

UTJECAJ MEDVEDNICE NA VISINSKU RASPODJELU
PADALINA

TOMISLAV ŠEGOTA

Utjecaj reljefa na kondenzaciju. Vodena para sadržana u slobodnoj atmosferi počinje se kondenzirati u određenim fizičkim uvjetima. Ohlađenje zraka do rosišta, odnosno u praksi nešto ispod njegove vrijednosti, glavni je fizički proces, koji dovodi do kondenzacije vodene pare u atmosferi. Do hlađenja značnih masa dolazi: a) direktnom radijacijom (izjarivanje) i dodirnom zraka s hladnijom podlogom; b) miješanjem hladnih i toplih zračnih masa i c) ekspanzijom zraka pri naglom smanjenju zračnog pritiska (konvekcija); posljednji proces je najvažniji.

Planinski nizovi, odnosno pojedinačne, izolirane planine bitno utječu na tok i veličinu kondenzacije vodene pare. Pri uzlaznom kretanju zračnih masa dolazi do dinamičkog hlađenja na privjetrini ili adijabatskog zagrijavanja u zavjetrini. Na određenoj visini (kondenzacijska razina) dolazi do kondenzacije, a u vezi s time i do oslobađanja latentne topline, pa se termodinamički procesi znatno kompliciraju. Rezultat je povećanje padalina do izvjesne visine planina, te znatne razlike u količini padalina među stranama izloženim vjetru i u zavjetrini. Utjecaj planine ogleda se i u intenzitetu padalina, kao i u broju dana s kišom.

Potpuno pravilna visinska raspodjela oborina postoji samo kod onih planina, gdje su — prirodno — i uvjeti za kondenzaciju vodene pare idealni ili gotovo idealni. Okomito pružanje planine na glavni kišonosni vjetar, te konstantnost (nepromjenljivost) smjera vjetra, dva su bitna uvjeta, da se ispuni spomenuta zakonitost. (Klasični su primjeri Zapadni Gati, Havajski otoci, Sierra Nevada i dr.).

Faktori, koji remete pravilnost, mogu biti vrlo različiti, osobito ako je planina — u našem slučaju Medvednica — u kraju, u kojem se miješaju klimatski utjecaji kontinenta i oceana. U toku godine izmjenjuju se razni vjetrovi, a u praksi se pokazalo, da svaki od njih može donijeti kišu. Ipak, većinu padalina donose vjetrovi iz sjevernog kvadranta, a na njih je Medvednica gotovo okomita. Konačno, znatan utjecaj imaju i lokalni faktori. Zavale sjeverno i južno od Medvednice utječu na pluviometrijski režim Medvednice. Izvjestan utjecaj izgleda da ima i sam grad Zagreb, koji se toliko prostorno povećao, da utječe na temperaturu zraka pri tlu, a time neposredno i na konvektivna strujanja, dok obilje kondenzacijskih jezgura nad gradom pospješuje kondenzaciju vodene pare. U hladnom dijelu godine znatan će utjecaj na količinu imati i vrsta padaline, jer — na pr. — u podnožju Medvednice može padati kiša (ili kiša sa snijegom), a na višim dijelovima snijeg. Ako je trajanje padanja u tom slučaju bilo jednako, onda je jasno, da će — protivno pravilu — u nižim dijelovima pasti više oborina nego u višim. Izvjesne teškoće nastaju zato, što se s visinom najčešće povećava broj dana s padalinama. Kiša je meteorološki element, koji više od ostalih koleba i na malim udaljenostima, pa i relativno neznatni reljefni oblici, kojih ima i na Medvednici, mogu utjecati na količinu padalina.

Visinska raspodjela padalina na Medvednici¹ — Od čitavog niza pluviometrijskih stanica na Medvednici za ovaj je prikaz izabrano 5 stanica (Sl. 1): Donja Stubica, Stubička Gora, Sljeme, Kraljičin Zdenac i Zagreb-Grič. Iako nisu sve na istom pravcu, a njihova spojnica nije okomita na pružanje Medvednice, uzeli smo ih u obzir samo zato, jer boljeg izbora — nema. Nadmorske visine stanica (Donja Stubica 192, Stubička Gora 620, Sljeme 999, Kraljičin Zdenac 525 i Zagreb-Grič 156,5 m) odnosno visinske razlike (Sl. 2) između stanica (između Donje Stubice i Stubičke Gore 428 m, Stubičke Gore i Sljemena 379 m, Sljemena i Kraljičina Zdenca 474 m, Kraljičina Zdenca i Zagreb-Griča 368,5 m) sasvim su dovoljne, da se termodinamička svojstva zračne mase, koja se prisilno izdiže ili spušta preko Medvednice, bitno izmijene.

Tab. 1. Godišnje količine padalina na Medvednici (u mm).

Tab. 1. The Amount of Annual Rainfall

	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
Donja Stubica	695,3	1056,2	1063,3	971,6	871,6	1090,7	1189,3
Stubička Gora	825,5	1099,6	1309,5	1059,1	980,2	1157,3	1187,9
Sljeme	881,4	1271,0	1464,0	1234,6	1083,6	1383,0	1522,8
Kraljičin Zdenac	879,6	1119,9	1429,5	1156,6	909,0	1254,5	1333,0
Zagreb-Grič	581,1	875,7	968,1	759,6	745,6	988,8	1067,7

Godišnje sume padalina (Tab. 1.), osim u jednom jedinom slučaju (Donja Stubica—Stubička Gora 1955.), u cijelosti odgovaraju spomenutoj zakonitosti; to znači: godišnje količine padalina rastu idući uvis, a padaju u suprotnom smjeru, pa Sljeme prima više padalina od nižeg Kraljičina Zdenca i Stubičke Gore, a ove dvije stanice pak više od Donje Stubice i Zagreba. Karakteristično je, da relativno najmanje razlike u godišnjim sumama postoje između Sljemena i Kraljičina Zdenca, iako između te dvije stanice postoji veća visinska razlika (474 m) nego u bilo kojem drugom slučaju. Posve se jasno vidi, da se tendencija godišnjeg hoda padalina — osim u spomenutom izuzetku — podudara na svim stanicama, samo se amplituda s vidisnom povećava, t. j. razlika između

¹ Statistički materijal za ovaj prikaz uglavnom je neobrađen i još nije publiciran, a nalazi se u arhivi Hidrometeorološkog zavoda u Zagrebu, Grič 3.

Podaci za ovakvu vrstu prikaza moraju biti sinhronizirani, pa je period, koji ćemo promatrati, relativno kratak (7 godina) i u nekim slučajevima još nereprezentativan, pa ovaj rad ne može biti detaljnija studija ovih pojava. (Starijih podataka za sve ove stanice nema, ili su promatranja vršena neredovito, nemarno i neprecizno.) Ali i ovi podaci nameću zaključke, koji većinom potvrđuju zakonitost opisanih fizičkih procesa; drugo se uostalom nije ni očekivalo. Višegodišnja opažanja samo će točnije utvrditi srednje numeričke veličine pojava, ali njihova visinska raspodjela i hod ostat će u suštini isti.

U skladu s intencijom prikaza neki će problemi biti tek dotaknuti i nedovoljno osvjetljeni. Težište prikaza prebačeno je na »vertikalni«, a ne »horizontalni« odnos pojava.

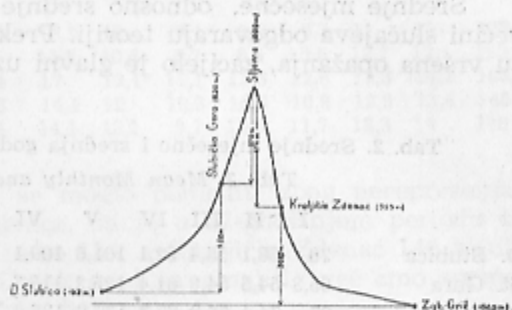
Sve vrste padalina svedene su — kako je to običaj — na kišni ekvivalent u mm; tako je i snijeg, već prema svojoj vlažnosti, sveden na količinu vode, koja bi se dobila taljanjem snijega; tako se uvijek misli, kad se u tekstu govori o padalinama.

najsuše i najkišije godine u Zagrebu iznosi 486,6, na Kraljičinu Zdencu 549,9, na Sljemenu 641,4, Stubičkoj Gori 484,0 i Donjoj Stubici 494,0 mm (!). Osim toga, značajno je, da najsuše i najkišovitije godine nisu



Sl. 1. Prostorni raspještaj nekih kišomjernih stanica na Medvednici.

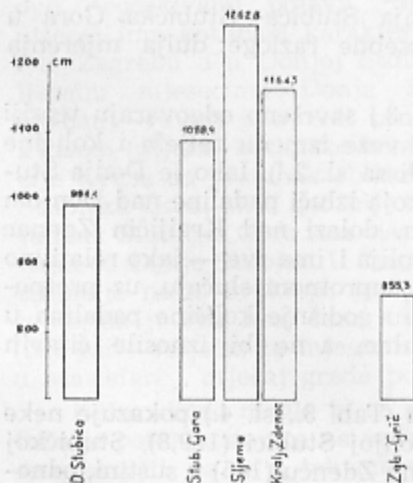
Fig. 1. The Location of Five Main Rainfall Stations on Medvednica Mountain in Croatia.



Sl. 2. Teorijski profil Medvednice i višinska raspodjela stanica.

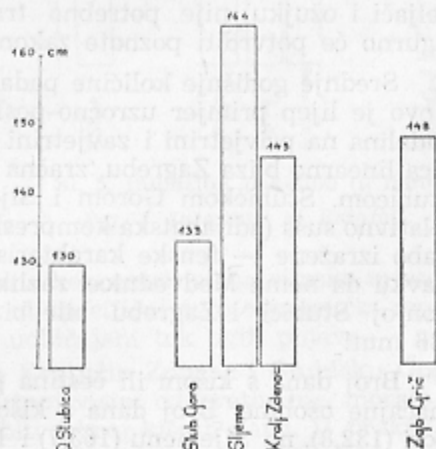
Fig. 2. The Theoretical Profil of Medvednica Mountain.

uvijek sinhronizirane na svim stanicama, naime najsušna godina na svim stanicama bila je 1949., ali najkišovitija godina u Stubičkoj Gori i Kraljičinom Zdencu bila je 1951., a u Zagrebu, Sljemenu i Donjoj Stubici



Sl. 3. Srednje godišnje količine padalina na Medvednici (u mm).

Fig. 3. Mean Annual Precipitation.



Sl. 4. Broj dana sa padalinama na Medvednici.

Fig. 4. The Number of Days with Precipitation.

bila je takva god. 1955. Ovu pojavu možemo lako protumačiti: Kad je godina suha, onda nema padalina ni na jednoj stanici, ali u kišovitoj godini lokalne razlike u količini padalina mogu biti vrlo velike i konačno mogu bitno utjecati na godišnju sumu padalina u dotičnoj stanici.

Srednje mjesečne, odnosno srednje godišnje sume (Tab. 2., sl. 3.) u većini slučajeva odgovaraju teoriji. Prekratak vremenski period, u kojem su vršena opažanja, zacijelo je glavni uzrok izvjesnog neslaganja s teori-

Tab. 2. Srednje mjesečne i srednja godišnja količina padalina (u mm).

Tab. 2. Mean Monthly and Annual Rainfall.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godina
D. Stubica	70	58,1	55,4	52,1	101,6	109,1	95,9	80,4	107,4	81,8	104,3	83,1	991,1
St. Gora	65,3	54,5	54,8	61,4	125,2	115,7	107	93,2	119,6	90,1	123,1	80	1088,4
Sljeme	87	74,4	75,9	67,3	137,6	135,2	128,2	100,6	126,8	109,6	123,1	97,1	1262,8
Kralj. Zdenac	80,6	70,7	76,9	63,7	129,1	120,7	108	85,7	115,1	103,9	116,7	93,3	1164,8
Zgb.-Grič	57,6	47,7	51,3	46,4	90,6	92,5	85,9	69,6	95,4	63,4	84,5	70	855,3

jom. Ipak, i ovdje vrijedi pravilo, da više stanice u svakom mjesecu primaju više padalina od nižih stanica. Dulja promatranja ispraviti će neka neslaganja. Tako, na pr., 21-godišnji prosjek za prosinac u Donjoj Stubici iznosi 73,9 mm; 20-godišnji prosjek za istu stanicu u siječnju iznosi 65,3 mm; 18-godišnji prosjek za studeni u Stubičkoj Gori iznosi 119,6 mm; 20-godišnji prosjek za siječanj u Donjoj Stubici iznosi 65,3 mm, pa se time u najvećem broju slučajeva približujemo teoriji. Za ostala tri — što je malo kad se uzmu u obzir svi »pozitivni« dokazi — slučaja (Kraljičin Zdenac—Sljeme u ožujku; Donja Stubica—Stubička Gora u veljači i ožujku) nije potrebno tražiti posebne razloge; dulja mjerenja sigurno će potvrditi poznate zakonitosti.

Srednje godišnje količine padalina (sl. 3.) savršeno odgovaraju teoriji i ovo je lijep primjer uzročno-posljedične veze između reljefa i količine padalina na privjetrini i zavjetrini (uporedi sa sl. 2.). Iako je Donja Stubica linearno bliza Zagrebu, zračna masa, koja izluči padaline nad Donjom Stubicom, Stubičkom Gorom i Sljemenom, dolazi nad Kraljičin Zdenac relativno suša (adijabatska kompresija) i toplija i ima sve — iako relativno slabo izražene — fenske karakteristike. U suprotnom slučaju, uz pretpostavku da nema Medvednice, razlike između godišnje količine padalina u Donjoj Stubici i Zagrebu bile bi minimalne, a ne bi iznosile čitavih 136 mm!

Broj dana s kišom ili čestina padalina (Tab. 3., sl. 4.) pokazuje neke značajne osobine. Broj dana s kišom u Donjoj Stubici (129,8), Stubičkoj Gori (132,8), na Sljemenom (163,7) i Kraljičinu Zdenku (145) u suštini, odnosno po međusobnom odnosu odgovara količini padalina u godišnjem prosjeku, koje dobiju spomenute stanice. Zagreb-Grič je izuzetak! Protivno očekivanju Zagreb-Grič ima više kišnih dana (148) od Kraljičina Zdenca, iako postoji znatna visinska razlika između ovih stanica (368,5 m).

Tab. 3.

Tab. 3. Broj dana s padalinama

Tab. 3. The Number of Days with Precipitation

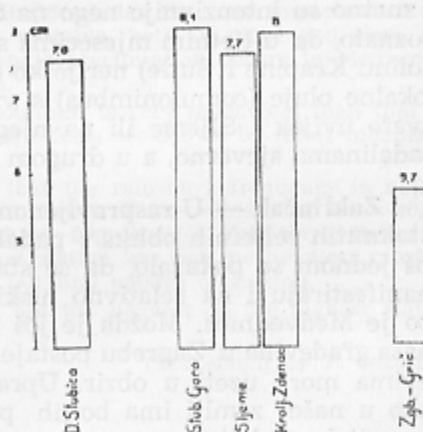
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
D. Stubica	10	9,4	9,9	8,6	13,9	13,9	12	9,1	9,6	8,7	11	11	129,8
St. Gora	10,4	10,6	10,7	9,1	13,1	11,7	10,6	8,7	8,4	10,6	12,7	12,1	132,8
Sljeme	15,7	11,6	14	13,6	15,4	17	13,1	11,1	11,6	12,6	15,3	14,1	163,7
K. Zdenac	11	10,3	12,4	11,9	15,3	14,1	12	10,3	10,6	10,9	12,9	13,4	145
Zagreb-Grič	12,9	11,1	12	11,6	13,6	14,1	13,1	9,7	10,3	11,7	13,3	14	148

Da ovo nije »slučajno«, kako bi se moglo pomisliti zbog nereprezentativnosti podataka, vidi se iz činjenice, da je u 17-godišnjem periodu od 1953.-45. i 1949.-55. Zagreb-Grič imao 154, a Kraljičin Zdenac 146 kišnih dana u godini, dakle opet više! Uzrok ovoj »anomaliji« već smo spomenuli, a to je — prostorni razvoj Zagreba.

U godišnjem hodu padalina, a i u broju dana s padalinom, na svim se stanicama ističu proljetni i jesenski maksimum. Relativno velika prostorna raširenost Zagreba, odnosno mase zidanih objekata, koje imaju bitno drugačija termička svojstva od prirodnog tla i biljnog pokrova (a tako je na svim ostalim stanicama), kako vidimo, već su u stanju da utječu na fizička stanja u atmosferi iznad užega gradskog područja. To je bez sumnje glavni faktor, koji objašnjava ovu neočekivanu pojavu. Stanovit utjecaj ima kotlinski karakter klime i u Zagrebu i u Donjoj Stubici. U ljetnim mjesecima Donja Stubica (svibanj—rujan) ima veći broj dana s kišom (utjecaj kotlinske konfiguracije terena na postanak oblaka) nego Stubička Gora, ali u godišnjem zbroju ipak Stubička Gora ima više kišnih dana od Donje Stubice. U Zagrebu je situacija nešto drukčija, jer je značajno, da je veći broj dana s padalinama koncentriran na zimske mjesece (listopad—veljača) te mjesec srpanj, kad specifični termodinamički uvjeti u atmosferi i utjecaj grada poremete uobičajeni tok ovih pojava.

Nešto slično moglo bi se reći i za Kraljičin Zdenac i Stubičku Goru. Iako je potonja stanica na većoj apsolutnoj visini od prethodne, moralo bi se očekivati, da će u takvom odnosu biti i broj kišnih dana. U praksi je, kako vidimo, suprotno. Termički utjecaj grada sigurno nije ograničen samo na najuži gradski teritorij, već se on, čini se, osjeća i na Kraljičinu Zdenacu.

Intenzitet padalina (Tab. 4., sl. 5.) također pokazuje neke značajne osobine. Očekivalo bi se, da su najintenzivnije kiše na najvišoj stanici, na



Sl. 5. Intenzitet padalina (u mm)

Fig. 5. Intensity of Rainfall.

Tab. 4.

Tab. 4. Intenzitet padalinama (u mm)

Tab. 4. Intensity of Rainfall

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Donja Stubica	7,0	6,1	5,5	6,1	7,3	7,8	7,9	8,8	11,2	9,4	9,4	7,5	7,6
Stubička Gora	6,2	5,1	5,1	6,7	9,5	9,8	10,1	10,7	14,2	8,5	9,6	6,6	8,1
Sljeme	5,5	6,4	5,4	4,9	8,9	7,9	9,7	9,1	10,9	8,6	8,1	6,8	7,7
Kralj. Zdenac	7,3	6,8	6,2	5,3	8,4	8,5	9,0	8,3	10,8	9,5	9,0	6,9	8,0
Zagreb-Grič	4,4	4,3	4,2	4,0	6,6	6,5	6,5	7,2	9,2	5,4	6,3	5,0	5,7

Sljemenu. Prema dosadašnjim podacima najintenzivnije kiše padaju na Stubičkoj Gori, a ne na Sljemenu. Prema tome, moglo bi se pomisliti, da se Sljeme nalazi na visini, iznad koje u planinama počinje opadati intenzitet padalina. Međutim, izvjesni utjecaj ima sigurno i vrsta padalina (kiša ili snijeg). Značajno je, da je intenzitet padalina na Kraljičinu Zdencu od listopada do travnja te u lipnju veći nego na Sljemenu, dakle intenzitet je veći za vrijeme jesenskih i zimskih kiša nego ljeti.

Prilično je drukčija situacija na Stubičkoj Gori. Na toj stanici najintenzivnijih padalina ima od travnja do rujna, dakle u toplim mjesecima i znatno su intenzivnije nego na Sljemenu. Iz vlastitog iskustva autoru je poznato, da u ljetnim mjesecima sjevernu stranu Medvednice (kao i čitavu dolinu Krapine i Sutle) nerijetko (češće nego južnu stranu) zahvate snažne lokalne oluje (cumulonimbus) s vrlo intenzivnim padalinama, koje ne zahvate uvijek i Sljeme ili na njega dođu oslabljene (kiša se »ispada« na padalinama sjeverno, a u drugom slučaju južno od Sljemena).

Zaključak — U raspravljenom primjeru o uzajamnom odnosu između istaknutih reljefnih oblika i padalina — usprkos tome što nije idealan — još jednom se pokazalo, da se stanovite fizičke pojave u atmosferi jasno manifestiraju i na relativno niskim i prostorno malenim planinama kao što je Medvednica. Možda je još značajnija i interesantnija činjenica, da masa građevina u Zagrebu postaje fizički faktor, koji se u izvjesnim slučajevima mora uzeti u obzir. Upravo smo radi toga i uzeli Medvednicu, iako u našoj zemlji ima boljih primjera o utjecaju reljefa na visinsku raspodjelu padalina.

SUMMARY

Vertical Distribution of Precipitation at Medvednica Mountain in Western Croatia

by T. Šegota

The rainfall is the most important of all the meteorological elements. One of the causes of precipitation is orographic. Prevailing winds may be forced to flow over mountain range. As the air rises on the windward side of the mountain it is cooled at the adiabatic rate. If cooling is sufficient, precipitation will result. After passing over the mountain summit, the air will begin to descent the lee side of the mountain. Now it will undergo a warming through the same adiabatic process and will become drier. However, much orographic rainfall is actually of the conventional type, in that it takes the form of heavy convectional storms (thunderstorm rain, and cyclonic rain). The storms are induced by the forced ascent of damp, and unstable air as it passes over the mountain barrier. Besides being the most important of the climatic elements, rainfall is also the most variable, both in place and time. An excellent illustration of this complex orographic precipitation occurs in Medvednica Mountain in Western Croatia (Fig. 1, and 2).

The rainfall of the lee slopes of the mountain is very much less than that on the windward slopes. Similar, but less marked effects are shown by lower mountain, such as Medvednica Mountain (Fig. 3).

A closer examination shows, however, that the rain-days frequency is not so exact as appears at first sight. We find, that station Zagreb-Grič (Fig 4) on south slope of Medvednica Mountain has the highest frequency of rain-days than the higher station Kraljičin Zdenac, although that station has not the heaviest rainfall. This is mainly due to the thermic effect of building masses of Zagreb.

As we see (Fig. 5.) intensity of rain is not the heaviest on the highest station Sljeme.

(Translated by T. Šegota)