

PROSTORNA RASPODJELA I GODIŠNJI HOD BROJA DANA S GRMLJAVINOM U JUGOSLAVIJI

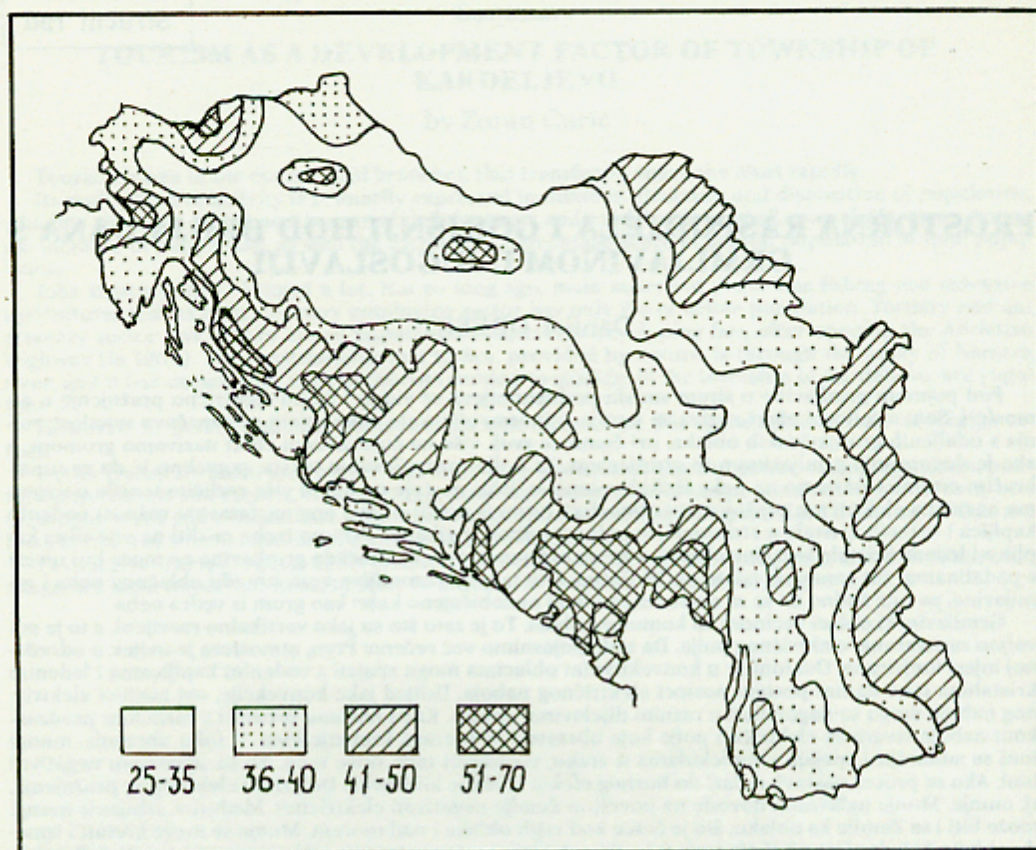
Danijel OREŠIĆ*

Pod pojmom grmljavine u širem smislu podrazumijeva se vidno i čujno električno pražnjenje u atmosferi. Sam svjetlosni efekt naziva se munja, odnosno sijevanje. Sijevanjem se označava svjetlost munja s udaljenih grmljavinskih oblaka, pri čemu se zvuk više ne čuje. Zvučni efekt nazivamo gromom, a ako je dugotrajniji grmljavinom ili grmljenjem. Za bolje razumijevanje teksta, potrebno je da se u najkraćim crtama osvrnemo na neke fizikalne osnove. Iako postoje manje ili više različite teorije o uvjetima nastanka električnih pražnjenja u atmosferi, bitno je uočiti da sve one naglašavaju važnost vodenih kapljica i ledenih kristala u atmosferi, te važnost njihovog gibanja. Pri tom treba misliti na one sitne kapljice i ledene kristale koji čine oblake, a ne na hidrometeore. To znači da grmljavina ne mora biti u vezi s padalinama, što znamo iz iskustva. Međutim, isto tako je razumljiva veza između oblačnog neba i grmljavine, pa nije čudno da se za nešto iznenadno i neuobičajeno kaže: kao grom iz vedra neba.

Grmljavinski oblaci većinom su kumulonimbusi. To je zato što su jako vertikalno razvijeni, a to je povoljno za stvaranje električnog polja. Da sada pojasnimo već rečeno: Prvo, atmosfera je uvijek u određenoj mjeri ionizirana. Ovi ioni se u konvektivnim oblacima mogu spajati s vodenim kapljicama i ledenim kristalima tako da oni postaju nosioci električnog naboja. Uslijed jake konvekcije, ovi nosioci električnog naboja mogu se nagomilati u raznim dijelovima oblaka. Kada nastanu prostori s različitim predznakom naboja stvara se električno polje koje ubrzava i usmjerava kretanje iona. U toku ubrzanja, mnogi ioni se sudaraju i spajaju s molekulama u zraku, stvarajući tako nove ione. To su uglavnom negativni ioni. Ako se proces nastavi, dolazi do burnog efekta lančane ionizacije. Dolazi do električnog pražnjenja, tj. munje. Munje uglavnom dovode na površinu Zemlje negativan elektricitet. Međutim, izbijanje munje može biti i sa Zemlje ka oblaku, što je češće kod viših oblaka i nad morem. Munja se može kretati i između oblaka. U jednoj munji (koja traje 0.1 – 0.6 sek.) ima i više pražnjenja, uglavnom po istoj stazi. Prosječno ima 2–3, ali može biti i do 40 pražnjenja u razmaku 0.03–0.07 sek. Srednja jačina struje munje je oko 20 tisuća A (maksimalno 220 tisuća A). Poznati zvučni efekt javlja se zato jer se na zagrijavanje kanala kojim kreće munja troši oko 70% ukupne energije. U vrlo kratkom vremenskom razmaku temperatura dosegne do 15 000°C, pa se uslijed naglog širenja ugrijanog zraka čuje grom tj. grmljavina.

Važno je ponovno istaći da se grmljavina javlja u jako vertikalno razvijenim oblacima. Drugim riječima grmljavinski oblak je kumulonimbus. Kumulonimbusi nastaju uvijek pri jakoj konvekciji tj. snažnim ulaznim strujanjima. Općenito se uzima da postoje termičke i prisilne konvekcije, ali je u praksi razgraničenje izuzetno teško, jer najčešće zajedno i istovremeno djeluju oba procesa. Grmljavina je najčešća u grmljavinskim nepogodama. To su nepogode u kojima je bilo grmljavine, ali ne treba zaboraviti da grmljavine može biti, a da nepogode nema (tj. da nije bilo padalina). Unutar jedne zračne mase grmljavinske nepogode su termičkog tipa. Javljaju se u toploj polovici godine i pri vedrim danima, kada je mali horizontalni gradijent tlaka i vjetar slab. Tada se podloga, osobito tlo, lako zagrije. To zagrijavanje je diferencirano, a to znači da se zbog raznolikosti površine (nagib terena, različita vlažnost, boja, različita vegetacija i sl.), razne površine različito ugriju. Kako se zrak grije od podloge, dolazi do pojave da se određeni volumen zraka jače ugrije od okolnog zraka, i kao topliji počne uzdizati. Posljedica je da na određenoj visini dolazi do ohlađivanja, pa do kondenzacije vodene pare i oslobađanja latentne topline i stvaranja kumulonimbusa. Takve termičke grmljavinske nepogode najčešće su ljeti nad kopnom u poslijepodnevnim satima. Optimalni uvjeti za razvoj grmljavinskih nepogoda ipak ne postoje unutar jedne zračne mase, nego su najčešće na frontama, a osobito na hladnoj fronti. Frontalne grmljavinske nepogode na hladnoj fronti nastaju kad hladniji zrak istisne i prisili topliji zrak ispred fronte na izdizanje, koje je često vrlo naglo. Ponovno treba istaći da veći dio grmljavinskih nepogoda nastaje kombinacijom termičke i prisilne konvekcije. Ako jedna konvektivna nepogoda naide na planinu, ona se još pojača uslijed orografskog efekta, jer se zrak još jače i brže izdiže uz padinu. Planinska barijera dovodi do uzdizanja toplijeg zraka ispred fronte, kojeg na tu barijeru potiskuje zrak iz hladnog sektora. S druge strane, nakon kratkog zastoja fronte, pojača se naglo prelijevanje hladnog zraka nad topliji iza planinske barijere. U svakom slučaju orografski efekt očituje se u tome da grmljavinskih nepogoda, odnosno grmljavine op-

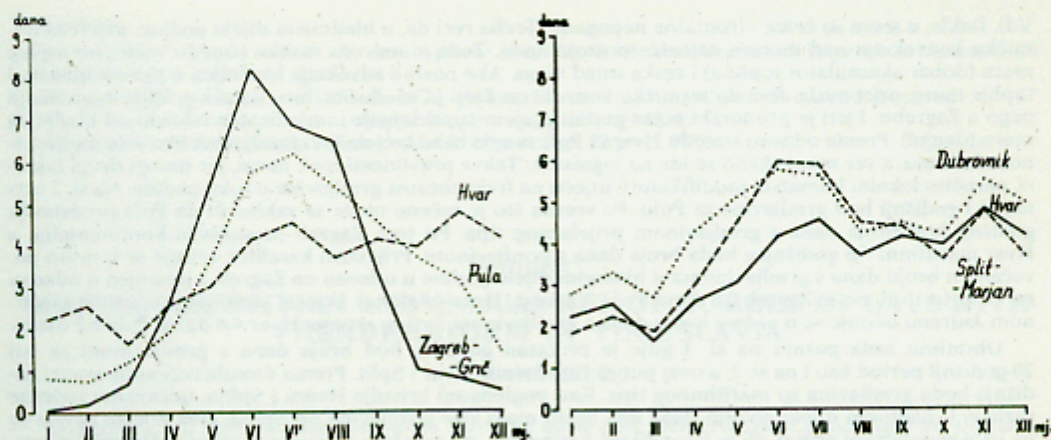
* Danijel Orešić, student IV. godine, Geografski odjel PMF Zagreb. Rukopis primljen u prosincu 1988.



Sl. 1.: Prosječni godišnji broj dana s grmljavinama u SFRJ, razdoblje 1948-1973. godine (izvor 3)

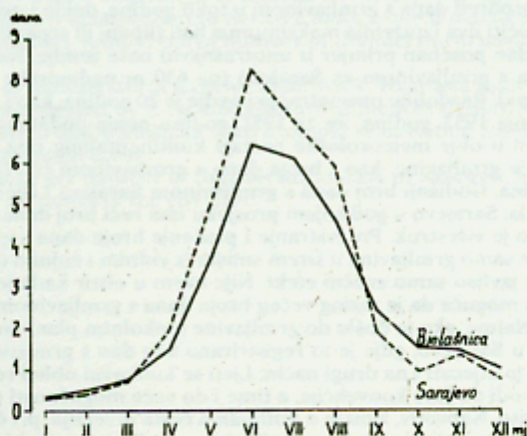
ćenito ima više u planinskim krajevima. Da je to tako, odmah možemo uočiti iz sl. 1, gdje je prikazan srednji godišnji broj dana s grmljavinom u našoj zemlji. Najviše je dana s grmljavinom uglavnom u planinskim krajevima, tj. u alpskim i dinarskim dijelovima naše zemlje. Taj je utjecaj izražen i na Medvednici i na slavonskim planinama. Treba uočiti da je povećan broj dana s grmljavinom u Vojvodini, što se ne može objasniti većom čestinom prijelaza fronti, tj. ciklona, nego i većim udjelom termičke konvekcije u tim kontinentalnijim područjima.

Za nas je još interesantnije razmotriti godišnji hod broja dana s grmljavinom. Na sl. 2. prikazan je godišnji hod dana s grmljavinom u Hvaru, Puli i Zagrebu izračunat za 20-godišnje razdoblje. Odmah uočavamo da postoje određene razlike koje se naročito ističu između Zagreba, kao tipičnog predstavnika kontinentalnog dijela naše zemlje, te Hvara, predstavnika primorja. U kontinentalnom dijelu naše zemlje (Zagreb) najveći broj dana s grmljavinom javlja se u toplom dijelu godine, tj. od travnja do rujna s maksimumom u lipnju. Krajem proljeća i početkom ljeta, preko naših krajeva prolaze brojne ciklone, ili samo hladne fronte, jer tada i naglje slabi tlak u jugoistočnoj i istočnoj Evropi. Tlak opada zbog naglog zagrijavanja podloge, a još se nije dovoljno razvilo etezijsko strujanje. Zato ciklone preko sjevernog Jadrana češće krenu na istok, dolinom Save i Dunava sve do Crnog mora; to je poznata putanja Vc (pet c, po W. J. van Bebberu). Osim povećanja padalina, ove ciklone će utjecati i na veći broj dana s grmljavinom, a naročito u kontinentalnom dijelu naše zemlje. Krajem proljeća i naročito ljeti, unutrašnjost se naglo zagrijava. Ljeti je termička konvekcija u unutrašnjosti maksimalno razvijena, što također utječe na povećanje prmljavinskih nepogoda, odnosno time i na više dana s grmljavinom. Opet ističemo da su prisilna i termička konvekcija pojave koje često djeluju zajedno. Dakle, zbog češćih prolaza ciklona, ili samo hladnih fronti, i termičke konvekcije u unutrašnjosti, optimalni period češće grmljavine je u toplom dijelu godine. Naprotiv, u hladnom dijelu godine, naročito usred zime, grmljavine su u kontinentalnom dijelu zemlje vrlo rijetka pojava. To upućuje na nužan zaključak da je termička konvekcija važan



Sl. 2: Prosječni godišnji broj dana s grmljavinom po mjesecima, razdoblje 1951-1970. godine (autor: D. Orešić)

Sl. 3: Prosječni godišnji broj dana s grmljavinom po mjesecima, razdoblje 1951-1970. godine (autor: D. Orešić)



Sl. 4: Prosječni godišnji broj dana s grmljavinom po mjesecima, razdoblje 1952-1971. godine (autor: D. Orešić)

proces kojim nastaju grmljavinske nepogode. Pogledajmo godišnji hod u Hvaru. Odmah se uočava bitna razlika, koja je posljedica maritimnosti. Ne samo da grmljavine ima u zimskim mjesecima, nego je u hladnom dijelu godine, u studenom, istaknut približno isti broj dana s grmljavinom (čak i nešto veći) kao i u srpnju. Iako zimi ima najmanje dana s grmljavinom, ipak ih ima više nego u unutrašnjosti.

Po odnosu između Pule i Hvara reklo bi se da broj dana s grmljavinom u hladnom dijelu godine raste u našem priobalju od sjeverozapada ka jugoistoku, što je u prosjeku uglavnom točno. Vidimo da je jedna od osnovnih razlika između Zagreba i Hvara i ta, da u Hvaru postoji znatan broj dana s grmljavinom u jesenskim mjesecima. Veća čestina grmljavine u hladnom dijelu godine, napose u jesen, je karakteristika svih mjesta u primorskom dijelu naše zemlje. Jadransko područje tada često preplavi zrak s juga (jugo), koji je bogat vodenom parom, a dovoljna je i manja reljefna prepreka da dođe do orografskih nepogoda u kojima se mogu lako javiti grmljavine. U hladnom dijelu godine česte su i ciklone koje se kreću paralelno s uzdužnom osi Jadranskog mora, prema sjevernoj Grčkoj (van Beberrova putanja

Vd). Dakle, u jesen su češće i frontalne nepogode. Treba reći da, u hladnijem dijelu godine, uvjeti za termičku konvekciju nad morem najčešće postoje noću. Tada je najveća razlika između relativno toplog mora (dobar akumulator toplote) i zraka iznad njega. Ako postoji advekcija hladnijeg zraka s kopna nad toplije more, opet može doći do termičke konvekcije. Ljeti je, međutim, broj dana s grmljavinom manji nego u Zagrebu. Ljeti je primorski pojas pod utjecajem subsidencije i ohlađivanja odozdo od hladnijeg mora (danju!). Prema odnosu između Hvara i Pule moglo bi se reći da ljeti grmljavina ima više na sjevernom Jadranu, a sve manje kako se ide na jugoistok. Takve pravilnosti ipak nema, jer mnogi drugi faktori, naročito lokalni klimatski modifikatori, utječu na frekventnost grmljavine u toku godine. Na sl. 2 ucrtan je i godišnji hod grmljavine za Pulu. Po svemu što je rečeno može se zaključiti da Pula predstavlja godišnji hod broja dana s grmljavinom prijelaznog tipa. Pti tom Zagreb predstavlja kontinentalni, a Hvar maritimni tip godišnjeg hoda broja dana s grmljavinom. Prijelazni karakter očituje se u nešto povećanom broju dana s grmljavinama u hladnom dijelu godine u odnosu na Zagreb, a smanjen u odnosu na Hvar (u studenom: Zagreb 0.8 dana, Pula 3.2 dana, Hvar 4.8 dana). Utjecaj kontinentalnosti na sjevernom Jadranu očituje se u većem broju dana s grmljavinom ljeti (u srpnju: Hvar 4.6 dana, Pula 6.2 dana).

Obratimo sada pažnju na sl. 3 gdje je prikazan godišnji hod broja dana s grmljavinom za isti 20-godišnji period kao i na sl. 2, a ovaj put za Dubrovnik, Hvar i Split. Prema dosada rečenom, sva tri godišnja hoda grmljavina su maritimnog tipa. Kad pogledamo krivulje Hvara i Splita, uočavamo izvjesne razlike. U hladnom dijelu godine Hvar ima nešto malo više grmljavine od Splita. Oba mjesta nalaze se na istoj geografskoj dužini, ali je Hvar 40-tak km južnije, na položaju na kome je više izložen južnim prodorima (jugo) nego Split. Ipak veća je razlika između Hvara i Splita ljeti, što bi se moglo objasniti postojanjem više reljefne prepreke u neposrednom zaleđu Splita. Orografske efekte ovdje je svakako prisutan. Dubrovnik ima u hladnijem dijelu godine još veći broj dana s grmljavinom od Hvara. To je posljedica njegovog južnijeg položaja, čime je izložen prodorima s juga, ali ne treba zaboraviti ni termički utjecaj mora u hladnijem dijelu godine, naročito noću. Vjerojatno bi u toplijem dijelu godine broj dana s grmljavinom bio manji, da i ovdje nema reljefnih prepreka u neposrednom zaleđu Dubrovnika.

Na temelju prethodne dvije slike (sl. 2 i sl. 3) bitno je da uočavamo dva glavna tipa prosječnog godišnjeg hoda broja dana s grmljavinom: kontinentalni i maritimni. Kontinentalni tip karakterizira jedan izraziti maksimum ljeti (lipanj) i vrlo mali broj dana s grmljavinom u hladnom dijelu godine. Maritimni tip ima ravnomjerniji raspored dana s grmljavinom u toku godine, dakle i nešto veći broj dana s grmljavinom zimi, a bitno je uočiti dva izražena maksimuma: ljeti (lipanj ili srpanj) i u jesen (studeni).

Razmotrimo sada jedan poseban primjer iz unutrašnjosti naše zemlje. Na sl. 4 prikazan je prosječan godišnji hod broja dana s grmljavinom za Sarajevo (na 630 m nadmorske visine) i za Bjelašnicu (na 2 067 m nadmorske visine). Razdoblje promatranja i ovdje je 20 godina, kao i u prethodna dva primjera, samo je početak motrenja 1952. godina, jer za 1951. godinu nema podataka za Bjelašnicu. Godišnji je hod dana s grmljavinom u obje meteorološke postaje kontinentalnog tipa. Prisjetimo se da smo kao opće pravilo naveli da je grmljavine, kao i broja dana s grmljavinom (sl. 1) više u planinama, nego u okolnim nižim prostorima. Godišnji broj dana s grmljavinom Sarajeva i Bjelašnice, međutim, pokazuje odstupanje od tog pravila. Sarajevo u godišnjem prosjeku ima veći broj dana s grmljavinom od Bjelašnice. Razlog tomu svakako je višestruk. Promatranje i praćenje broja dana s grmljavinom vršeno je tako, (2) da je u obzir uzeta ne samo grmljavina u širem smislu (s vidnim i čujnim efektom), već i grmljavina u užem smislu, tj. kada se javljao samo zvučni efekt. Nije uzeto u obzir kada je samo sijevalo, a bez zvučnog efekta. Zbog toga je razlog većeg broja dana s grmljavinom u Sarajevu rezultat njegova kotlinskog položaja. Naime, ako je došlo do grmljavine u okolnim planinama, moguće je da se zvučni efekt čuo i u kotlini, tj. u Sarajevu, gdje je to registrirano kao dan s grmljavinom. Osim toga, kotlinski položaj Sarajeva mogao je utjecati i na drugi način: Ljeti se konkavni oblici reljefa često jako zagrijavaju (kotlinjski efekt), što dovodi do jače konvekcije, a time i do veće mogućnosti pojave grmljavinskih nepogoda i grmljavine općenito. Naprotiv, zimi je u kotlinama česta inverzija, pri čemu je atmosfera stabilna, što je moglo utjecati na nešto veći broj dana s grmljavinom na Bjelašnici u hladnom dijelu godine.

Razlika je u hladnom dijelu godine ipak mala, a to se može objasniti poznatom činjenicom da su zimi planine u umjerenom pojasu u prosjeku malo oblačne, tj. »otoci«² vedrine. Još jedan faktor mogao je utjecati na povećanje broja dana s grmljavinom u Sarajevu, a to je sam grad. Grad svakako modificira lokalnu klimu, jer u manjoj ili većoj mjeri mijenja klimatske elemente. Mnoga istraživanja pokazala su da nad gradovima ima više grmljavinskih nepogoda, nego u okolnom području. Tako je npr. nad Nürnbergom (SR Njemačka) utvrđeno 14% više grmljavinskih nepogoda nego u ruralnoj okolici, nad St. Louisom (SAD) 20-30% više grmljavinskih nepogoda nego u okolici itd. (1). Slične rezultate pokazala su istraživanja u Hamburgu (SR Njemačka), Londonu (Velika Britanija) i dr., a uzroci su direktni i indirektni. U gradu su izmijenjena termička svojstva podloge, tj. nastaju ili se pojačavaju već postojeća vertikalna gibanja zraka, dok emisija golemih količina polutanata, od kojih su većina i jezgre kondenzacije, omogućuju bržu i lakšu kondenzaciju (4). U svakom slučaju, prosječan godišnji hod broja dana s grmljavinom u Sarajevu i Bjelašnici dobar je primjer odstupanja od općeg pravila, zbog modifikatora kao što su reljef, urbana izgradnja i dr.

Literatura

1. Barry, R. G. Chorley, R. J.: Atmosphere, weather & climate, University Paperback-Methuen Co Ltd, London, 1976. (third edition)
2. Meteorološki godišnjaci od 1951. do 1971. godine, Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd
3. Plaznić, S.: Tehnička meteorologija, Naučna knjiga, Beograd, 1985.
4. Šegota, T.: Klimatologija za geografe, Školska knjiga, Zagreb, 1976.

Summary

SPATIAL DISPOSITION AND ANNUAL RUN OF NUMBER OF DAYS WITH THUNDERSTORM IN YUGOSLAVIA

by Daniel Orešić

In preface, we have worked out some physical basis and meteorological conditions on thunderstorms.

Then, we have average annual number of thunderstorm days in Yugoslavia.

Mostly, they are in mountain areas, and increased number of thunderstorm days in Vojvodina shows, a greater importance of thermic convection in that continental area.

In the following text, we have analysed and shown annual run of number of thunderstorm days, in chosen places in Yugoslavia.

We point out the differences between Zagreb, a continental type, and Hvar, a maritime type in annual run of number of thunderstorm days. Continental type is characterized by one explicit maximum in summer (June), and a very few thunderstorm days during cold period of year.

Maritime type has a more stable disposition of thunderstorm days during a year, a slight increase of thunderstorm days in winters. It is important to notice 2 more explicit maximums: in summer (June or July), and in Autumn (November). Annual run of number of thunderstorm days in Pula shows a transitive character.

Annual run of number of thunderstorm days for Dubrovnik, Hvar and Split are maritime types, and differences between them are caused by local modificatory influences (relief). Annual run of number of thunderstorm days of Sarajevo and Bjelašnica is an example of deviation from general rule, that there is more thunderstorm in mountain areas.

Possible reasons for the larger number of thunderstorm days in Sarajevo, may result from its basin location, and modificatory influence of the city itself.