

GOZDNI POŽARI IN OTOPLITEV NA SVETU

Future Wildfire in Relation to Global Warming

Tomislav Dimitrov*

614.84:630*43:551.5

Povzetek

Kanadski strokovnjaki raziskujejo razmerje med gozdnimi požari v cirkumpolarnih gozdovih v prihodnosti in otoplitvijo po svetu. Flanningan s sodelavci (1998) je v nasprotju z B. J. Stocksom in sodelavci (1996), ki so pri analizi podnebnih sprememb in njihovega vpliva na gozdne požare, požarne emisije in učinek na atmosfero uporabljali mesečne podatke iz štirih modelov splošne cirkulacije, upošteval dnevne podatke in samo en model cirkulacije (Canadian General Circulation Model – GCM). Dnevni podatki se uporabljajo prej kot mesečni. Vreme in posledično vedenje ognja se lahko namreč dramatično spreminjata v obdobjih, ki so bistveno krajša od meseca. Ugotovitve simulacije opozarjajo, da je lahko vpliv otoplitve po svetu na gozdove na severu katastrofalen in da bo lahko v nasprotju s pričakovanji o splošnem zvečanju gozdnih požarov na severni polobli veliko predelov, kjer bodo požari redkejši.

V članku bom predstavil najpomembnejše dele Flanninganove raziskave Gozdni požari in svetovna otoplitev, stanje v Sloveniji in na Hrvaškem in na podlagi simulacij priloženih kart tudi pogoje ob koncu naslednjega stoletja.

Abstract

Canada is conducting research on future wildfires in circumpolar forests related to global warming. In contrast to the research of B.J. Stocks and others (1996), in which climatic changes and their impact on wildfires, fire emission and effects on the atmosphere were analyzed using monthly data from four models of general circulation, Flanningan and others resorted to, in their most recent research (1998), daily data and a single model of general circulation (Canadian General Circulation Model – GCM).

Daily, rather than monthly, data was used because the weather and, consequently, fire behavior can change dramatically over time periods much shorter than one month. The simulation and fire history results suggest that the impact of global warming on northern forests through forest fires may not be disastrous and that, contrary to the expectation of an overall increase in forest fires, there may be large regions of the Northern Hemisphere with a reduced fire frequency.

This paper presents the most essential parts of the study of Flanningan and others, entitled "Future wildfire in circumboreal forests in relation to global warming", together with an insight into the situation in the areas of Croatia and Slovenia based on the enclosed maps of simulated conditions at the end of the new century (about 2100 A.D.).

Uvod

Nekateri menijo, da bodo gozdni požari, ki jih ne bo možno nadzorovati, zaradi svetovne otoplitve cirkumpolarne gozdove trajno prizadeli. Gozdni požari in podnebje so tesno povezani (Swetnam, 1993) in v preteklosti se je požarni režim odzval na podnebne spremembe. Na podlagi simulacij z različnimi modeli splošne cirkulacije (GCMs) predvidevajo, da bo temperatura na Zemlji konec prihodnjega stoletja zaradi zvečanja atmosferskih koncentracij aktivnih plinov, npr. vodne pare, ogljikovega dioksida, metana, dušikovega dioksida in klorfluorogljika, za nekaj stopinj višja. Sprememba požarnega režima zaradi odziva na podnebno otoplitev bo morda na gozdno dinamiko vplivala bolj kot neposredni učinki otoplitve na gozdove, denimo cirkumpolarne, za katere je požar velika motnja (Payette, 1992). Pogostejše gozdne motnje, tudi požar, na podlagi ugotovitev modela splošne cirkulacije (GCM) potrjujejo to predvidevanje. Vplivajo lahko na spremenjeno sestavo gozda in pospešijo odzivanje gozdne vegetacije (Overpeck in sod., 1990).

Za razumevanje vpliva svetovne otoplitve na širjenje in jakost gozdnih požarov si moramo ogledati, kako so se gozdovi odzivali na otoplitev v preteklosti. Na severni polobli se je srednja temperatura poleti, to je med požarno sezono, in med letom zvišala približno ob koncu male ledene dobe (Boden in sod., 1990). Toda na Švedskem so se temperature vrnila na vrednosti leta 1860 – zviševale so se od leta 1860 do 1940 (Alexandersson in Eriksson, 1989). Opozorilo je veliko bolj jasno v Kanadi, kjer so se temperature po letu 1890 zvišale za 1,7° C (statistično pomembno: 95 % za večino Kanade) (Gullett in Skinner, 1992).

Po dokumentaciji sodeč so v tem obdobju požari marsikje izbruhnili redkeje. Zmanjšanje števila požarov je v nekaterih primerih posledica njihovega gašenja, čeprav na nekaterih predelih ni bilo vplivov človeške dejavnosti. Izkušteni podatki se ne ujemajo z modeli, po katerih naj bi bili zaradi podnebne otoplitve požari pogostejši (Overpeck in sod., 1990; Anon., 1996). Neujemanje je posledica tega, da je požar rezultat kompleksnega medsebojnega delovanja, v katerega so vključeni dejavniki vžiga, pogoji gorenja, topografija in vreme – temperatura, relativna vlaga, hitrost vetra ter količina in pogostost padavin.

Flanningan meni, da bo otoplitev v prihodnosti analogna novjšim otoplitvam in da bodo gozdni požari v prihodnje reagirali podobno kot požari v novejši zgodovini. To lahko preverimo z modeliranjem sedanjih požarnih režimov in tistih v prihodnosti. Pri tem potrebujemo podatke modela splošne cirkulacije (GCM), ki jih primerjamo z novjšim gibanjem pogostosti požarov in zgodovinskimi podatki iz obdobja otoplitve od srede 1800. Raziskava o gozdovih na severu je pomembna pri tisti podnebni spremembi, ki bi verjetno najbolj vplivala na borealne gozdove (Anon., 1996). Ti so eno prvih območij, kjer bi lahko odkrili podnebne spremembe in njihove vplive.

Raziskava ne obravnava prehodnih pogojev med sedanjimi simulacijami in simulacijami v prihodnosti. Veliko opozoril spremlja GCMs. Razlikovanje je grobo. Parametriziranje kopnega bi bilo treba izboljšati in v modele vključiti razpršilce. Kljub temu pa nudi GCMs najboljše sredstva za oceno vpliva spremembe podnebja v prihodnosti na požarni režim, kar jih je na voljo.

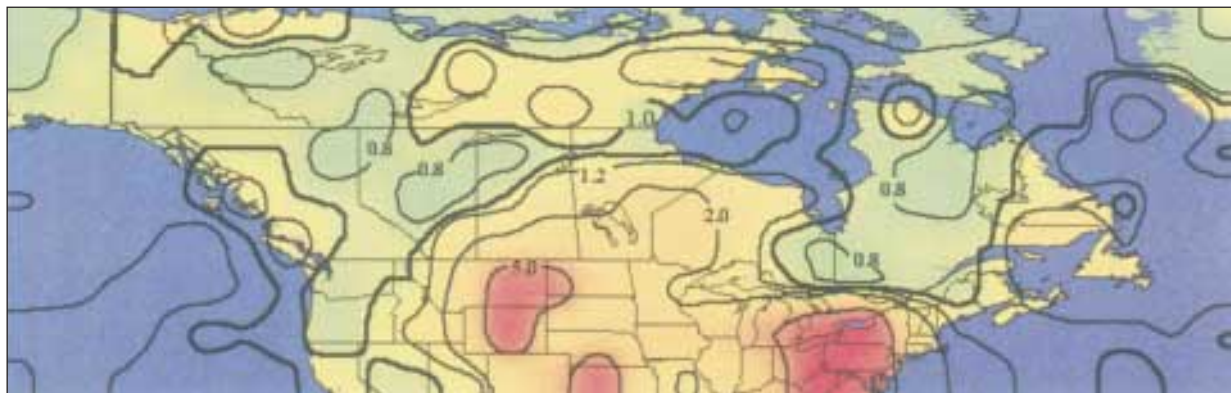
* Vladimira Ruždjaka 9c, Zagreb

Material in metode

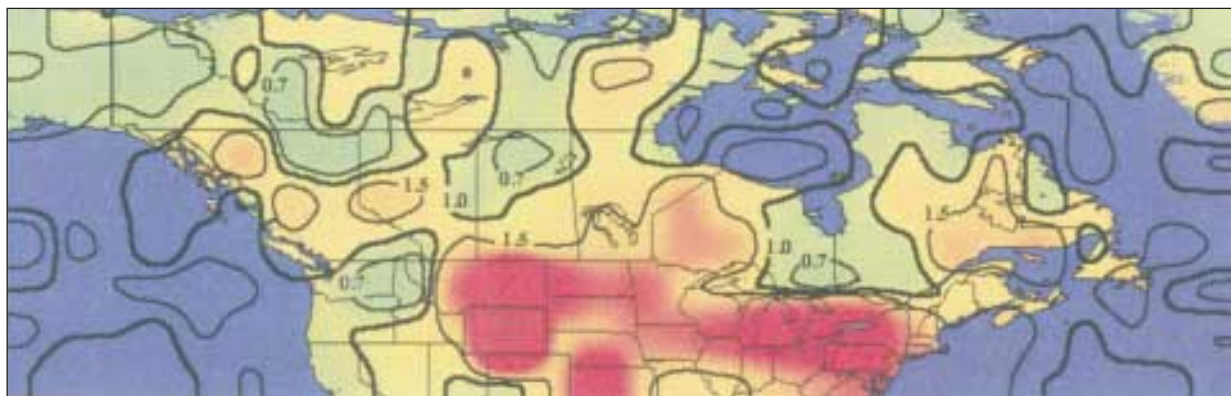
Pri modeliranju požarnih režimov se uporablja že ustaljena sestava požarne nevarnosti. Kanadski model upošteva pri izračunu indeksa požarnega vremena (Fire Weather Index – FWI), ki predstavlja intenzivnost širjenja ognja, temperaturo, relativno vlago, hitrost vetra in padavin. V raziskavi so za modeliranje sedanjega požarnega režima in prihodnjih, na podlagi katerih se bo ocenil učinek podnebnih sprememb na požarne režime, uporabili tudi kanadski model splošne cirkulacije (Canadian General Circulation Model – GCM). To je povezan model atmosfera-ocean z mrežno transformacijo na razdalji $3,75^\circ$ in dnevnim ter letnim ciklu-

som. Ima podatke o temperaturi, specifični vlagi, padavinah in hitrosti vetra na vsakih 12 ur (0000 in 1200 GMT) za obdobje 1980 do 1989 in simulacije 1 CO_2 in 2 CO_2 . Simulacija 1 CO_2 uporablja 330 ppm CO_2 in predstavlja obdobje 1960 do 1980, simulacija 2 CO_2 pa 660 ppm in bi lahko predstavljala pogoje ob koncu novega stoletja. Za izračun komponent kanadskega indeksa FWI med požarno sezono upošteva najvišjo dnevno temperaturo, relativno vlago iz podatkov o specifični, 24-urne padavine in 12-urno (12-00 GMT) srednjo hitrost vetra (Van Wagner 1987).

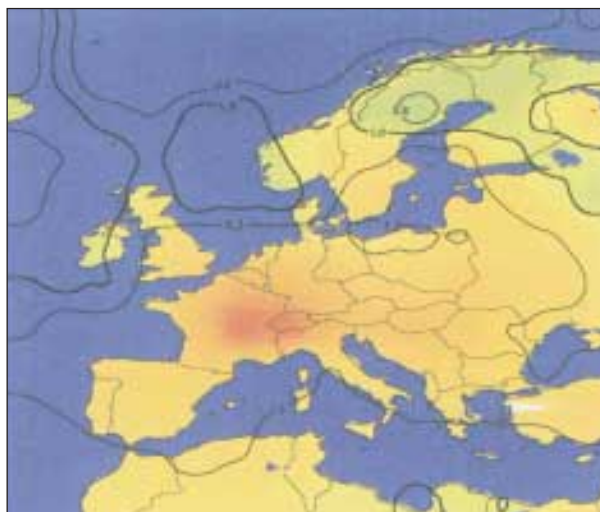
Požarna sezona traja v Severni Ameriki od 1. aprila do 30. septembra, v severni Evropi pa od 1. maja do 31. avgu-



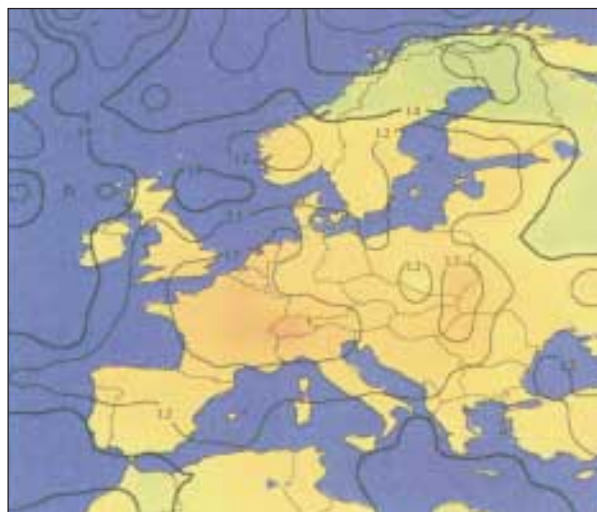
a.



b.



c.



č.

Slika 1. Srednja in največja razmerja FWI ($2 \text{ CO}_2/1 \text{ CO}_2$) v Severni Ameriki (a, b) ter Evropi (c, č)
Figure 1. Mean and maximum FWI ratios ($2 \text{ CO}_2/1 \text{ CO}_2$) for North America (a, b) and Europe (c, č)

sta. Intenzivnost širjenja ognja (indeks FWI) se izračuna za obe simulaciji in primerja: 2 CO₂ proti 1 CO₂. Pri analizi so poleg srednjih vrednosti za devet let upoštevane tudi največje vrednosti FWI. Izjemne vrednosti se upoštevajo zato, ker prav v dnevih, ko so požarni vremenski pogoji ekstremni, zgori zaradi gozdnih požarov največ območij (Flannigan in Harrington, 1988).

Rezultati

Simulacija po modelu GCM

Srednje vrednosti FWI po 1 CO₂ so primerjali s srednjimi vrednostmi, ki so jih izračunali iz podatkov z 29 postaj po vsej Kanadi in 11 švedskih (Harrington in sod., 1983). Srednje vrednosti po simulaciji 1 CO₂ so precej dobro korelirale s podatki srednjih vrednosti s postaj ($f = 0,66$ v Kanadi in 0,70 na Švedskem). Vrednosti FWI iz simulacije veljajo za precej dober približek novejši zgodovini. Na sliki 1 je predstavljeno razmerje med 2 CO₂ in 1 CO₂, vrednosti za srednji FWI in največji FWI za devet let simulacije za Severno Ameriko in Evropo. Delež regionalne variacije med območji, kjer se FWI zmanjšuje po 2 CO₂ (vrednosti pod 1,00), in območji, kjer se je njegova vrednost v toplejšem podnebnju zelo zvečala, je velika. V velikem delu vzhodne in zahodne Kanade je razmerje pod 1,00; FWI se je pri tem zmanjševal kljub višjim temperaturam, povezanim s podnebjem 2 CO₂. Bistveno zvečanje vrednosti FWI je značilno za osrednji del Severne Amerike. Obrazec izjemnih največjih vrednosti FWI za devetletno obdobje je podoben: razmerje je večje nad osrednjimi celinskimi območji, manjše pa nad vzhodno Kanado. Po drugi strani pa se je zvečal maksimalen FWI nad deli zahodne Kanade.

V severni Evropi (slika 1) se je v toplejših pogojih srednja vrednost FWI zvečala nad južno polovico Švedske in na skrajnem jugovzhodu Finske, drugod pa se je zmanjšala. Podoben je bil tudi obrazec primerjave med največjimi in srednjimi vrednostmi FWI; izjema je južna Norveška, kjer se je vrednost FWI zvečala.

Na sliki 2 je ponazorjeno zvišanje letnih temperatur za 2 do 6° C v Severni Ameriki in Evropi. Če bi se zvišala samo temperatura, bi se zvečala vrednost FWI, zato bi bil požarni režim strožji. To velja samo v primeru, če bi preostale spremenljivke ostale nespremenjene. FWI je občutljiv za relativno vlago, hitrost vetra in padavine. Količina padavin, ki so ponekod večje za simulacijo 2 CO₂, lahko pri primerjavi s simulacijo 1 CO₂ izloči vsako zvečanje FWI zaradi zvišanja temperature. Poleg tega pa se na nekaterih območjih relativna vlaga v toplejšem podnebnju zvečuje, zaradi česar se vrednost FWI prav tako zmanjšuje.

Razprava

Stocks in sodelavci (1998)¹ so nedavno uporabili mesečne podatke štirih modelov splošne cirkulacije (tudi kanadskega) in skušali raziskati podnebne spremembe in potencial požarov v ruskih in kanadskih severnih gozdovih. Njihove ocene mesečne jakosti po Kanadi so enake in podobne ugotovitvam Flanniganove raziskave. Flannigan in sodelavci menijo, da so njihova spoznanja – kljub temu, da so uporabili samo en model splošne cirkulacije – natančnejša in pravilnejša, ker bolj upoštevajo novejšo požarno zgodovino in ker so uporabljali dnevne podatke.

Če se režim motenj res spreminja, kot to nakazujejo Flanniganove ugotovitve, bi to lahko bistveno vplivalo na bilanco ogljika na svetu. V predelih, kjer se požari širijo, bo razvrstitev po razredih gozdne starosti vključevala mlajše sestave, zgodovinska vloga severnih gozdov pa se bo z zmanjševanjem vrednosti ogljika zmanjšala (Kurz in Apps, 1993). Tam, kjer so požari redkejši, bodo v krajini starejša drevesa, ki bodo omogočala obstoj borealnih gozdov kljub zmanjševanju koncentracije ogljika.

Podnebne spremembe v Severni Ameriki bi veliko vrstam omogočile razširitev proti severu (Solomon, 1986; Liu, 1990). Spreminjajoča se požarna pogostost bi lahko to gibanje pospešila ali upočasnila in določila, katere vrste bodo imele v novem režimu več možnosti (Suffling 1995).

Vpliv spreminjajočega se požarnega režima na sestavo vegetacije in hitrost njenega spreminjanja je težko posplošiti. Odvisen je od njene sedanje sestave in nadaljevanja migracijskih vrst, ki so na voljo, ter njihovega medsebojnega učinkovanja.

V evropskih in severnoameriških raziskavah ugotavljajo, da pogostejši požari pospešujejo vegetacijske spremembe (Green, 1982; Landhausser in Wein, 1993). Pogostejši požari v južnih borealnih gozdovih v osrednji Kanadi bi po simulaciji verjetno pospešili spreminjanje rastlinja v sedanjih mešanih gozdovih, v katerih rastejo trepetlika, topol, breza, smreka in bor. Namesto njih bi rasli trepetlika in trava, ki že zdaj mejita na gozd. Pri preučevanju medsebojnega vpliva med podnebnimi spremembami in vegetacijo bi bilo treba oceniti sestavo in strukturo gozda v prihodnosti. Zaradi medsebojnega delovanja bi se utegnil gozdni ekosistem zelo spremeniti, to pa bi bile lahko povsem nove prvine, ki nimajo analogov v preteklosti (Martin, 1993).

Izstopajoči sta dve stališči regionalnega variiranja FWI. Prvič: vrednost FWI se je izrazito zvečala ob podnebnih spremembah nad osrednjo Severno Ameriko. Drugič: v Severni Ameriki in na severu Evrope so pomembna območja, kjer se je ta vrednost zmanjšala. Pozornost zasluži območje zahodne in severozahodne Kanade, kjer se je vrednost FWI zmanjšala in kjer so bili v preteklosti veliki predeli pokrajine požgani.

Drugo stališče je, da se bo po simulacijah Flannigan in sodelavcev požarna nevarnost v severnih delih severne Evrope, kjer so bili gozdni požari vedno obsežni in pogosti, začela zmanjševati, na jugu Švedske, kjer ponavadi požari niso bili pogosti, pa se bo zvečevala. Vpliv podnebnih sprememb na požarne motnje je treba obravnavati glede na območje.

Na požarni režim lahko poleg podnebnih sprememb zelo vplivajo tudi drugi dejavniki, npr. sredstva vžiga, dolžina požarne sezone in gospodarjenje z ognjem. Nevarnost vžiga je večja v toplejših predelih, kjer so strele pogostejše (Price in Rind, 1994). Požarna sezona se začne bolj zgodaj spomladi in se podaljša dlje v jesen (Wotton in Flannigan, 1993). Gospodarjenje z ognjem in učinkovitost se bosta spreminjali še naprej. Vsi naštetih dejavniki lahko zmanjšajo ali zvečajo vpliv podnebnja.

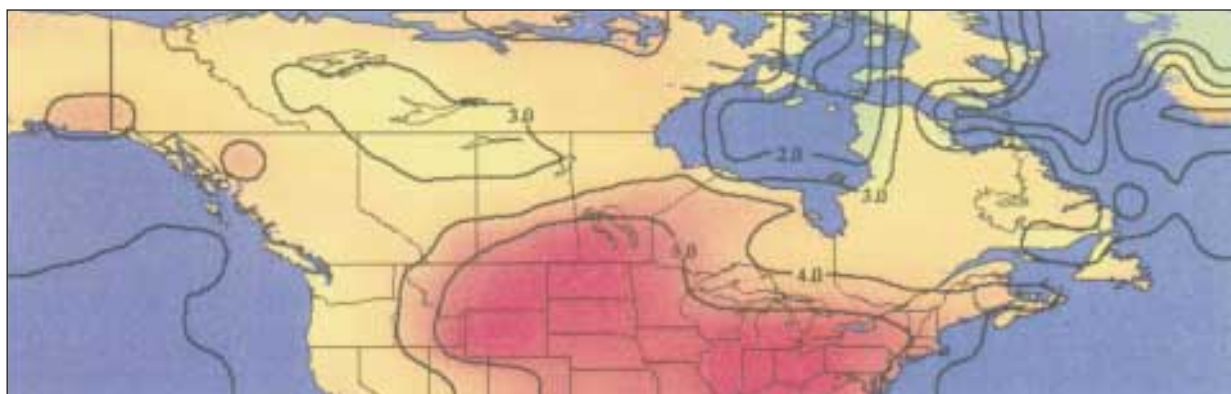
Raziskava poudarja veliko regionalno variabilnost pri odzivu požarnega režima na podnebne spremembe, saj so lahko območja, kjer so požari postali manj siloviti, celo tam, kjer se je otoplilo. Te simulacije se na splošno ujemajo s preučevanjem novejših zgodovine požarov, pri katerem ugotavljajo, da so požari kljub zvišanju temperature redkejši. Spremembe padavinskega režima namreč niso bile sinhrono s temperaturnimi spremembami. Kaže torej, da je padavinski režim dejavnik, ki najbolj zmanjšuje pogostost požarov.

Nenazadnje: tudi na območjih, kjer so požari pogostejši, posledice niso nujno katastrofalne, in to niti tam ne, kjer se lahko gozd spremeni v travnik. Take spremembe so se navsezadnje naravno dogajale tudi v preteklosti (Ritchie, 1983).

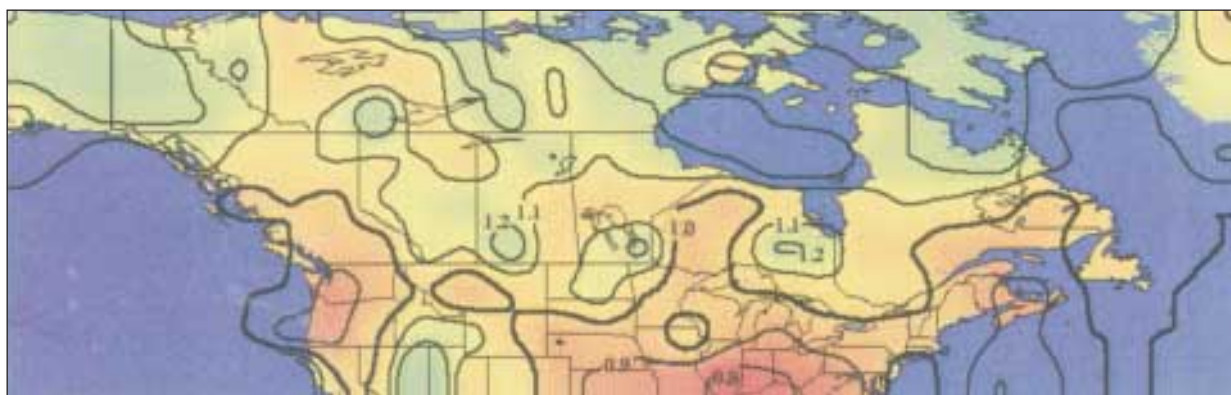
Interpretacija simulacij po modelu GCM za Slovenijo in Hrvaško

Po preliminarnem letnem poročilu svetovne meteorološke organizacije (World Meteorological Organization – WMO) o svetovnem podnebnju se je leta 1999 končalo najtoplejše desetletje, zadnje stoletje pa je bilo najtoplejše v tem tisoč-

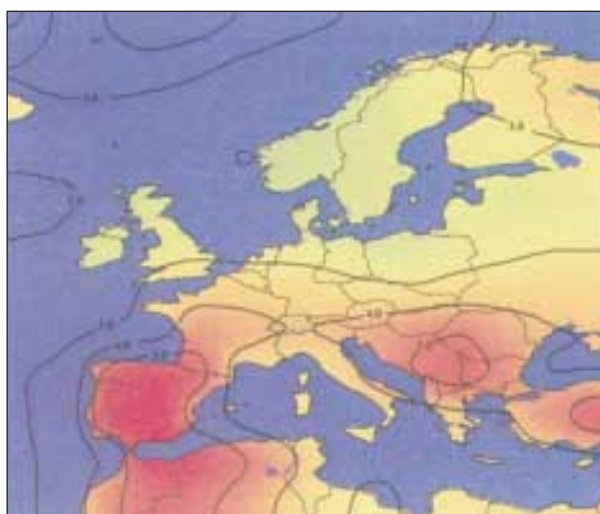
¹ 12. Številka Ujme: Gozdni požari po svetu: vplivi na ozračje, podnebje in biosfero, str. 110–116.



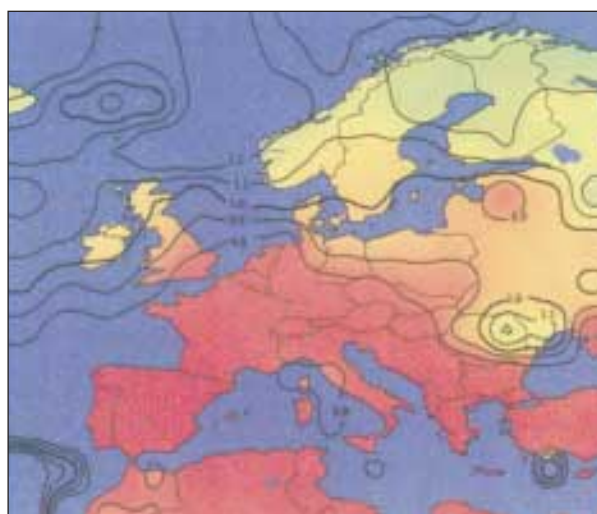
a.



b.



c.



č.

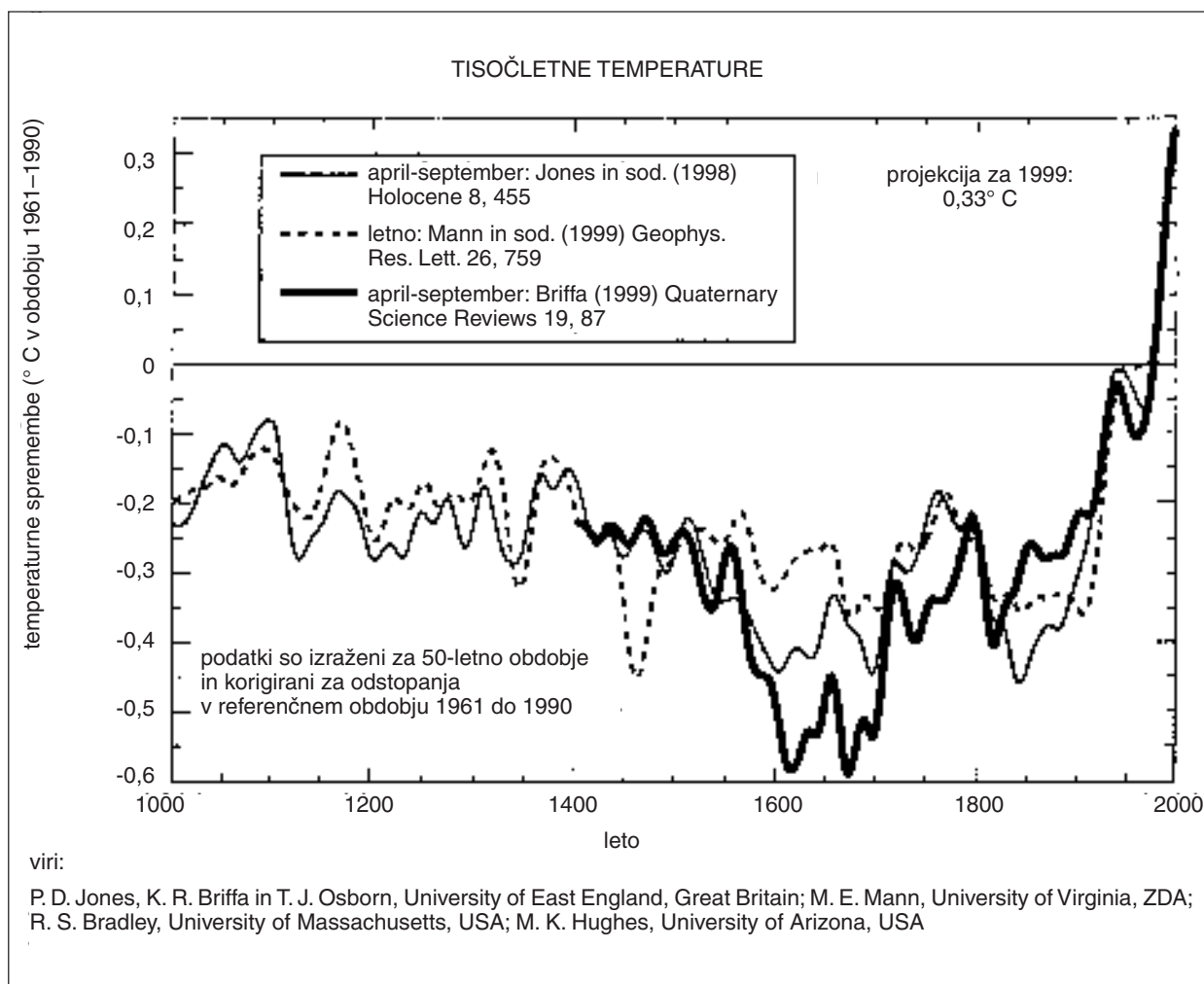
Slika 2. Sprememba srednje temperature ($2 \text{ CO}_2 - 1 \text{ CO}_2$) v Severni Ameriki (a) in in Evropi (b); razmerje padavin ($2 \text{ CO}_2 / 1 \text{ CO}_2$) v Severni Ameriki (c) in Evropi (č)
 Figure 2. Mean temperature change ($2 \text{ CO}_2 - 1 \text{ CO}_2$) for (a) North America and (b) Europe. Precipitation ratio ($2 \text{ CO}_2 / 1 \text{ CO}_2$) for (c) North America and (č) Europe.

letju (gl. sliko 3 in literaturo). Leta 1999 je bila globalna srednja kombinirana temperatura zraka nad kopnim in morjem za $0,3$ do $0,4^\circ \text{C}$ nad normalnimi vrednostmi obdobja 1961 do 1990, ki je bilo najtoplejše v zadnjih 140 letih. Najtopleje je bilo leta 1998 ($0,58^\circ \text{C}$ nad normalnimi vrednostmi), 1997 ($+ 0,44^\circ \text{C}$), 1995 ($+ 0,38^\circ \text{C}$) in 1990 ($+ 0,35^\circ \text{C}$). Srednja letna temperatura na svetu je bila ob koncu 20. stoletja zagotovo za $0,7^\circ \text{C}$ višja kot ob koncu 19. stoletja.

Na podlagi ugotovitev simulacij o svetovnem segrevanju, predstavljene so na Flanninganovih kartah, lahko ob interpoliranju slike 1 (c, d) sklepamo, da se bo na Hrvaškem in v

Sloveniji v toplejšem vremenu (2 CO_2) srednja vrednost FWI zvečala za 1,2, največja vrednost FWI pa za 1,4. Na sliki 2 (b, d) lahko vidimo, da bo sprememba srednje temperature ob koncu novega stoletja (okoli leta 2100) nad Hrvaško in Slovenijo približno $4,5^\circ \text{C}$, padavinsko razmerje pa 0,8. To pomeni, da bo v teh dveh državah v toplejšem podnebnju (2 CO_2) padlo za 20 odstotkov manj padavin kot v podnebnju 1 CO_2 .

Kaj pomeni samo triodstotno zmanjšanje padavin v nekem obdobju, pojasnjuje poročilo WMO. Obdobje od julija 1998 do julija 1999 je bilo na vzhodu ZDA najbolj sušno, odkar so



Slika 3. Tisočletne temperature
Figure 3. Millennium temperatures

leta 1895 začeli spremljati ta pojav. Konec leta 1999 je bila gladina vode v Velikih jezerih pod 80-letnim povprečjem, gladina voda v jezerih Michigan in Huron pa še nikoli po letu 1860, ko so začeli meriti in zapisovati višino jezerske gladine, ni bila tako nizka. Zaradi suše in vročine se je vnelo veliko gozdnih požarov. Pomanjkanje padavin je vplivalo na žetev in zahtevalo stroge omejitve porabe vode.

Podnebne spremembe, kakršne se obetajo po predstavljenih simulacijah, bodo resno vplivale na požarni režim, s tem pa tudi na ukrepanje ob gozdnih požarih. Zvečanje požarne nevarnosti (zvečanje vrednosti FWI) bo zagotovo vplivalo na zvečanje požarne dejavnosti. Stopnjo požarne dejavnosti, ki se bo verjetno podaljšala za 30 dni, bosta določali ekonomiji požarnega upravljanja Hrvatske in Slovenije.

Literatura

1. Flannigan, M. D., Bergeron, Y., Engelmark, O., Wotton, B. M.: 1998, Future wildfire in circumboreal forests in relation to global warming, *Journal of Vegetation Science* 9: 469–476, natisnjeno na Švedskem
2. Stocks, B. J.: 1996, *The Extent and Impact of Forest Fires in Northern Circumpolar Countries*, ed. Joel S. Levine, Vol.1 & 2, the MIT Press, Cambridge, Mass. & London, England
3. Stocks in sod.: 1998, Climate Change and Forest Fire Potential in Russian and Canadian Boreal Forests, *Climate Change* 38: 1–13.
4. Al-Ghanem, T. – World Meteorological Organization: 16 December 1999, Global temperatures and other global highlights (WMO-No. 644), 1211 Ženeva 2, Švica