 - 0,7658 x$$

Procena povoljnosti dobijene zavisnosti za prognozu trajanja vegetacionog perioda, odnosno rokova zrenja suncokreta dala je zadovoljavajuće rezultate, jer obezbeđenost izračunatih rokova zrenja iznosi 81% sa tačnošću  $\pm 10$  dana, ili 65% za tačnost  $\pm 8$  dana. Ova ispitivanja su pokazala da pri ranijim rokovima setve puno zrenje suncokreta nastupa kasnije, odnosno da je vegetacioni period suncokreta duži.

### 2.2.3. Prognoze prinosa poljoprivrednih kultura

Prognoza prinosa zasnovana je na modelu biljka/vreme, koji ustvari predstavlja matematičku formulaciju mehanizma rasta i razvića biljke u zavisnosti od meteoroloških faktora. Postoje različiti pristupi izradi modela o uticaju vremena i klime na prinos poljoprivrednih kultura, ali se oni uglavnom mogu klasificirati u tri osnovne grupe (Baier, 1979; cit. Frère): a) modeli simulacije razvića useva, b) analitički i c) empirijsko - statistički modeli. Većina ovih modela razvijena je za žitarice, zbog njihove vodeće uloge u svetskoj proizvodnji hrane i ekonomskog značaja za međunarodnu trgovinu. Vodeće zemlje za operativne prognoze prinosa su Kanada, Nemačka, Indija, Japan, SAD i SSSR.

Simulacioni modeli se mogu definisati kao pojednostavljen, ali što je moguće tačniji, prikaz fizičkih, hemijskih i fizioloških procesa koji se odvijaju u biljci tokom vegetacionog perioda, odnosno oni pokazuju uticaj meteoroloških promenljivih na pomenute procese.

Analitički modeli odnosa biljka/vreme su proizvod dva ili više faktora, od kojih svaki predstavlja pojednostavljenu zavisnost između pojedinačne reakcije biljke i izabranih agrometeoroloških parametara u različitim fazama razvića.

Empirijsko-statistički modeli zasnovani su na zavisnosti prinosa u nekoj oblasti od izabranih parametara vremena i zemljišta za istu oblast, utvrđenoj pomoću statističkih metoda višestruke regresije. Tačnost prognoze zavisi od reprezentativnosti ulaznih podataka i izbora parametara (prediktora). U ove modele treba izabrati one pokazatelje koji su limitirajući za određenu klimatsko-zemljišnu oblast. Tako je npr. za nedovoljno vlažna područja najvažniji prediktor obezbeđenost biljaka vlagom, bilo u obliku padavina ili zaliha produktivne vlage u zemljištu, dok su u uslovima dovoljne vlažnosti, ali pri ograničenim zalihama toplote, osnovni prediktori termički pokazatelji, naročito ako je reč o termofilnim biljkama.

U agrometeorološke modele mnogi, pored osnovnih agrometeoroloških faktora uvršćuju i tzv. inercione faktore, kao što su broj biljaka ili stabljika na jedinici površine polja ( $1 \text{ m}^2$ ), veličina lisne površine, visina biljaka, količina padavina u prethodnom jesensko-zimskom periodu, zalihe produktivne vlage u proleće i dr. To su integralni pokazatelji koji karakterišu ne samo uticaj vremenskih uslova na formiranje prinosa u prethodnom periodu, već, na određen način, i dalje izgleda.

Tipičan primer analitičkog modela je model Baiera (1973), po kome se analizira dnevni doprinos svakog od tri izabrana parametra u formiranju konačnog prinosa (Sunčevo zračenje, temperatura vazduha i vlažnost zemljišta ili evapotranspiracija), mada se uzimaju u obzir i druge reakcije biljaka, kao što su vegetativni porast ili reproduktivno razviće. Reakcija biljaka na svaku od tri izabrane promenljive je ili linearna (pozitivna ili negativna) ili kvadratna (konkavna ili konveksna). Reakcija se menja postepeno tokom životnog ciklusa biljke, kao funkcija biometeorološkog

vremena (t), koje je definisao Robertson (1968).

Osnovna jednačina modela ima sledeći oblik:

$$Y = \sum_{t=0}^{t=m} V_1 \cdot V_2 \cdot V_3$$

gde je: Y = zavisno promenljiva veličina, koja reprezentuje konačan prinos ili komponentu prinosa na kraju neke određene faze razvića, t = biometeorološko vreme od t = 0 do t = m (za datum setve t = 0, nicanja t = 1, bokorenja t = 2 itd.); V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> i V<sub>3</sub> su funkcije izabranih parametara. Svaka funkcija V ima sledeći opšti oblik:

$$V = A_0 + A_1x + A_2x^2$$

gde su A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub> i A<sub>2</sub> polinomi četvrtog stepena t, odnosno koeficijenti koji se za svaki V dobijaju regresionom analizom.

U Sovjetskom Savezu i van njegovih granica za prognozu prinosa *ozime pšenice* najpoznatija je metoda E.S.Ulanove (1959), razvijena na kvantitativnoj zavisnosti prinosa od prolećnih zaliha produktivne vlažnosti zemljišta u sloju do 100 cm i srednjem broju stabljika koji se očuvao posle prezimljavanja na 1 m<sup>2</sup>. Ispitivanja su pokazala da se tesna veza prinosa s ovim integralnim pokazateljima očuvala sve do klasanja ozime pšenice. U ovom periodu, pored prolećnih zaliha produktivne vlage, čiji se uticaj smanjio, na prinos utiče temperatura i naročito količina padavina od obnavljanja vegetacije u proleće do klasanja, kao i visina biljaka.

Na osnovu analize materijala nekoliko stotina agrometeoroloških stanica, E.S.Ulanova je dobila jednačine regresije koje omogućavaju izračunavanje i maksimalne i minimalne veličine očekivanog prinosa ozime pšenice. Prognoza prinosa po ovoj metodi može se dati veoma rano (10 dana posle obnavljanja vegetacije u proleće) po jednačini:

$$y = 0,059 W + 0,24 n - 2,97$$

gde je: y = prosečan prinos ozime pšenice, W = zaliha produktivne vlage u sloju do 1 m za dekadu kada je vegetacija u proleće obnovljena, n = broj stabljika na 1 m<sup>2</sup>.

Za prognozu prinosa ozime pšenice u vreme klasanja (maj/jun) ili još kasnije, krajem juna, Ulanova (1975) je došla do sledećih jednačina višestruke regresije za zonu černozema u SSSR-u:

a) u fazi klasanja:

$$y = -19,92 + 0,29 x_1 - 0,0013 x_1^2 + 0,045 x_2 - 3,10^{-5} x_2^2 + \\ + 0,23 x_3 - 14,10^{-5} x_3^2 - 0,805 x_4 + 0,057 x_4^2$$

gde je:

$y$  = prosečan prinos ozime pšenice (100 kg/ha) za oblast černozema

$x_1$  = srednje zalihe produktivne vlažnosti zemljišta (mm) u sloju 0 - 100 cm u fazi klasanja, za oblast

$x_2$  = prosečan broj klasova po 1 m<sup>2</sup>

$x_3$  = prosečna visina biljaka (cm)

$x_4$  = prosečan broj klasaka u klasu u fazi klasanja

b) krajem juna:

$$y = -14,237 + 0,245 x_1 - 39 \cdot 10^{-5} x_1^2 + 0,0096 x_2 + 10^{-6} x_2^2 + 0,029 x_3 + 3 \cdot 10^{-4} x_3^2 - 0,059 x_4 + 5 \cdot 10^{-4} x_4^2$$

gde je:

$y$  i  $x_1$  = isto kao u prvom slučaju

$x_2$  = prosečan broj stabljika po 1 m<sup>2</sup>

$x_3$  = suma padavina u maju (mm)

$x_4$  = suma padavina u junu (mm).

Ovaj metod omogućava procenu očekivanog prinosa ozime pšenice do tri meseca pre žetve, sa verovatnoćom od 86% u vreme klasanja do 90% krajem juna. Odnosi se, kao što je rečeno, za zonu černozema u Ukrajini, severni Kavkaz, Moldaviju i donje Povolžje.

Metod prognoze prinosa zrna *kukuruz* (J.I.Čirkov 1959) zasnovan je na utvrđenoj zavisnosti prinosa kukuruza ( $Y$ ) od zaliha produktivne vlažnosti zemljišta u sloju 0 - 50 cm ( $W$ ) i veličine lisne površine ( $S$ ) u fazi metličenja.

U praksi ovaj metod koristi sistem jednačina dobijenih za različite veličine  $S$ . Opšti oblik jednačine glasi:

$$Y = -aW^2 + bW - c$$

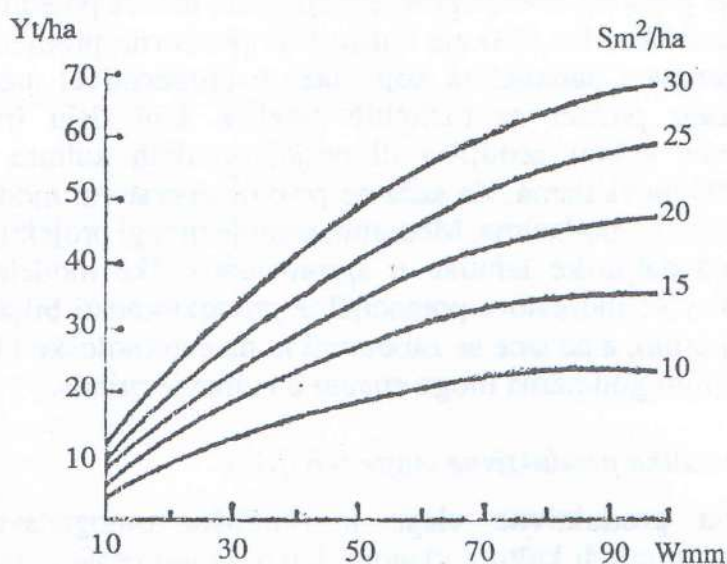
gde je  $Y$  = prinos u t/ha pri datoj površini lisne mase  $S$ ;  $W$  = zaliha produktivne vlage u zemljištu u sloju 0 - 50 cm u fazi metličenja;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  = koeficijenti koji zavise od lisne mase  $S$  (tab.50).

ZAVISNOST PRINOSA ZRNA KUKURUZA ( $Y$ ) OD ZALIHA PRODUKTIVNE VLAGE ZEMLJIŠTA U SLOJU 0-50 CM ( $W$ ) PRI RAZLIČITIM VREDNOSTIMA LISNE POVRŠINE ( $S$ )

Tab.50

Jednačina regresije	$S$ (m <sup>2</sup> /ha)	$S_y$ greška jednačine (t/ha)
$Y = -0,0071 W^2 + 1,4 W - 3,2$	30 000	± 0,27
$Y = -1,006 W^2 + 1,1 W - 4,2$	20 000	± 0,21
$Y = -1,0029 W^2 + 0,53 W + 1,5$	10 000	± 0,19

Slične jednačine su dobijene i za druge vrednosti lisne površine ( $S$ ) u rasponu 10 do 30 hiljada  $m^2/ha$  i na osnovu njih konstruisane su krive prikazane na sl.49.



Sl.49. Zavisnost prinosa zrna kukuruza ( $Y$ ) od zaliha produktivne vlage ( $W$ ) u sloju 0-50 cm i lisne površine ( $S$ )

Veličina lisne površine dobija se na osnovu visine i gustine biljaka na 1 hektaru po formuli:

$$S_1 = 36,94 h - 1632,8$$

gde je  $S_1$  = prosečna lisna površina jedne biljke u  $cm^2$ , a  $h$  = prosečna visina biljke u  $cm$ . Množenjem vrednosti  $S_1$  sa gustinom biljaka, dobija se lisna površina u  $cm^2$ , a u hiljadama  $m^2/ha$  po formuli:

$$S = S_1 / 10\ 000$$

Ove formule mogu da se primenjuju za visinu biljaka od 50 do 250  $cm$ .

Pošto na prinos zrna kukuruza utiče i temperatura vazduha, za dobijanje tačnijih rezultata potrebno je izvršiti izvesne korekcije (tab.51).

KOEFICIJENTI KOREKCIJE TEMPERATURE U TOKU MESEC DANA POSLE METLIČENJA

Tab. 51

Produktivna vlaga u sloju 0-50 cm (mm)	Srednja temperatura vazduha °C				
	16-17	18-19	20-21	22-23	23-24
100	0,68	0,68	0,97	1,00	0,98
80	0,72	0,88	0,99	1,00	0,97
60	0,78	0,90	1,00	1,00	0,95
40	0,84	0,93	1,00	0,96	0,90
20	0,94	1,00	0,96	0,90	0,80

U svetu su razvijene i metode prognoze prinosa drugih poljoprivrednih kultura (ječam, ovas, raž, suncokret, pirinač, soja, šećerna repa i dr.).

Agrometeorološke prognoze prinosa iziskuju još mnoge dopune i usavršavanja. Pre svega potrebno je preći od ocene agrometeoroloških uslova pojedinačnih tačaka na prostornu karakteristiku, što iziskuje izučavanje prostorne promenljivosti onih meteoroloških elemenata i parametara koji ulaze u prognostički model. U tome veliku pomoć pružaju podaci sa različitih satelita, koji daju informacije o vremenskim uslovima, stanju zemljišta ili poljoprivrednih kultura u različitim vremenskim i prostornim skalama. Za sada ne postoje operativni modeli prognoze prinosa samo sa satelitskim podacima. Međutim, postoje mnogi projekti koj istražuju mogućnosti uvođenja daljinske tehnike u agrometeorološke modele. Takođe, u modele treba uvrstiti više indikatora potencijalne produktivnosti biljaka (površina listova, gustina, broj zrna), a ne sme se zaboraviti ni na entomološke i fitopatološke faktore, koji u pojedinim godinama mogu znatno da umanje prinos.

#### 2.2.4. Prognoze zaliha produktivne vlage zemljišta

Prognoze zaliha produktivne vlage u zemljištu omogućavaju procenu obezbeđenosti poljoprivrednih kultura vlagom, kako u rano proleće za određivanje plana setve i rasporeda kultura, tako i u kasnijim periodima njihovog razvića radi sprovođenja neophodnih agrotehničkih mera. Ove prognoze se obično zasnivanju na klimatološkim metodama vodnog bilansa (višegodišnje vrednosti padavina i evapotranspiracije) ili na empirijskim jednačinama regresije. U SSSR-u su razvijene metode koje koriste merenja vlažnosti zemljišta na agrometeorološkim stanicama.

Metoda A.A.Razumove (1957; cit. Hounam C.E., 1975) zasnovana je na zavisnosti zaliha produktivne vlage u proleće od vlažnosti zemljišta u jesen i količine padavina u jesensko-zimskom periodu. Kao pokazatelj stepena zasićenosti zemljišta do optimuma uzima se poljski vodni kapacitet zemljišta izražen u mm. Na osnovu utvrđene zavisnosti navedenih pokazatelja za oblast sa dubokim nivoom podzemne vode i uslovima postojane i nepostojane zime, dobijene su sledeće linearne jednačine:

a) Dubok nivo podzemnih voda, postojane zime:

$$y = 0,115 x + 0,56 h - 20$$

b) Dubok nivo podzemnih voda, nepostojane zime:

$$y = 0,21 x + 0,62 h - 33$$

gde je:  $y$  = promena zalihe produktivne vlage u zemljištu od jeseni do proleća (mm)

$x$  = padavine u jesensko-zimskom periodu (mm)

$h$  = deficit vlage u proleće (mm).

Prognoza se daje na osnovu višegodišnjih vrednosti padavina u jesensko-zimskom periodu, početka proleća (prelazak srednje dnevne temperature vazduha preko 5°C) i izmerene zalihe vlage u jesen.

Prognoza zaliha produktivne vlage u zemljištu za različite periode vegetacije (Fedoseev A.P., 1962; cit. Hounam C.E., 1975) zasnovana je na zavisnosti promena zaliha vlage od padavina i temperature vazduha. Pomoću utvrđene linearne jednačine



regresije, a korišćenjem zaliha produktivne vlage utvrđene u prethodnoj dekadi i prognozirane ili višegodišnje srednje dekadne vrednosti temperature i padavina za naredne 1 - 2 dekade, prognoza zaliha produktivne vlage za dekadu (W) daje se po formuli:

$$W = aw + bt + cr + d$$

gde su:

W = dekadna promena zaliha vlage (mm) u sloju 0 - 100 cm

w = zaliha vlage u zemljištu na početku dekade (mm)

t = očekivana srednja dekadna temperatura vazduha

r = očekivana dekadna suma padavina

a, b, c, d = koeficijenti regresije

Fedoseev koristi sledeće empiričke jednačine za izračunavanje vlažnosti zemljišta:

a) Zalihe vlage u zemljištu veće od 60% od poljskog kapaciteta

$$W = -1,98 t + 1,64 r - 0,36 w + 32$$

b) Vlažnost zemljišta između 60% od poljskog kapaciteta i tačke uvenuća:

$$W = -0,63 t + 0,49 r - 0,22 w + 8,2$$

c) Vlažnost zemljišta ispod tačke uvenuća:

$$W = -0,03 t + 0,49r - 0,15 w + 1,4$$

### 2.2.5. Prognoze zaštite bilja

Iako se danas dostižu rekordni prinosi, koji se nisu mogli ni zamisliti pre nekoliko decenija, oni u znatnoj meri (do 30%) mogu biti smanjeni raznim bolestima i štetočinama. Da bi se to sprečilo primenjuju se zaštitne mere sa pesticidima, čime se zagađuje, voda, vazduh i hrana. Na taj način rešavanje jednog problema, tj. proizvodnja dovoljne količine hrane, stvara druge probleme - zagađivanje prirodnih resursa, remećenje ekološkog bilansa i ugrožavanje biosfere.

U suzbijanju bolesti i smanjivanju šteta koje one nanose, mogu se primeniti sledeće mere:

- a) mehaničke (agrotehničke)
- b) hemijske (fungicidi)
- c) biološke (prirodni neprijatelji).

S obzirom na veliku osetljivost visokorodnih kultura na bolesti, a vodeći računa da se životna sredina minimalno zagađuje, buduća strategija razvoja trebala bi da ide u pravcu stvaranja otpornih vrsta i sorata i omogućavanja prirodnim neprijateljima da regulišu populaciju patogena (biološke mere). Do tada, treba da se koriste sve raspoložive mogućnosti i smanji primena fungicida. To se može postići pravilnom i pravovremenom primenom zaštitnih mera, u čemu veliku ulogu igraju prognoze pojave i širenja biljnih bolesti.

Veza između vremenskih prilika i razvića biljnih bolesti i štetočina odavno je poznata. Za proučavanje ove veze, naročito za utvrđivanje vremenskih uslova

povoljnih za razviće bolesti i štetočina i perioda životnog ciklusa kada su oni najviše osetljivi na njih, potreban je interdisciplinarni prilaz, odnosno zajednički rad agrometeorologa i fitopatologa ili entomologa.

Do sada su u svetu razvijeni već mnogi modeli, naročito zadnjih godina, i to zbog: a) boljeg poznavanja interakcija biljka/sredina/bolest, b) korišćenja sistema prikupljanja meteoroloških i bioloških podataka i c) napretka u obradi podataka, što se odnosi na razvoj računarske tehnike, koja omogućava ne samo brzu izradu odgovarajuće informacije nego i njeno brzo dostavljanje do neposrednog korisnika. Cilj ovih modela je suzbijanje bolesti, smanjenje korišćenja hemijskih sredstava i time poboljšanje sanitarnog kvaliteta proizvoda, kao i povećanje efikasnosti zaštite bilja.

Operativni modeli prognoze daju odgovor DA ili NE prskanje, i neposredno su uključeni u sistem zaštite bilja. Međutim, da bi model postao operativan potrebna su prethodna ispitivanja odnosa biljka (domaćin) /patogena/ vreme za razvoj odgovarajućih modela. Modeli mogu biti statistički - zasnovani na metodama regresije, ili simulacioni (dinamički), gde se procenjuju epidemiološki procesi.

Kao ilustraciju navešćemo primer metoda prognoze plamenjače krompira (*Phytophthora infestans*), najopasnije bolesti krompira koja prosečno smanjuje prinos za oko 20%, a u povoljnijim godinama za njeno razviće i do 50%. Optimalni uslovi za razviće gljivice su visoka relativna vlažnost vazduha (iznad 90%) i temperatura vazduha 18 - 23°C. Takođe je značajna i kiša, jer obezbeđuje vodu potrebnu za klijanje sporangija i povećava vlažnost unutar biljnog sklopa. U jačem intenzitetu bolest se javlja kada se redovi krompira spoje a to je obično malo pre ili u početku cvetanja.

Metode prognoze plamenjače krompira mogu se podeliti u tri grupe: a) zasnovane na povoljnim vremenskim uslovima, b) na nepovoljnim vremenskim uslovima i c) simulacioni modeli.

U prvu grupu, pored najstarije metode van Everdingena (1926), spada i niz drugih metoda postavljenih na kriterijumu temperatura - relativna vlažnost ili temperatura - kumulativne padavine.

U drugu grupu spada negativna prognoza plamenjače krompira (Schrödter i Ullrich, 1965-1967), čiji se model koristi u praksi u Nemačkoj već dugi niz godina. Prvi rezultati primene ovog modela u našoj zemlji, počete u Sloveniji 1986. godine, veoma su povoljni. Jednačina višestruke regresije zavisnosti širenja napada (Y) od meteoroloških faktora glasi:

$$Y = C_1 Y(K) + C_2 Y(S) + C_3 Y(M) + C_4 Y(U)$$

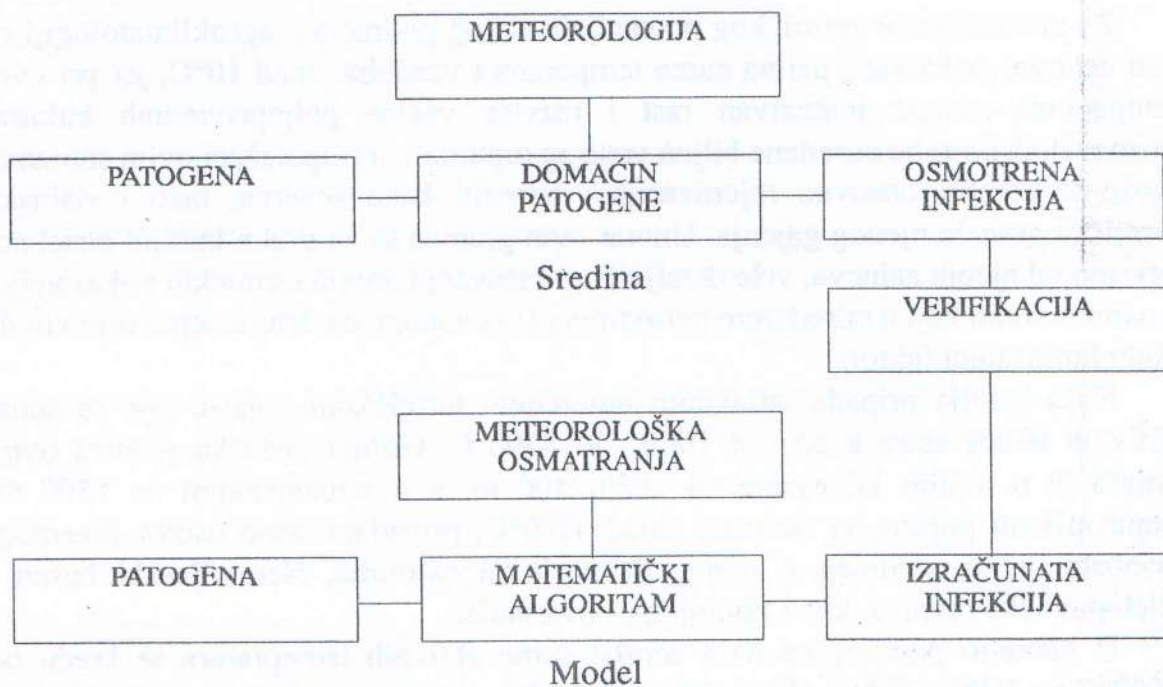
gde je: Y(K) - deo koji pokazuje uticaj temperature na klijanje konidija, Y(S) - na obrazovanje sporangija, Y(M) - na rast micelija i Y(U) - korekciona veličina, koja pokazuje zastoj širenja infekcije zbog suvih perioda koji se u međuvremenu javljaju.

Ovaj model zahteva satne vrednosti temperature, relativne vlažnosti vazduha i padavina za izračunavanje dve kritične vrednosti od nicanja nadalje, koje odgovaraju napadu od 0,1% (GBZ = 150) i 1,0% (GBZ = 270) (o epidemiji se govori uglavnom tek pri napadu od 5%). Pre dostizanja prve kritične vrednosti, što se vremenskih uslova tiče, ne treba računati sa takvom pojavom plamenjače koja zahteva suzbijanje, zbog toga se i zove negativna prognoza. Između prvog i drugog kritičnog termina

mora se krompirište kontrolisati i u slučaju nalaženja simptoma, sprovesti prskanje. Posle dostizanja druge kritične vrednosti (GBZ = 270) postoje meteorološki uslovi za brzo širenje bolesti, pa se pored redovne kontrole mora vršiti i zaštita.

Jedan nemački naučnik (Sussenberger, 1968) je izračunao da se u SR Nemačkoj eliminisanjem samo jednog prskanja, uštedi oko 5 US dolara po hektaru, ili oko 3,5 miliona US dolara u celoj zemlji.

Simulacioni modeli su se razvili tek zadnjih godina, sa razvojem kompjuterske tehnike. Simulator biljne bolesti (sl. 50) je ustvari kompjuterski program koji pokušava da imitira zajedno sve aspekte ciklusa biljne bolesti i da potencijal bolesti prouzrokovao različitim setovima spoljašnjih uslova (Mandrioli, 1987; cit. Bajić, 1988).



Sl. 50. Šematski dijagram simulatora biljne bolesti (Mandrioli, 1987)

Najveća prednost simulatora biljne bolesti je u tome što određuje potencijal bolesti. Mogućnosti prognoze bolesti i kasnije preporuke mere suzbijanja, mogu se upoređivati pod različitim setovima spoljnih uslova i određivati stepen suzbijanja. Velika prednost simulacionih modela je i njihova fleksibilnost. Promena parametara za različite situacije postiže se jednostavnom promenom jednog ili dva proračuna u programu. Poznati su modeli Krausa et. al. (1975) i Sparksa (1980, i pojednostavljen model 1984.) (cit. Bajić, 1988).

### 3. AGROKLIMATSKE INFORMACIJE

Savremena poljoprivreda mora pored ostalog (selekcija, zemljište) da se temelji i na proučenim agroklimatskim uslovima, kako bi se postojeći klimatski potencijal mogao pravilno i racionalno koristiti. Stoga su agroklimatske informacije neophodne kod donošenja strategijskih planova razvoja poljoprivrede, a što se pre svega odnosi

na povećanje kvantiteta i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, introdukciju novih sorata ili vrsta, kao i na proširenje areala gajenja određenih poljoprivrednih kultura.

Za proširenje i pravilno usmeravnaje poljoprivredne proizvodnje neophodno je poznavanje agroklimatskih resursa kojima određeno područje raspolaže, kako bi se moglo proceniti da li će proizvodnja biti i ekonomski opravdana. To se prvenstveno odnosi na osnovne elemente, toplotu i vlagu, koji mogu ne samo umanjiti već i ugroziti porast, razviće i donošenje ploda.

### 3.1. Osnovne agroklimatske karakteristike Jugoslavije

Za procenjivanje termičkog potencijala nekog područja u agroklimatologiji se kao osnovni pokazatelj uzima suma temperatura vazduha iznad 10°C, jer pri ovoj temperaturi nastaje intenzivan rast i razviće većine poljoprivrednih kultura. Poznavajući potrebe određene biljne vrste za toplotom, a raspolažući ovim sumama, može se izvršiti osnovna rejonizacija i odrediti kako severna, tako i visinska termička granica njenog gajenja. Unutar ovih granica se za svaku kulturu posebno, zavisno od njenih zahteva, vrše detaljnija proučavanja drugih termičkih pokazatelja, a naročito onih koji u određenim periodima razvića mogu da deluju nepovoljno ili da budu limitirajući faktor.

Naša zemlja pripada uglavnom umerenom termičkom pojasu, čije se sume aktivnih temperatura kreću od 1000° do 4500°C. Gornja visinska granica ovog pojasa je u toplim krajevima na 2000-2100 m, a u serozapadnim na 1500 m. Suptropskom pojasu, sa sumama iznad 4500°C, pripadaju samo ostrva severnog, priobalni pojas srednjeg i južnog Primorja sa ostrvima, Neretvljanski basen i Bjelopavlička ravnica, kao i krajnji jug Povardarja.

U glavnim područjima naše zemlje sume aktivnih temepratura se kreću od 3000°C do 3600-3700°C. U kontinentalnom delu zemlje one opadaju sa povećanjem nadmorske visine za 160-170°C na svakih 100 m. Na Primorju su vertikalni gradijenti veći, oko 200°C/100 m na severnom i 213 - 214°C/100 m na ostalom delu Primorja.

Pri dovoljnoj količini toplote i drugih faktora (svetlosti, hraniva) razviće poljoprivrednih kultura zavisi od njihove obezbeđenosti vlagom. Sud o tome ne može se donositi samo na osnovu padavina, jer njihova efektivnost veoma zavisi od isparavanja. Stoga su mnogo bolji pokazatelji obezbeđenosti biljaka vlagom oni koji daju odnos padavina prema isparavanju. Jedan od takvih je Seljaninov hidrotermički pokazatelj (HTK)\*, koji daje odnos sume padavina prema sumi aktivnih temperatura vazduha, jer ono približno odgovara potencijalnom isparavanju (Budiko, 1956). Na osnovu numeričkih vrednosti ovog pokazatelja Seljaninov je dao i klimatsku

$$* HTK = \frac{\sum R}{0.1 \sum t \text{ } ^\circ\text{C}} \quad (\text{Suma padavina i suma temperature vazduha odnose se na period sa srednjim dnevnim temperaturama vazduha iznad } 10^\circ\text{C})$$

klasifikaciju uslova vlaženja u vegetacionom periodu. Međutim, ispitivanja njene primenljivosti na naše klimatske uslove su pokazala da ona ne odgovara uslovima vlaženja u našoj zemlji, pa je izvršena njena modifikacija (Otošević, 1973).

Agroklimatsko rejoniranje uslova vlaženja za potrebe poljoprivrednih kultura, na osnovu modificirane klimatske klasifikacije, prikazano je na sl. 51.

Od glavnih žitorodnih područja, Vojvodina i Pomoravlje spadaju u nedovoljno vlažna ( $HTK = 1,0 - 1,3$ ), a Slavonija sa Posavinom u umereno vlažna ( $HTK = 1,3 - 1,5$ ) područja. Nedovoljno vlažna područja dobijaju godišnje prosečno 500 - 750 mm padavina. Međutim, kako je godišnja suma potencijalnog isparavanja približna sumi padavina ( $\pm 50$  mm), to je prihod vlage približno jednak rashodu. Situacija je nešto povoljnija u umereno vlažnoj zoni, koja godišnje dobija 800 - 1000 mm padavina i gde je prihod vlage u proseku veći za 200 - 300 mm.

Inače, u najsuvlja područja u našoj zemlji spada ostrvo Palagruž ( $HTK < 0,5$ ), Ovče Polje u Makedoniji, srednje Povardarje i Skopska kotlina ( $HTK = 0,5 - 0,7$ ), a u najvlažnija ( $HTK > 3,0$ ) severozapadni deo Slovenije, Gorski Kotar i područje oko Crkvice.

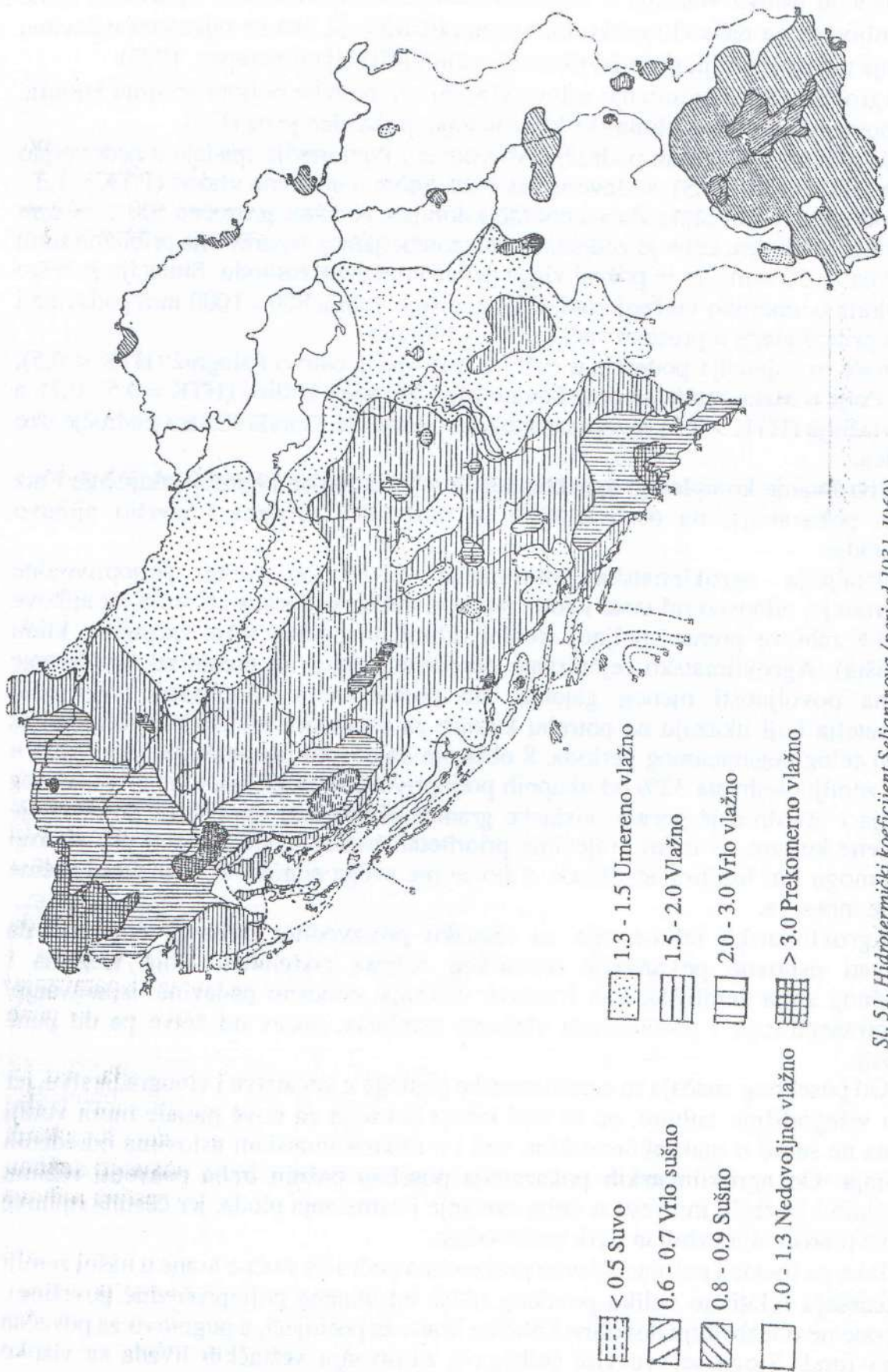
Utvrđivanje kompletnih agroklimatskih resursa nekog područja uključuje i niz drugih pokazatelja, na osnovu kojih se može dati procena i izvršiti njihovo bonitiranje.

Detaljnija agroklimatska informacija zavisi od vrste poljoprivredne proizvodnje, odnosno od vrste i sorte poljoprivredne kulture, s obzirom na njihove različite zahteve prema spoljnoj sredini (klimi prizemnog sloja vazduha i klimi zemljišta). Agroklimatsko rejoniranje određene kulture je prostorno utvrđivanje stepena povoljnosti njenog gajenja, što podrazumeva određivanje svih onih pokazatelja koji ukazuju na potrebu kulture za osnovnim klimatskim elementima tokom celog vegetacionog perioda. S obzirom da brdsko-planinska poljoprivreda u našoj zemlji obuhvata 32% od ukupnih poljoprivrednih površina, to je od posebnog značaja i utvrđivanje gornje, visinske granice ekonomski opravdane proizvodnje određene kulture. U ovim krajevima prioritetan značaj imaju toplotni uslovi, koji često mogu biti limitirajući faktor, a što se pre svega odnosi na intenzitet i vreme pojave mrazeva.

Agroklimatska informacija za ratarsku proizvodnju treba prvenstveno da obuhvati osnovne pokazatelje termičkog režima prizemnog sloja vazduha i oraničnog sloja zemljišta, kao i uslova vlaženja, odnosno padavine, isparavanje/evapotranspiraciju i produktivnu vlažnost zemljišta, počev od žetve pa do pune zrelosti.

Od posebnog značaja su agroklimatske podloge u voćarstvu i vinogradarstvu, jer su to višegodišnje kulture, pa se kod izbora lokacija za nove nasade mora voditi računa ne samo o makroklimatskim, već i o mikroklimatskim uslovima određenih položaja. Od agroklimatskih pokazatelja posebnu pažnju treba posvetiti režimu prolećnih i jesenjih mrazeva u doba cvetanja i zretanja ploda, jer čestina njihove pojave predstavlja ozbiljan rizik proizvodnje.

Iako su livade i pašnjaci glavna proizvodna područja stočne hrane u našoj zemlji i zauzimaju relativno veliku površinu (43% od ukupne poljoprivredne površine), ipak one ne obezbeđuju dovoljne količine hrane za postojeći, a pogotovo za povećan stočni fond. Stoga se sve više pribegava zasnivanju veštačkih livada sa visoko



Sl. 51. Hidrotermički koeficijent Seljaninova (period 1931-1960)

kvalitetnim travno - leguminoznim smešama, čiji uzgoj zahteva poznavanje agroklimatskih uslova područja.

O udelu i značaju agrometeorologije i agroklimatologije u stočarskoj proizvodnji izneto je u narednoj Glavi 8.

#### 4. LITERATURA

- Baier W., 1977: Crop-Weather Models and their Use in Yield Assessment. WMO Technical Note No 151, Geneva
- Bajić S., 1988: A Survey on Potato Blight *Phytophthora Infestans* (Mont) de Bary-Forecasting. The Meteorological Office, Agricultural Department, Bracknell, Berks
- Čirkov J.I., 1969: Agrometeorologičeskiye uslovija i produktivnost kukuruza. Gidrometeoizdat, Leningrad
- Čirkov J.I., 1970: Razvitie metodov agrometeorologičeskih prognozov urožaja seljskohozjajstvennih kultur. Agrometeorologičeskie aspekti povišenija produktivnosti zemledelija, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Čirkov J.I., 1979: Agrometeorologija. Gidrometeoizdat, Leningrad
- Dommermuth H., 1988: Study on Requirements to be met by an Agrometeorological Service in Countries with Highly Developed Industries. Referat podnet na zasedanju Radne grupe za agrometeorologiju VI Regiona SMO, Ženeva
- Frère M., Popov G.F., 1979: Agrometeorological Crop Monitoring and Forecasting. FAO Plant Production and Protection Paper, No 17, Rome.
- Hounam C.E. et oth., 1975: Drought and Agriculture. WMO Technical Note No 138, Geneva
- Jevtić S., 1977: Pšenica. Nolit, Beograd.
- Jevtić S., Labat A., 1985: Agroekološki uslovi gajenja pšenice i kukuruza u Vojvodini. Nolit, Beograd
- King D., 1989: Remote Sensing and Agrometeorological Models for Yield Forecasts. Joint Research Centre, Ispra Site
- Meljnik J.S., 1972: Klimat i proizrastanie podsolnečnika. Gidrometeoizdat, Leningrad
- Meljnik J.S., 1974: Predvičislenie srokov nastuplenija osnovnih faz razvitija podsolnečnika s boljšoj zablago vremennostju. Trudi, vip. 130, Gidrometeoizdat
- Otorepec S., 1973: Prilog agroklimatskom rejoniranju uslova vlaženja u Jugoslaviji po hidrotermičkom koeficijentu Seljaninova. Arhiv za poljoprivredne nauke, God. XXVI - Sv. 96
- Otorepec S., 1979: Dugoročna prognoza trajanja vegetacionog perioda suncokreta. Dokumentacija za tehnologiju i tehniku u poljoprivredi, Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar, br. 3-4/78, Beograd
- Otorepec S., 1980: Uloga i značaj agrometeorologije u povećanju stočarske proizvodnje u brdsko-planinskim područjima. Republički hidrometeorološki zavod SR Srbije, Savetovanje o vremenu, klimi i agroklimatskim uslovima u brdsko-planinskim područjima SFRJ, Beograd
- Otorepec S., 1983: Termička klasifikacija klime Jugoslavije. Arhiv za poljoprivredne nauke, Vol. 44, Sv. 155
- Pavlova M.D., 1968: Praktikum po seljskohozjajstvennoj meteorologii. Izdateljstvo "Kolos", Moskva
- Pavlova M.D., 1974: Praktikum po agrometeorologii. Gidrometeoizdat, Leningrad
- Polevoy A.N., 1986: Phenological Forecasts of Crop and Natural Range Vegetation Development. Agrometeorology, Proceedings of the International Training Course, UNEP
- Robertson G.W., 1983: Weather-Based Mathematical Models for Estimating Development and Ripening of Crops. WMO Technical Note No 180, Geneva
- Šigoljev A.A., 1957: Metodika sostavljenija fenologičeskih prognozov. Sbornik metodičeskih ukazanih na analizu i ocenke složihšivsja i ožidaemih agrometeorologičeskih uslovii. Gidrometeoizdat, Leningrad
- Ulanova E.S., 1959: Metodi agrometeorologičeskih prognozov. Gidrometeoizdat, Leningrad

Ullrich J., Schrödter H., 1966: Das Problem der Vorhersage des Auftretens der Kartoffelkrautfäule (*Phytophthora infestans*) und die Möglichkeit seiner Lösung durch eine "Negativ prognose". Nachr. Bl. Dr. Pflanzenschutzdienst, Braunschweig

Wang J.Y., Bruton M.D., Luchessa C.E., Roper T.J., 1982: The Grower's Weather Guide for Farming Practices. Milieu Information Service, San Jose, California



## GLAVA VIII

# VREME I DOMAĆE ŽIVOTINJE

### 1. UVOD

Odnose između organizama životinja i meteoroloških uslova sredine proučavaju mnoge naučne discipline (fiziologija, ekologija životinja i dr.), a poslednjih godina u svetu počinje sve više da se razvija zoometeorologija, kao rezultat zajedničkog proučavanja biologa i meteorologa o ponašanju organizama životinja u različitim meteorološkim uslovima i fizičkim sredinama.

Domaće životinje moraju se proučavati odvojeno od drugih homeotermi (toplokrvnih životinja) koje žive u prirodnim uslovima. Razlog tome je što su njihovo pripitomljavanje, uslovi ishrane i smeštaja tokom godina i generacija doveli do nešto izmenjenih zahteva domaćih životinja prema uslovima spoljne sredine. Iako su proučavanja domaćih životinja koje služe za ishranu čoveka (goveda, svinje, ovce i dr.) veoma obimna, u okviru agrometeorologije ona su nedovoljna i svode se najčešće na ispitivanje mikroklike staja, štala i drugih smeštajnih prostorija domaćih životinja. S obzirom na dalji perspektivni razvoj agrometeorologije, kao relativno mlade nauke, može se gotovo sa sigurnošću tvrditi da će se vremenom polje rada agrometeorologije sve više proširivati i na stočarsku proizvodnju. Ovo tim pre što su biljna i stočarska proizvodnja tesno povezane, a povećanje poljoprivredne proizvodnje nekog područja odnosi se na povećanje produktivnosti i u biljnoj i u stočarskoj proizvodnji.

Iako su životinje u sredini u kojoj žive manje ograničene od biljaka, jer mogu da se kreću i izbegavaju nepovoljne klimatske uslove, ipak stočarska proizvodnja u velikoj meri zavisi od faktora spoljne sredine, a naročito od vremena i klime.

Pre svega vreme utiče na fiziološke procese u organizmu domaćih životinja, koji su složeniji nego kod biljaka, zbog održavanja konstantne temperature tela ovih životinja, kao i zato što se u organizmu odigravaju kompleksni nervni, endokrini i drugi procesi.

Pošto domaće životinje najveći deo svoga života provode u odgovarajućim smeštajnim prostorijama, a u industrijalizovanoj stočarskoj proizvodnji i ceo svoj život, to su za obezbeđenje odgovarajućeg nivoa proizvodnje potrebni optimalni mikroklimatski uslovi. Pravilna rešenja mogu se doneti samo saradnjom i

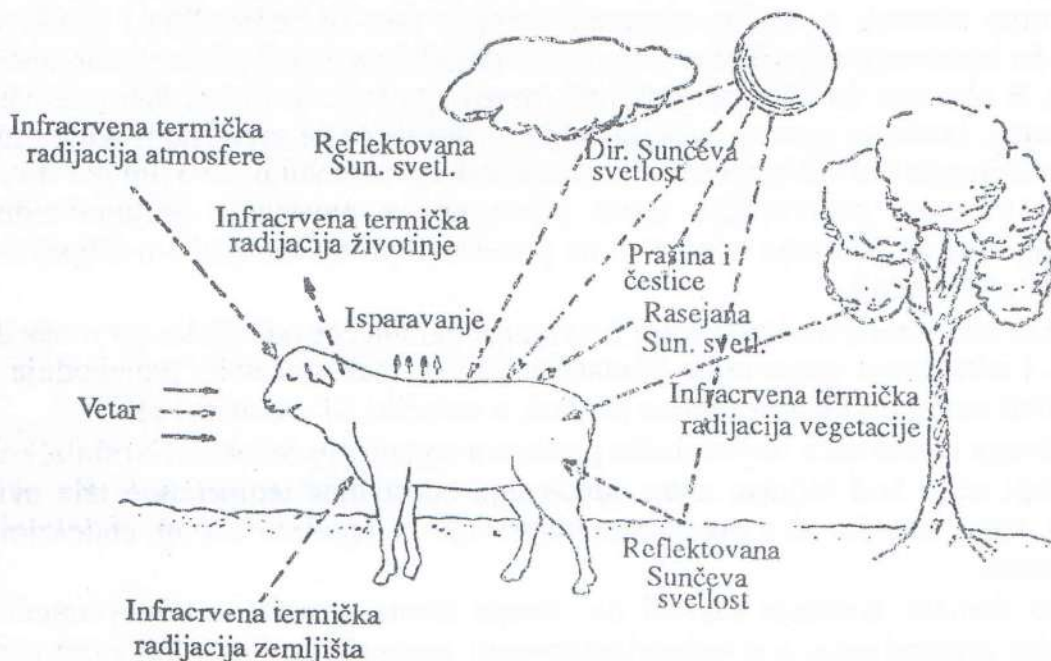
zajedničkim radom meteorologa, stočara i veterinara.

Kako pojava i intenzitet mnogih bolesti domaćih životinja zavise od vremena i klime, poslednjih godina se vrše obimna istraživanja odnosa između vremena i parazita, i to kako laboratorijska tako i u prirodnim uslovima. Na osnovu tih odnosa razvijeni su mnogi modeli vreme-parazit, koji se koriste za prognozu pojave određene bolesti i njene kontrole pomoću bioloških i meteoroloških podataka. Tu spadaju, na primer, matematički modeli za prognozu metiljavosti (*Fasciola hepatica*). Matematički modeli obuhvataju temperaturne modele za prognozu vremena potrebnog da se razvije veliki metilj izvan sisara, u slobodnoj prirodi, a u različitim temperaturnim uslovima, zatim modele vlažnosti i kombinovane prognostičke algoritme, na osnovu podataka temperature i vlage (M. J. Hope, Cawdery i drugi, 1978).

## 2. UTICAJ METEOROLOŠKIH FAKTORA NA OSNOVNE FIZIOLOŠKE PROCESSE DOMAĆIH ŽIVOTINJA

Najznačajniji, direktan i stalan uticaj spoljne sredine na organizam domaćih životinja odražava se preko održavanja termičkog bilansa i preko borbe organizma da održava konstantnu temperaturu tela, bez obzira na kolebanja temperature okolne sredine. Osim temperature i zračenja, na organizam životinja koje se gaje napolju utiču još i vlažnost vazduha, vetar i padavine. Posredan uticaj meteoroloških faktora ogleda se u kvalitetu i kvantitetu krmne hrane.

Domaće životinje su homeotermne i konstantna temperatura tela realizuje se održavanjem ravnoteže između izgubljene toplote i toplote primljene iz okolne sredine.



Sl. 52. Razmena energije između životinje i okolne sredine

Gubljenje toplote vrši se po fizičkim zakonima, i to: zagrevanjem vazduha koji okružuje organizam životinje (provodljivost toplote), izračivanjem zagrejjane površine tela, potrošnjom toplote na isparavanje vode sa površine tela i disanjem. Osim toga, određena količina toplote troši se na zagrevanje hrane i vode u organizmu, kao i vazduha pri disanju. Pri temperaturi okolne sredine od 20°C procentualni odnos izgubljene toplote je sledeći (Berbecel i drugi):

provodljivost	31,00 %
izračivanje	43,74
isparavanje	21,27
zagrevanje hrane	1,55
zagrevanje vazduha u plućima	1,30
gubljenje toplote preko mokraće i fekalija	0,70

Organizam životinje dobija toplotu od okolne sredine putem Sunčevog zračenja, konvekcije i provođenjem. Osim toga, određenu količinu toplote životinje dobijaju i hemijskim putem, iz procesa metabolizma (sl. 54). Jednačina bilansa (Burton, 1955; cit. Berbecel, 1970) između energije koju je proizvela životinja i gubitka te energije u okolnu sredinu glasi:

$$H_p - H_s - H_w = H_r + H_c + H_e$$

gde je:

$H_p$  = toplota nastala metabolizmom

$H_s$  = toplota koja ostaje u organizmu da bi regulisala temperaturu tela

$H_w$  = toplota utrošena na zagrevanje hrane i vode u organizmu

$H_r$  = gubljenje toplote izračivanjem

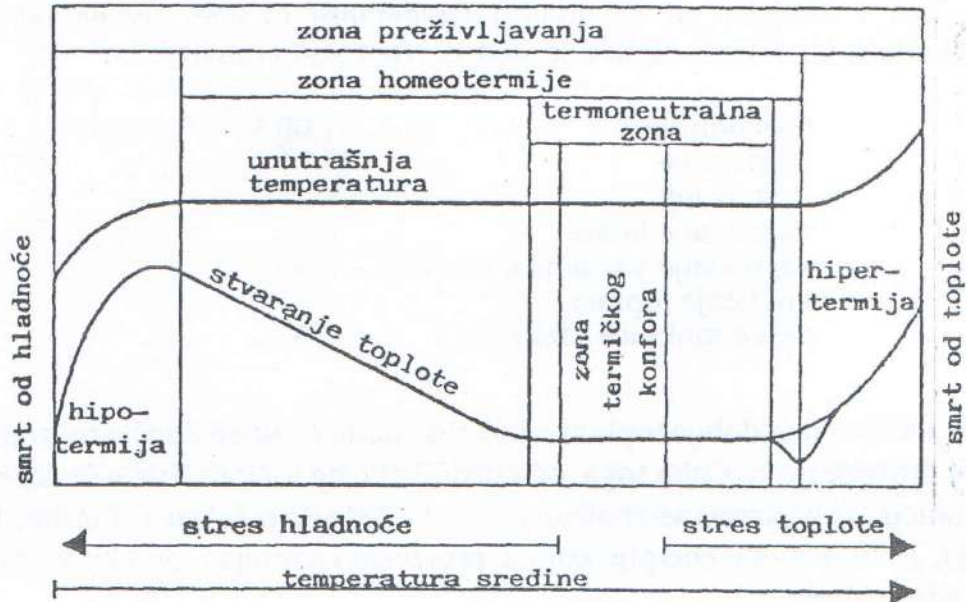
$H_c$  = gubljenje toplote konvekcijom i provodljivošću

$H_e$  = gubljenje toplote isparavanjem.

Pri velikim temperaturnim razlikama između organizma životinje i okolne sredine, konstantna temperatura tela održava se sa većim teškoćama i to može da izazove stresove kod životinja. Temperatura vazduha (pri mirnom vremenu) ispod koje životinje treba da povećaju svoju proizvodnju toplote kako bi se sprečio pad temperature tela naziva se *kritičnom temperaturom*. Ona je uvek funkcija količine i energije unete hrane, od koje zavisi proizvodnja toplote u procesu metabolizma. Kao primer može se navesti da 20-mesečna krava proizvodi 10046 kJ/m<sup>2</sup> dnevno, a za vreme laktacije i do 15907 kJ/m<sup>2</sup>

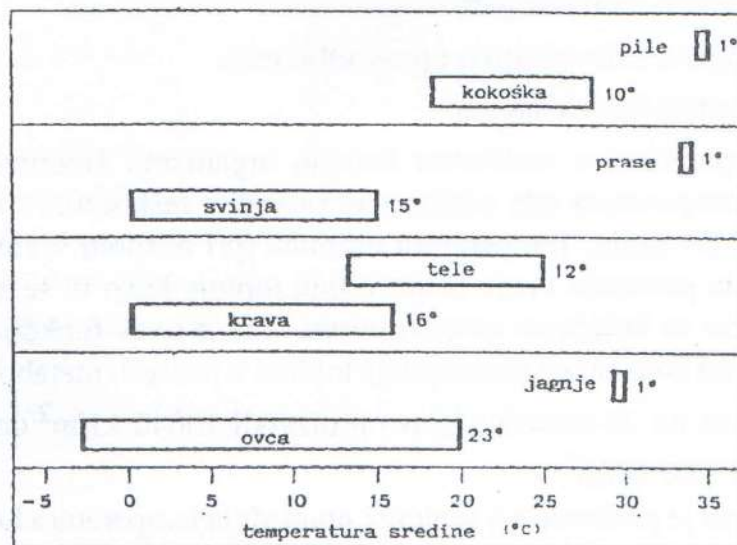
Na sl. 53 prikazana je proizvodnja toplote i unutrašnja temperatura homeoterme kao funkcija okolne sredine. Produktivnost životinja je najveća kada su meteorološki elementi tako kombinovani da stvaraju tzv. termoneutralnu zonu u kojoj postoji ravnoteža između toplote koju proizvode životinje i okolne sredine. Unutar ove zone

postoji ograničeno područje, zona termičkog konfora, gde je potreban minimalan termoregulacioni napor. To je termičko područje za koje se može pretpostaviti da bi ga same životinje izabrale kao najpovoljnije.



Sl. 53. Proizvodnja toplote i unutrašnja temperatura homeoterme kao funkcija okolne sredine (Bianca, 1976; cit. Starr, 1983)

Granice termoneutralne zone su donja i gornja kritična temperatura, ispod, odnosno iznad koje mora da se poveća metabolizam da bi se održala homeotermija, tj. zahtevi održavanja se povećavaju. Pri tome je kod preživara donja kritična temperatura od većeg praktičnog značaja u umerenoj klimatskoj zoni, a gornja u toplim klimatima.



Sl. 54. Termoneutralne zone mladih (novorođenih) i odraslih vrsta (Bianca, 1976; cit. Starr, 1983, 1988)

Postoji izrazita razlika donje kritične temperature između mladih (novorođenih) i odraslih vrsta, naročito kod vrsta malog telesnog sklopa, kao što su pilići i kod jaganjaca, čija je smrtnost npr. u Engleskoj 17%, a u drugim evropskim zemljama i Australiji i veća (Starr, 1988). Donja granica zone predstavlja donju kritičnu temperaturu, gornja - granicu temperature okolne sredine pri kojoj počinje isparavanje da se povećava. Brojke iza svakog ograđenog prostora prikazuje širinu zone u °C (Bianca, 1976; cit. Starr 1983, 1988) (sl.54).

Telesna temperatura većine domaćih životinja kreće se od 38° do 42°C, zavisno od vrste i uzrasta. Kod goveda ona varira od 37,8 do 39,5°C, ovaca 38-40°C, svinja 37,8-39,4°C, živine 38-42°C, itd.

U tab. 52 data je kritična temperatura vazduha za junad i ovce, u različitim uslovima.

KRITIČNA TEMPERATURA ZA JUNAD I OVCE (Smith, 1970)

Tab. 52

Vrsta	Karakteristika pokrivača	Kritična temperatura u °C
<i>Junad</i>		
Minimalni obrok	Normalan 8 mm	18
Održavanje	Normalan 8 mm	7
Dobitak 500 g dnevno	Normalan 8 mm	-1
<i>Ovce</i>		
Minimalan obrok	Runo 5 mm	31
Održavanje	Runo 5 mm	25
Pun obrok	Runo 5 mm	18
<i>Ovce</i>		
Održavanje	Runo 1 mm	28
Održavanje	Runo 10 mm	22
Održavanje	Runo 50 mm	9
Održavanje	Runo 100 mm	-3

Kao što se vidi, fiziološki procesi, a pre svega proizvodnja toplote metabolizmom, zavise od fizičkih uslova sredine, a najviše od temperature okolnog vazduha. Međutim, ako je temperatura vazduha visoka, onda se povećava termoliza, najviše preko procesa isparavanja, bilo sa površine kože, bilo preko respiratornih organa. Pri višim temperaturama, životinja počinje brže da dahće da bi izgubila više toplote isparavanjem. Tako se pri temperaturi oko 40°C dahtanje povećava od 20-24, koliko je normalno, do 150-200 u minuti. Svinje, koje nemaju znojne žlezde, najosetljivije su na promene temperature od svih domaćih životinja, a naročito su osetljive na visoke temperature.

Od ostalih meteoroloških faktora na fiziološke funkcije domaćih životinja utiče i Sunčevo zračenje. Ono povećava njihovu životnu aktivnost, poboljšava metabolizam. Ultraljubičasto zračenje poboljšava kvalitet krvi, pojačava proces rasta i obrazovanja tkiva i potpomaže razvitak kostiju. Međutim, intenzivna svetlost može delovati i negativno, i to na hipofizu preko očnog nerva. Ona izaziva pad metabolizma i apetita, a deluje i indirektno uspavljujuće.

Povećana vlažnost vazduha i vetar takođe utiču na produktivnost domaćih životinja. Stoka koja je zaštićena od vetra i povećane vlažnosti ima veću produktivnost nego nezaštićena. Velika vlažnost vazduha, kao i česte kiše, mogu biti uzrok nekih febrilnih stanja životinja, a kod ovaca i uzrok lošeg kvaliteta vune. Jaki vetrovi, naročito pri niskim temperaturama, dovode do gubljenja toplote tela, a ako to potraje duže onda i do febrilnih stanja praćenih visokom temperaturom. Međutim, i niska vlažnost vazduha, naročito u uslovima atmosferske i zemljišne suše, nepovoljno utiče na organizam domaćih životinja, jer dovodi do oboljenja disajnih organa.

U prirodnim uslovima padavine predstavljaju važan meteorološki elemenat koji treba uzeti u obzir. Rhoad (1941; cit. Berbecel i drugi) iznosi da je za rast ovaca iz Engleske potrebna vlažna i prohladna klima. Većina ovaca u Engleskoj gaji se u zoni s godišnjom sumom padavina 500-1000 mm, dok je u Africi za ovce najpovoljnija zona s godišnjom sumom padavina ispod 500 mm. Ovce rase merino, koje se i u našoj zemlji sve više gaje, imaju potrebu za padavinama preko 750 mm godišnje.

Na kraju treba istaći da se zahtevi domaćih životinja prema meteorološkim faktorima menjaju u zavisnosti od vrste, rase, starosti i zdravlja životinja, kao i od godišnjeg doba.

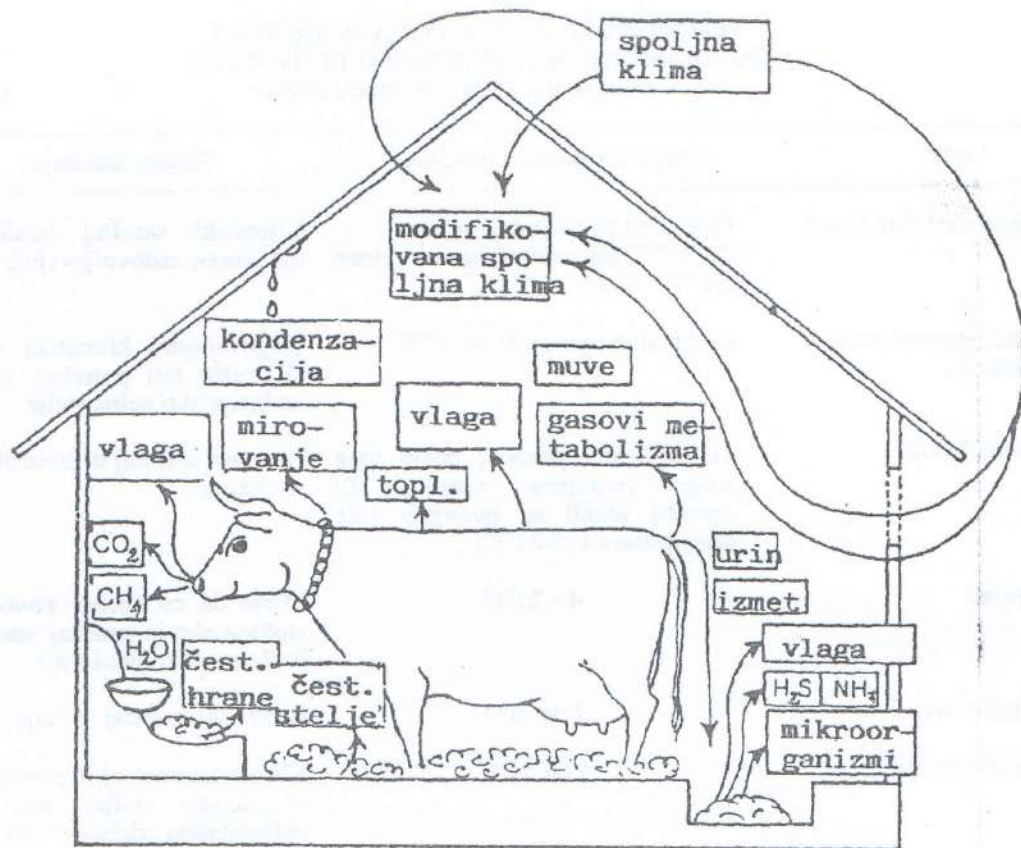
### 3. MIKROKLIMA SMEŠTAJNIH PROSTORIJA DOMAĆIH ŽIVOTINJA

Prema Geigeru (cit. Berbecel i drugi) pod mikroklimom domaćih životinja podrazumevaju se uslovi koji neposredno okružuju organizam životinje.

Većina domaćih životinja živi u zatvorenim prostorijama prvenstveno radi zaštite od hladnoće ili od visokih temperatura. Mikroklimatski uslovi prostorija u kojima one žive veoma mnogo utiču na njihovu produktivnost. Povoljni mikroklimatski uslovi odražavaju se npr. na povećanje težine, proizvodnju mleka, jaja i dr., dok držanje stoke u nepovoljnim mikroklimatskim uslovima zahteva s njihove strane stalnu kompenzaciju, bilo da je u pitanju nedostatak bilo višak toplote. Stvaranje optimalnih mikroklimatskih uslova dolazi naročito do izražaja u industrijskoj stočarskoj proizvodnji, gde se za izgradnju smeštajnih objekata za veliki broj stoke ulažu znatna materijalna sredstva.

Stvaranje optimalnog mikroklimatskog komfora za domaće životinje uslovljeno je sledećim meteorološkim faktorima: Sunčevo zračenje, temperatura, relativna vlažnost, sastav i strujanje vazduha. Mikroklima prostorija zavisi takođe i od mesta, smera zgrade, sastava građevinskog materijala, kao i od sistema grejanja i hlađenja, ventilacije i dr. Pri tome se mora uzeti u obzir i uticaj domaćih životinja na mikroklimu prostorije u kojoj borave, a koji je povezan sa stvaranjem produkata metabolizma. Primera radi, jedna mlečna krava težine 600 kg proizvodi u toku 24 sata 15 kg vodene pare i 5000 litara CO<sub>2</sub> (sl. 55).

Kao što se vidi, izgradnja smeštajnih prostorija u kojima će domaće životinje



Sl. 55. Životna sredina u štali (Bianca, 1976; cit. Starr, 1983)

imati optimalne uslove za svoje razviće i produkciju iziskuje obimna prethodna ispitivanja ne samo makroklimatskih uslova područja već i mikroklimatskih uslova samog lokaliteta, a isto tako zahteva i mnoga rešenja iz oblasti tehničke meteorologije. U tab. 53 prikazani su najnoviji rezultati do kojih su došli engleski naučnici, a koji se odnose na raspon temperature povoljan za smeštaj nekih vrsta domaćih životinja u prirodnim uslovima (klimatski smeštaj) ili u klimatski kontrolisanoj sredini, pri kojima nastaju neznatni gubici u proizvodnji.

Poznavanje makroklimatskog područja je neophodno jer od toga zavisi oblik i veličina objekta, građevinski materijal, stepen izolacije i sistem ventilacije. Oni treba da obezbede takve mikroklimatske uslove koji odgovaraju optimalnim granicama za organizam životinja. U uslovima hladne zime problem je smanjiti gubitak toplote, dok u uslovima toplog leta treba smanjiti priliv toplote.

Pri određivanju mesta za postavljanje i dimenzija npr. staje treba poznavati inklinaciju Sunca, naročito u najtoplijim časovima dana, kao i kvantitet svetlosti. Tako, jedna staja u obliku slova L, u slučaju optimalnog smera prozora ka Suncu, obezbeđuje veću osvetljenost nego ako je pravougaona. Kad je staja dobro postavljena, dovoljni su obični prozori za priliv direktne i difuzne svetlosti.

Ispitivanja mikroklimatskog kokošarnika pokazala su da su metabolizam, plodnost, nosivost jaja, rast perja i paperja uslovljeni temperaturom, zračenjem, kvalitetom svetlosti, strujanjem i hemijskim sastavom vazduha, kao i količinom kiseonika u njemu.

TEMPERATURE SREDINE I SISTEMI SMEŠTAJA  
POVOLJNI ZA NEKE VRSTE DOMAĆIH ŽIVOTINJA  
(Sainsbury, 1981; cit. Starr, 1988)

Tab. 53

Vrsta	Opseg temperature sredine	Sistem smeštaja
Odrasle mlečne krave	Optimum proizvodnje mleka 10-15°C, ali mali efekat na prirast od -7° do 21°	Klimatski smeštaj uobičajen i uglavnom zadovoljavajući
Telad (starosti od 3 meseca)	Optimalan opseg -7° do 15°C	Odgovarajući klimatski smeštaj, ali može biti potrebna termička izolacija ako nema stelje
Stočne krave	10-15°C pri porodu, posle toga mogu postepeno opadati. Za smeštaj teladi su potrebne više temperature (15-21°C)	Potreban smeštaj sa kontrolisanom sredinom
Jagnjad	4 - 21°C	Može da se koristi kontrolisana sredina ako je smeštaj intenzivan, inače su dovoljne i staje
Odrasle ovce	-7 do 30°C	Klimatski smeštaj ili staje
Odrasle svinje	4 do 30°C	Klimatski smeštaj je povoljan gde se koristi stelja, ali ne za individualno držanje bez stelje, kada minimalna temperatura treba da bude viša bar za 10°C
Tovljenici	15 - 27°C	Potrebna kontrolisana sredina ili svinjci
Mladi prasići	21 - 27°C	Potrebno veštačko zagrevanje kao dodatak kontrolisanoj sredini
Živina iz inkubatora	30 - 35°C	Neophodno veštačko zagrevanje u kontrolisanoj sredini smeštaja
Brojleri	15 - 30°C	Neophodno veštačko zagrevanje u kontrolisanoj sredini smeštaja
Živina-nosilje	15 - 21°C	Potreban smeštaj sa kontrolisanom sredinom, sa izolacijom visokog standarda ili izvanredan klimatski smeštaj sa dubokom slamom ili drugom steljom

Osnovni uslovi za proizvodnju pernatih životinja su odgovarajuća temperatura i permanentno strujanje vazduha, zbog odstranjivanja nagomilanog amonijaka, ugljen-dioksida i drugih štetnih gasova.

Grupa istraživača u SAD (Bressler, 1954) posle izvršenih ispitivanja došla je do nekih osnovnih kriterijuma o mikroklimi gnezda kokošaka rase rodajland koji obezbeđuju veću nosivost jaja. Ispitivanja su vršena pri raznim temperaturama i pri relativnoj vlažnosti vazduha do 75%. Rezultati su pokazali da je pri temperaturama



od 7 do 20°C srednja dnevna potrošnja hrane 100 kokošaka iznosila 14 kg, a proizvodnja jaja 30% od težine potrošene hrane. Na temperaturi od 29°C potrošnja hrane je bila 11 kg, a proizvodnja jaja 26% od utrošene hrane. Međutim, pri temperaturi od -5°C potrošnja hrane je porasla na 18 kg, a proizvodnja jaja je opala na samo 8% od težine utrošene hrane. Na osnovu toga može se zaključiti da je za maksimalnu dobit potrebna temperatura vazduha od 7° do 20°C. Porast, a naročito pad temperature ispod ovih graničnih vrednosti, smanjuje produktivnost i povećava potrošnju hrane ove vrste pernatih domaćih životinja za održavanje konstantne temperature tela.

#### 4. UTICAJ VREMENA I KLIME NA POVEĆANJE PROIZVODNJE KRMNOG BILJA

Pored neposrednog uticaja vremena i klime na stočarsku proizvodnju, ovi faktori spoljne sredine utiču i posredno, tj. preko proizvodnje krmnog bilja koje služi za stočnu ishranu. Utvrđivanjem klimatskih i vremenskih povoljnosti za gajenje krmnog bilja, agrometeorološka proučavanja mogu u znatnoj meri pomoći unapređenju stočarske proizvodnje, naročito u brdsko-planinskim područjima.

Glavni izvori stočne hrane u našoj zemlji su prirodne travne površine (livade i pašnjaci) i oranice, gde se gaje različite krmne biljke, kao što su višegodišnje i jednogodišnje leguminoze, vlataste trave, korenasto-krtolasto bilje i druge vrste biljaka koje služe za stočnu ishranu.

Livade i pašnjaci u našoj zemlji zauzimaju površinu od 6.356.000 hektara ili 43% ukupne poljoprivredne površine (prema podacima za 1974. godinu). Ako se uzme u obzir i ostalo krmno bilje (lucerka, detelina i dr.), onda je učešće površina pod biljkama koje služe za stočnu ishranu 48%. Ali i pored toga, livade i pašnjaci, kao glavna proizvodna područja stočne hrane, ne obezbeđuju dovoljne količine hrane za postojeći broj stoke, a samim tim ni za veći stočni fond. Razlog tome je slaba produktivnost, jer su to mahom degradirane površine, s niskim prinosima i lošim sastavom travnog pokrivača.

Zasnivanjem veštačkih livada s visoko kvalitetnim travno-leguminoznim smešama stanje se poboljšava jer se ne dobijaju samo veći prinosi već i kvalitetnija hrana. Međutim, zasnivanje veštačkih livada iziskuje bolje poznavanje prirodnih uslova sredine nego što je to slučaj s prirodnim travnim površinama. Pri izboru vrsta krmnog bilja treba uzeti pre svega u obzir termičke uslove područja i dužinu vegetacionog preioda, zatim uslove vlaženja, dužinu zadržavanja snežnog pokrivača, kao i uslove prezimljavanja.

Većina prirodnih i sejanih višegodišnjih trava, kao i lucerke i crvene deteline, počinje obnavljanje vegetacije u proleće pri srednjim dnevnim temperaturama vazduha 3-5°C, što se poklapa s akumulacijom pozitivnih temperatura vazduha od 25 do 45°C. Kao pokazatelj završetka vegetacije većine trava, odnosno završetka ispaše stoke, obično se uzima prelazak srednje dnevne temperature vazduha ispod 5°C u jesen (Mogileva, 1957; Sinicina i drugi, 1973), mada mnogi, želeći da produže period ispaše i skrate vreme štalske ishrane, napasaju stoku do prvog snega. U tab.54 naveden je primer prosečnog vremena obnavljanja vegetacije u proleće (prelazak

srednje dnevne temperature vazduha  $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ), završetka vegetacije (prelazak srednje dnevne temperature vazduha  $\leq 5^{\circ}\text{C}$  u jesen) i trajanja ispaše za brdsko-planinska područja južne Srbije i Kosova, kao i centralne i zapadne Srbije. Pošto su to srednje višegodišnje vrednosti (period 1931-1960), u pojedinim godinama, zavisno od vremenskih prilika u toj godini, može doći do manjih ili većih odstupanja.

SREDNJI DATUMI OBNAVLJANJA VEGETACIJE TRAVA U PROLECE, ZAVRŠETKA VEGETACIJE I TRAJANJA ISPAŠE

Tab. 54

Nadmorska visina (m)	Južna Srbija i Kosovo			Centralna i zapadna Srbija		
	Obnavljanje veget.	Završetak veget.	Trajanje veget.	Obnavljanje veget.	Završetak veget.	Trajanje veget.
500	14.III	24.XI	255	18.III	18.XI	243
600	17.III	22.XI	250	22.III	16.XI	238
700	20.III	20.XI	245	25.III	14.XI	231
800	24.III	18.XI	239	29.III	11.XI	225
900	27.III	15.XI	234	2.IV	8.XI	219
1000	31.III	13.XI	229	6.IV	5.XI	212
1100	4.IV	10.XI	222	11.IV	1.XI	205
1200	8.IV	7.XI	216	15.IV	29.X	198
1300	12.IV	5.XI	209	20.IV	26.X	190
1400	16.IV	2.XI	202	24.IV	22.X	183
1500	21.IV	30.X	195	28.IV	19.X	176

Kao period trajanja ispaše uzet je period sa srednjom dnevnom temperaturom vazduha iznad  $5^{\circ}\text{C}$ , usled nedostatka fenometrijskih merenja o visini trave u ovim područjima. Naime, ispaša stoke obično počinje kada visina travnog pokrivača na livadama dostigne 8-10 cm, a busenovi su toliko učvršćeni da pri prolazu stoke na njima ne ostaju приметni tragovi (Mogileva, 1957; Sinicina i drugi, 1973). Prema istim autorima, ovu visinu na ocednim livadama trave dostižu kada se posle nestanka snežnog pokrivača akumulira suma srednjih dnevnih temperatura vazduha  $75-115^{\circ}\text{C}$ , a na plavljenim livadama  $125-160^{\circ}\text{C}$ .

Ovakvim i sličnim detaljnim ispitivanjima makroklimatskih i mikroklimatskih uslova određenih područja može se posredno uticati i na povećanje stočarske proizvodnje.

## 5. LITERATURA

- Berbecel O. and oth., 1970: Agrometeorologie. Editura "Ceres" Bucuresti.
- Griffiths J. F., 1966: Applied Climatology. Oxford University Press
- Hope Cawdry M. J., Getinby G., Gainer J. N. R., 1978: Mathematical Models for Predicting the Prevalence of Liver-Fluke Disease and its Control from Biological and Meteorological Date. WMO, Technical Note, No 159, Geneva.
- Macfarlane W. V., 1968: Weather, Climate and Domestic Animals. Agricultural Meteorology, Proceedings of the WMO Seminar, Melbourne, Australia.
- Mogileva A. M., 1957: Pogoda i travi. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Sinicina A. I., Soljeborg I. A., Strunnikov E. A., 1973: Agroklimatologija. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Ocokoljic S., Čolić D., 1958: Krmno bilje. Zadržna knjiga, Beograd.

---

Smith C. V., 1970: Meteorological Observations in Animal Experiments, WMO Technical Note No 107, Geneva.

Smith C. V., 1972: Some Environmental Problems of Livestock Housing. WMO Technical Note No 122, Geneva.

Starr J. R., 1983: Animals and Weather Pestilence, Plague and Productivity. Weather, Vol. 38, No 1, Royal Meteorological Society, England

Starr J. R., 1988: Weather, Climate and Animal Performance. WMO Technical Note No 190, Geneva

## GLAVA IX

# ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

### 1. UVOD

Osnovne komponente biosfere: vazduh, voda i zemljište danas su već toliko zagađeni da je zaštita životne sredine jedan od najvažnijih problema savremenog čovečanstva.

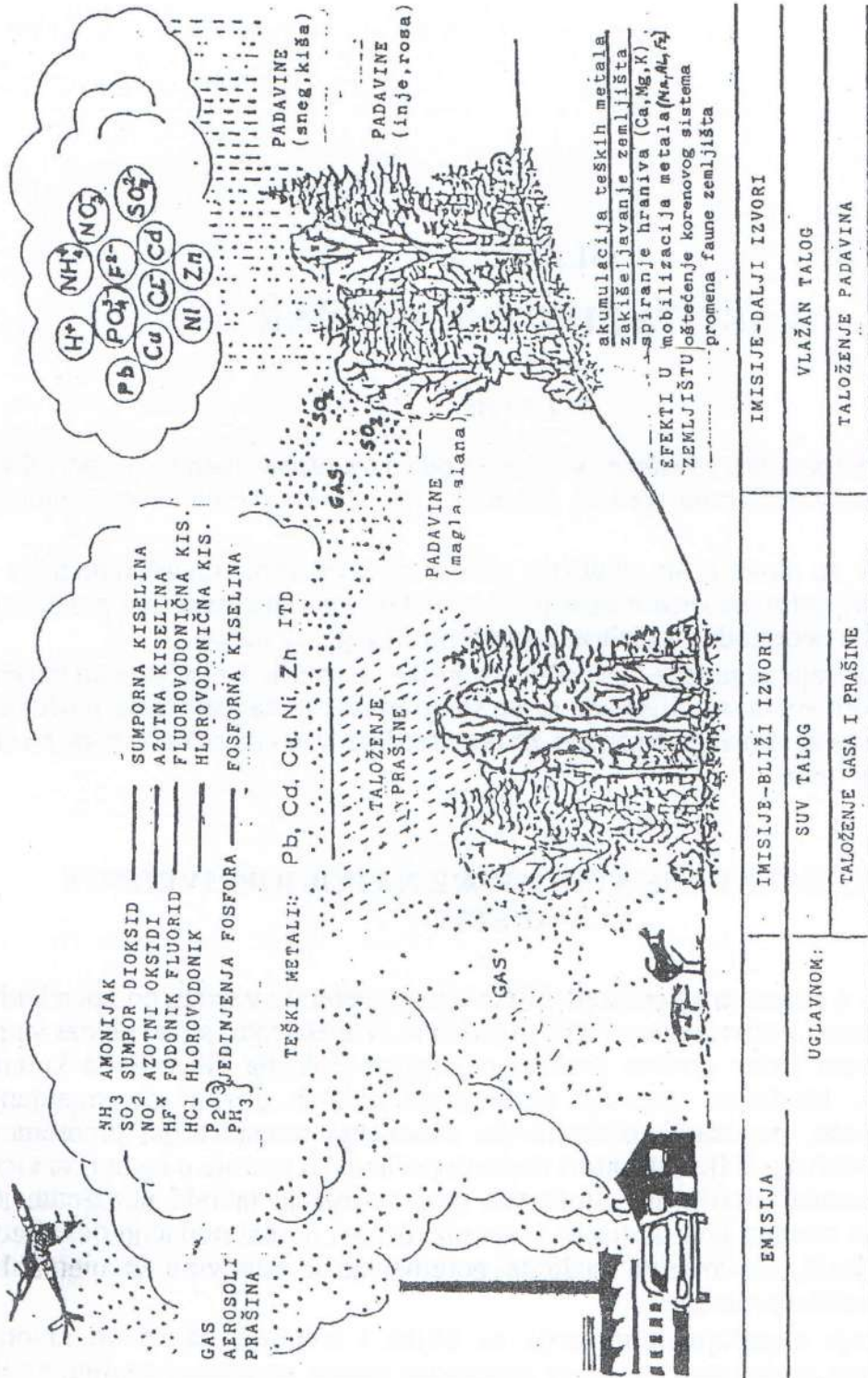
Uzroci koji su doveli do ovakvog stanja su sve veća industrijalizacija i urbanizacija, kao i primena raznih hemijskih sredstava, prvenstveno radi povećanja proizvodnje hrane neophodne za ishranu sve brojnijeg stanovništva.

Ispitivanja uticaja zagađene atmosfere na biljke, životinje i zemljište su veoma intenzivna u celom svetu, sa ciljem da se ne samo ukaže na katastrofalne posledice ako se nastavi sa ovakvim zagađivanjem životne sredine, već i da se ono svede na što je moguće manju meru.

### 2. UTICAJ ZAGAĐENE ATMOSFERE NA POLJOPRIVREDU I ŠUMARSTVO

Mada biljke u znatnom stepenu prečišćavaju atmosferski vazduh od zagađenja, one su istovremeno i podvrgnute uticaju zagađenja. Primera radi, jedan hektar šume ili voćnjaka tokom jedne godine prečisti od ugljen-dioksida 18 miliona kubnih metara vazduha. Međutim, zagađen atmosferski vazduh dovodi do smanjenja procesa fotosinteze, povećanja disimilacije, smanjenja transpiracije, promena u bilansu vode i hraniva u biljci, strukturi finalnih proizvoda, zastoja u rastu i razviću, pa čak i do genetske sterilnosti. Stočarska proizvodnja je takođe ugrožena, jer zagađena životna sredina kod domaćih životinja dovodi do akumulacije određenih hemijskih jedinjenja, što izaziva različite poremećaje u njihovom metabolizmu uključujući i genetske promene.

Stepen uticaja zagađujućih materija na biljke i životinje zavisi od životne sposobnosti samog organizma i njegove otpornosti prema zagađenoj sredini, zatim od toksičnosti, koncentracije i trajanja delovanja zagađujućih materija tj. polutanata, rastojanja od izvora zagađenja, kao i od opštih klimatskih, vremenskih i geografskih uslova područja.



Sl. 56. Emisija zagađujućih materija u vazduhu u vidu gasa, aerosola i prašine, njihovo kretanje i promena u atmosferi i konačno njihovo taloženje kao imisije iz bližih i daljih izvora emisije (iz publikacije: Iterum Report on Cause-Effect Relationships in Forest Decline, 1990)

Na sl. 56 su veoma ilustrativno prikazane emisije - ispuštanje zagađujućih materija u atmosferu iz različitih antropogenih izvora na Zemlji (industrijska postrojenja, saobraćaj, urbana sredina, domaće životinje) i u vazduhu (mlazni avioni). Prikazano je njihovo kretanje kroz prizemni sloj atmosfere, transformacije do kojih kod gasovitih polutanata dolazi i njihova imisija, odnosno prijem i taloženje na vegetaciji i u zemljištu, kako sa bližih tako i sa daljih izvora emisija.

Savremena istraživanja uticaja zagađujućih materija odnose se na utvrđivanje kritičnog nivoa određenog polutanta, što znači koncentracije ispod koje se ne pojavljuju njihovi direktni štetni efekti na osetljive biljke, biljne zajednice i ekosisteme. Pri tome je važno utvrditi i vreme koje je određenom polutantu potrebno da dostigne koncentraciju štetnu za biljke. Jedan od postojećih problema je i istovremeno delovanje nekoliko različitih polutanata, naročito vrlo malih koncentracija koje se obično nalaze u prirodnim uslovima. Problem je veoma složen, jer osetljivost biljaka kao receptora na isti polutant zavisi od vrste i sorte, a vremenom čak varira i kod iste sorte. Razlike u reakciji nastaju kako zbog promena uslova sredine tako i zbog uticaja zagađujućih materija.

Uočljiv uticaj zagađujućih materija u vazduhu na biljke je propadanje tkiva i razvoj nekroze (odumiranje pojedinih delova). U nekim slučajevima prvi simptom oštećenja biljaka je pojava hloroze (razaranja hlorofila), koja dovodi do smanjenja ili čak prestanka fotosinteze. Pored ovih akutnih oštećenja prouzrokovanih većim koncentracijama zagađujućih materija, duže izlaganje malim koncentracijama prouzrokuje hronična i latentna oštećenja biljaka.

Različite štetne materije ne deluju podjednako na biljke. Prema E.J.Mukammalu (1968, 1976) glavni zagađivači vazduha koji teško oštećuju vegetaciju, bilo pojedinačno ili zajedno, su: ozon, peroksi-acetil-nitrat (PAN), azotni oksidi, sumpor dioksid, fluoridi, hemijska sredstva u poljoprivredi, etilen i drugi hidrokarbonati. Manje značajni štetni sastojci atmosfere su: aldehidi, hlor, hlorovodonična kiselina, amonijak, vodonik-sulfid i dr.

## 2.1. Uticaj najvažnijih zagađujućih materija na poljoprivredne kulture

Ispitivanja štetnog uticaja zagađujućih materija tj. polutanata na biljke vršena su većinom u laboratorijama (fitotronima) sa odgovarajućom kvazi-simulacijom spoljnih uslova, naročito ona koja se odnose na doziranje. Izneće se rezultati istraživanja najvažnijih polutanata, do kojih se došlo kako ispitivanjima u laboratorijama tako i neposredno na terenu, u poljskim uslovima.

*Sumpor dioksid* ( $SO_2$ ) je najbolje istražen atmosferski polutant u odnosu na štetno dejstvo na vegetaciju. Sadržaj  $SO_2$  i njegova prosečna godišnja koncentracija su osnovni indikator industrijskog zagađenja vazduha. Zagađenost vazduha sa  $SO_2$  je problem ne samo područja imisije ovog gasa, već predstavlja i prekogranični problem zbog njegovog velikog rasprostiranja i otpornosti u atmosferi. Pored toga,  $SO_2$  ne utiče samo direktno na zemljište i vegetaciju u blizini izvora emitovanja, već i indirektno kao kisele padavine, koje sadrže veliku koncentraciju sulfatnih jona.

Biljke uzimaju  $SO_2$  uglavnom preko stoma i najveći deo se rastvara i vodom

prenosi do ćelija lišća. Apsorpcija zavisi s jedne strane od spoljnih faktora, kao što su temperatura, vlažnost, Sunčevo zračenje i dovod vode, koji utiče na stepen otvaranja stoma, a sa druge, od internih, morfoloških, fizioloških i biohemijskih faktora u listu. Temperatura, kao i svetlost i relativna vlažnost, regulišu otvaranje stoma, a time i apsorpciju  $\text{SO}_2$ . S obzirom da se fiziološka aktivnost biljke povećava sa porastom temperature, smatra se da i njena osetljivost raste sa temperaturom (Guderian, 1988). Relativna vlažnost vazduha utiče direktno na stomin aparat. Velika vlažnost (>75%) stimuliše razmenu gasova u biljci i pospešuje apsorpciju gasovitih polutanata u širem rasponu temperature.

Oštećenja uglavnom nastaju zbog biohemijskih promena, kao što su poremećena fotosinteza, disimilacija i biosinteza lipida i proteina. Apsorpcija toksičnih koncentracija  $\text{SO}_2$  u fiziološki najaktivnijim ćelijama lista može dovesti do zastoja u razviću biljaka zbog razaranja tkiva lišća i odgovarajućeg smanjenja efektivne fotosintetske površine.

Prema Mukammalu (1976) granična vrednost za akutno oštećenje biljaka je 0,25 - 0,30 ppm (milioniti deo po jedinici zapremine ili, broj molekula gasa ili gasovitog jedinjenja na milion molekula vazduha), a za hronično oštećenje oko 0,05 ppm, kao sezonski ili godišnji srednjak. Najnoviji eksperimentalni podaci (Jäger i Schulze, 1988) ukazuju da najveći broj poljoprivrednih i vrtlarskih kultura ne pokazuje štetne efekte pri koncentraciji  $\text{SO}_2$  ispod  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mikrograma po  $\text{m}^3$ ), a veoma osetljive vrste drveća, mahovine, lišaji i žbunasta i travna vegetacija pri koncentracijama oko  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kao kritičan nivo za delovanje samo  $\text{SO}_2$  uzeta je srednja godišnja vrednost od  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\approx 0,007$  ppm). Međutim, kod kratkotrajnih delovanja  $\text{SO}_2$ , granične vrednosti su veće. Tako se smatra da je  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\approx 0,025$  ppm), kao 24-satna srednja vrednost, povoljna da zaštiti kultivisano i divlje bilje od kratkotrajnog izlaganja sumpor dioksidu.

Ispitivanja u Čehoslovačkoj su pokazala da pri prosečnoj godišnjoj koncentraciji  $\text{SO}_2$  manjoj od  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  oštećenja se praktično ne pojavljuju. Vidljiva oštećenja nastaju pri koncentraciji ovog gasa većoj od  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

U tab. 55 prikazano je sniženje prinosa različitih poljoprivrednih kultura (u %) upoređenih sa prinosima u područjima koja ne podležu imisijama  $\text{SO}_2$ . Podaci su prikazani za 4 zone prosečnih godišnjih koncentracija  $\text{SO}_2$ : zona 1 - 40 do  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , zona 2 - 50 do  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , zona 3 - 70 do  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i zona 4 - 100 do  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Najveća oštećenja se javljaju kod kultura sa velikom lisnom površinom i dugim vegetacionim periodom. Najmanja oštećenja su zapažena kod žitarica. Šećerna repa je veoma osetljiva na imisije  $\text{SO}_2$ , a naročito krompir. Već u zoni 1 prinosi krompira su niži za 20 % nego u nezagađenim područjima, a pri koncentraciji  $\text{SO}_2$  iznad  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (zona 3) uopšte se ne preporučuje proizvodnja krompira, ne samo zbog znatno umanjenih prinosa već i zbog rizika za zdravlje.

Fluoridi izazivaju na lišću oštećenja karakteristične mrke do crvene boje. Uzana tamnobraon pruga po ivici nekrotičnih površina, često je u vezi sa fluoridima.

Fluor prouzrokuje na biljkama oštećenja u vidu nekroza i hlороza. Do

SNIZENJE PRINOSA (U%) POLJOPRIVREDNIH KULTURA PRI RAZLICITIM KONCENTRACIJAMA SO<sub>2</sub>

Tab. 55

Kultura	zona			
	1	2	3	4
oz. pšenica	7	8	11	15
jari ječam	6	8	10	14
leguminoze	10	12	15	20
repica	2	4	5	7
krompir	20	24	30	-
šećerna repa	13	15	19	24
jednogodišnja krma	8	9	10	12
druga krma	12	14	18	24
livade i pašnjaci	4	5	6	8
kupus	15	24	31	-
šargarepa, peršun	8	15	19	22
luk	11	26	31	-
krastavci	11	26	32	-
hmelj	8	11	16	33
jabuke, kruške, šljive, ribizle	8	13	18	21
trešnje, višnje,				
kajsije, breskve				
vinova loza			prosečno 14	prosečno 14

indirektnih oštećenja dolazi kod toвне stoke, naročito goveda, kada je količina fluora u krvi veća od 40 ppm, jer fluor predstavlja otrov za protoplazmu. Mleko krava obolelih od fluoroze sadrži 0,427 - 0,616 mg/l fluora, dok kod zdravih samo 0,247 - 0,303 mg/l.

Fluorovodonik nanosi velike štete mnogim biljkama. Do znatnog uništenja lišća nekoliko sorata vinove loze, a time i do smanjenja porasta i razvića, dolazi pri zagađivanju od 10 ppm fluorovodonika tokom 30 dana. Thomas i Hendricks (1956) su utvrdili da opadanje lišća voćnih stabala jabuke, kajsije, šljive, breskve i smokve može iznositi i 25 do 50% ako je polovina lišća oštećena fluorovodonikom. Ponekad je to praćeno i odgovarajućim gubitkom prinosa u tekućoj godini i izostankom zametanja plodova u narednim godinama.

Ozon (O<sub>3</sub>) je u Evropi najvažniji fitotoksičan fotohemijski oksidant. Smatra se da je sada, zajedno sa SO<sub>2</sub>, među najznačajnijim opasnim atmosferskim polutantima u Evropi (Guderian, 1988).

Ozon utiče na biljke direktno nakon njegovog ulaska preko stoma u list. Zavisno od stepena izloženosti, biljke mogu da pokazuju smanjenu fotosintetsku aktivnost, povećanu disimilaciju ili poremećaj u bilansu vode i hraniva, a spoljni znaci oštećenja se pojavljuju kod rasta i prinosa. Rast korena je često više usporen nego rast nadzemnih delova biljke.

U biljnim zajednicama direktan i indirektan štetan uticaj ozona dovodi do redukcije osetljivijih vrsta, čime se menja struktura i funkcija cele zajednice. Vrste, sorte i varijeteti, pa čak i pojedinačne biljke jedne populacije razlikuju se po osetljivosti na određenu koncentraciju ovog polutanta. Na ozon su naročito osetljive biljke kratkog vegetacionog perioda u ranom razviću, kao i mladice drveća. Od poljoprivrednih kultura su od ozona ugrožena naročito žita (pšenica, raž, ječam, ovas) kao i krompir, a zatim krmno bilje - lucerka i detelina. Od višegodišnjih biljaka



u Evropi su najosetljivije vinova loza, ariš i omorika.

Prema R. Guderianu (1988) predloženi su sledeći kritični nivoi, ispod kojih vegetacija nije ugrožena uglavnom akutnim i latentnim hroničnim delovanjem ozona, kao pojedinačnog polutanta:

a) za kratkotrajno izlaganje ozonu:

trajanje (sati)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm
0,5	300	0,150
1,0	150	0,750
2,0	110	0,055
4,0	80	0,040
8,0	60	0,030

b) za dugotrajno izlaganje samo ozonu osetljivih biljaka, biljnih zajednica i ekosistema predloženo je  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\approx 0,025$  ppm) kao srednja vrednost za vegetacioni period (dobijena iz 7-satnih srednjih dnevnih vrednosti od 09-16 sati).

*Azotni oksidi* ( $\text{NO}_x$ ). Od različitih antropogenih azotnih oksida ( $\text{NO}_x$ ) u atmosferi, azot dioksid ( $\text{NO}_2$ ) i azot monoksid ( $\text{NO}$ ) su najvažniji štetni polutanti za vegetaciju.

Azotni oksidi dospevaju u biljku uglavnom preko stoma na lišću, rastvaraju se na površini ćelija i obrazuju nitrite i nitrate. Azot dioksid ( $\text{NO}_2$ ) je najvažniji ekološki oksid azota, jer se pojavljuje u mnogo većim koncentracijama od azot monoksida ( $\text{NO}$ ), naročito u područjima daleko od izvora emisije (Rowland i dr., 1985; Pfeffer, 1985; cit. Guderian, 1988), a u većini oglada je dokazano da je on više fitotoksičan od  $\text{NO}$ .

Velika koncentracija ovih gasova može da prouzrokuje nekroze, a duže izlaganje malim koncentracijama hronična i latentna oštećenja. Takođe oni dovode do smanjenja fotosinteze, često pri takvim koncentracijama i trajanju izlaganja koji ne prouzrokuju vidljiva oštećenja. Osetljivost biljaka prema  $\text{NO}_x$  nije ista u svim fazama razvića. Jednogodišnje biljke pokazuju najveće smanjenje prinosa pri akutnom izlaganju  $\text{NO}_x$  u fazi formiranja plodova. Od poljoprivrednih kultura veoma su osetljive leguminoze.

Preovlađujuća posledica izlaganja biljke koncentraciji  $\text{NO}_2$  većoj od 1 ppm je nekroza lišća, dok niže koncentracije prouzrokuju promene u fotosintezi i disimilaciji. Biljke su naročito osetljive na  $\text{NO}_2$  noću i zimi, ako su duže izložene ovom gasu. Predloženi su sledeći kritični nivoi za zaštitu biljaka, biljnih zajednica i ekosistema od direktnog štetnog efekta  $\text{NO}_2$  (Guderian, 1988):

a) pri kratkotrajnom izlaganju  $\text{NO}_2$ :  $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\approx 0,40$  ppm) kao jednosatna srednja vrednost

b) pri dužem izlaganju  $\text{NO}_2$ :

-  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\approx 0,03$  ppm) kao srednja vrednost za vegetacioni period, kada apsorbirani  $\text{NO}_2$  fiziološki aktivne biljke mogu brzo da metaboliziraju;

-  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\approx 0,02$  ppm) kao srednja vrednost za zimsku polovinu godine;

- c) pri dužem izlaganju  $\text{NO}_2$  u kombinaciji sa  $\text{SO}_2$  i  $\text{O}_3$  (ozonom):  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\approx 0,01$  ppm) kao godišnji srednjak u područjima gde je srednja vrednost  $\text{O}_3$  za vegetacioni period do  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (7-satne srednje dnevne vrednosti, od 09 do 16 sati), a godišnja za  $\text{SO}_2$  do  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

*Amonijak* ( $\text{NH}_3$ ) i *amonijum* ( $\text{NH}_4$ ), za koje se ranije smatralo da predstavljaju samo lokalni ili regionalni problem, zadnjih su godina više proučavani, zbog povećanih emisija ovih gasova od različitih oblika razlaganja stajskog đubriva, čija se količina stalno povećava ne samo od krava i drugih preživara koji se gaje napolju, već i od znatno povećanog broja goveda, teladi, svinja i živine u intenzivnom uzgajanju. Ovo đubrivo, u polju i u štalama i drugim zatvorenim prostorijama, emituje stalno amonijak u vazduh. Amonijak, zajedno sa jonima amonijuma koji nastaju iz reakcije sa vodom od kiše, sumaglice, magle, rose i dr. može da utiče nepovoljno na vegetaciju na različite načine. Ustvari se amonijak, koji preko stoma ulazi u lišće, rastvara u vodi i transformiše u amonijum. Ovi gasovi mogu da razore ćelijske membrane, prouzrokuju nekroze delova lišća i povećavaju osetljivost prema mrazu. Simptomi su žute, crvene, mrke i crne pege na lišću, koje vremenom uvene.

Pri razmatranju štetnog dejstva pojedinačnih polutanata na vegetaciju, treba imati u vidu da u prirodnim uslovima istovremeno deluju različite zagađujuće materije, naročito u vrlo malim koncentracijama. Istraživanja su pokazala da efekti kombinacije polutanata nisu prost zbir efekata svakog pojedinačnog polutanta. Polutanti u kombinaciji mogu biti antagonički (kada su efekti delovanja smanjeni) i sinergetski - sadejstvujući, kada su efekti delovanja najveći. Tako su oštećenja lišća i smanjenje rasta mnogih biljaka, zapažena pri istovremenom delovanju malih koncentracija  $\text{NO}_2$  sa  $\text{SO}_2$  i  $\text{O}_3$ , veća nego kada se oni jave sami.

Štetno dejstvo na biljke imaju i emisije prašine i čađi. One deluju mehanički, zapušavanjem stoma na lišću, što smanjuje fotosintezu, dovodi do sporog sušenja lišća i kasnijeg otpadanja. One takođe mogu da deluju i toksično na biljni pokrivač, ako u česticama postoje različita hemijska jedinjenja, koje npr. emituju pogoni crne i obojene metalurgije, hemijske fabrike, termoelektrane i dr.

## 2.2. Uticaj zagađujućih materija na šume

Prvi znaci propadanja šuma u Evropi zapaženi su još u poslednjoj deceniji 19. veka, a intenzivan razvoj svih grana evropske privrede u ovom veku doveo je do velikog zagađenja atmosfere, što ima za posledicu, između ostalog, i ogromno oštećenje i odumiranje šuma. Uviđajući ovu opasnost, na Evropskoj konferenciji o čovekovoј sredini (Ženeva, 1979) prihvaćena je Konvencija o prekograničnom zagađivanju vazduha na velikim udaljenostima. Konvenciju su do sada potpisale 32 zemlje Evrope, među njima i Jugoslavija (novembra 1986. godine). Razlog tome je što se naša zemlja, zbog svog geografskog položaja i preovlađujućih strujanja, nalazi pod uticajem zagađivanja iz industrijskih izvora drugih zemalja, naročito onih u zapadnoj Evropi. Istovremeno domaći izvori, pored zagađivanja atmosfere iznad naše zemlje, vrše i zagađivanje atmosfere iznad drugih zemalja Evrope. Nadležni organ za sprovođenje Konvencije u našoj zemlji je Savezni hidrometeorološki

zavod.

U okviru Konvencije, u toku je realizacija više projekata i istraživanja, između ostalih i o efektima zagađujućih materija na vegetaciju, zemljište, podzemne vode, vodene ekosisteme i dr. Naša zemlja je uključena u Međunarodni projekat saradnje na proceni i praćenju efekata zagađenog vazduha na šume.

Na osnovu prvih rezultata ispitivanja stanja šuma u Jugoslaviji tokom 1986-1987. godine, a čije je odumiranje zapaženo još 1980. godine, smatra se da je zagađenje atmosferskog vazduha preovlađujući uzrok odumiranja šuma. Utvrđeno je da stepen oštećenja naših šuma opada idući od severozapada ka jugoistoku zemlje. Najveće štete su do sada od četinarara pretrpele jela (59,9%) i smrča (59,5), a od lišćara hrastovi, i to hrast lužnjak 58,1% i kitnjak 33,3%. Velike štete zapažene su i na nekim drugim listopadnim i četinarskim vrstama.

Mada je drveće manje osetljivo na fitotoksične zagađujuće materije od jednogodišnjih zelenih biljaka, ono podleže većem oštećenju. Razlog tome je što kod drveća dolazi do kumulativnog oštećenja, za razliku od jednogodišnjih biljaka. Naročito to dolazi do izražaja kod četinarara čije iglice ostaju na drvetu cele godine, a neke od njih i godinama.

Većina naučnika se slaže da su lišćari otporniji na zagađenost atmosfere od četinarara. Prema Kozlowskom i Constantinidonu (1986) opšta osetljivost šumskih vrsta, idući od više ka manje osetljivim je:

<i>Lišćari</i>	<i>Četinari</i>
Beli jasen ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	Jela ( <i>Abies alba</i> )
Jerebika ( <i>Sorbus aucuparia</i> )	Smrča ( <i>Picea abies</i> )
Beli Javor ( <i>Acer pseudoplatanus</i> )	Beli bor ( <i>Pinus sylvestris</i> )
Bukva ( <i>Fagus sylvatica</i> )	Ariš ( <i>Larix decidua</i> )
Hrast kitnjak i lužnjak ( <i>Quercus petraea</i> i <i>robur</i> )	

S obzirom da je o uticaju zagađene atmosfere, odnosno pojedinih polutanata na biljke već bilo govora, izneće se samo najnoviji rezultati istraživanja koji se odnose na šume.

*Sumpor dioksid* ( $\text{SO}_2$ ), kao poznati fitotoksičan polutant, štetno deluje i na šumsko drveće. Zbog velike osetljivosti četinarara, japanski naučnici predlažu čak da se prema stanju borovih sastojina ocenjuje nivo zagađenosti atmosfere oksidima sumpora. Pri delovanju anhidrida sumpora na bor, zapaža se siva boja vršnih delova iglica i njihovo uvenuće. Posle 5-7 dana, u zavisnosti od vremenskih prilika, sastojina poprima bronzanu boju. Kod lišćara se na lišću pojavljuju najpre blede pege, koje posle 3-5 dana takođe dobijaju bronzanu boju, a zatim počinje opadanje lišća (V.M.Rjabinin, cit. Balackij, 1979).

Mukammal (1976) iznosi da postoji rizik oštećenja šuma pri sledećim koncentracijama  $\text{SO}_2$ : prosečna godišnja 0,002 ppm, prosečna vrednost za 4 sata 0,35 ppm, a za 2 sata 0,55 ppm. Najnovijim istraživanjima (1990) su utvrđeni kritični nivoi srednje godišnje vrednosti  $\text{SO}_2$  za pojedine vrste. Za smrču ona iznosi 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ali čak i ova koncentracija može izazvati znatna oštećenja u nepovoljnim

uslovima, kao što su velika nadmorska visina, na nekvalitetnim zemljištima i/ili sa nedovoljno vode i na mestima izloženim jakim vetrovima. Za jelu, koja je vrlo osetljiva, ova vrednost je previsoka. U područjima sa srednjom godišnjom koncentracijom  $18-25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , starije drveće jele odumire u roku od 3 godine od početka emisije  $\text{SO}_2$ . Kod bora, bukve i hrasta granična vrednost od  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  je dovoljna da zaštiti sastojine ovih vrsta od oštećenja.

V.V.Tarčevski (cit. Balackij, 1979.) izveštava o štetnom uticaju *fluor-vodonika* na šumske sastojine. Neposredno pored izvora zagađenja on pokazuje znatan uticaj na četinare, naročito na bor. Primećeni su znaci oštećenja čak na rastojanju od 10 km, pre svega odsustvo prirasta bora.

Na *ozon* su u Evropi osetljiviji lišćari od četinara (Kraus, 1988). Tipična oštećenja i kritični nivoi dati ranije (2.1.) važe i za šumsko drveće.

Veoma osetljivi na *azotne okside* su breza i ariš, a manje tisa, jela, hrast i bukva. Četinari su mnogo osetljiviji u proleće i rano leto nego u ostalim godišnjim dobima. Kod bora i smrče najosetljivije su prošlogodišnje iglice sve dok se nove iglice skoro ili potpuno ne razviju, kada one postaju veoma osetljive. Nasuprot tome, iglice jele i arišta su već u svom ranom razviću veoma podložne oštećenjima (Guderian, 1988). Niske koncentracije polutanta oštećuju pre potpuno razvijeno i starije nego mlado lišće i to pretežno u vidu hloroze, često praćeno njegovim prevremenim opadanjem.

Četinari su osetljiviji od listopadnog drveća i na *amonijak* ( $\text{NH}_3$ ) i *amonijum* ( $\text{NH}_4$ ). Simptomi oštećenja lišća i iglica su već opisani (2.1.).

Poslednjih godina je u istraživanjima posebna pažnja posvećena međusobnom delovanju različitih zagađujućih materija u vazduhu, uključujući i kisele padavine i njihovom efektu na šume. Kombinacija kiselih sumaglica i ozona, koja se javlja relativno često, može da stimuliše spiranja različitih elemenata sa lišća. Naročito je za mineralnu ishranu drveća značajno spiranje magnezijuma, koje prouzrokuje njegov manjak. Tipičan simptom na jeli i smrči je povećano žućenje iglica, koje se povećava sa njihovom starošću. U izrazitijim slučajevima, starije iglice dobijaju mrku boju i otpadaju.

### 3. ZAGAĐENOST ZEMLJIŠTA

Zagađenost zemljišta je u tesnoj vezi sa biljnom i stočarskom proizvodnjom. Postoje mišljenja da je zagađenost zemljišta čak i mnogo opasnija pojava od zagađivanja vazduha i vode, jer posledice njegovog zagađivanja duže traju i mnogo se teže ispravljaju. Kao primer može poslužiti podatak da će se čovečanstvo osloboditi ostataka DDT-a, koji se pokazao toksičnim, tek kroz 100 godina. Da bi se izbegle ovakve i slične štetne posledice zagađivanja sredine, potrebna je stručna i kontrolisana primena hemijskih sredstava, stalno praćenje količine određenih hemijskih elemenata u zemljištu i biljkama i niz drugih zaštitnih mera koje bi sprečavale da do toga ne dođe.

Do zagađivanja zemljišta dolazi iz više razloga, od kojih su najvažniji primena različitih hemijskih sredstava i vodna i eolska erozija. Veoma važni izvori zagađivanja zemljišta su i zagađen vazduh i voda, a sve aktuelniji vid postaje i

nagomilavanje rudničke jalovine, topioničarske zgure i industrijskih i komunalnih otpadaka, naročito onih koji se biološki teško i sporo razlažu.

Kao što je ranije izneto, u zemljištu neprekidno teku procesi razaranja i stvaranja organske materije, uglavnom pod uticajem mikroorganizama, čime se uspostavlja određen dinamičan odnos ravnoteže između organskih i mineralnih materija u zemljištu. Međutim, povećanje poljoprivredne proizvodnje i težnja za dobijanjem što većih prinosa doveli su do intenzivne primene hemijskih sredstava, kao što su sredstva za zaštitu biljaka od bolesti (fungicidi), štetočina (insekticidi) i korova (herbicidi). Unošenje većih količina ovih sredstava remeti normalno kruženje materija u zemljištu, a naročito otežava osnovne mikrobiološke procese. Štetno dejstvo nastaje zbog toga što mikroorganizmi nisu navikli na ove sintetske materije, koje ih onemogućuju da svojom aktivnošću održavaju plodnost zemljišta. Količina rezidualnih ostataka pesticida (fungicida i insekticida) i drugih zagađivača u zemljištu sve se više povećava, a mikroorganizmi često nisu u stanju da ih prevedu u oblike kojim bi se ponovo uključili u normalne zemljišne sastojke i kruženje materije u prirodi. Poremećaj normalne delatnosti mikroflore u zemljištu ne samo što prouzrokuje prestanak pripreme biljnih asimilativa već smanjuje i procese stvaranja humusnih materija, što dovodi do postepenog propadanja zemljišta i njegovog lakšeg podleganja eroziji.

Pošto će zbog sve veće nestašice hrane u svetu poljoprivredna proizvodnja morati i dalje da se povećava, to je očuvanje plodnosti zemljišta problem koji treba što pre rešiti. Zbog uloge i značaja mikroorganizama u zemljištu, veliki doprinos pravilnom rešenju ovog problema mogu da daju mikrobiolozi, odnosno genetika i selekcija mikroorganizama. Jedan od načina je odabiranje otpornih sojeva korisnih mikroorganizama, koji obavljaju najznačajnije funkcije u pripremi hranljivih materija i stvaranju humusa. Zatim, odabiranje posebnih sojeva mikroorganizama koji će ne samo biti otporni na ostatke pesticida i herbicida u zemljištu već će njihov rast i razvitak zavisiti od ovih materija, koje će im služiti kao jedini izvori ugljenika i energije.

Da bi se smanjila upotreba pesticida hemijske prirode, pri zaštiti bilja mogle bi se više koristiti "biološke metode". Trebalo bi pomišljati na selekciju takvih mikroorganizama koji stvaraju "antibiotike" prema izazivačima biljnih bolesti ("mikrobiološki fungicidi") ili uništavaju biljne štetočine ("mikrobiološki insekticidi") (Tešić, 1972).

Međutim, postoji niz mera kojima se u područjima sa velikim imisijama zagađujućih materija može smanjiti upotreba hemijskih sredstava u zaštiti bilja. To su: korišćenje mehaničkih metoda za uništavanje korova i preventivnih metoda za sprečavanje njihovog rasta; maksimalno korišćenje prognoza pojave korova, biljnih bolesti i štetočina na osnovu meteoroloških uslova; izbegavanje korišćenja pesticida pre nicanja bez odgovarajuće prognoze pojave štetočina; po mogućstvu izbor zaštitnih hemijskih sredstava sa niskom otpornošću i dr.

Do zagađivanja zemljišta dolazi i indirektno - zagađivanjem vazduha i voda. Zagađujuće materije u vazduhu, uglavnom industrijskog porekla, mogu da zagađuju zemljište direktno ili indirektno - padavinama koje vezuju toksične materije u vazduhu. Kisele padavine, ne samo da dovode do povećanog izlučivanja nekih elemenata iz lišća, već i do hemijskih i bioloških promena u zemljištu. One takođe

prouzrokuju spiranje rastvorenog aluminijuma (Al) i mangana (Mn) iz zemljišta. Prenosanje ova dva elementa površinskim i podzemnim vodama predstavlja najznačajniji sekundarni izvor zagađenja vodnih zaliha i veliki problem za zalihu pitke vode.

Imisije zagađujućih materija smanjuju plodnost zemljišta, jer prouzrokuju nepovoljne promene njegovih fizičko-hemijskih osobina. Najpodložnija zagađenju su laka zemljišta (sadržaj čestica < 0,01 mm ispod 20%), zatim srednja (sadržaj ovih čestica 20-40%), a teška zemljišta su otporna (sadržaj čestica >45%).

U zemljištu su usled industrijskog i poljoprivrednog zagađivanja znatno povećane i koncentracije teških metala, koji su naročito opasni za biljke.

*Olovo (Pb)* je u zemljištu slabo pokretno i ne spira se u dublje slojeve. Sa povećanjem sadržaja olova u zemljištu, povećava se i njegov sadržaj u biljkama, što znajući njegovu toksičnost, postaje ozbiljan problem. Duž puteva sa normalnom frekvencijom saobraćaja, sadržaj olova se povećava do oko 3 mg/kg godišnje unutar 50-metarskog pojasa sa obe strane puta.

*Kadmijum (Cd)* je vezan u gornjim slojevima zemljišnog profila, biljke ga uzimaju i akumulira se u lišću.

*Živa (Hg)* ostaje u gornjem oraničnom sloju. Đubrenje, koje intenzivira rast i razviće biljaka, dovodi do povećane apsorpcije žive od strane biljaka.

*Bakar (Cu)*. Njegova toksičnost se povećava pri većoj koncentraciji soli u zemljištu (mineralna đubriva) i višim temperaturama zemljišta. On ograničava razlaganje organskih materija u zemljištu. Stoga je bitno redovno organsko đubrenje, naročito na lakim zemljištima.

*Cink (Zn)* može da prodre u dublje slojeve. On se spira, naročito u kiselim zemljištima. Organska đubriva i oksidi gvožđa i mangana smanjuju njegovu toksičnost za biljke.

*Radioaktivni elementi* se zadržavaju uglavnom u gornjem 20-cm sloju. Naročito su jako vezani za zemljište cezijum-137, stroncijum - 90 i cezijum - 144, uglavnom za glinene sastojke, a manje za organske materije. Do smanjenja njihovog sadržaja u površinskom sloju može doći dubokim oranjem (ispod 60 cm).

Veoma je teško odrediti koji procenat zagađujućih materija, koje ulaze u lanac ishrane, dolazi iz zemljišta ili vazduha i koju količinu zadržava biljni pokrivač. U tom pogledu, teški metali predstavljaju najveći rizik.

Čehoslovački naučnici (WMO, 1988) su dali sledeće granične vrednosti sadržaja teških metala u zemljištu (u mg/kg):

Mangan	600	Hrom	15
Vanadijum	80	Antimon	15
Olovo	60	Kobalt	12
Cink	60	Bor	4
Bakar	50	Kadmijum	1
Nikl	36	Živa	0,1

Na zagađenost zemljišta utiče i zagađenost voda u blizini takvih vodotoka. Zagađene vode ne uništavaju samo život u vodi, već postepeno i u okolnom zemljištu. Glavni izvori zagađivanja su veliki industrijski objekti i gradske

kanalizacije. Količine otpadnih voda se stalno povećavaju, a najveći deo ovih voda vraća se u površinske i podzemne vode opterećen raznim organskim i neorganskim materijama. Zagađivanje podzemnih voda je znatno sporije od površinskih voda, ali i znatno opasnije jer se one teško regenerišu.

Vodna i eolska erozija, bujične poplave, suše i neuređeni vodeni tokovi takođe dovode do zagađenosti zemljišta, kao i do smanjenja zemljišnog fonda i zaliha korisne vode. Dok s jedne strane usled erozionih procesa dolazi do smanjenja plodnosti zemljišta, zbog spiranja površinskog sloja najbogatijeg organskim i mineralnim materijama, s druge strane, usled povećanja količine nanosa pogoršava se vodni režim reka i kanala i zasipaju obradive površine. I u ovom slučaju najbolje su biološke mere, odnosno pošumljavanje i zatavljanje terena podložnih eroziji.

#### 4. LITERATURA

- Auers R.S., Westcot D. W., 1976: Water Quality for Agriculture Irrigation and Drainage. Paper 29, FAO, Rome.
- Balackij O. F., 1979: Ekonomika čistog vazduha. Akademija nauk Ukrainskoj SSSR, Institut tehničkoj teplofiziki, "Naukova dumka", Kiev.
- Guderian R., 1988; Critical Levels for Effects of Ozone (O<sub>3</sub>). Working Paper for ECE Critical Levels Workshop, Bad Harzburg.
- Guderian R., 1988; Critical Levels for Effects of NO<sub>x</sub>. Working Paper for ECE Critical Levels Workshop, Bad Harzburg.
- Jäger H.J., Schulze E., 1988: Critical Levels for Effects of SO<sub>2</sub>. Working Paper for ECE Critical Levels Workshop, Bad Harzburg.
- Mukammal E.I. and oth., 1968: Air Pollutants, Meteorology and Plant Injury. WMO Technical Note No 96, Geneva.
- Mukammal E.I., 1976: Review of Present Knowledge of Plant Injury by Air Pollution. WMO Technical Note 147, Geneva.
- Posthumus A.C., 1988: Critical Levels of NH<sub>3</sub> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Working Paper for ECE Critical Levels Workshop, Bad Harzburg.
- Savetovanje o zaštiti i unapređenju životne sredine. Beograd 30-31. mart 1978, Knjiga 1 i 2.
- Tešić Ž., 1972: Mikrobiološki pogled na zagađenost zemljišta. Zaštitimo čovekovu sredinu, Beograd.
- WMO, 1988: Agrometeorological Working Group, Res. 24, Regional Association VI - Europe.
- 1980: Uticaj sumpornih jedinjenja na ljudsko zdravlje i sredinu. Privremeno izvršno telo za sprovođenje Konvencije o prekograničnom zagađivanju vazduha na velike daljine, Ženeva (prevod).
  - 1980: Forest Damage and Air Pollution. Report of the 1987 Forest Damage Survey in Europe, Global Environment Monitoring system.
  - 1990: Interim Report on Cause-Effect Relationships in Forest Decline. International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forest.

## GLAVA X

### UTICAJ KLIME I MOGUĆIH KLIMATSKIH PROMENA NA POLJOPRIVREDU I ŠUMARSTVO

Klima je jedan od osnovnih prirodnih faktora koji uslovljava geografski raspored biljaka, a time i razvoj poljoprivrede i šumarstva u nekom području. Od prirodnih resursa ima takvih koji se posle utroška ne obnavljaju (npr. minerali) ili se sporo obnavljaju (zemljište, šume, fauna i dr.). Međutim, klimatski resursi se obnavljaju neprekidno (svetlo, toplota) ili skoro neprekidno (vlaga, vetar i dr.), što je bitno za rast i razviće biljaka.

Sadašnji raspored poljoprivrednih i šumskih kultura je uglavnom prilagođen postojećim klimatskim uslovima. Međutim, predviđene klimatske promene, pre svega temperature i padavina, odraziće se i na poljoprivrednu i na šumsku proizvodnju. S obzirom da poljoprivredne i šumske kulture različito reaguju na klimatske promene, to će u uslovima promenjenog agroklimatskog potencijala morati doći do promena u strukturi poljoprivredne proizvodnje, dislokacije korišćenja zemljišta, gazdovanja šumama i dr.

#### 1. INTERAKCIJA IZMEĐU KLIME I POLJOPRIVREDNIH AKTIVNOSTI

Između klime i poljoprivrednih aktivnosti nekog područja postoji tesna veza. Klima ima presudan uticaj na poljoprivrednu proizvodnju, počev od izbora vrsta i sorata i prostornog, odnosno horizontalnog i vertikalnog geografskog rasporeda poljoprivrednih kultura koje u postojećim klimatskim uslovima daju ekonomski opravdan prinos, preko sistema gajenja pa do primene odgovarajućih agrotehničkih mera, najprikladnijih u datim uslovima.

Intenzivna poljoprivredna proizvodnja zahteva poznavanje klimatskog potencijala područja, kako bi se on pravilno i racionalno mogao koristiti za povećanje kvantiteta i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, introdukciju novih sorata i vrsta, kao i za proširenje areala gajenja određenih poljoprivrednih kultura. Pri tome se ne radi samo o povoljnim već i o nepovoljnim klimatskim uticajima, koji mogu biti glavna prepreka da poljoprivredne kulture postignu svoj potencijalni biološki



prinos. To se pre svega odnosi na čestinu i intenzitet suša, prekomerne padavine, golomrazice i zimska otopljenja, prolećne i jesenje mrazeve, visoke letnje temperature, jake i isušujuće vetrove, grad i druge nepovoljne pojave. Njihov uticaj na kulture zavisi od intenziteta i trajanja ovih pojava, vrste i faze razvića kulture i može da varira od zanemarljivog smanjenja do potpunog izostanka prinosa.

Međutim, poznato je i da poljoprivredne kulture, naročito ako se radi o velikim kompleksima, utiču na lokalnu klimu, a pojedine poljoprivredne aktivnosti i na klimu šireg područja.

Velike površine pod određenom poljoprivrednom kulturom, naročito višegodišnji nasadi kao što su voćnjaci i vinogradi, u izvesnoj meri modifikuju klimu i stvaraju specifičan oblik mikroklimu, tzv. fitoklimu. Stoga se može govoriti o fitoklimi voćnjaka, vinograda, pšenice, kukuruza i dr., i svaka od njih ima svoje specifičnosti, zavisno od uticaja određene kulture i primenjenih agrotehničkih mera.

Pored toga i pojedine poljoprivredne aktivnosti, kao antropogeni faktor, imaju određen uticaj na klimu i njena kolebanja, ne samo na lokalnom i regionalnom nivou, već se ponekad može govoriti i o globalnom efektu, kao npr. u slučaju krčenja šuma.

Navešćemo nekoliko primera najvećeg ili najšireg uticaja ovih aktivnosti na klimu, kao što su krčenje šuma radi širenja obradivog zemljišta, korišćenje azotnih đubriva, meliorativni zahvati i dr.

Šume pokrivaju oko 33% površine kopna i za stvaranje organske materije u procesu fotosinteze koriste oko 42% atmosferskog CO<sub>2</sub>. Zbog krčenja šuma (prosečno oko 200 ha dnevno u celom svetu) i širenja poljoprivrednih površina, procenjuje se da je oko 10<sup>10</sup> tona CO<sub>2</sub> već preneto u atmosferu, a svake godine količina ovog gasa se povećava za 1 x 10<sup>9</sup> do 5 x 10<sup>9</sup> tona, po nekima čak i 10 x 10<sup>9</sup> tona. Povećana koncentracija CO<sub>2</sub> usled nestanka šuma kao velikog apsorbenta ovog gasa (pored mora i okeana), još je jedan od faktora koji dovodi do povećanog efekta atmosfere kao staklene bašte i utiče na promenu klime.

U svetu se godišnje troši približno 36 miliona tona azotnih đubriva. Njihovo korišćenje dovodi do oslobađanja azotnih komponenti u atmosferu, što može da promeni fotohemijski bilans ozona u stratosferi, odnosno da utiče na opadanje atmosferskog ozona. Značaj ozonskog sloja stratosfere je bitan za život na Zemlji, jer on kao veoma efikasan prirodan filter koji apsorbuje opasno ultraljubičasto Sunčevo zračenje, štiti biosferu. Zbog toga je svetsku javnost veoma uzбудila izjava britanskog naučnika 1985. godine, dobijena analizom satelitskih podataka, da je iznad Antarktika došlo do smanjenja stratosferskog ozonskog sloja (nazvano ozonska "rupa"), jer postoji bojazan da je ovo preteča širih pojava. Osim toga, azotni oksidi, zajedno sa CO<sub>2</sub> i drugim gasovima staklene bašte, utiču i na promenu klime na Zemlji.

Meliorativni zahvati kao što su drenaža i navodnjavanje utiču na modifikaciju hidrološkog ciklusa nekog područja jer povećavaju ukupno isparavanje. Na osnovu raspoloživih podataka je procenjeno da se kao posledica ljudskih aktivnosti globalno isparavanje povećava godišnje približno za 3,5% ili 2.500 m<sup>3</sup>, pri čemu se isparavanje sa kopna povećava, a zbog navodnjavanja i korišćenja vode u industriji smanjuje dotok vode ka okeanima.

Postoji još niz aktivnosti kojima čovek posredno ili neposredno utiče na klimu. Neke od tih koje utiču na sastav atmosfere, pre svega na koncentraciju traserskih (u tragovima) gasova, su paljenje ostataka žetve, šumski požari, sagorevanje fosilnih goriva (uglja, nafte i naftinih derivata) i dr. Ovi gasovi deluju kao gasovi staklene bašte, dovodeći do zagrevanja atmosfere a na taj način do promene klime.

## 2. ŠUMA KAO MODIFIKATOR KLIME

Šuma ima veliki uticaj na klimu svoje bliže pa i dalje okoline, zavisno od površine koju zahvata, visine, gustine i vrste drveća. Ona ustvari modifikuje klimu područja na kome se nalazi i stvara specifičnu mikroklimu. Posebno je značajno da li se radi o listopadnoj, četinarskoj ili o mešovitoj šumi.

Površine pod šumama u našoj zemlji obuhvataju 9.182.984 ha. One pokrivaju više od jedne trećine ukupne površine, odnosno 36%. U ukupnom šumskom fondu četinari učestvuju sa 27,4 % a lišćari sa 72,6 %. Pri tome treba naglasiti da je samo 63 % naših šuma sposobno da proizvodi drvenu masu koja se koristi u raznim granama privrede. S obzirom na sve veći problem sušenja šuma, kao i šumskih požara, taj procenat se iz godine u godinu smanjuje. S obzirom da pored prirodnih postoje i plantažne šume mekih lišćara i četinara, čije površine nisu zanemarljive, to je jasno da šume u našoj zemlji u znatnoj meri utiču na klimu. Razmotrićemo u najkraćim crtama uticaj šume na najvažnije klimatske elemente u šumskom arealu.

Površina kruna drveća predstavlja aktivnu površinu koja odbija i apsorbuje Sunčevu zračnu energiju. Ako se Sunčeva zračna energija koja dospeva na gornju površinu kruna označi sa 100 %, do donje površine kruna dolazi oko 30 %, a do površine šumskog zemljišta svega 20 - 25 %, što svakako zavisi i od gustine lisne mase kruna. Površina kruna ne utiče samo na prihod već i na rashod zračne energije, jer smanjuje efektivno zračenje sa šumskog zemljišta.

Šumska sastojina utičući na bilans zračenja utiče i na bilans toplote, a time i na mnoge druge klimatske elemente i pojave. Pre svega šume smanjuju zagrevanje i hlađenje šumskog zemljišta i vazduha, a time i dnevna i godišnja kolebanja. Zbog toga su zemljište i vazduh u šumi danju i leti hladniji, a noću i zimi topliji od okoline.

Na vlažnost vazduha u šumi utiče pored temperature zemljišta i vazduha i poseban režim isparavanja i vazdušnih strujanja. Relativna vlažnost vazduha je uvek veća u šumi nego iznad okolnih polja. Najveće razlike su leti, a najmanje zimi, kada kod listopadnih šuma praktično i ne postoje.

U šumskom arealu zbog povećane evapotranspiracije u vazduh dospeva višestruko veća količina vodene pare nego sa zemljišta bez vegetacije ili pokrivenog travom.

Šume povećavaju i oblačnost, naročito ako se radi o velikim šumskim kompleksima, a takođe i padavine. Ispitivanjima je utvrđeno da prosečno povećanje količine padavina u šumskom arealu iznosi 5 - 15 %. Međutim, iako na područje pokriveno šumom padne veća količina padavina nego na okolna polja, do zemljišta u šumi dospe manje vode nego u polju. Razlog je zadržavanje jednog dela padavina u krunama drveća odakle one isparavaju. Kao što je izneto u glavi 2 (4.2.) zadržavanje kod jelove šume u proseku iznosi 32 %, mešane 27 %, širokolisne 20 %

i borove šume 15 % od palih padavina. Pored kiše krune drveća, naročito četinaru, zadržavaju i sneg. Tako na primer u jelovoj šumi krune prosečno zadržavaju 50 - 60% palog snega, stoga je snežni pokrivač u gušćim četinarskim šumama za oko 25 % tanji nego u okolini, a i ravnomernije je raspoređen.

U šumama je češća pojava rose, slane iinja i poledice, koje zajedno sa kapljicama magle učestvuju u godišnjoj količini padavina sa oko 5 %, a ponekad i 10 %, ako se šume nalaze na većim nadmorskim visinama.

Šume u znatnoj meri smanjuju brzinu vetra i utiču na njegov pravac. Vetar znatno slabi u šumskom prostoru, tako da se čak i olujni udari u unutrašnjosti šume osećaju tek kao umeren vetar. Pored toga, brzina vetra smanjuje se i ispred šume na navetrenoj, kao i iza zavetrene ivice šume, a koliki će biti taj ivični pojas zavisi od visini drveća.

Iz ovog kratkog pregleda se vidi da šume deluju kao modifikatori klime ne samo prostora na kome se nalaze, već i šireg područja, pre svega time što ublažuju klimatske ekstreme i čine klimu povoljnijom i prijatnijom.

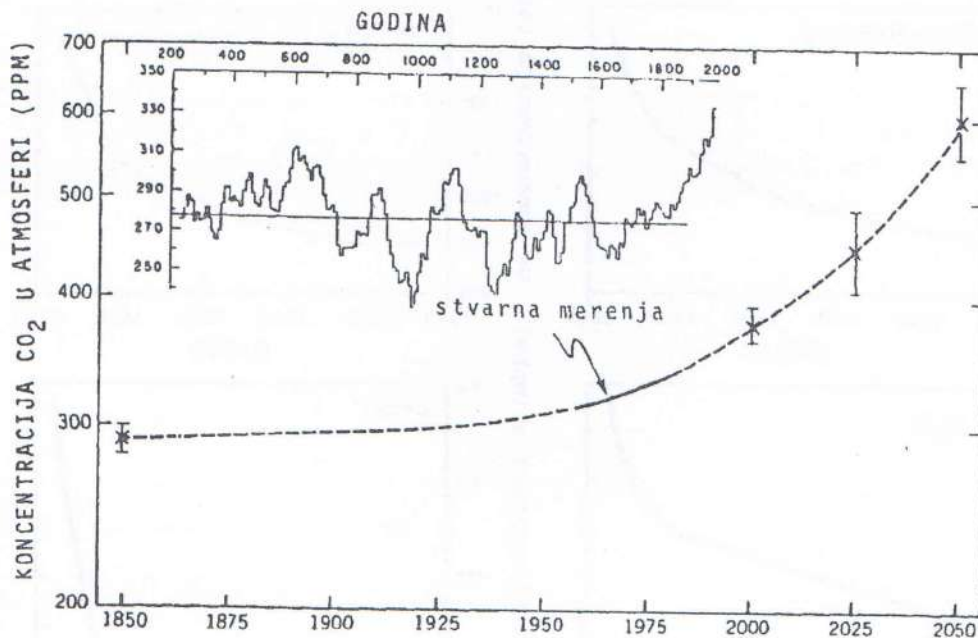
### 3. PROMENA KLIME USLED EFEKTA STAKLENE BAŠTE

Klima na Zemlji se uvek menjala i menjaće se i u budućnosti. Međutim, dok je ona u prošlosti bila podložna samo prirodnim uticajima, zadnjih 100 godina klima se menja znatno brže nego ranije, prevashodno zbog delovanja antropogenih faktora.

Mnoge ljudske aktivnosti, u poljoprivredi i industriji, vode do povećanja emisije ugljen dioksida ( $\text{CO}_2$ ) i drugih neotrovnihih gasova, koji apsorbuju dugotalasno infracrveno zračenje Zemlje i doprinose da atmosfera deluje kao staklena bašta. Naime, staklena bašta dopušta Sunčevom zračenju da prodire unutar staklenika, ali sprečava gubitak toplote. Stoga je u staklenoj bašti toplije nego izvan nje. Zemljina atmosfera ponaša se slično i otuda potiče izraz "efekat staklene bašte", a gasovi koji apsorbuju toplotu zovu se "gasovi staklene bašte" (skraćeno GSB). Efekat staklene bašte prouzrokuje zagrevanje nižih slojeva atmosfere i zemljine površine i kompenzuje hlađenje gornjih slojeva atmosfere.

Gasovi staklene bašte su od presudnog značaja za regulisanje temperature Zemlje i njene atmosfere. Bez njih bi prosečna globalna temperatura na površini Zemlje bila  $33^\circ\text{C}$  niža i iznosila bi  $-18^\circ\text{C}$ , a Zemlja bi bila ledena beživotna planeta. Zbog efekta staklene bašte, prosečna globalna temperatura je znatno viša i iznosi  $15^\circ\text{C}$ . Efekat prirodnih GSB u atmosferi, od kojih najveći efekat ima vodena para, bitna je komponenta mehanizma koji reguliše klimu na Zemlji i održava je u granicama povoljnim za razviće njene biosfere. Međutim, stalnim a zadnjih godina i naglim povećanjem GSB povećava se ovaj efekat, odnosno Zemljina površina i niži slojevi atmosfere se sve više zagrevaju. Postojeće metode za izračunavanje povećanja primarnog efekta staklene bašte pokazuju da je prekomeran  $\text{CO}_2$ , koji je od početka 19. veka već akumuliran u atmosferi, povećao radijaciono zagrevanje planete za  $1,3 \text{ W/m}^2$ . Kada se uzmu u obzir i drugi gasovi staklene bašte ova vrednost se povećava na  $2,2 \text{ W/m}^2$ . Dvostruko povećanje  $\text{CO}_2$  povećaće radijaciono zagrevanje na oko  $4 \text{ W/m}^2$  (Ramanathan, 1988: cit. u publikaciji: WMO Global Climate System).

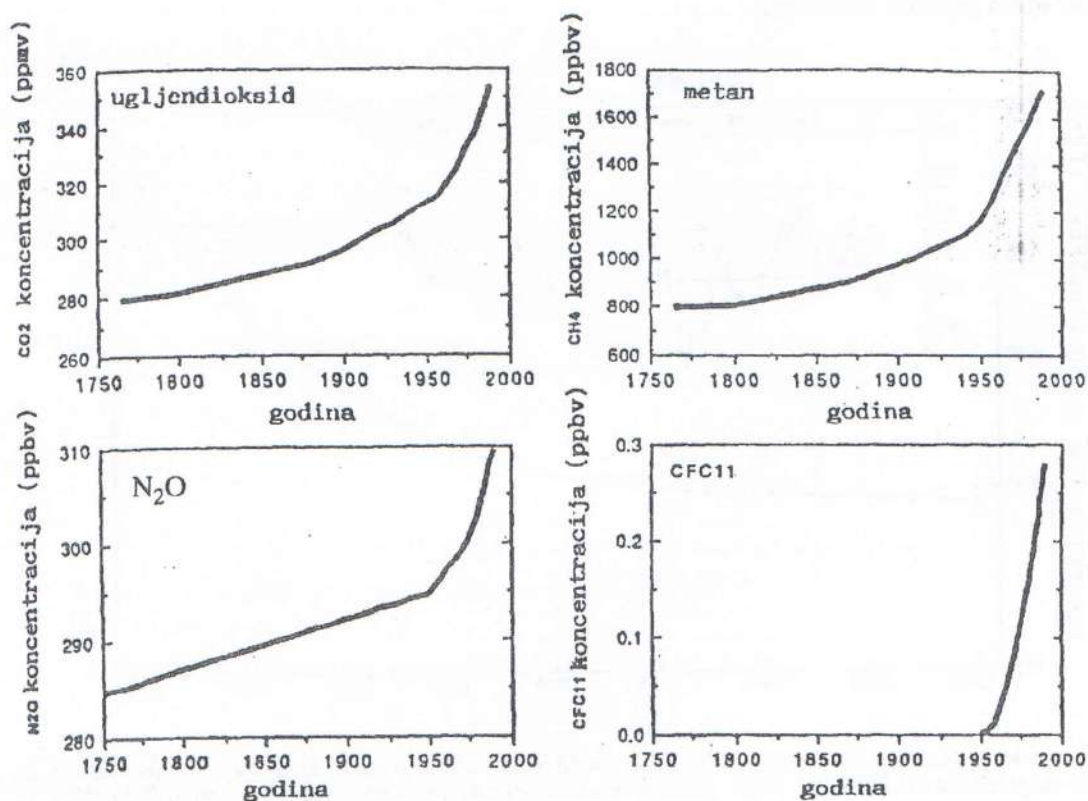
Od svih GSB najviše ima  $\text{CO}_2$  i zbog toga on pobuđuje najveću pažnju. On se nalazi u atmosferi, u okeanima gde je procenjeno da ga ima 60 puta više nego u atmosferi, a značajne rezerve ovog gasa su akumulirane i u fosilnim gorivima. Prema podacima iz 1988. godine, od celokupne komercijalne proizvodnje energije 88 % je bilo od sagorevanja fosilnih goriva, 7 % od hidroenergetskih postrojenja i 5 % od nuklearnih reaktora. Konstatovano je da se u zadnjih 100 godina zbog sagorevanja fosilnih goriva emisija  $\text{CO}_2$  povećala 300 puta, a koncentracija ovog gasa za 25 % u poslednjih 200 godina. Promene koncentracije  $\text{CO}_2$  najbolje se mogu uočiti iz sl. 57, gde su one prikazane za period od oko 1850. do 2050. godine, a u gornjem delu slike počev od 200. godine nove ere.



Sl. 57. Promene koncentracije atmosferskog  $\text{CO}_2$  od 1850. do 2050. godine. Stvarna merenja odnose se na podatke od 1958. do 1985. godine. Naredni deo krive je procena. U gornjem delu slike prikazane su promene koncentracije  $\text{CO}_2$  u periodu od 200. n.e. do 1985., koje su određene iz sadržaja ugljenika-13 u godovima drveća (Webster, 1985; iz publikacije: WMO The Global Climate System)

Iako se  $\text{CO}_2$  smatra glavnim uzročnikom povećanog radijacionog zračenja, treba imati u vidu da svaki gas koji apsorbuje infracrveno zračenje doprinosi efektu staklene bašte. U poslednje vreme velika pažnja se posvećuje kumulativnim efektima drugih GSB, koji zajedno sa  $\text{CO}_2$  mogu da prouzrokuju mnogo raniju pojavu zagrevanja. Osim  $\text{CO}_2$ , zapažene su značajne koncentracije najmanje 20 gasova staklene bašte, od kojih su 5 od primarnog značaja. To su hloro-fluoro-ugljenici (CFC), poznatiji pod komercijalnim nazivom freoni, a od kojih su naročito opasni CFC-11 i CFC-12, metan ( $\text{CH}_4$ ), azot suboksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) i ozon ( $\text{O}_3$ ). Na sl. 58 prikazane su koncentracije ovih gasova, osim ozona, čija se koncentracija menja usled ljudskih aktivnosti i u stratosferi i u troposferi, ali je na osnovu sadašnjih osmatranja teško kvantifikovati ove promene. Koncentracija  $\text{CO}_2$  i metana bile su do

18. veka relativno konstantne, ali su se posle toga naglo povećale zbog ljudskih aktivnosti. Koncentracija metana se više nego udvostručila zbog proizvodnje pirinča, gajenja stoke, sagorevanja biomase, rudnika uglja i ventilacije prirodnog gasa. Azot suboksid se povećao za oko 8 % u odnosu na predindustrijsko doba, naročito nekoliko poslednjih decenija. CFC nisu bili prisutni u atmosferi pre 1930. godine. Koncentracija ovih gasova se naglo povećala zbog njihovog korišćenja u proizvodnji raznih sprejeva i plastične pene. Oni su opasni zato što razgrađuju stratosferski ozonski sloj i imaju dug vek trajanja (vreme poluraspada oko 100 godina).



Sl. 58. Koncentracije CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O i CFC-11 (iz publikacije: WMO-UNEP, 1990)

ppmv = delova po milionu zapremine

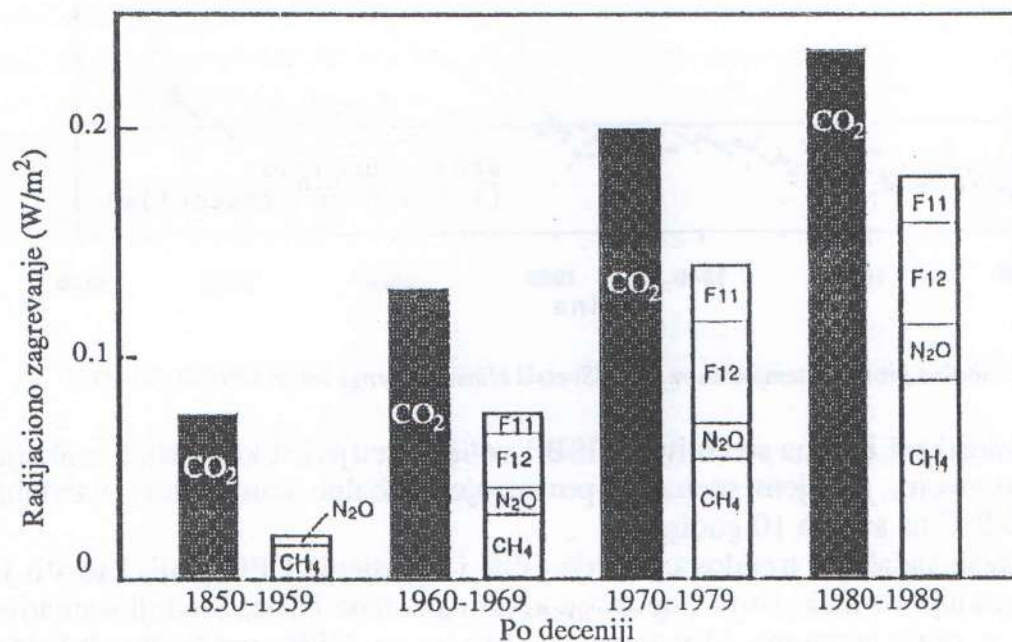
ppbv = delova po bilionu (hiljadu miliona) zapremine

CFC su isključivo antropogeni, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O i antropogeni i prirodni, dok troposferski O<sub>3</sub> može delimično da nastaje iz hemizma drugih gasova osim CO<sub>2</sub> (napr. CH<sub>4</sub> i drugi ugljovodonici, CO, NO, NO<sub>2</sub>). Zbog toga što apsorbuju zračenje drugih talasnih dužina od CO<sub>2</sub>, metan ima 25 puta a freoni (CFC) čak 10 000 puta veći efekat nego CO<sub>2</sub>. Slika 59 pokazuje doprinos različitih gasova povećanju radijacionog zagrevanja Zemlje tokom svake naredne decenije počev od 1850. godine.

Istraživanja buduće globalne promene klime usled povećanog efekta staklene bašte su pokazala da ako se nastavi sadašnji trend emisije GSB i u narednih 100

godina, može doći do povećanja globalne srednje temperature veće od bilo kog u ljudskoj istoriji.

Sve ovo ukazuje na neophodnost drastičnog smanjivanje emisije CO<sub>2</sub> i drugih GSB, najmanje za 50 % kako bi se zagrevanje Zemlje ograničilo na 0,1°C po deceniji (Paradiž, 1989). To neće biti nimalo lako jer upotrebu fosilnih goriva treba zameniti drugim vrstama energije bez štetnih emisija, što se pre svega odnosi na obnovljive vidove energije (hidroenergije, energije Sunca i vetra) kao i na energiju nuklearnih elektrana. Za smanjivanje emisije CO<sub>2</sub> mnogi preporučuju korišćenje gasa, jer primera radi, kod jednake količine proizvedene energije uglj emituje 73 % a tekuća goriva 43 % više CO<sub>2</sub> nego gas.



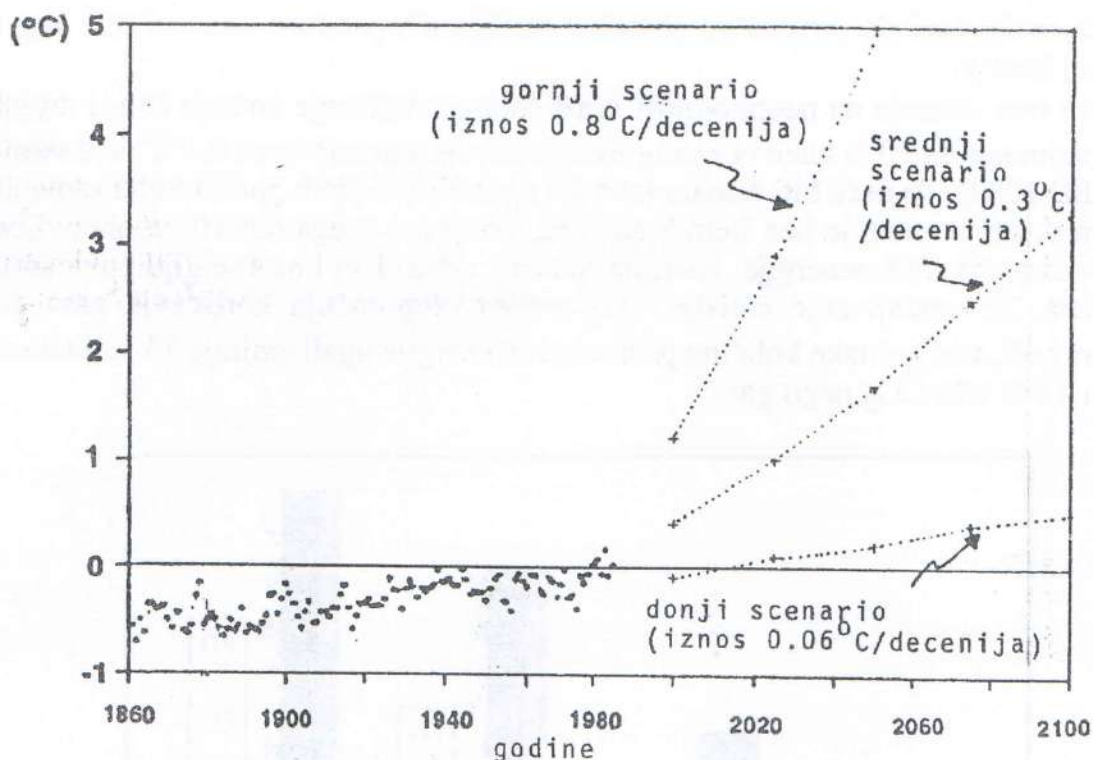
Sl. 59. Izračunato povećanje zagrevanja usled povećane koncentracije različitih GSB, za svaki naredni 10-godišnji period (F11 i F12, odnosno CFC-11 i CFC-12) (Hansen i dr., 1988; iz publikacije: *Global Climate System*)

#### 4. PREDVIĐENE GLOBALNE I REGIONALNE PROMENE KLIME

Povećana koncentracija gasova staklene bašte u atmosferi može da prouzrokuje promenu klime već u prvoj polovini narednog veka i da u velikoj meri utiče na životnu sredinu, odnosno na globalne ekosisteme, poljoprivredu, vodne resurse, povišenje nivoa mora, a time i na društvo u celini.

Poslednjih godina naučnici su razvili razne modele globalne promene klime od sada pa do kraja sledećeg veka, kao rezultat kontinuiranih emisija GSB. Pri tome se polazi uglavnom od tri pretpostavke, tri scenarija promene prosečne globalne temperature, koji su prikazani na sl. 60 i gde su vrednosti date kao razlike u odnosu na vrednosti 1985. godine:

a) Veliko povećanje emisije GSB zbog sve većeg korišćenja fosilnih goriva i



Sl. 60. Globalna promena temperature (°C) (Svetski klimatski program, WMO/ITD-No. 225)

drugih aktivnosti pri kojima se emituju GSB i velika osetljivost klimatskih reakcija na GSB. Po ovom, gornjem scenariju povećanje globalne temperature vazduha iznosilo bi 0,8°C na svakih 10 godina.

b) nastavak sadašnjih trendova emisije GSB i smanjenje CFC, koji, kao što je rečeno, razgrađuju ozonski sloj i doprinose efektu staklene bašte. Srednji scenario, koji uzima u obzir umerenu klimatsku osetljivost na GSB, predviđa globalno povećanje temperature od 0,3°C po deceniji.

c) Donji scenario koji pretpostavlja radikalno smanjenje emisija GSB (npr. manju emisiju CO<sub>2</sub> od fosilnih goriva za oko 50 % do 2075. godine) i relativno nisku klimatsku osetljivost na GSB, daje iznos povišenja temperature od 0,06°C po deceniji.

Po svakom od ovih scenarija buduće promene klime, globalna temperature će tokom narednog veka biti viša nego što je bila poslednjih 100 godina. Najčešće se navodi porast srednje temperature prizemnih slojeva atmosfere između 1,5° do 4,5°C, koje može da dovede do podizanja nivoa mora za 20 - 140 cm. Zbog složenosti klimatskog sistema ne isključuju se ni vrednosti izvan ovih granica. Tako iz rezultata 12 istraživanja od 1975. do 1987. (Shoewiese, cit. Paradiž, 1989) sledi prosečni porast temperature od najmanje 0,3° do najviše 5,3°C. To nisu male promene, ako se uzme u obzir da promene temperature na severnoj hemisferi u poslednjih 10.000 godina, posle zadnjeg ledenog doba, nisu nikada bile veće od 2°C.

Sve naučne studije o promeni klime usled efekta staklene bašte saglasne su da one neće u celom svetu biti iste, već će se razlikovati po regionima. Sadašnja saznanja o mogućim klimatskim promenama prikazana su u tab. 56.

Brojčane vrednosti temperature u ovoj tabeli uzete su iz dva najsavremenija modela opšte cirkulacije atmosfere. Prva vrednost dobijena je iz modela J. Hansena (NASA), a druga iz rada S. Manabe (US National Oceanographic and Atmospheric Laboratories in Princeton).

 REGIONALNI SCENARIJI PROMENE KLIME  
 (WMO/TD-No. 225)

Tab. 56

Region (a)	Promene temperature (b) (kao množitelj globalnog proseka)		Promene padavina (c)
	leto	zima	
Velike širine (60 - 90°)	0,5x do 0,7x	2,0x do 2,4x	povećanje zimi
Srednje širine (30 - 60°)	0,8x do 1,0x	1,2x do 1,4x	moгуće smanjenje leti
Male širine (0 - 30°)	0,9x do 0,7x	0,9x do 0,7x	do povećanje u mestima sa jakim padavinama danas

Regionalne promene su ovde date kao množitelj globalne i prosečne godišnje promene temperature prikazane na sl. 60. Ako se npr. iz sl. 60 pretpostavi da će globalna prosečna promena temperature 2040. godine iznositi 2,0°C (gornji scenario), onda iz tab. 56 proizlazi da se na velikim geografskim širinama severne hemisfere mogu u toj godini očekivati zimske temperature više za 4,0° do 4,8°C.

Podaci iz tab. 56 pokazuju da će u opštem zagrevanju najveći porast temperature vazduha verovatno nastupiti tokom zime na velikim, a najmanji na malim geografskim širinama. Osim toga, na velikim geografskim širinama promene temperature mogu biti 2 - 2,5 puta veće i brže od prosečnih globalnih godišnjih vrednosti, odnosno temperature se do sredine sledećeg stoleća mogu povisiti od 0,8°C do znatno iznad 5°C. Na malim geografskim širinama promene temperature biće sporije i nešto ispod prosečnih vrednosti.

Prognoze regionalnih padavina nisu tako pouzdane. Rezultati istraživanja sugerišu da može doći do povećanja zimskih padavina na velikim geografskim širinama, intenzivnijih kiša u sadašnjim kišnim tropskim širinama i, verovatno, do smanjenja letnjih padavina u umerenim geografskim širinama.

U umerenim širinama (30-60°) iznos zagrevanja biće veći od prosečnog globalnog i to, kako se predviđa, od 0,8° do 1,0°C na svakih 10 godina. Najnovije rezultate regionalnih promena klime do 2030. godine iznela je u svom izveštaju Radna grupa II Međuvladinog panela o promeni klime (1990). Za južnu Evropu (35-50°N, 10°W - 45°E), kojoj geografski pripada i naša zemlja, očekuje se zimi povećanje temperature za oko 2°C, a leti za 2-3°C. Postoje neke indikacije o povećanju padavina zimi, ali će se letnje padavine smanjiti za 5-15 %, a vlažnost zemljišta za 15 do 25 %.

Glavni efekti promene klime na ovim širinama se očekuju na poljoprivredi, vodnim resursima i zemljištu, a naročito na prirodnim ekosistemima kao što su šume. S obzirom na to, izneće se nešto detaljnije o mogućim efektima promene klime na poljoprivredu i šumarstvo.



## 5. MOGUĆI EFEKTI PROMENE KLIME NA POLJOPRIVREDU

S obzirom na interakciju između klime i poljoprivrednih aktivnosti, u svetu se vrše brojna istraživanja o uticaju budućih klimatskih promena na poljoprivredu. Jedan od međunarodnih istraživačkih projekata, koji je do sada dao najbolje informacije o efektima promene klime na poljoprivredu, sproveden je u Međunarodnom institutu za analize primenjenih sistema (IIASA) i finansiran od strane više specijalizovanih agencija Ujedinjenih Nacija. Po ovom scenariju, dugoročne promene klime određene su na osnovu udvostručenog nivoa CO<sub>2</sub> u odnosu na onaj u predindustrijskom dobu, a procene izvedene iz modela opšte cirkulacije atmosfere.

Rezultati istraživanja pokazuju da efekti promene klime neće uticati samo na prinose i poljoprivredni potencijal područja, zbog biofizičke reakcije biljaka i životinja na promene, već i na prihode pojedinačnih gazdinstava i ukupnu ekonomiju područja.

Kako će jedan od najizrazitijih aspekata dugoročnih promena klime biti više i sezonske i godišnje temperature na srednjim i višim geografskim širinama, to ne samo da će dovesti do produžetka vegetacionog perioda i povećanja prinosa poljoprivrednih kultura, već će zahtevati i promenu sortimenta mnogih kultura. Prednost će imati termofilne biljke, koje imaju veće zahteve za toplotom, kao i kasnostasne u odnosu na sorte koje rano sazrevaju i koje u uslovima znatnog povišenja temperature mogu biti izložene toplotnom stresu. Takođe će doći u obzir i zamena jarih (prolećnih) sa ozimim sortama. Naime, zbog većeg zagrevanja povećaće se i evapotranspiracija, i ako se ne primenjuje navodnjavanje da taj gubitak vode nadoknadi, može se pojaviti deficit vlage zemljišta u početku vegetacionog perioda, koji lakše podnose ozimi usevi, u to doba već dobro razvijeni.

Promenjeni klimatski uslovi odraziće se i na padavine. Smanjivanje padavina u toplom periodu godine, koje je moguće u kontinentalnim područjima srednjih širina, može da poveća čestinu gubitaka prinosa usled suše. Stoga će biti potrebno izvršiti veoma pažljiv izbor sorata otpornih na sušu. Negativan efekat će se pojaviti i u slučaju da se godišnja suma padavina ne promeni (ili čak poveća) ali se promeni njihov raspored tokom godine, tako da u kritičnim periodima razvića biljaka u odnosu na vlagu one budu nedovoljne.

Može se očekivati da će klimatske promene dovesti do pomeranja klimatskog potencijala, a time i do pomeranja vegetacionih zona. Naime, oblasti koje su u sadašnjim uslovima najpovoljnije za gajenje određene kulture ili grupe kultura, u uslovima promenjene klime to više ne moraju biti. U nekim delovima sveta, klimatske granice pomeriće se prema polu za 200 - 300 km za 1°C zagrevanja. Usled zagrevanja, vertikalno pomeranje u planinskim krajevima umerene zone može da bude reda veličina 150 - 200 m. Međutim, pomeranje vegetacionih zona zaostajaće za klimatskim pomeranjima u narednih 50 godina, tako da se i flora i fauna mogu naći u drugačijim klimatskim uslovima od onih na koje su adaptirane. Procenjuje se da će realan iznos pomeranja vrsta iznositi 10 - 100 m godišnje.

Osim toga, promene klime odraziće se i na druge sisteme, kao kod zaliha vode od otopljenog snega, jer se očekuje smanjenje površina pod snežnim pokrivačem i njegovo trajanje; obnavljanja podzemnih voda; kod erozije zemljišta, koja usled

sušenja zemljišta i vetra može biti intenzivnija; kod pojave biljnih bolesti i štetočina, na čije razviće veoma utiču temperatura i vlažnost.

Kao što se iz ovog kratkog pregleda najizrazitijih efekata promene klime vidi, organizovanje biljne proizvodnje zahtevaće veće ili manje prilagođavanje. Naime, ne postavlja se pitanje da li će poljoprivreda moći da se prilagodi, već kako to da uradi na najbolji način. Ono što se već sada može sagledati je da se to odnosi na promenu površina i lokaciju gajenja poljoprovrednih kultura sa različitim potrebama za toplotom i vlagom, vreme i gustinu setve, povećano gajenje međuuseva, količinu primenjenih đubriva, količinu i vreme navodnjavanja i na mere za smanjivanje erozije.

## 6. MOGUĆI EFEKTI PROMENE KLIME NA ŠUME

Prema sadašnjim saznanjima šume u srednjim geografskim širinama sadrže u drveću, drugim biljkama i zemljištu, količine ugljenika koje se mogu uporediti sa onim iznosom koji se sada akumulira u atmosferi. Efekti predviđenih promena klime uključuju mogućnost da se iz njih oslobode znatne količine ugljenika u atmosferu, kao ugljen-dioksid i metan, koji će kao GBS još više povećati zagrevanje atmosfere.

S obzirom da promena temperature od 1°C menja veličinu disimilacije za 10 - 30 %, ponekad i više, to se može očekivati da će ovakvo povišenje temperature povećati iznos raspadanja organskih materija u zemljištu, močvarama i močvarnim zemljištima, što će takođe povećati emisiju CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub> u atmosferu i povećati efekat staklene bašte.

Pri proceni mogućih reakcija šuma na klimatske promene u srednjim geografskim širinama, uzima se u obzir obim migracije semena, promene u reprodukciji zbog promene temperature i klimatski stres na šumsko drveće. Konstatovano je da će se zbog zagrevanja smanjiti reprodukcija mnogih vrsta, a povećaće se smrtnost populacije drveća i drugih šumskih biljaka. Sve ove promene najpre će se pojaviti duž toplijih i suvljih granica areala vrste.

Ako promena temperature bude brza, nastaće odumiranje šumskog drveća i šume će sve više zahtevati posebnu negu i zamenu drveća da bi se održala njihova produktivnost.

Pri promeni temperature 0,8 - 1,0°C po deceniji (sl. 60, gornji scenario) u srednjim geografskim širinama, procenjeno je da će glavni efekti promene klime na šume početi oko 2000. godine, a njihovo odumiranje između 2000. i 2050. godine. Posledice toga biće smanjenje površina pod šumama i smanjenje apsorpcije ugljenika iz atmosfere.

U slučaju radikalnog smanjenja GSB (sl. 60, donji scenario), po kome se predviđa prosečno povećanje temperature 0,06 - 0,07°C na svakih 10 godina, izumiranje pojedinih vrsta šumskog drveća, izostanak reprodukcije i odumiranje šuma u makrorazmerama neće se pojaviti pre 2100. godine, mada će i ovo zagrevanje prouzrokovati izvesne promene u pošumljenim područjima.

Propadanju šuma usled delovanja promene klime treba dodati i efekte njihovog odumiranja usled povećane količine atmosferskih i vodnih zagađujućih materija usled urbano-industrijskog rasta. Reakcija šuma na klimatske promene biće pod

uticajem povećanih iznosa ovih polutanata. Ova interakcija već sada prouzrokuje široko rasprostranjeno odumiranje mnogih vrsta četinarara i lišćara u Evropi. Sve to ukazuje na ozbiljnost problema, kome već sada treba posvetiti ozbiljnu pažnju ako se žele očuvati uslovi za normalan opstanak biosfere.

## 7. MERE ZA RAZVOJ POLJOPRIVREDE I ŠUMARSTVA U USLOVIMA PROMENJENE KLIME

Promena klime je neminovna i ma kakve vrednosti ovih promena, koje su najvećim delom prouzrokovane antropogenim uticajem, da se realizuju, već sada treba razmatrati strategije razvoja društva u celini, kao i pojedinih njegovih segmenata, koje će odgovarati ovim promenama.

Strategije treba da idu u dva pravca: prilagođavanje životne sredine i načina njenog korišćenja da bi se smanjile posledice promene klime i drugo, ograničenja emisija GSB kako bi se zaustavila ili smanjila koncentracija ovih gasova u atmosferi i time ograničila promena klime. Najbolji efekat bi se postigao ako bi se pri donošenju dugoročnih planova razvoja uzele u obzir istovremeno obe strategije.

S obzirom da je atmosfera globalno dobro, to je i njeno očuvanje za normalan život na Zemlji pitanje koje se u mnogo čemu mora rešavati u svetskim razmerama. Jedna od takvih međunarodnih aktivnosti odnosi se na zaštitu stratosferskog ozonskog sloja (Bečka konvencija i Montrealski protokol), kojima se predviđa hitno i drastično ograničenje potrošnje i zamena CFC, supstanci koje proređuju ozonski sloj. Emisiju CFC treba do 1995. godine smanjiti za 85 %, a do 2000. godine potpuno je ukinuti.

Dalja mera je smanjenje potrošnje primarne energije iz fosilnih goriva i intenziviranje razvoja alternativnih izvora energije, bez emisija CO<sub>2</sub>. To zahteva donošenje dugoročnih energetske strategija kao i programe prestrukturiranja privrede u vezi sa korišćenjem energije.

Imajući u vidu da se i poljoprivreda i šumarstvo moraju prilagoditi budućim klimatskim promenama na najbolji način, to se već sada moraju razmatrati opcije razvojne politike ovih grana privrede. Iako se za sada ne može prognozirati opseg promene klime, ipak se mogu proceniti potencijalne posledice svake od predviđenih promena klime zbog antropogenih uticaja.

Strategije razvoja poljoprivrede i šumarstva treba da se odnose na:

*Dislokaciju korišćenja zemljišta.* Kako se prema scenariju udvostručenog nivoa atmosferskog CO<sub>2</sub> mogu očekivati znatna pomeranja granica sadašnjih klimatskih tipova, to je jasno da to za sobom povlači i pomeranja rasporeda poljoprivrednog korišćenja zemljišta, a takođe i rasporeda i sastava šuma.

Pošto različite poljoprivredne i šumske kulture različito reaguju na promenu klime, to će radi optimizacije proizvodnje svake kulture i smanjenja troškova na najmanju meru biti potrebno promeniti i lokaciju površina pod određenom kulturom, jer se sa razlogom pretpostavlja da su i poljoprivreda i šumarstvo u velikoj meri prilagođeni sadašnjoj klimi. Postoje indikacije da će obim promena korišćenja zemljišta biti znatan.

Do nekih dislokacija korišćenja zemljišta moglo bi doći ne da bi se postigli veći

prinosi poljoprivrednih kultura, već da bi se stabilizovala proizvodnja. Naime, do dislokacije bi došlo zato da bi se smanjio rizik velikih gubitaka zbog klimatskog kolebanja, kratkoročnog ili dugoročnog, bilo svodeći kolebanje na najmanju meru ili boreći se za najveći mogući dobitak pod najgorim mogućim uslovima.

*Politika proizvodnje i zaliha hrane.* Topliji i duži vegetacioni period na srednjim i većim geografskim širinama dovešće uglavnom do većih prinosa poljoprivrednih kultura. U mnogim zemljama će stoga doći do viškova hrane. Prema preliminarnim proučavanjima izgleda da će to u Evropi biti u nordijskim zemljama, severnoj polovini Evropske ekonomske zajednice i u centralnom pojasu evropskog dela SSSR-a.

Jasno je da će to iziskivati radikalne promene politike proizvodnje hrane na nivou svake zemlje, bilo da one budu usmerene na održavanje strateškog minimuma viška ili na ograničenje hiperprodukcije, da bi se izbegli nepotrebni troškovi proizvodnje i skladištenja viškova.

*Promena politike ulaganja u poljoprivredu i šumarstvo.* Zemlja čija politika razvoja poljoprivrede i šumarstva ima za cilj veću prilagodljivost na kratkoročna klimatska kolebanja, kao što su npr. suša, poplave ili hladni periodi, često će usput poboljšati i prilagodljivost na dugoročne promene klime. Međutim, da bi se postigli povoljni ekonomski efekti u promenjenim klimatskim uslovima, biće ipak potrebno izvršiti određene promene tradicionalne prakse. Pre svega to se odnosi na gazdovanje vodom (efikasnije korišćenje vode), gazdovanje zemljištem (npr. uvođenje novih mera obrade zemljišta radi efikasnijeg smanjenja erozije) i na suzbijanje biljnih bolesti i štetočina (npr. uvođenje novih sorata i agrotehničkih mera radi smanjivanja njihove pojave i širenja). Takođe će se morati promeniti struktura poljoprivrednih gazdinstava i infrastruktura na selu, kao što je poboljšanje sistema transporta, marketinga i kreditiranja.

Kao što se iz ovog kratkog pregleda vidi, potrebno je široko angažovanje naučnog i stručnog potencijala zemlje da bi se mogli dobiti pravovremeni i pouzdani odgovori na neminovne predstojeće promene klime.

## 8. LITERATURA

- Bach W. 1989: Projected Climatic Changes Impacts in Europe due to Increased CO<sub>2</sub>. Conference on Climate and Water, vol.1-2, Helsinki 11-15.IX 1989, Finland
- Bolin B., 1980: Climatic Changes and their Effects on the Biosphere. WMO-No. 542, Geneve
- Nillson A., 1990: Saving the Ozone Layer. A joint Project, The Swedish Society of Swedish Industries, Publications Department, Sweden
- Paradiž B., 1989: Nedopustive emisije menjaju klimu - Katastrofa se mora sprečiti. Zaštita atmosfere, god. 17, br. 2, Sarajevo
- Smith J.B., Mugler M.W., Rubino M., 1989: Planning for Drought in Light of Climate Change. Drought, Network News, vol. 1, No. 3
- Webster P.J., 1985: Great Events, Grand Experiments: Man's Study of the Variable Climate - Part II: Projects of a Warming Earth. Earth and Mineral Sciences, Vol. 55
- WMO, 1983: Effects of Climate Variability on Agriculture and of Agricultural Activities on Climate. WMO, Agricultural Meteorology, CAgM Report, No. 17
- WMO, 1987: The Global Climate System. Autumn 1984 - Spring 1986, Geneva