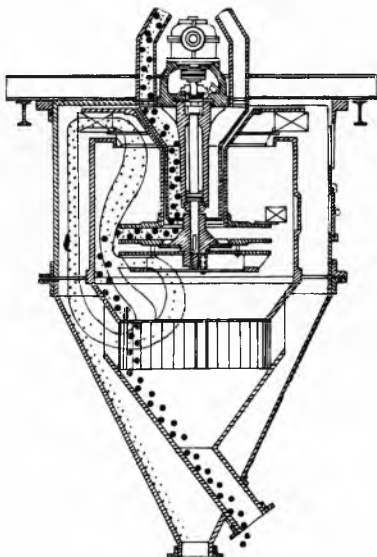


kator prikazan je na sl. 40. Za sve je te moderne tipove karakteristično da imaju dva ventilatora te unutrašnje i vanjsko kućište. Materijal se dodaje centralno odozgo na rotacijski distribucijski tanjur preko kojeg se ubacuje u klasifikacijsku struju koja dolazi odozdo. Fine čestice izdvojene gornjim ventilatorom bacaju se centrifugalnom silom na zidove vanjskog cilindra, klize po njemu naniže i izlaze kroz ispušt. Grube čestice prolaze kroz prostor s rebrima i tu se još jednom prečiste zrakom što dolazi iz vanjskog konusa i koji odnosi preostale fine čestice. Oštrina klasifikacijskog reza može se u određenim granicama regulirati brzinom vrtnje ventilatora i mijenjanjem položaja rebara.



Sl. 40. Centrifugalni pneumatski klasifikator

Centrifugalni pneumatski klasifikatori grade se s promjerom cilindra 1500–5000 mm, s kapacitetom 5–150 t/h. Primjenjuju se u industriji cementa, u termoelektranama loženima ugljenom, i u drugim industrijskim granama.

LIT.: H. Brauer, Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau-Frankfurt/M 1971. — J. Wessel, Sieben, u djelu: Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, Band 2, Weinheim 1972. — F. Kaiser, Windsichter. Ibid. — H. Trawinski, Aufstromklassierer. Ibid. — H. Schubert, Aufbereitung fester mineralogischer Rohstoffe. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1975. — T. Allen, Particle size measurement. Chapman and Hall, London 1975. — D. Ocepek, Mehanska procesna tehnika. DDU Univerzum, Ljubljana 1976. — D. B. Purchas, Solid/liquid separation equipment scale-up. Uplands Press Ltd, Croydon 1977.

D. Ocepek

**KLIMATOLOGIJA**, znanost o klimi. Pod klimom se podrazumijeva skup stanja atmosfere iznad geografskog područja u određenom vremenskom razdoblju, odnosno, općenito uzevši, klima predstavlja generalizaciju ili integraciju vremenskih stanja za promatrano razdoblje unutar promatranog područja. Klimatologija proučava klimu, njene tipove, uvjetovanost i raspodijeljenost na Zemlji, te njene promjene tokom vremena. Klimatologija spada u prirodne znanosti; u užem smislu ubraja se u meteorologiju (v. *Meteorologija*), koja je dio geofizike, znanosti o Zemlji.

Prema užem području koje obrađuje i prema metodama kojima se služi klimatologija je razvrstana na nekoliko grana. *Fizička klimatologija* u prvom redu bavi se nastankom i fizičkom uvjetovanošću klime, te prosječnim stanjima atmosfere. *Teorijska klimatologija* ili *klimatonomija* precizno objašnjuje klimatske pojave, od osnovnih koncepcija lokalne toplinske ravnoteže do teorijskih modela opće cirkulacije atmosfere.

*Dinamička klimatologija* razmatra rasprostranjenost pojedinih tipova klima na Zemlji i njihovu uvjetovanost procesima opće cirkulacije atmosfere, zračnim masama i frontama. *Aeroklimatologija* proučava klimu slobodne atmosfere, tj. atmosfere iznad graničnog sloja (v. *Meteorologija*). *Mikroklimatologija* se bavi atmosferskim slojem do 2 m nad tlom (prema Munnu slojem do 50–100 m), a *mezoklimatologija* fenomenima na područjima koja se horizontalno protežu 15–150 km. *Topoklimatologija* proučava klimu specifičnih mjesta, više s geografskog gledišta. Ostale su grane klimatologije: *bioklimatologija*, koja razmatra odnose klime i čovjeka; *poljoprivredna* ili *agrikulturna klimatologija*, koja proučava odnose klime i biljaka; *paleoklimatologija*, koja proučava klimatske prilike davnih geoloških razdoblja. Rezultati klimatoloških istraživanja služe u prvom redu u primijenjenoj meteorologiji. Opisni dio klimatologije, *klimatografija*, obuhvaća grafičke prikaze o pojedinim tipovima klime na Zemljinoj kugli.

Osnovne pojmove o klimi poznavali su već u staroj Grčkoj vjerujući da klima ovisi jedino o kutu pod kojim Sunčeve zrake padaju na površinu Zemlje. Tako i riječ klima dolazi od grčke riječi *κλίμα* klima *naqib*. Sve do XVII stoljeća, kad su izumljeni osnovni meteorološki instrumenti, tumačenja vremenskih i klimatskih pojava zasnivalo se na praznovjerju i iskustvenim pravilima. U XVIII stoljeću objavljena je prva klimatska karta vjetrova na oceanima (E. Halley, 1656–1724) i prvi opisi klime na osnovi instrumentalnih mjerenja, ali osnivačem klimatologije kao znanosti smatra se tek A. Humboldt (1769–1859). On je postavio načela sustavnih opisa i objašnjenja klime na Zemlji i izradio prve klimatske karte. Razvojem mreže stanica i opservatorija povećao se broj podataka o klimatskim opažanjima. U obradi tih podataka dali su izuzetno vrijedne priloge A. I. Voicikov (1842–1916) zakonom o ovisnosti amplitude temperature o reljefu tla, W. Köppen (1846–1940), koji je razradio prvu i do danas najšire prihvaćenu klasifikaciju klime, dok su J. von Hann (1839–1921) i njegova bečka škola postavili osnove klasične klimatologije, kojoj je težište u određivanju aritmetičkih srednjaka dugih nizova meteoroloških elemenata.

U XX stoljeću uspostavljena je globalna mreža stanica, koja je obuhvatila i oceane i trope, Arktik i Antarktik, pa je bilo moguće izraditi klimatske atlase kontinenta, oceana i pojedinih država. Klimatologija se služi sve više statističkim metodama, a njeni rezultati nalaze široku primjenu u različitim područjima ljudske aktivnosti. Mjerenja viših slojeva atmosfere omogućuju dobivanje trodimenzijske slike o stanju meteoroloških elemenata i podloge za aeroklimatološke atlase i monografije.

Dvadesetih godina ovog stoljeća uvodi E. E. Fedorov kompleksnu klimatologiju, koja promatra sve meteorološke elemente umjesto pojedinih elemenata, te utjecaj klime na živi svijet. Budući da se pod klimom razumiju i višegodišnje klimatske prilike, to ona djeluje na čovjeka učestalošću različitih vremenskih tipova ili grupe tipova, a ne njihovim srednjim vrijednostima. Osnove *dinamičke klimatologije* postavio je tridesetih godina ovog stoljeća T. Bergeron, dok je dalji razvoj doveo do proučavanja utjecaja opće cirkulacije atmosfere na klimatske prilike (V. Bugaev, H. Pogosjan, S. Hromov i dr.), toplinske ravnoteže Zemljine površine i atmosfere (M. Budjiko, G. Lonsberg i dr.), a sve veća urbanizacija i do proučavanja utjecaja čovjeka na klimatske prilike na Zemlji. Teorijske osnove tzv. *matematičke klimatologije* dao je naš znanstvenik M. Milanković (1879–1958).

Posljednjih desetak godina nagli razvoj elektroničkih računala omogućio je obradu mnoštva klimatoloških podataka suvremenim metodama statistike, a razvijeno je i više matematičkih modela klimatogenih procesa (N. Kočin, N. Phillips, G. Smagorinsky, E. Lorenz i dr.). Dalje usavršavanje tih modela trebalo bi dati sliku prostorne razdiobe klimatskih elemenata i razjasniti ne samo kompleksne utjecaje na klimu u prošlosti već i moguće promjene u budućnosti.

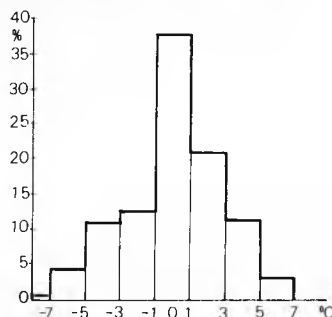
**Klima i klimatski elementi.** Klima nekog područja ili mjesta određuje se na temelju niza mjerenja meteoroloških elemenata (v. *Meteorologija*) iz duljeg vremenskog razdoblja. Među meteorološke elemente spadaju: temperatura, vlaga, tlak zraka, vjetar, insolacija, naoblaka, oborine, vidljivost, isparivanje, snježni pokrov, stanje tla, te karakteristike zračenja Sunca (ukupno zračenje, radijacijska bilanca, toplinska razmjena između tla i atmosfere).

Razdoblje od 30 ili više godina smatra se u našim geografskim širinama *klimatološkom normalom*. Budući da se i klima postepeno mijenja, razdoblje od 1931. do 1960. godine vrijedi u najnovije vrijeme kao *normalni period*. U nedostatku podataka, za određivanje osnovnih karakteristika klime, uzima se i kraće razdoblje (barem 10 godina).

*Karakteristike klime* su statistički pokazatelji iz višegodišnjih nizova meteoroloških elemenata (godišnje, sezonske, mjesečne, dnevne vrijednosti). Njihove srednje vrijednosti, sume i učestalosti nazivaju se *klimatološkim normama*, dok se odgovarajuće vrijednosti elemenata za pojedine dane, mjesece, sezone ili godine zovu *odstupanjima* od tih normi. Ovo vrijedi i za kompleksne pokazatelje klime, koji su definirani kao funkcije od nekoliko meteoroloških elemenata.

Za klimatološke studije i analize podlogu predstavljaju rezultati mjerenja meteoroloških elemenata u klimatološkim terminima (7<sup>h</sup>, 14<sup>h</sup> i 21<sup>h</sup> po lokalnom vremenu). Rezultati tih mjerenja u izvedenim statističkim veličinama uglavnom odgovaraju i vrijednostima dobivenim mjerenjima u sinoptičkim terminima (0<sup>h</sup>, 3<sup>h</sup>, 6<sup>h</sup>, 9<sup>h</sup>, 12<sup>h</sup>, 15<sup>h</sup>, 18<sup>h</sup> i 21<sup>h</sup> UT) ili svakog sata.

Podaci klimatoloških mjerenja i opažanja objavljuju se u *Meteorološkim godišnjacima* ili posebnim monografijama; podaci iz slobodne atmosfere u *Aerološkim godišnjacima* i *Dnevnim vremenskim biltenima*, koji sadrže i dnevne sinoptičke karte. U našoj se zemlji podaci iz mreže meteoroloških stanica obrađuju i arhiviraju u hidrometeorološkim zavodima pojedinih republika i u Saveznom hidrometeorološkom zavodu.



Sl. 1. Histogram učestalosti srednjih mjesečnih temperatura zraka u siječnju, izmjerenih na opservatoriju Zagreb-Grič. Razdoblje od 1862. do 1977. godine

U statističkoj analizi klimatskih elemenata razlikuju se primitivne, elementarne i više karakteristike. *Primitivne karakteristike* dobivaju se iz originalnih mjerenja jednostavnim metodama, kao npr. grupiranjem ili brojenjem izmjerenih vrijednosti a obuhvaćaju, osim apsolutnih ekstrema promatranog razdoblja, amplitudu (razliku tih ekstrema) i srednje vrijednosti mjerenih veličina. Tu spada i razdioba učestalosti pojedinih vrijednosti po klasama (apsolutne i relativne učestalosti), koje se grafički prikazuju u obliku histograma (sl. 1). Najčešća vrijednost u skupu naziva se *modus M*, a klasa u kojoj se pojavljuje najveći broj najčešćih vrijednosti jest *klasa modusa*.

*Elementarne karakteristike* klimatskih elemenata jesu: *srednja vrijednost* (ili *srednjak*)

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

gdje je  $n$  broj opažanja,  $x$  izmjerena vrijednost; *medijana* (centralna vrijednost u skupu po vrijednosti poredanih podataka tako da polovica ukupnog broja leži ispod, a polovica iznad te vrijednosti); *odstupanje od srednjaka*  $d_i = m - x_i$ ; *prosječno odstupanje* ili *standardna devijacija*

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2} \quad (2)$$

te *varijanca* ili *dispersija*  $\sigma^2$ .

Standardna devijacija služi u klimatologiji za ocjenu koliko je neka vrijednost u nizu podataka normalna, odnosno koliko odstupa od srednje vrijednosti. Vrijednosti koje leže unutar intervala  $m \pm \sigma$  mogu se, uz uvjet da razdioba mjerenih vrijednosti odgovara normalnoj razdiobi, smatrati normalnima. Vrijednosti koje leže u intervalu  $m \pm (\sigma \cdot 2)$  smatraju se hipernormalnim, odnosno subnormalnim, a one koje leže izvan intervala što je određen područjem  $m \pm 3\sigma$  izvanredno hipernormalnim, odnosno izvanredno subnormalnim.

*Više karakteristike* klimatskih elemenata u prvom redu služe za usporedbu u kolikoj mjeri empirijska razdioba niza vrijednosti odstupa od normalne razdiobe. Više su karakteristike klimatskih elemenata: *koeficijent asimetrije*:

$$\alpha_3 = \frac{m - M}{\sigma} \quad (3)$$

gdje je  $M$  modus. Pozitivna vrijednost  $\alpha_3$  pokazuje da se srednja vrijednost razdiobe čestina nalazi desno od modusa (desno simetrična); a ako je  $\alpha_3$  negativno, onda se radi o negativnoj ili lijevo simetričnoj razdiobi. *Koeficijent spljoštenosti* ili *ekscs*:

$$\gamma = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^4 - 3 \quad (4)$$

pokazuje u kojoj je mjeri krivulja razdiobe izobličena prema normalnoj razdiobi: velike vrijednosti pokazuju na veliko grupiranje vrijednosti oko medijane, a male vrijednosti da je krivulja razdiobe veoma spljoštena.

Među posebne karakteristike klimatskih nizova spada i *varijanca* ili *srednja promjenljivost*

$$V_a = \frac{\sum (x_i - m)^2}{n} \quad (5)$$

gdje je  $m$  srednja vrijednost nekog klimatskog elementa za dulje razdoblje, a  $n$  ukupan broj mjerenja. Ako je niz mjerenja iz kraćeg razdoblja (reda veličine manjeg od 10 godina), tada je već i razlika ekstremnih vrijednosti mjera rasipanja mjernih podataka. Nadalje se određuje *medudnevna* ili *interdijurna promjenljivost* kao srednja vrijednost razlika bilo uzastopnih srednjih dnevnih vrijednosti nekog elementa bilo pak vrijednosti nekog elementa u određenom satu uzastopnih dana. Srednja vrijednost nekog elementa može se približno odrediti i kao srednjak razlike između maksimalne i minimalne vrijednosti u toku dana. U tabl. 1 prikazani su podaci o srednjim temperaturama zraka u mjesecu siječnju na području grada Zagreba, s rezultatima proračuna nekih elementarnih i viših karakteristika.

Tablica 1

PROSJEČNA UČESTALOST SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA ZRAKA NA OPSERVATORIJU ZAGREB-GRIČ, SIJEČANJ 1862–1977

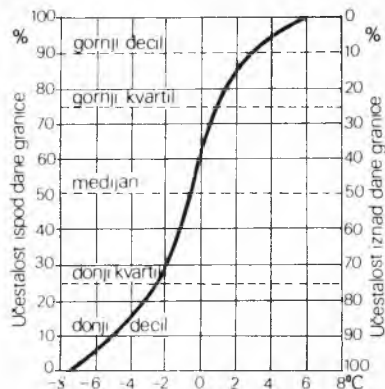
Temperaturna klasa °C	-7,1 -8,0	-5,1 -7,0	-3,1 -5,0	-1,1 -3,0	1,0 -1,0	1,1 3,0	3,1 5,0	5,1 7,0
Učestalost	1	5	13	15	41	24	13	4
Učestalost %	0,86	4,31	11,21	12,93	35,34	20,69	11,21	3,45

Srednja vrijednost  $m = 0,05^\circ\text{C}$ ; standardna devijacija  $\sigma = 2,894$ ; koeficijent asimetrije  $\alpha_3 = -0,261$ ; koeficijent spljoštenosti  $\gamma = 2,826$

Većina klimatskih elemenata skalarne su veličine (npr. temperatura, vlaga, tlak, naoblaka), koje se kontinuirano registriraju ili opažaju u određenim intervalima i terminima. Na osnovi skupa svih mjerenja u određenom terminu (odnosno trenutku) u toku dana može se odrediti razdioba učestalosti pojedinih vrijednosti, i za nju izračunati već spomenute statističke veličine. Najčešće se ne raspolaže dovoljno dugim nizom opažanja, pa je promatrani skup podataka samo slučajni uzorak iz ukupne populacije vrijednosti promatranog klimatskog elementa koja bi se dobila nizom opažanja kroz, npr., 100 godina.

Dobivene razdiobe učestalosti mogu poslužiti za određivanje krivulja ili dijagrama kumulativne učestalosti, iz koje se mogu odrediti npr. medijana, gornje i donje kvartile i decile (vrijednosti ispod, odnosno iznad kojih leži 25%, odnosno 10% vrijednosti skupa, sl. 2). Krivulje empirijske razdiobe mogu poslužiti i za određivanje teorijske razdiobe učestalosti, odnosno vjerojatnosti, koje najbolje predočuju stvarnu razdiobu uzorka. Od mnogobrojnih teorijskih razdioba kontinuiranih varijabla, kojima se mogu predočiti pojedini klimatski elementi, posebno su važne *normalna razdioba* (temperatura zraka u promatranom razdoblju, srednji mjesečni ili godišnji tlak zraka), *logaritamska normalna razdioba* (vidljivost, godišnje i mjesečne sume oborina), *gama-razdioba* (komponente vjetera), *Gumbelova razdioba* (ekstremne vrijednosti klimatskih elemenata), *U-razdioba* (naoblaka). Od diskontinuiranih razdioba važne su *binomna razdioba* (broj sušnih mjeseci), te *Poissonova razdioba* (rijetki događaji kao tuča, jaki pljuskovi i dr.). Sve ove razdiobe definirane su određenim parametrima i funkcijom gustoće vjerojatnosti.

U nizu podataka klimatskih elemenata mogu nastupiti promjene zbog različitih uzroka. Promjene koje nisu pobuđene prirodnim uzrocima (promjena instrumenta ili motritelja, ili uvjeta oko mjesta motrenja) mogu biti razlog da niz motrenja u razdoblju promatranja bude nehomogen. Prije statističke obrade valja stoga kritički ispitati homogenost nizova mjerenja, što zahtijeva usporedne nizove dviju stanica. S obzirom na činjenicu da su svi klimatski elementi uvijek izloženi kraćim i dužim periodičkim i neperiodičkim kolebanjima, pojavljuju se promjene iz godine u godinu, pa se obično govori samo o relativnoj homogenosti koja se ispituje kriterijima homogenosti.



Sl. 2. Krivulja kumulativne procentualne učestalosti temperature zraka u siječnju, prema mjerenjima opservatorija Zagreb-Grič. Razdoblje od 1862. do 1977. godine

Niz mjerenja je relativno homogen, prema istodobnom nizu nekog drugog mjesta, ako su diferencije (ili kvocijenti) srednjih vrijednosti homolognih razdoblja niz slučajnih brojeva koji odgovara zakonu pogreške. *Abbeov kriterij homogenosti* glasi:

$$\frac{2A}{B} = 1 \pm \sqrt{\frac{1}{n}}, \quad (6)$$

gdje je  $A = (d_i)^2$ , tj. suma kvadrata odstupanja od srednjaka,  $B = (d_i - d_{i+1})^2$ , tj. suma kvadrata razlika uzastopnih odstupanja od srednjaka,  $n$  ukupan broj mjernih podataka. Taj je kriterij zadovoljen ako u nizu podataka nema utjecaja sustavne pogreške.

**Analiza meteoroloških vremenskih nizova.** Vremenski niz je serija vremenski ekvidistantno poredanih vrijednosti meteorološkog elementa. Statistička analiza takva niza treba da utvrdi promjenljivost i karakteristike periodičkih i neperiodičkih kolebanja da bi se prognoziralo ponašanje vremenskog niza u budućnosti. Takvi se nizovi mogu izravnati pomoću tzv. *kliznih srednjaka*, čime se eliminiraju varijacije ili ciklus istog reda veličine kao razdoblje za koje se uzima srednjak. Tako su npr. desetodnevni klizni srednjaci jednaki:

$$m_1 = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{10}}{10}, \quad m_2 = \frac{x_2 + x_3 + \dots + x_{11}}{10}, \text{ itd.} \quad (7)$$

Treba posebno istaknuti da se mjereni podaci u meteorologiji bitno razlikuju od nizova podataka u drugim granama znanosti, npr. u biologiji, gdje se mogu primijeniti klasične metode statistike. U meteorologiji i geofizici općenito se radi s mjenjenim veličinama koje su funkcija vremena i prostora, no takve su prirode da uzastopni podaci u vremenskom nizu nisu međusobno nezavisni, već više ili manje pokazuju efekt persistencije. Radi se, dakle, o pojavi autokorelacije, što je prirodna posljedica činjenice da su članovi u promatranim nizovima kontinuirane veličine koje se postepeno mijenjaju, pa je vjerojatnost pojave takve veličine veća negoli u neke nezavisne veličine. Poveća li se vremenski razmak između pojedinih članova u vremenskom nizu, efekt persistencije se smanjuje.

Da se odredi periodički hod meteorološkog elementa, primjenjuje se harmonička analiza pomoću koje se može svaka funkcija zadana u svakoj točki vremenskog intervala predočiti

beskonačnim redom sinusnih i kosinusnih funkcija. Godišnji hod temperature zraka dobiva se promatranjem srednjih mjesečnih vrijednosti, pa kad se odredi tzv. osnovni harmonik, mogu se otkriti osnovni utjecaji koji uvjetuju karakterističan hod temperature. Fluktuacije unutar kratkih perioda mogu se izravnati metodom kliznih srednjaka.

Da bi se odredila autokorelacija vremenskog niza, primjenjuje se metoda određivanja faktora korelacije između vremenski uzastopnih članova.

**Faktori koji uvjetuju klimu.** Klima nekog područja je funkcija mnogih faktora koji se mogu razvrstati u dvije osnovne grupe: *a* promjenljive faktore uvjetovane vremenskim promjenama, to su tzv. *klimatski elementi* (koji su ujedno i meteorološki); te *b* stalne faktore ili *klimatske faktore*, koji su kozmičke i geografske prirode (Sunčevo zračenje, geografska širina, razdioba kopna i mora itd.). Stalni faktori u prvom redu mijenjaju one klimatske uvjete na Zemlji kakvi bi postojali kad bi površina Zemlje bila potpuno homogena. Takvi su uvjeti definirani tzv. solarnom ili matematičkom klimom, teoriju koju je dao M. Milanković. Na osnovi te teorije, poznavajući astronomske odnose Zemlje kao planete i karakteristike radijacije Sunca, moguće je proračunati klimatske karakteristike nekog mjesta.

Najveći utjecaj na procese u atmosferi, a time i na klimu, ima Sunčevo zračenje (v. *Meteorologija*; v. *Insolacija*, TE 6, str. 488), koje se velikim dijelom reflektira od gornjih slojeva atmosfere, oblaka i Zemljine površine, a manjim dijelom apsorbira u atmosferi, difuzno raspršava na njenim česticama i dopire do Zemljine površine, gdje se kratkovalno zračenje apsorbira. Zbog apsorpcije dijela Sunčeva zračenja zagrije se površinski sloj Zemlje, pa izarava dugovalno zračenje, koje dijelom apsorbiraju vodena para i ugljični dioksid u atmosferi. Tako zadržano toplinsko zračenje u atmosferi izarava se natrag prema Zemlji, povisujući temperaturu zraka. Dio toplinske energije troši se i na pretvorbe vode u atmosferi i na tlu, a toplina se prenosi horizontalnim (vjetrovi) i vertikalnim strujama zraka (konvekcija), te oceanskim strujama.

Sustav makrostrujanja zraka iznad Zemlje, koji se zove *opća cirkulacija atmosfere*, može se uočiti ne samo na svakodnevnim sinoptičkim kartama već i na srednjim mjesečnim kartama razdiobe geopotencijala (v. *Meteorologija*), a i na srednjim vertikalnim presjecima. Općom cirkulacijom atmosfere uvjetovan je i globalni prijenos topline i vlage, dok lokalni sustavi vjetrova uvjetuju takav prijenos nad ograničenim područjima, djelujući i na lokalne klimatske prilike.

**Karakteristike klimatskih elemenata.** *Temperatura zraka.* Srednje dnevne vrijednosti temperature zraka određuju se iz klimatskih terminskih vrijednosti:

$$t_m = \frac{t_7^h + t_{14}^h + 2t_{21}^h}{4} \quad (8)$$

ili iz satnih vrijednosti tokom 24 sata, ili iz dnevnih ekstrema:

$$t_m = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} \quad (9)$$

Srednja dnevna vrijednost temperature zraka, izračunata prema formuli (8), dakle iz svega tri terminske vrijednosti, u najboljoj mogućoj mjeri odgovara pravom dnevnom srednjaku dobivenom iz satnih vrijednosti temperature zraka tokom 24 sata.

Dan kada srednja temperatura prelazi određeni prag određuje se bilo iz grafikona srednjih mjesečnih temperatura, bilo interpolacijom iz mjesečnih srednjih vrijednosti. Analogno se može odrediti i ukupan broj dana iznad ili ispod određenog praga temperature, što npr. služi za određivanje *vegetacijskog razdoblja*, za koje je taj prag 6°C. Određuju se i posebni karakteristični dani: *ledeni dani* (minimalna temperatura  $\leq -10^\circ\text{C}$ ), *studen dani* (maksimalna temperatura  $< 0^\circ\text{C}$ ), *hladni dani* (minimalna temperatura  $< 0^\circ\text{C}$ ), *topli dani* (maksimalna temperatura  $\geq 25^\circ\text{C}$ ), *vrući dani* (maksimalna temperatura  $\geq 30^\circ\text{C}$ ). Prostorna razdioba temperature zraka dobiva se iz *izoterma*, tj. krivulja koje na geografskoj karti spajaju mjesta

jednake temperature, i to bilo srednjih mjesečnih vrijednosti, bilo vrijednosti temperatura reduciranih na razinu mora. Temperatura zraka izmjerena na stanici reducira se na razinu mora tako da se za svakih 100 m nadmorske visine stanice doda 0,5 °C.

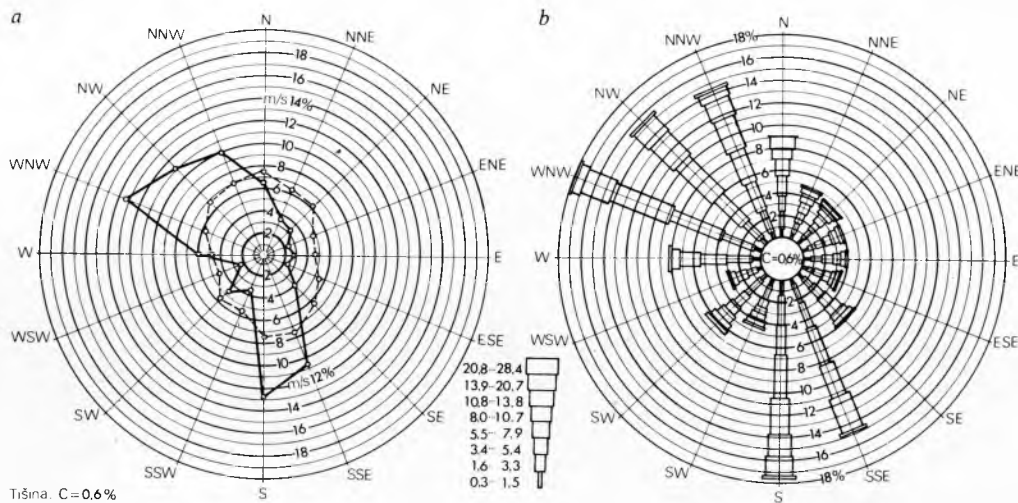
**Tlak zraka.** Za tlak zraka određuju se iste srednje vrijednosti kao i za temperaturu zraka, no za razliku od temperature zraka, dnevni srednjak tlaka iz triju terminskih vrijednosti računa se bez korekcije za 21 h. Razdioba tlaka na širem području dobiva se iz srednjih mjesečnih, sezonskih ili godišnjih karata razdiobe tlaka na kojima su ucrtane *izobare* tj. krivulje koje spajaju mjesta jednakog tlaka. Podloga ovih karata su vrijednosti tlaka reducirane na razinu mora (v. *Meteorologija*), osim u planinskim predjelima iznad 500-600 m nadmorske visine, gdje se takva redukcija ne provodi.

prikazuje procentualno sudjelovanje pojedinih klasa jačine, odnosno brzine vjetra. Učestalost i iz nje procijenjena vjerojatnost da se pojavi vjetar određenog smjera i određene brzine (jačine) prikazuje se numerički u *tablicama kontingencije vjetra* (tabl. 2).

**Stalnost vjetra** prikazuje se koeficijentom:

$$q = 100 \frac{|\vec{V}_m|}{V_s} \tag{13}$$

gdje je  $|\vec{V}_m|$  apsolutna vrijednost vektorskog srednjaka vjetra, a  $V_s$  srednjak brzine vjetra. Iz izraza (13) vidi se da će vjetar imati stalnost jednaku nuli, tj.  $q = 0$ , kad je apsolutna vrijednost vektorskog srednjaka vjetra  $|\vec{V}_m| = 0$ , što znači da je u promatranom razdoblju vjetar puhao jednako često iz suprotnih smjerova s istom prosječnom brzinom. Stalnost vjetra će biti potpuna,



Sl. 3. Godišnja ruža vjetra za stanicu Palagruža; razdoblje od 1971. do 1975. godine. *a* vjerojatnost učestalosti pojedinih smjerova vjetra (puna linija) i njihovih ukupnih srednjih brzina (crtkana linija), *b* vjerojatnost istodobne pojave klasa određenih brzina vjetra u pojedinim smjerovima. Dužina svakog stupca odgovara vjerojatnosti pojave određenog vjetra. U središtu ruže je naznačena vjerojatnost pojave tišina (calma). Srednje satne vrijednosti određene su na osnovi 45 200 anemografskih mjernih podataka

**Vjetar** je vektorska veličina, jer je definiran brzinom i smjerom. Apsolutna vrijednost vektora vjetra izražava se brzinom  $V$  ( $\text{ms}^{-1}$  ili  $\text{km/h}$  ili čvorovi) ili jačinom u stupnjevima Beaufortove ljestvice (v. *Meteorološki uređaji*). Srednje satne brzine vjetra za pojedine mjesece, sezonu ili godinu definiraju *dnevni hod brzine vjetra*.

**Vektorski srednjak vjetra**  $\vec{V}_m$ , tj. rezultatni vektor vjetra za određeno razdoblje, proračuna se tako da se najprije pojedini izmjereni vektori vjetra rastave na komponente u smjeru istoka  $\vec{u}$  i u smjeru sjevera  $\vec{v}$ :

$$\vec{u} = V \cos \theta, \quad \vec{v} = V \sin \theta, \tag{10}$$

gdje je  $V$  brzina vjetra,  $\theta$  kut što ga smjer vjetra zatvara s geografskim sjeverom (npr.  $\theta_N = 360^\circ$ ,  $\theta_{NNE} = 22,5^\circ$ ,  $\theta_{NE} = 45^\circ$  itd.), pa se zatim te komponente vektorski zbroje:

$$\vec{V}_m = \frac{1}{n} \sqrt{(\sum \vec{u}_i)^2 + (\sum \vec{v}_i)^2}, \tag{11}$$

gdje je  $n$  ukupan broj mjernih podataka. Smjer vektorskog srednjaka dobiva se iz

$$\theta_m = \arctan \frac{\sum \vec{u}_i}{\sum \vec{v}_i}. \tag{12}$$

**Ruža vjetra** za razdoblje od mjesec dana, sezonu ili godinu dana izračunava se iz terminskih ili srednjih satnih podataka o brzini i smjeru vjetra, a izrađuje za 8 ili 16 smjerova vjetra (sl. 3). Grafikon ruže vjetra obično prikazuje bilo procentualnu učestalost pojedinih smjerova, bilo srednju jačinu vjetra po Beaufortovoj ljestvici pojedinog smjera, ili se za svaki smjer

tj.  $q = 100$ , ako vjetar puše stalno iz istog smjera, bez obzira kojom brzinom, jer je tada  $|\vec{V}_m| = V_s$ .

**Naoblaka** se izražava u dijelovima (osminama ili desetinama) površine nebeskog svoda koja je pokrivena oblacima. Na osnovi ocjene naoblake u klimatološkim terminima, prema veličini srednje dnevne naoblake, definira se *vedar dan* (srednja dnevna naoblaka 0-2 desetine), *djelomično oblačan dan* (3-7 desetina), te *oblačan dan* (8-10 desetina).

Tablica 2  
TABLICA KONTINGENCIJE VJETRA,\* (U PROMILIMA)  
OPSERVATORIJ ZAGREB-GRIČ, SRPANJ U 13<sup>h</sup>

Smjer vjetra	Brzina vjetra m/s					Zbroj ‰
	0,3...1,5	1,6...3,3	3,4...5,4	5,5...7,9	8,0...10,7	
N	9,7	22,6	12,9	3,2	—	48,4
NNE	6,5	35,4	22,6	3,2	—	67,7
NE	9,7	38,7	35,5	—	—	83,9
ENE	6,5	77,3	9,7	—	—	93,5
E	6,5	35,5	—	—	—	42,0
ESE	—	80,6	3,2	—	—	83,8
SE	6,5	61,3	3,2	—	—	71,0
SSE	9,7	138,7	9,7	—	—	158,1
S	3,2	64,5	—	—	—	67,7
SSW	—	61,3	9,7	—	—	71,0
SW	3,2	25,8	19,4	6,4	—	54,8
WSW	—	22,6	16,1	6,5	3,2	48,4
W	—	19,4	—	3,2	—	22,6
WNW	9,7	12,9	6,5	3,2	—	32,3
NW	12,9	16,1	—	—	—	29,0
NNW	6,5	16,1	—	3,2	—	25,8

\* Vjerojatnost istodobne pojave određenih brzina i smjerova vjetra (u promilima) prema podacima mjerenja u razdoblju 1966-1975.

*Sijanje Sunca (insolacija)* izražava se brojem sati kroz koje je Sunce sjalo u toku dana, odnosno za razdoblje od mjesec ili godinu dana uzima se prosječno trajanje insolacije.

Osnovne su karakteristike *režima oborine*: srednje mjesečne i srednje godišnje količine oborine, maksimalne i minimalne dnevne količine oborine u toku mjeseca i godine, broj dana s oborinama  $\geq 0,1, 1,0, 5,0, 10,0, 20,0$  i  $50,0$  milimetara u toku 24 sata, intenzitet oborine u milimetrima u toku 3, 5, 10, 20, 30, 60 ili 120 minuta, srednje i najduže trajanje neprekidnog padanja oborine i beskišnog razdoblja, te omjer između broja kišnih dana i dana u mjesecu (vjerojatnost pojave oborine).

*Režim snijega* izražava se učestalošću dana sa snijegom, visinom snijega, prosječnim i ekstremnim datumima prvog i posljednjeg dana pojave snijega, vremenskim trajanjem snježnog pokrivača, srednjom i najvećom visinom snježnog pokrivača, srednjim brojem dana sa snijegom i snježnim pokrivačem na tlu, gustoćom snijega.

Klimatske pojave kao što su magla, grmljavina, tuča prikazuju se mjesečnim, sezonskim i godišnjim prosjekom broja dana u kojima je došlo do takvih pojava.

maritimne klime ponegdje se osjećaju i duboko na kontinentu. Isparivanje na velikim morskim površinama unosi u atmosferu velike količine vlage, što je važno za stvaranje oblaka i oborina. Kao posljedica nejednakog zagrijavanja kopna i mora razlikuju se kontinentalna i maritimna klima; kontinentalnu klimu karakteriziraju velike amplitude temperature, tj. velike razlike između dnevnih i noćnih, odnosno zimskih i ljetnih temperatura, dok su za maritimnu klimu karakteristične male amplitude temperature. Tople morske struje (kao npr. Gofška), predaju atmosferi u višim geografskim širinama velike količine topline, dok hladne morske struje (kao npr. Humboltova) u nižim geografskim širinama ohlađuju zračne slojeve. Reljef tla utječe na sve klimatske elemente, a u prvom redu na vjetar. Planinski lanci i masivi djeluju u znatnoj mjeri na smjer zračnih struja, stvaranje lokalnih vjetrova, razdiobu temperature te na stvaranje oblaka i oborina. Veliki planinski lanci često predstavljaju prave klimatske pregrade (npr. Dinarske planine uz obalu Jadrana, Ande u Južnoj Americi itd.). Jezera su veliki izvori vlage za atmosferu, a u određenim uvjetima uzrokuju lokalne sustave vjetrova. Vrsta tla i biljni pokrov utječu na cirkulaciju vlage, na apsorpciju i refleksiju Sunčeva zračenja te na vjetar. Velike povr-



Sl. 4. Klimatska područja SR Hrvatske prema Köppenovoj klasifikaciji

**Djelovanje geografskih faktora na klimu.** Geografska širina nekog mjesta uvjetuje ne samo Sunčevu radijaciju tokom godine već i razdiobu temperature, tlaka i vjetra zbog utjecaja rotacije Zemlje (Coriolisove sile). Meteorološki se elementi mijenjaju s nadmorskom visinom. Povećanjem nadmorske visine smanjuje se tlak, gustoća, a normalno i temperatura i vlaga zraka, brzina vjetrova se povećava, a rastu i oborine. Razdioba kopna i mora osjetno utječe na klimu. Zbog različitog toplinskog kapaciteta vodenih masa i čvrstog tla Zemljina se površina nejednako zagrijava, pa se pojavljuju velike razlike u klimi kontinenata i oceana. Zbog djelovanja vjetrova utjecaji

šine pokrivene ledom i snijegom bitno djeluju na temperaturni režim, vjetar i naoblaku.

**Djelovanje čovjeka na klimu.** Iako čovjek ne može bitno djelovati na fizičke mehanizme koji uvjetuju klimu (aktivno djelovanje na oblake radi povećavanja oborine i sprečavanja tuče posve je ograničenog djelovanja), ipak industrijska aktivnost, procesi izgaranja i prometna vozila dovode u atmosferu velike količine ugljik-dioksida, sitnih čestica prašine (aerosola) i štetnih primjesa (polutanata). Polutanti djeluju na zdravlje čovjeka, floru i faunu, dok ugljik-dioksid apsorbira toplinsko zračenje u atmosferi, pa time djeluje i na povišenje temperature

zraka u globalnim razmjerima. Povećana količina aerosola u atmosferi uzrokuje povećanu refleksiju Sunčevih zraka i time smanjuje temperaturu zraka. O veličini tih utjecaja još nema jedinstvenog gledišta. Velikim zahvatima na melioracijama, izgradnjom novih akumulacija, velikih naselja, pošumljavanjem, odnosno sjecom velikih šumskih kompleksa mijenjaju se mikroklimatski i mezoklimatski uvjeti.

**Klasifikacija klime.** Klasifikacija klime predstavlja podjelu Zemlje na pojaseve, oblasti i područja gdje vladaju više ili manje slične klimatske prilike. Za podlogu klasifikacije klime uzimaju se različiti klimatski elementi ili kombinacije tih elemenata, odnosno njihove numeričke vrijednosti. Na osnovi poznavanja graničnih vrijednosti klimatskih elemenata za mjesto za koje se raspolaže dugim nizovima mjerenja može se utvrditi tip klime.

Na osnovi različitih postavki dosad je izrađeno mnogo klasifikacija klime, od kojih su najpoznatije klasifikacije W. Köppena, C. W. Thornthwaitea te B. Alisova.

**Klasifikacija klime prema W. Köppenu (1918)** temelji se na režimu temperature zraka i oborina. Polazeći od činjenice da vegetacija najviše reagira na klimatske prilike na nekom mjestu, Köppen je odredio pet tipova glavnih klimatskih zona (razreda):

A tropska klima (srednja temperatura svih mjeseci  $\geq 18^\circ\text{C}$ ); B suha klima (definira se kombinacijom temperature i oborine); C umjereno topla kišna klima (srednja temperatura najhladnijeg mjeseca  $\geq -3^\circ\text{C}$ , barem jedan od mjeseci ima srednju temperaturu  $> 10^\circ\text{C}$ ); D snježnošumska (borealna) klima (srednja temperatura najhladnijeg mjeseca  $< -3^\circ\text{C}$ , srednja temperatura najtoplijeg mjeseca  $> 10^\circ\text{C}$ ); E polarna (snježna) klima (srednja temperatura najtoplijeg mjeseca  $\leq 10^\circ\text{C}$ ).

Tipovi A, B, C i D dalje se svrstavaju na podskupine dodavanjem drugog slova f, s i w, već prema tome kad se pojavljuje sušno razdoblje i kolike su količine oborina. Nadalje se klimatski tipovi B, C i D dopunski označuju oznakama h, k i k', koje su definirane vrijednošću srednje godišnje temperature i temperaturom najtoplijeg mjeseca, a uvedena su i dalja dodatna slova za detaljniju klasifikaciju klime. Kombinacijom glavnih obilježja klime došao je Köppen do 11 glavnih klimatskih tipova: Af prašumska klima, Aw savanska klima, Bw pustinska klima, BS stepska klima, Cf umjereno topla vlažna klima, Cs sredozemna (mediteranska) klima, Cw umjereno topla klima sa suhom zimom, Df vlažna borealna klima, Dw suha borealna klima, ET klima tundre, EF klima vječnog mraza.

Na sl. 4 prikazana su klimatska područja SR Hrvatske prema Köppenovoj klasifikaciji. Najveći dio prostora SR Hrvatske nalazi se u klimatskoj zoni tipa C (umjereno topla kišna klima), a samo mali dio u klimatskoj zoni tipa D (borealno-subarktička klima). Oznake klimatskih područja na sl. 4 imaju sljedeće značenje:

**Cfwbx**: temperatura najhladnijeg mjeseca kreće se između  $-3$  i  $+18^\circ\text{C}$ . Ljeta su svježa s temperaturom najtoplijeg mjeseca ispod  $22^\circ\text{C}$ . Oborina je jednoliko razdijeljena na cijelu godinu, ali najsuši dio godine je u zimsko doba. Najveće količine oborine su početkom toplog dijela godine i u kasnoj jeseni.

**Cfsbx**: varijanta tipa Cfwbx, od kojeg se razlikuje time što je najsuši dio godine u ljetu. Maksimum oborine u početku toplog dijela godine manji je od maksimuma u kasnoj jeseni.

**Cfsax**: prijelazni klimatski tip koji se razlikuje od tipa Cfsbx po tome što su ljeta vruća s mjesečnom temperaturom najtoplijeg mjeseca iznad  $22^\circ\text{C}$ . Kišno razdoblje ima proljetni (od travnja do lipnja) i jesensko-zimski maksimum (listopad, studeni, a mjestimično i prosinac). Najsuši dio godine je u ljetu.

**Csa**: osnovni tip klime sredozemnih obala. To je blaga klima s vrućim, suhim i vedrim ljetom. Količina oborine u najsušem ljetnom mjesecu manja je od 40 mm, što je barem tri puta manje od količine oborine u najkišnijem mjesecu zime.

**Csax**: prva varijanta osnovnog tipa klime sredozemnih obala razlikuje se od tipa Csa po tome što se pojavljuje sekundarni maksimum oborine u rano proljeće ili rano ljetno (od ožujka do lipnja). Ljeta su vruća kao u tipu Csa, a ljetni minimum oborine još uvijek je manji od trećine maksimuma u zimi. Prema Köppenu, ovaj tip klime, kao i tip Csa, označen je specijalno kao klima masline.

**Csbx**: druga varijanta osnovnog tipa klime sredozemnih obala razlikuje se od tipova Csa i Csax po tome što su ljeta svježija, s mjesečnom temperaturom najtoplijeg mjeseca ispod  $22^\circ\text{C}$ . Na području jugoistočnog dijela Like ljeta su razmjerno suha, ali nisu osobito vedra, a količina oborine u najsušem mjesecu iznosi 50-70 mm. Hladniju Csb klimu Köppen je označio kao klimu vrištine. Taj tip klime pojavljuje se u predjelima prethodnog tipa Csax iznad 600 m nadmorske visine.

**Dfsbx**: mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca niža je od  $-3^\circ\text{C}$ , a temperatura je najtoplijeg mjeseca iznad  $10^\circ\text{C}$ , tj. postoji i toplo ljetno i oštra zima. Temperatura je najtoplijeg mjeseca ispod  $22^\circ\text{C}$ , ali su ipak 4

mjeseca s temperaturom iznad  $10^\circ\text{C}$ . Snježni pokrivač zadržava se dugo vremena. Oborina je prilično jednoliko raspoređena na cijelu godinu, ali najsuše razdoblje pada u toplo godišnje doba. Sporedni maksimum oborine je u proljeće (travanj), dok je glavni maksimum u jesen (studeni). Subarktički tip D klime imaju planinski predjeli Gorskog kotara i Like iznad 1200 m nadmorske visine.

**Klasifikacija klime C. W. Thornthwaitea (1948)** temelji se na tzv. evapotranspiraciji, kojom se označuje kombinirani proces isparivanja s površine tla i transpiracije bilja. Osnovna podjela na suhe i vlažne klime temelji se na odnosu evapotranspiracije i oborine; vlažne su klime one kad su oborine veće od evapotranspiracije, a suhe su one kad je evapotranspiracija veća od oborine.

Thornthwaite je uveo pojam potencijalne evapotranspiracije što znači maksimalnu evapotranspiraciju, koja bi se mogla ispariti s tla i bilja kad bi zalih vode u tlu bila dovoljna (to se može postići navodnjavanjem). Osnova je klasifikacije tzv. **indeks vlažnosti**  $I_m$ :

$$I_m = I_h - I_a = 100 \frac{S - D}{PE}, \quad (14)$$

gdje su  $I_h = 100S/PE$  tj. omjer godišnjeg viška vode  $S$  i potencijalne evapotranspiracije  $PE$ , a  $I_a = 100D/PE$ , tj. omjer godišnjeg manjka vode  $D$  i potencijalne evapotranspiracije  $PE$ . Indeksom vlažnosti definirano je 9 tipova klime: A (perhumidna,  $I_m > 100$ ),  $B_4$ ,  $B_3$ ,  $B_2$ ,  $B_1$  (humidna klima,  $I_m = 100 \dots 20$ ),  $C_2$  (vlažno suphumidna,  $I_m = 0 \dots 20$ ),  $C_1$  (suhu suphumidna,  $I_m = -33,3 \dots 0$ ), D (semiaridna,  $I_m = -66,7 \dots -33,3$ ), E (aridna,  $I_m = -100 \dots -66,7$ ). Kad je klima vlažna, nedostatak vode označuje se dopunskim slovima r, s i w. Uz klime navedene u toj klasifikaciji, uvedeni su i indeksi kojima se izražava godišnji iznos potencijalne evapotranspiracije i indeks termičke djelotvornosti, koji pokazuje koliko toplinske energije prima tlo tokom triju ljetnih mjeseci. U ekvatorijalnim predjelima tlo prima istu količinu toplinske energije u bilo koja tri mjeseca tokom godine, dok u polarnim predjelima, gdje je temperatura iznad nule jedino u ljetu, 100% termičke djelotvornosti otpada samo na tri ljetna mjeseca. Za bilo koju klimu na Zemlji ljestvica termičke djelotvornosti varira između 25-100%, pa je Thornthwaite odredio ukupno osam potklasa, koje su definirane iznosom ljetne koncentracije termičke djelotvornosti. Za svako mjesto klime je određena ukupno sa četiri indeksa, no time se ne daje općenito razumljiva predodžba o klimatskim prilikama kao u Köppenovoj klasifikaciji. Thornthwaiteova klasifikacija daje, međutim, kompletniju informaciju o odnosu oborina, isparivanja, odnosno viška i manjka vode i zalih vode u tlu, što je od osobitog značenja za ocjenu bilance vode na nekom mjestu.

**Klasifikacija klime po B. P. Alisovu (1952)** povezuje karakteristike opće cirkulacije atmosfere s osnovnim faktorima klime kao što su geografska širina, svojstva površine tla te geografski položaj promatranog područja. Alisov je uveo pojam klimatskih širinskih zona: za promatranu geografsku širinu bitan je utjecaj karakteristike zračnih masa koje prevladavaju, pa se na svakoj hemisferi razlikuju četiri osnovne zone: zona ekvatorijalnog zraka, zona tropskog zraka, zona zračnih masa umjerenih širina i područja arktičkog, odnosno antarktičkog zraka. U svakoj zoni, već prema tome koji utjecaj prevladava, razlikuju se kontinentalni i oceanski tip. Tako npr. u zoni zraka umjerenih širina postoje četiri tipa: kontinentalna klima umjerenih širina, oceanska klima umjerenih širina, maritimna klima zapadnih obala i monsunska klima istočnih obala. Područje Mediterana spada u subtropsku zonu, a odlikuje se žarkim i suhim ljetom s pretežno vedrim vremenom te prohladnom i kišovitom zimom. Oborine su velike i godišnje oborine iznose 400-600 mm; temperatura je ljetna  $20 \dots 25^\circ\text{C}$ , zimska  $5 \dots 10^\circ\text{C}$ .

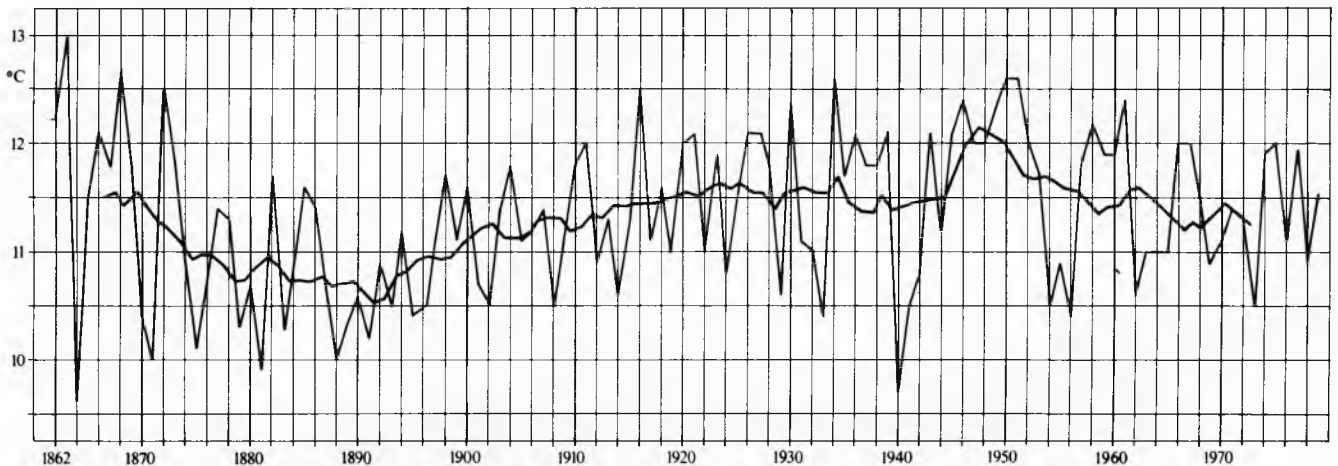
**Promjene klime.** Na osnovi mnogobrojnih ispitivanja ostataka flore i faune, taložnih naslaga i radioaktivnosti stijena, ustanovljeno je da se klima mijenjala ne samo tokom posljednjih milijuna godina (paleoklima) već i tokom nekoliko posljednjih tisuća godina, tj. otkad postoje historijski zapisi o klimi. Posljednjih pet tisuća godina klima na području Evro-

pe, a vjerojatno i čitave Zemlje, mijenjala se u relativno uskim granicama, a posebno nepovoljno je bilo razdoblje 4000–450 (rano željezno doba) kad se klima pogoršala toliko da je to uzrokovalo seobu naroda. U VII stoljeću vladalo je u Evropi suho i toplo razdoblje, pa se preko Alpa odvijao živ promet. Potkraj X stoljeća naseljen je Grenland, koji je napušten početkom XV stoljeća. Između 1430. i 1850. godine vladalo je hladno razdoblje (tzv. malo ledeno doba). Brojni ledenjaci spustili su se do najniže razine i tako zadržali sve do XIX stoljeća, kad nastupa zatopljenje i povlačenje ledenjaka. Zadnja tri stoljeća, tj. otkada postoje zapisi o instrumentalnim meteorološkim mjerenjima, bilo je znatnih promjena klime na čitavoj Zemlji. U drugoj polovici XIX stoljeća osobito izrazito zatopljenje zahvatilo je Arktik, a potrajalo je sve do sredine XX stoljeća (sl. 5). Osnovne karakteristike dugoročnih promjena očituju se prije svega u zimskim i ljetnim temperaturama: negdje od sredine XIX stoljeća do drugog svjetskog rata postoji tendencija slabog pada, stagnacije ili malog porasta ljetnih temperatura, a velikog porasta zimskih temperatura. Promjene nisu svuda nastupile istodobno. U posljednje vrijeme klima je nestabilna.

procesa, analiza klimatskih prilika omogućuje najbolja rješenja najrazličitijih problema u planiranju i pripremi aktivnosti, te u projektiranju i odlučivanju. Postoje specijalne grane primijenjene klimatologije u vezi s urbanizmom, građevinstvom, onečišćenosti zraka, elektroprivredom, prometom (zračni, pomorski i kopneni), poljoprivredom, zdravstvom i turizmom te komercijalnim aktivnostima.

**Urbanizam.** Već za izbor lokacije za buduće naselje treba misliti na opće klimatske uvjete, treba odrediti najbolji razmještaj stambenih i industrijskih zona, definirati orijentaciju i širinu prometnica. Pri tom se mora voditi računa o lokalnim fizičko-geografskim uvjetima i o njihovu utjecaju na klimatske prilike, odnosno u kolikoj će mjeri budući objekti i naselja djelovati na mikroklimu, te koliko se pravilnim razmještajem parkova, vodenih površina i nasada može poboljšati mikroklima pojedinih područja.

U projektiranju gradova i naselja, a i građevina potrebno je uzeti niz meteoroloških faktora kao što su insolacija, režim vjetrova, temperature i oborina. Podaci o vjetru dobiveni na reprezentativnoj lokaciji kroz dugi niz godina omogućuju da se utvrdi vjerojatnost pojave određenih smjerova i brzina



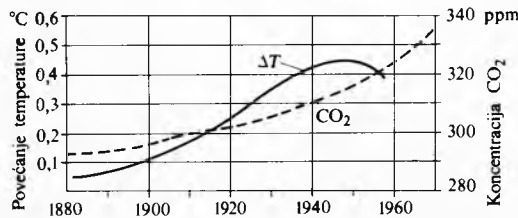
Sl. 5. Promjene srednjih godišnjih temperatura zraka na opservatoriju Zagreb – Grič (tanki linija) i desetogodišnji klizni srednjaci temperature zraka (debeli linija); razdoblje od 1862. do 1978. godine

Teorijska objašnjenja promjena klime u davnim razdobljima pripisuju se promjenama nagiba Zemljine osi prema ekliptici, pomaku Zemljinih geografskih polova i dr., dok se promjene posljednjih desetljeća pokušavaju objasniti i utjecajima solarnih poremećaja na atmosferske prilike (npr. Sunčevim pjegama s ciklusom od 11,3 god.). Povećanje koncentracije ugljik-dioksida industrijskom aktivnošću povisuje temperaturu, dok količine aerosola smanjuju temperaturu atmosfere (sl. 6). Za sada nije moguće jednoznačno utvrditi kakvo će biti konačno djelovanje tih promjena, koje bi mogle imati dalekosežne posljedice za život na Zemlji.

vjetrova, što je odlučujuće za izbor lokacije industrijske zone, koja treba da se nalazi u sektoru najrjeđih vjetrova prema gradu, a i za najbolju orijentaciju ulica da bi se iskoristilo prirodno provjetranje.

Za gradske aglomeracije karakteristična je pojava tzv. toplinskog otoka. Preko dana zagrijani blokovi zgrada, a i kućna i industrijska ložišta, isijavaju u atmosferu znatne količine topline, koju sloj onečišćenog zraka nad gradom zadržava, pa je temperatura zraka u gradu viša nego u njegovoj okolini. Razlike u temperaturi posebno su izražene u zimskim danima, kad između središta grada i periferije mogu iznositi i više od 10°C. Taj se efekt zapaža preko čitave godine, pa je npr. u Zagrebu prosječna godišnja temperatura zraka u središtu grada viša za 1°C od temperature na rubnim područjima grada. Toplinski otok uvjetuje u neporemećenim vremenskim stanjima i pojavu specifičnih lokalnih vjetrova termogene prirode, koji pušu od periferije prema središtu grada, što doprinosi povećanju onečišćenosti zraka. Ako je grad smješten na padinama ili u blizini brda, ili na obali mora ili velikog jezera, mogu lokalni vjetrovi mnogo doprinijeti provjetranju grada.

Utjecaj sloja onečišćenog zraka nad gradom znatno doprinosi i promjeni klimatskih prilika u usporedbi s onima na selu. Prema istraživanju Landsberga u gradu je ukupna količina Sunčeve radijacije na horizontalnu površinu 15–25% manja (ultralubičasti dio zimi čak 30% manji), naoblake ima 5–10% više (magle zimi 100% više, ljeti 30% više), na grad padne 5–10% više oborina. Sl. 7 prikazuje usku povezanost broja dana s maglom u Zagrebu i razine onečišćenosti zraka. Treba posebno napomenuti da razina onečišćenosti zraka pri tlu

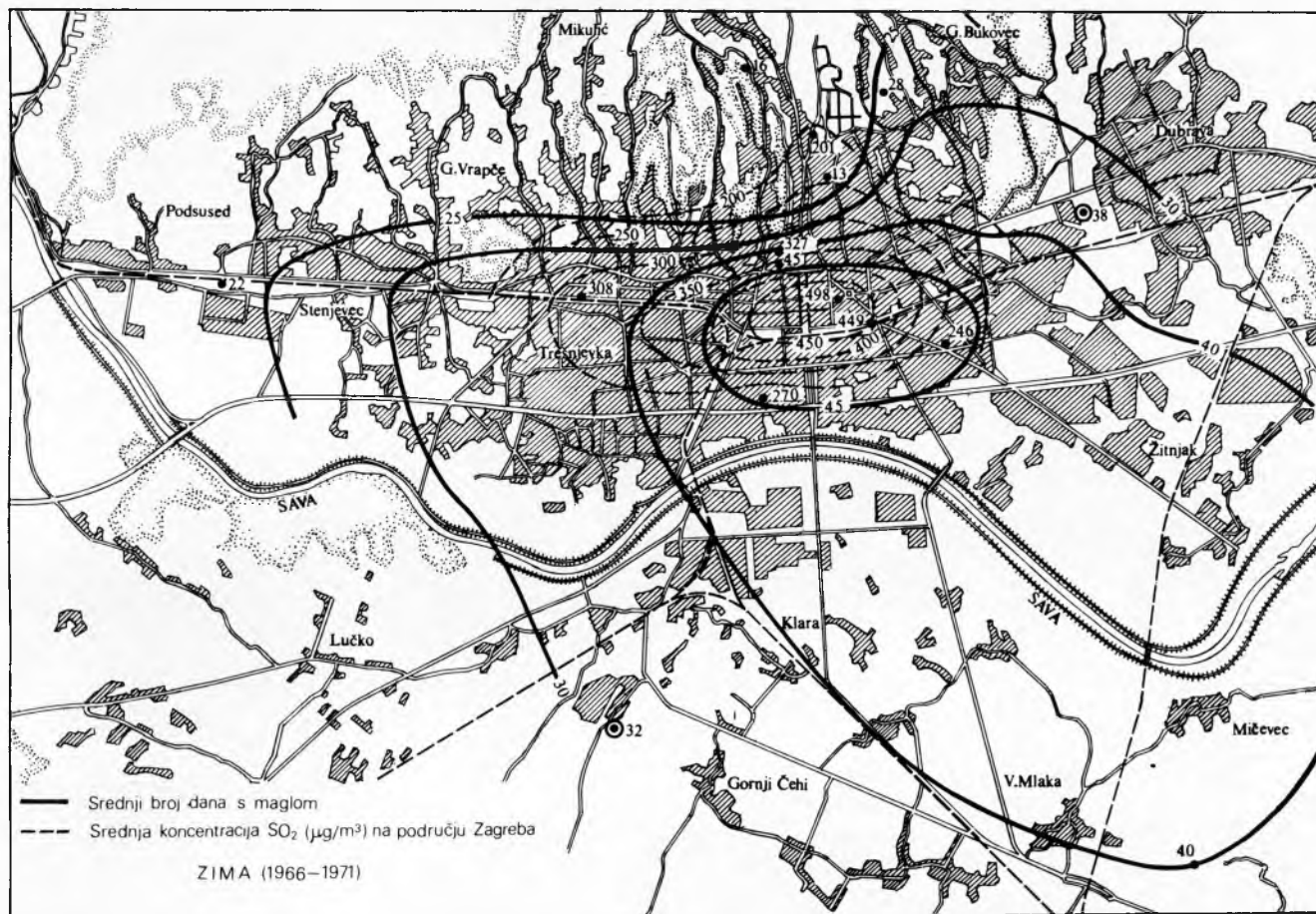


Sl. 6. Promjena temperature zraka na Zemlji (puna linija) i koncentracije ugljik-dioksida CO<sub>2</sub> (crtkana linija) prema Lovelocku

**Primjena klimatologije.** Posljednjih desetak godina dobiva primjena klimatoloških informacija sve veće praktično značenje. Rezultati analize dugogodišnjih mjerenja i njihova generalizacija mogu u određenoj mjeri da posluže za prognoze budućih klimatskih prilika. Polazeći od zakonitosti meteoroloških

(imisija) ovisi mnogo o stanju atmosfere, posebno o stupnju stabilnosti najnižih zračnih slojeva. U uvjetima stabilne atmosfere nakupljaju se polutanti u nevelikoj visini iznad grada, a u anticiklonalnim stanjima može doći i do visokih razina imisije.

njihovu eksploataciju. Za hidroelektrane važan je u prvom redu vodni potencijal, koji je funkcija termičkog i oborinskog režima te režima isparivanja. Za termoelektrane izrađuju se ekološke studije, koje treba da ocijene koliki je potencijal atmosfere



Sl. 7. Srednji broj dana s maglom (puna linija) i srednja koncentracija SO<sub>2</sub> u µg m<sup>-3</sup> (crtkana linija) na području Zagreba za zimske mjeseci u razdoblju od 1966. do 1971. godine

**Graditeljstvo.** Pri projektiranju objekata treba uzeti sve prednosti lokalne klime, njenu modifikaciju postojećim objektima, te osnovne parametre djelovanja klime na vertikalne, nagnute i horizontalne plohe. Osim intenziteta zračenja, temperaturnih prilika i režima oborina, posebna pažnja pri gradnji visokih objekata posvećuje se podacima o režimu vjetera, odnosno analizi vjerojatnosti pojave izuzetnih vremenskih prilika (nepogoda), posebno radi sigurnosti budućih objekata. Ta klimatološka prognoza temelji se na proračunu ekstrema izabranih meteoroloških elemenata prema teoriji Gumbela ili Jenkinsona. Kao ulazni podaci služe dulji nizovi ekstremnih vrijednosti (najmanje 10 godina), i prema projektiranom vijeku trajanja objekata proračunava se za različite periode od 2, 5, 10, 20, 50 ili 100 godina koja će vrijednost promatranog elementa biti jednom premašena.

**Toplina koju zgrada dobiva od Sunca** ovisi o geografskoj širini, doba godine i dana, tipu reljefa, visini nad morem i naoblaci. Procjena Sunčeve radijacije koja dolazi na vertikalnu plohu različite orijentacije omogućuje da se najbolje iskoristi njen utjecaj na zidove zgrada i mikroklimu prostorija.

**Promet.** Utjecaj vremenskih prilika još je uvijek znatan na odvijanje prometa, pa je poznavanje klimatskih prilika u prvom redu važno za ispravno odabiranje lokacije aerodroma, auto-cesta, za procjenu utjecaja na iskoristivost prometnica i djelovanje izuzetno nepovoljnih vremenskih prilika kao što je gusta magla ili pojava poledice, olujnog vjetera i sl.

**Energetika.** Klimatski podaci su od izuzetnog značenja za procjenu najbolje lokacije velikih energetskih objekata i za

na potencijalnoj lokaciji da primi proračunate količine polutanata i ovisnost imisije u okolišu objekta o klimatskim prilikama. Analogno vrijedi i za nuklearne elektrane, za koje se procjenjuje i difuzija plinova u prosječnim i akcidentnim okolnostima.

LIT.: W. Köppen, Handbuch der Klimatologie. Berlin 1946. — V. Conrad, Methods in climatology. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1946. — C. E. P. Brooks, N. Caruthers, Handbook of statistical methods in meteorology. HMSO, London 1953. — P. Vujević, Klimatološka statistika. Naučna knjiga, Beograd 1956. — M. Milosavljević, Klimatologija. Beograd 1963. — J. Taubenheim, Statistische Auswertung geophysikalischer und meteorologischer Daten. Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig, Leipzig 1969. — J. Mather, Climatology — fundamentals and applications. New York 1974. — K. Smith, Principles of applied climatology. McGraw Hill Co., London 1975. — P. Šegota, Klimatologija za geografe. Školska knjiga, Zagreb 1976. — M. B. Заваруна, Строительная климатология. Гидрометеоиздат, Ленинград 1976. — O. Essenwanger, Applied statistics in atmospheric science. Elsevier, Amsterdam 1976.

D. Poje

**KLIZANJE TLA**, kretanje površinskog sloja zemljišta. Sve nagnute prirodne površine terena stalno se brže ili polaganije pomiču i kreću. Prirodni uzroci, kao što su sezonske promjene vlažnosti, temperature i razine podzemnih i tokova površinskih voda, oborine, vjetrovi, promjene fizičkih svojstava tla zbog različitih sporih geoloških i kemijskih procesa (kao npr. izluživanje i rastrožba), tektonski poremećaji i potresi, nepa-