

UDK 911.2:551.58] (497.5)

KLIMATSKA REGIONALIZACIJA HRVATSKE PO W. KÖPPENU ZA STANDARDNO RAZDOBLJE 1961.-1990. U ODNOSU NA RAZDOBLJE 1931.-1960.

ANITA FILIPČIĆ

Izvadak:

U članku je dana klimatska regionalizacija Hrvatske po Köppenu za razdoblje 1961.-1990. god. i uspoređena s regionalizacijom iz prethodnog standardnog razdoblja. Izračunati su potrebni vertikalni gradijenti temperature i padalina. Pokazalo se da je broj klimatskih tipova u najnovijem razdoblju smanjen, a njihove su granice promijenjene. Izrazita je promjena granice sredozemne klime s vrućim ljetom, koja obuhvaća samo otočni i uži obalni pojas Dalmacije, a podalje od obale prelazi u mjereno toplu vlažnu klimu. Razgraničenje Cs i Cfklike potkrijepljeno je i Walterovim klimadijagramima Pule, Raba, Malog Lošinja i Zadra.

Ključne riječi:

klima Hrvatske, Köppenova klasifikacija, vertikalni gradijenti, Walterovi klimadijagrami

CLIMATIC REGIONALIZATION OF CROATIA ACCORDING TO W.KPPEN FOR THE STANDARD PERIOD 1961-1990 IN RELATION TO THE PERIOD 1931-1960

Abstract:

In this paper climatic regionalization of Croatia after W. Köppen for the standard period 1961-1990 is presented. The results are compared with the climatic map from previous standard period 1931-1960. For this purpose the vertical air temperature gradients and vertical precipitation gradients are calculated. In the last standard period the number of climatic types is reduced and the climatic boundaries have been changed. This is particularly related to the Mediterranean climate with hot summers (Csa). This type of climate comprises only the islands and narrow belt along the Dalmatian coast. Further inland is the area of temperate warm humid climate with hot summers (Cfa). The exact boundary separation of the Cf/Cs climatic areas are demonstrated by Walter climatic diagrams (Pula, Rab, Mali Lošinj, Zadar).

Key words:

climate of Croatia, Köppen's classification, vertical gradients, Walter's climadiagrams

UVOD

Neposredna je posljedica nehomogenosti Zemljine površine i atmosfere postojanje velikih razlika između klima raznih dijelova svijeta. Svrha je klasifikacije klima da se brojne lokalne klime svedu samo na nekoliko grupa ili tipova. Klasifikacijom klima moraju se pomiriti dvije suprotnosti. Teži se za tipizacijom klima, ali se mora očuvati individualnost ili specifičnost svakog tipa klime.

Problem oštine ili širine granice među područjima s raznim tipovima klima relativan je pojam, jer to ovisi o mjerilu karte prikazanog prostora. Kad se na nekoj karti prikazuju različite klime, granica među njima je zapravo pojas. On je širi na moru i na prostranim ravninama, ali na obalama, te osobito u planinama granica je vrlo oštra, pa na jednoj visokoj planini može biti više tipova klima. Idealna klimatska klasifikacija bila bi ona koja bi istovremeno uzela u obzir sve klimatske elemente. Tu postoje goleme teškoće tehničke prirode. Naime, nema homogenih nizova podataka o većini meteoroloških elemenata, a broj mjernih postaja je često premalen ili su one neravnomjerno raspoređene. Zato se većina klimatskih klasifikacija temelji samo na glavnim klimatskim elementima, najčešće na temperaturi zraka i padalinama. Tako je i s Köppenovom klasifikacijom. Od brojnih klimatskih klasifikacija ona je najviše priznata. Köppen je tijekom vremena revidirao neke svoje teze (KÖPPEN, 1918.; KÖPPEN, 1923.; KÖPPEN, 1929.). To je dijelom posljedica kompleksnosti prirode, a dijelom i vrlo skromnih meteoroloških podataka s kojima je raspolagao. Danas se koriste principi klasifikacije iz njegova posljednjeg rada (KÖPPEN, 1936.), u kojem im je dao konačan oblik.

DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Već od samog početka klima naših krajeva bila je prikazivana na zidnim kartama i na

kartama sitnijeg mjerila u znanstvenim radovima, udžbenicima, priručnicima i monografijama, te konačno u atlasima.

Prva detaljna Köppenova klimatska regionalizacija u našem širem prostoru pojavila se 1942. godine (ŠKREB i LETNIK, 1942.). Tu je kartu preuzeo Trauner (1961.). Njegove granice nisu rezultat neke posebne klimatološke analize, nego su posljedica intuicije, što je karakteristično za starije radove.

Prvu modernu klimatsku kartu Hrvatske po Köppenovoj klasifikaciji sastavili su Pleško i Kirigin (1971.). U legendi te karte naznačen je i razred borealne klime, ali ta područja na karti nisu označena. U okviru bivše Jugoslavije Köppenovu je regionalizaciju detaljno izvršio Milutinović (1974.). Nepotrebnim, nepraktičnim mijenjanjem nomenklature predložene su nove klimatske formule, a to nije moglo pridonijeti popularizaciji Köppenove klasifikacije. Zato je Milutinovićeva nomenklatura usklađena djelomično s izvornom Köppenovom (ŠEGOTA, 1986), a dijelom su predloženi kompromisni nazivi "planinska klima" i "umjereno kontinentska klima". Klimatska karta na kojoj je prikazana samo Hrvatska objavljena je 1992. (FILIPČIĆ, 1992.), ali su i na njoj izvorni Köppenovi termini korišteni samo djelomično. Vrlo detaljnu klimatsku kartu Hrvatske na temelju Köppenovih kriterija, a u okviru jednog projekta, izradili su Makjanić, B. Penzar, Volarić, I. Penzar i Lisac, 1979. godine. Međutim, izvorni rad nije odmah objavljen, pa je bio teško dostupan većini zainteresiranih. Karta iz spomenutog projekta objavljena je u sveučilišnom udžbeniku iz agroklimatologije (I. PENZAR, B. PENZAR, 1985.). Na toj karti nisu ucrtana područja s klimom Df, iako se to navodi u projektu spomenutih autora. Tako korigirana, odnosno dopunjena karta objavljena je 1996. (ŠEGOTA i FILIPČIĆ, 1996.). Zbog didaktičkih razloga karta je pojednostavnjena.

Spomenuti projekt i karta (MAKJANIĆ, B. PENZAR, VOLARIĆ, I. PENZAR, LISAC, 1979.)

tiskani su u simplificiranoj verziji (VOLARIĆ, B. PENZAR, I. PENZAR, LISAC, 1994). Objavljena je izvorna klimatska karta s 20 klimatskih "tipova" (zapravo su to podtipovi, tj. nisu sve "tipovi" kako ih definira Köppen).

PODACI

Definirati klimu kao "prosječno stanje vremena" svagdje je u svijetu, pa tako i u Hrvatskoj zahtjevan posao. To je posljedica činjenice da imamo vrlo malo posve pouzdanih meteoroloških motrenja na cijeloj teritoriji Hrvatske. To osobito vrijedi za reljefno više krajeve. Zatim, većina se postaja nalazi u gradovima koji su često u riječnim dolinama i u ravninama i nizinama, ili u najvećem naselju na otoku. Nedostatak postaja na većim nadmorskim visinama nije nerješiv problem, jer taj dio obuhvaća mali dio Hrvatske.

Da bi se omogućilo uspoređivanje različitih postaja, regija i zemalja, Svjetska meteorološka organizacija preporuča da se koriste 30-godišnji srednjaci, odnosno tzv. standardna razdoblja. Tek takvi podaci daju pravu sliku o klimi neke zemlje, pa tako i Hrvatske. Usporedbom 30-godišnjih srednjaka može se raspravljati i o eventualnoj promjeni klime (ili o promjeni samo jednog klimatskog elementa, iako znamo da klimu ne čini samo jedan klimatski element).

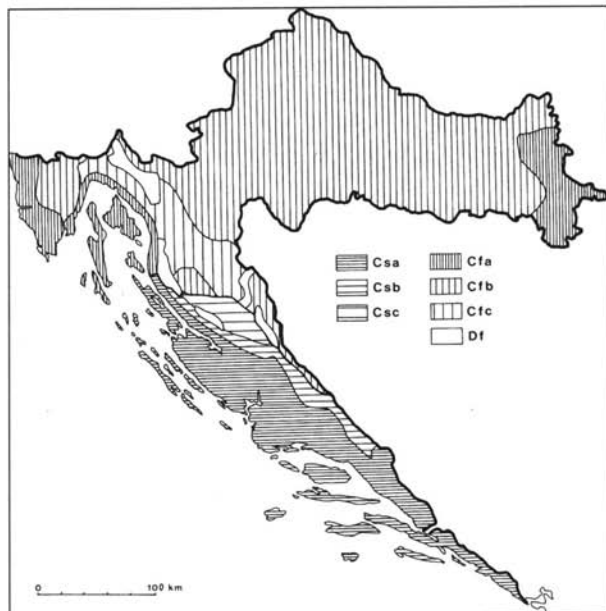
Od svih nabrojanih klimatskih regionalizacija Hrvatske, spomenutom zahtjevu udovoljava samo ona regionalizacija koju je izradio Milutinović (sl. 1). On je sve podatke sveo na standardno razdoblje 1931.-1960. god.

Budući da se postupno kompletiraju meteorološki podaci iz standardnog razdoblja 1961.-1990., otvorena je mogućnost prostorne i vremenske usporedbe.

Iz tako dugog razdoblja, samo manji broj postaja ima neprekinute nizove motrenja, pa se dosta često radi o interpoliranim temperaturama i padalinama. Međutim, takvi su podaci službeni i jedini relevantni za klimatološka istraživanja.

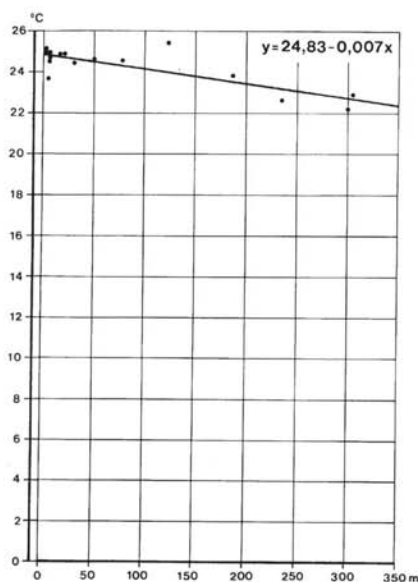
METODA RADA

Gotovo cijela Hrvatska pripada Köppenovim tipovima Cfi Cs. Za njihovo razgraničenje poslužile su postaje u kojima je srednja mjesečna količina kiše u srpnju oko 40 mm. Linearnom su interpolacijom određene točke kroz koje bi trebala prolaziti srpanjska izohijeta od 40 mm, uvažavajući pritom



Sl. 1. - Klimatska regionalizacija Hrvatske po W. Köppenu 1931.-1960. (Milutinović, 1974.; Šegota, 1986.; Filipčić, 1992.)

Fig. 1. - The climatic regionalization of Croatia after W. Köppen in the standard period 1931-1960 (Milutinović, 1974.; Šegota, 1986.; Filipčić, 1992)



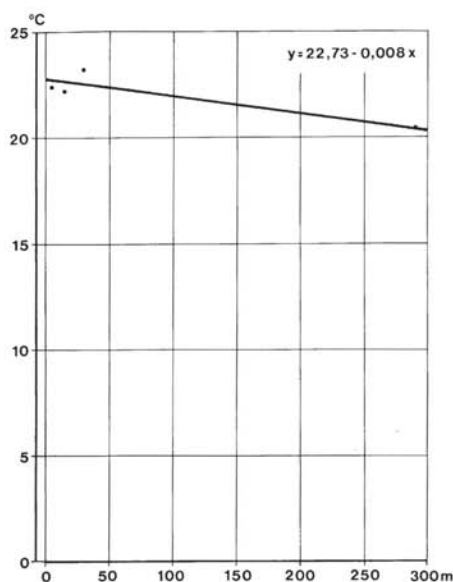
Sl. 2. - Korelacija između nadmorske visine i srpanjske temperature zraka u Dalmaciji

Fig. 2. - Correlation of elevation with July air temperatures in Dalmatia

reljefne karakteristike. Također je udovoljeno zahtjevu da najvlažniji zimski mjesec ima barem tri puta više padalina od najsušeg ljetnom mjeseca.

Poznato je da srednja količina padalina u srpnju raste s porastom nadmorske visine. Zbog reljefa i smjera kišonosnog vjetra, vertikalni gradijent srpanjskih padalina je vrlo varijabilna veličina. Zbog toga se preporuča usporedba srpanjskih padalina u najbližim parovima postaja, ali je to u Hrvatskoj zbog postojeće raspodjele mjernih postaja rijetko moguće primijeniti.

Slijedeći je korak određivanje vertikalnog gradijenta temperature da bi se nadoknadio nedostatak temperaturnih podataka na određenim nadmorskim visinama. Ti su podaci potrebni za razgraničenje a i b podtipova, i za prostorno definiranje područja s borealnom klimom. Općenito, kod vertikalne raspodjele temperature i padalina uzima se (CONRAD,



Sl. 3. - Korelacija između nadmorske visine i srpanjske temperature zraka u Istri

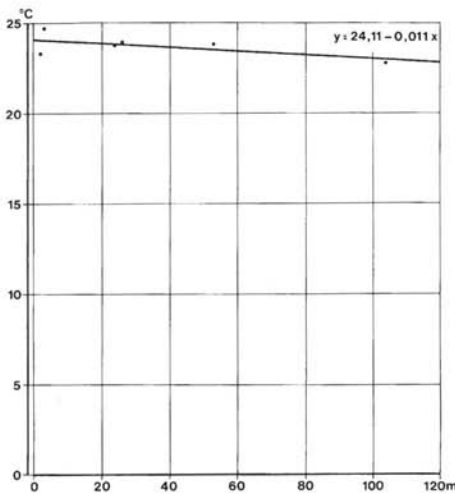
Fig. 3. - Correlation of elevation with July air temperatures in Istria

POLLAK, 1950.) da "... linear interpolation is generally sufficient."

Raspodjela srednje srpanjske temperature u Hrvatskoj po Köppenovu kriteriju već je analizirana (VOLARIĆ, LISAC, 1984.). Analizirajući podatke iz standardnog razdoblja 1961.-1990. vertikalni su gradijenti temperature grupirani u pet geografskih skupina: Dalmacija, Istra, Kvarnersko primorje i otoci, Panonska Hrvatska, te Lika i Gorski kotar.

Vertikalni gradijenti srpanjskih temperatura uvijek su pozitivni jer nije moguća inverzija temperature.

Istraživanje korelacije između nadmorske visine i srednje srpanjske temperature u Dalmaciji (sl. 2), praćeno je činjenicama da se na relativno velikom prostoru nalazi relativno mali broj meteoroloških postaja, a dodatne su okolnosti živi reljef i brojni otoci. Upotrijebljeni su podaci 16 meteoroloških postaja. Izračunato je da jednadžba pravca glasi



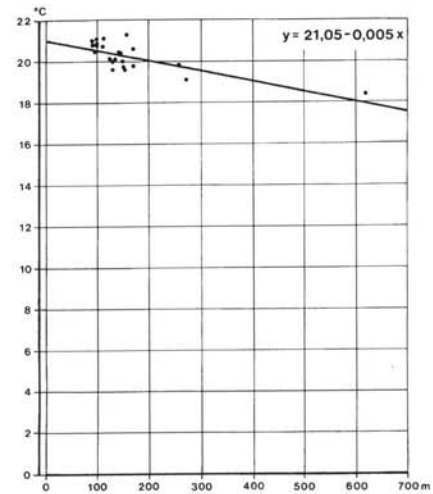
Sl. 4. - Korelacija između nadmorske visine i srpanjske temperature zraka na Kvarnerskom primorju i otocima
Fig. 4. - Correlation of elevation with July air temperatures in the Quarner Litoral and the Quarner islands

$y = 24,83 - 0,007x$. Dakle, vertikalni gradijent temperature u Dalmaciji iznosi $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

U Istri (sl. 3) raspoložemo podacima o srednjoj srpanjskoj temperaturi samo 4 meteorološke postaje. Vertikalni gradijent srednje srpanjske temperature iznosi $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

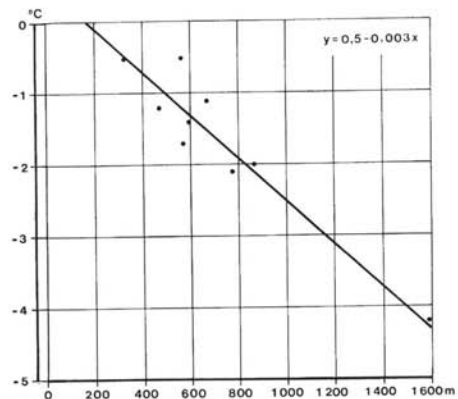
Na Kvarnerskom primorju i otocima (sl. 4) meteorološke su postaje isključivo na niskoj nadmorskoj visini. Osjeća se nedostatak meteoroloških postaja na Učki i u planinskom zaleđu Rijeke. Tako se na vrlo heterogenom geografskom prostoru nalazi samo 6 meteoroloških postaja. Vertikalni gradijent srednje srpanjske temperature iznosi $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. To je dosta veliki gradijent temperature, a posljedica je visokih srednjih srpanjskih temperatura u gradovima na obali na maloj nadmorskoj visini.

I u Panonskoj Hrvatskoj (sl. 5) su meteorološke postaje krajnje nejednoliko raspoređene. Od 23 postaje samo je jedna na većoj nadmorskoj visini (Stubička Gora na Medvednici, 620 m n.m.). Vertikalni gradijent srednje srpanjske temperature iznosi $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.



Sl. 5. - Korelacija između nadmorske visine i srpanjske temperature zraka u Panonskoj Hrvatskoj
Fig. 5. - Correlation of elevation with July air temperatures in the Panonian part of Croatia

Da bi se odredila visina granice između umjerenotople kišne klime (C) i snježno-šumske klime (D) u najvišim dijelovima Gorske Hrvatske, prvo je izračunat vertikalni gradijent srednje siječanjske temperature (sl. 6), a zatim je pomoću njega izračunata nadmorska visina na kojoj bi se nalazila



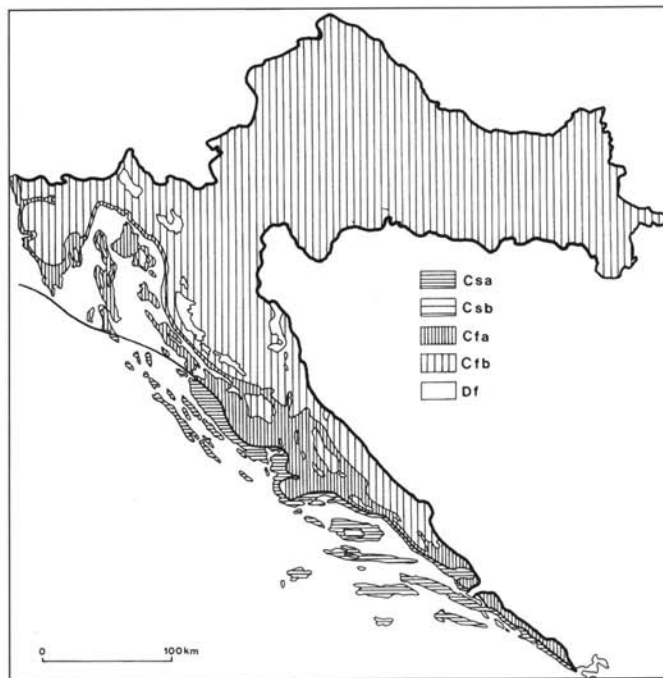
Sl. 6. - Korelacija između nadmorske visine i siječanjske temperature zraka u Gorskoj Hrvatskoj
Fig. 6. - Correlation of elevation with January air temperatures in the Mountainous Croatia

siječanjska izo-terma od -3°C , što je granica između C i D klime. Ona za cijelu Liku i Gorski kotar iznosi 1160 m.

Koristeći izmjerene i interpolirane podatke, te podatke dobivene pomoću vertikalnih gradijenata, konstruirane su linije razgraničenja pojedinih klimatskih tipova i podtipova. Kao podloga, u radnoj je verziji upotrijebljena fizičko-geografska karta jer zbog složenosti reljefnih odnosa izolinije ne proizlaze samo iz linearne interpolacije.

REZULTATI

Klimatska regionalizacija Hrvatske dobivena za razdoblje 1961.-1990. (sl. 7) bitno se razlikuje od one za razdoblje 1931.-1960. god. Ta se razlika očituje: 1. u broju klimatskih tipova i podtipova, i 2. u njihovim granicama.



Sl. 7. - Klimatska regionalizacija Hrvatske po W. Köppenu 1961.-1990.
Fig. 7. - The climatic regionalization of Croatia after W. Köppen in the standard period 1961-1990

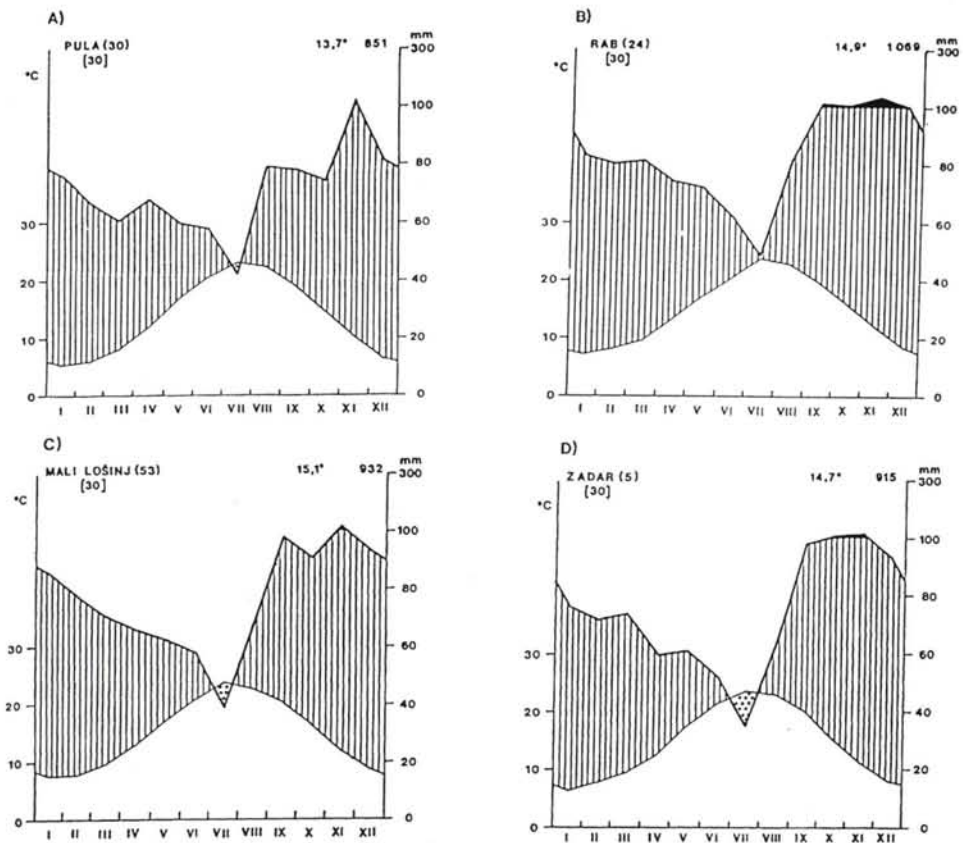
U novoj regionalizaciji postoji pet klimatskih tipova, odnosno podtipova, dok ih je u staroj regionalizaciji bilo sedam. Prema raspoloživim podacima za razdoblje 1961.-1990. u Hrvatskoj nije moguće identificirati područja s umjereno toplom vlažnom klimom sa svježim ljetom (Cfc), te sredozemnom klimom sa svježim ljetom (Csc).

Područje sa sredozemnom klimom s vrućim ljetom (Csa) suženo je na obalni pojas i otoke srednjeg i južnog Jadrana, a varijantu s toplim ljetom (Csb) nalazimo samo u najvišim dijelovima Brača i Hvara. Za razliku od prijašnjeg razdoblja, sredozemna klima obuhvaća i najjužniji dio Lošinja, ali ne obuhvaća Pag. Budući da Pula u srpnju ima 42 mm padalina, granica sredozemne klime ne zalazi u Istru. Podalje od obale sredozemna klima s vrućim ljetom (Csa) prelazi u umjereno toplu vlažnu klimu s vrućim ljetom (Cfa), a ne u sredozemnu klimu s toplim ljetom (Csb). Cfa klima na sjevernom dijelu Jadrana izbija na obalu, a obuhvaća i sjevernojadranske otoke. To znači da zaleđe Dalmacije nije bitno hladnije od obale, nego vlažnije, kao što se i sjeverni Jadran izdvaja od ostalog dijela Jadrana u prvom redu po većoj količini padalina, a ne toliko po nižoj srpanjskoj temperaturi. Područja s Cfa klimom najtoplija su unutar Cf klime, jer su pod neposrednim utjecajem Jadranskog mora koje usporava noćno hlađenje, i ljetnih vedrina. Cfa klimu imaju Kvarnersko primorje, Krk, Rab, Pag, Cres, Lošinj i

unutrašnjost Dalmacije. Zbog niskog reljefa taj vrući pojas prodire dublje u Istru. Pri tome se jasno opaža termički utjecaj niskih riječnih dolina. Unutar Cfa klime izdvajaju se manja područja s Cfb klimom (umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom), tj. područja u kojima ljeta više nisu vruća. Ona su u ovim krajevima uvjetovana većom nadmorskom visinom, a izvan njih obuhvaćaju najveći dio Hrvatske. Samo se u najvišim dijelovima Gorske Hrvatske javljaju manji "otoci" sa snježno-šumskom ili borealnom klimom (Df). Oni su gotovo podjednako rašireni (i prema površini i prema lokaciji) kao i u prijašnjem razdoblju.

Ispravnost razgraničenja dvaju najznačajnijih klimatskih tipova u Hrvatskoj potkrepljuju Walterovi klimadijagrami za meteorološke postaje koje se nalaze u neposrednoj blizini granice Cf/Cs klima (sl. 8). Unaprijed valja imati na umu da nije realno očekivati savršeno podudaranje, jer se kriteriji Köppena i Waltera ipak razlikuju, a klimatske granice su crte samo na geografskoj karti, dok su to u prirodi širi ili uži pojasevi.

Na klimadijagramima je točkicama označeno razdoblje s elementima aridne klime. To je razdoblje karakteristično za Cs klimu. Ono je najizrazitije u Zadru i Malom Lošinj, za



Sl. 8. - Walterovi klimadijagrami za razdoblje 1961.-1990.: A) Pula, B) Rab, C) Mali Lošinj, D) Zadar
Fig. 8. - Walter's climadiagrams in the standard period 1961-1990: A) Pula, B) Rab, C) Mali Lošinj, D) Zadar

koje i prema Köppenovoj granici nema sumnje da pripadaju Cs klimi. Iako se nalazi sjevernije od granice Cs klime, u Puli je ipak (doduše vrlo slabo) vidljivo i aridno razdoblje. To upućuje na razmišljanje da bi kompleksnija klimatološka analiza tog

područja mogla rezultirati i sjevernijim položajem Cs/Cf granice. Rab je najudaljeniji od Cs/Cf granice, a prema Walterovu klimadijagramu proizlazi da tu ne treba očekivati Cs klimu jer nema aridnog razdoblja.

LITERATURA

Conrad, V., L. W. Pollak (1950): *Methods in Climatology*. Cambridge.

Filipčić, A. (1992): Klima Hrvatske. *Geografski horizont* 38 (2), 26-35, Zagreb.

Köppen, W. (1918): *Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf*. Petermanns Mitteilungen 64, 193-203 i 243-248.

Köppen, W. (1923): *Die Klimate der Erde*. Berlin-Leipzig.

Köppen, W. (1929): *Typische und Übergangsklimate*. *Meteorologische Zeitschrift* 46 (4), 121-126.

Köppen, W. (1936): *Das geographische System der Klimate*. *Handbuch der Klimatologie*, B. I, Teil C, Berlin.

Makjanić, B., B. Penzar, B. Volarić, I. Penzar, I. Lisac (1979): *Objašnjenje uz klimatsku kartu SR Hrvatske*. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Milutinović, A. (1974): *Klima Jugoslavije po Kepenovoj klasifikaciji i modifikacija ove klasifikacije prema našim klimatskim uslovima*. IX savetovanje klimatologa Jugoslavije. Referati. 27-29. jun 1973. godine, Sarajevo-Stambulčić, 209-224, Beograd.

Penzar, I., B. Penzar (1985): *Agroklimatologija*. X+274, Školska knjiga, Zagreb.

Pleško, N., B. Kirigin (1971): *Klimatska područja Hrvatske prema Köppenovoj klasifikaciji*. U: B. Kirigin, N. Šinik, S. Bertović: *Klimatski podaci SR Hrvatske, razdoblje 1948-1960*, RHMZ SR Hrvatske. Građa za klimu Hrvatske, Ser. II, br. 5, Zagreb.

Šegota, T. (1986): *Klimatska podjela Jugoslavije (po W. Köppenu)*. *Geografski horizont* 32 (1-2), 2-5, Zagreb.

Šegota, T., A. Filipčić (1996): *Klimatologija za geografte*. 3. izd., VIII+471 str., Školska knjiga, Zagreb.

Škreb, S., J. Letnik (1942): *IX. Klimatski značaj i klimatska razdioba Hrvatske*. U: S. Škreb i sur.: *Klima Hrvatske*, 123-148, Zagreb.

Trauner, L. (1961): *Klimatologija*. *Medicinska enciklopedija*, sv. 5, 627.

Volarić, B., I. Lisac (1984): *Klimatska podjela Hrvatske prema značajkama godišnjeg hoda temperature zraka*. *Radovi Geografskog odjela* 19, 3-11, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Volarić, B., B. Penzar, I. Penzar, I. Lisac (1994): *Klimatska regionalizacija prema mjesečnim vrijednostima temperature i oborine*. *Uvjeti kvalitetne izgradnje hrvatskih regija*. *Međunarodni stručno-znanstveni simpozij s izložbom*, 207-211, Zagreb.

SUMMARY

CLIMATIC REGIONALIZATION OF CROATIA ACCORDING TO W.KÖPPEN FOR THE STANDARD PERIOD 1961-1990 IN RELATION TO THE PERIOD 1931-1960

by ANITA FILIPČIĆ

In world climatology the Köppen's classification is by far the most widely accepted climatic classification. In Croatia it has been used for 50 years now. In the beginning it was not based on climatological analysis. The World Meteorological Organization recommends the comparison of 30-years climatic means. The first analyzed standard period was the period 1931-1960. Due to the numeric data belonging to the latest standard period it was possible to make a latter climatic regionalization of Croatia. The July isohyete of 40 mm was located by means of linear interpolation. This is the boundary between Cs and Cf climate, which are the most important climatic types in Croatia. The vertical air temperature gradients are calculated in order to set the boundary between Csa and Csb climate, and the boundary of the area with boreal (D) climate. In the 1961-1990 standard period the number of climatic types has been reduced. The data do not support the existence of the areas warm temperate humid climate with cool summer (Cfc)

as well as the area with Mediterranean climate with cool summer (Csc). Also the boundaries of climatic types has been changed. This is particularly related to the Mediterranean climate with hot summer (Csa). To this type of climate belong the islands and narrow coastal belt in the Middle and Southern Adriatics as well as the southernmost part of Lošinj Island. In the inland part of Dalmatia Csa climate is replaced with Cfa climate. In the Northern Adriatics Cfa climatic areas penetrates to the coast comprising the North Adriatic islands. The largest part of Croatia enjoys the Cfb climate. Quarner Litoral, the islands Krk, Rab, Pag, Cres, Lošinj, and the inland of Dalmatia enjoy the Cfa climate. The highest parts of Mountainous Croatia have the boreal climate (D). Although the Köppen's and Walter's climatic criteria little differ, Walter's climadiagrams of Pula, Rab, Mali Lošinj and Zadar cities very closely correspond with Köppen's boundary between Cs and Cf climates.