



Analiza radarskih procjena oborine u središnjoj Hrvatskoj

Toni Jurlina¹

¹ Državni Hidrometeorološki Zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, stručni suradnik

Sažetak

Dobro praćenje oborine je od velike važnosti u mnogim granama ljudskog djelovanja koje koriste meteorološke informacije. Oborina je varijabilna u vremenu i prostoru i zato je poželjno koristiti alate koji osiguravaju dobru prostornu i vremensku razlučivost te pojave. U tu svrhu se koristi meteorološki radar radarskog centra Bilogora. No, radar oborinu ne mjeri direktno već je procjenjuje na način da reflektirani elektromagnetski signal pomoću Z-R relacije pretvara u oborinu. U ovom radu analizirano je razdoblje od 01.12.2015 do 31.08.2016. usporedbom zemaljskih mjerenja satne akumulirane oborine s glavnih meteoroloških postaja i radarske procjene oborine pripadajućih piksela. Utvrđeno je da radar precjenjuje oborinu. Takvu sustavnu pogrešku radarske procjene moguće je umanjiti klimatološkim podešavanjem pristranosti (*eng. BIAS adjustment*).

Ključne riječi

oborina, glavna meteorološka postaja, meteorološki radar, Z-R relacija, klimatološko podešavanje pristranosti

1. Uvod

Oborina je jedan od najnepredvidljivijih parametara u meteorologiji. Dobro poznavanje i praćenje oborine od velike je važnosti ne samo u znanstvenim i stručnim krugovima, već i u drugim granama ljudskog djelovanja koje koriste meteorološke informacije (Jelić, 2013). Oborina varira i u vremenu i u prostoru pa je potrebno koristiti odgovarajuće alate za dobru prostornu i vremensku razlučivost ove pojave, stoga se javlja potreba za radarskim mjerenjima. Glavna prednost radarskih mjerenja je visoka prostorna i vremenska rezolucija. Princip rada radara je da odašilje elektromagnetski val u raznim smjerovima u atmosferu i natrag prima oslabljene reflektirane valove u obliku signala. Taj signal se računa pomoću radarske jednadžbe. Iz nje je moguće izvesti empirijsku Z-R relaciju koja povezuje reflektivnost Z i intezitet oborine R:

$$Z = aR^b \quad (1)$$

gdje su:

Z – reflektivnost (dBZ),

R – intezitet oborine (mm/h),

a – empirijski koeficijent,

b – empirijski koeficijent (Wilson i Brandes, 1979).

Postoje razne Z-R relacije (1) ovisno o tipu oborine, geografiji i dr. Ako se radarske procjene slažu s prizemnim mjerenjima može se zaključiti da sve točke radarskog područja daju dobru procjenu oborine. No, postoji niz čimbenika koji utječu na odstupanja radarskih procjena i prizemnih mjerenja. Neki od njih su atenuacija signala, atmosferska refrakcija, pojas pojačane reflektivnosti, refleksija od nemeteoroloških objekata itd. (Lee i Zawadzki, 2004). Prizemna mjerenja su prostorno još uvijek vrlo rijetka što doprinosi ukupnoj nepouzdanosti dok gušća mjerenja najčešće nisu moguća zbog nedostatka financija (Borga, 2002). Stoga se nameće potreba za alternativnim metodama mjerenja. Daljinska mjerenja (*eng. Long range sensing*), primjerice korištenje meteoroloških radara, u zadnjih 50-ak godina

dobivaju sve važniju ulogu u promatranju prirodnih fenomena te se puno pažnje pridodaje njihovom razvoju (Rinehart, 2004).

Kišomjerna postaja sama po sebi, može imati pogrešku mjerenja naročito ako pri jakom intezitetu oborine postoji i jaki prizemni vjetar. Broj kišomjernih postaja je obično vrlo mali te se pri lokalnim konvektivnim procesima može dogoditi da se oborina ne zabilježi. Radijus područja obuhvaćenog radarom je 240 km. Širina radarske zrake je 2° a to znači da je na udaljenosti 100 km od radara širina zrake dvostruko veća nego na udaljenosti od 50 km. Zato se manji i udaljeniji procesi krivo interpretiraju (Jelić, 2013). U ovom radu je korištena metoda usporedbe radarske reflektivnosti i prizemnih mjerenja.

2. Metode

Glavni cilj ovog rada je kalibracija radarskih procjena oborine. U tu je svrhu promatrano šire područje središnje Hrvatske obuhvaćeno radarom radarskog centra Bilogora. Provedena je usporedba radarskih procjena s mjerenjima glavnih, odnosno automatskih meteoroloških postaja (AMP) Varaždin, Krapina, Puntijarka, Zagreb–Maksimir, Karlovac, Ogulin, Sisak, Križevci, Bjelovar, Bilogora, Daruvar, Gorice, Slavonski Brod i Osijek. S navedenih postaja preuzete su satne vrijednosti oborine za razdoblje 01.12.2015.-31.08.2016. Za isto razdoblje stvorene su satne radarske procjene oborine radarskog centra Bilogora. Prikupljeni podaci u HDF5 formatu u tu su se svrhu raspakiravali u programskom paketu *R-statistics* čime su dobivene mape rezolucije 480 x 480 piksela što je ekvivalentno dimenziji piksela od oko 1 x 1 km². Za potrebe ovog rada zanemaren je problem širenja radarske zrake te je pretpostavljeno da je dimenzija piksela iste veličine na svim udaljenostima od radarskog centra Bilogora. Kako je već navedeno, lošija rezolucija na većim udaljenostima vjerojatno će biti glavni uzrok nepouzdanosti između radarskih procjena oborine i prizemnih mjerenja (Jelić, 2013). Kako su prizemna mjerenja u satnim vremenskim koracima tako je svaki od četiri 15-minutnih radarskih uzoraka pomoću Z-R relacije pretvoren u satnu vrijednost. Za svaku meteorološku postaju bilo je potrebno odrediti odgovarajući radarski piksel. To je napravljeno pomoću paketa *Q-GIS* i *R-statistics*. Promatran je slučaj s utjecajnim područjem od jednog piksela (oko 1 x 1 km²).

3. Obrada i rezultati

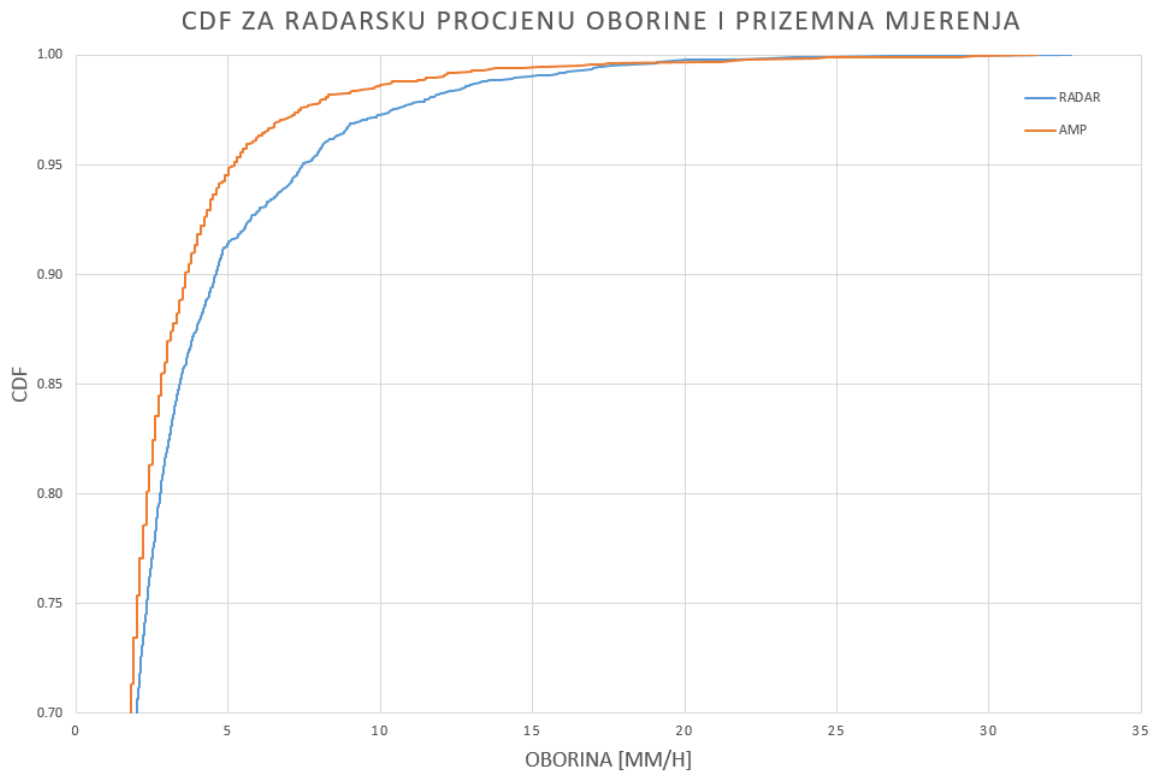
Svaka HDF5 mapa je učitana u programski paket *R-statistics* i iz njih su dobivene informacije o radarskoj procjeni oborine. Unaprijed su bili određeni pikseli za svaku meteorološku postaju. Analizirani su podaci sa svih četrnaest postaja. U **tablici 1** prikazana je suma izmjerene i procijenjene oborine u promatranom razdoblju.

	RADAR suma (mm)	AMP suma (mm)
Varaždin	899	598
Krapina	742	618
Puntijarka	1876	635
Zagreb-Maksimir	935	589
Karlovac	1171	741
Ogulin	980	1073
Sisak	769	645
Križevci	628	629
Bjelovar	571	552
Bilogora	708	416
Daruvar	967	723
Gorice	804	606
Slavonski Brod	491	500
Osijek	1059	495

Tablica 1: Suma radarske procjene oborine pripadajućeg piksela i prizemno mjerenje na meteorološkim postajama za razdoblje 1. 12. 2015. - 31. 8. 2016.

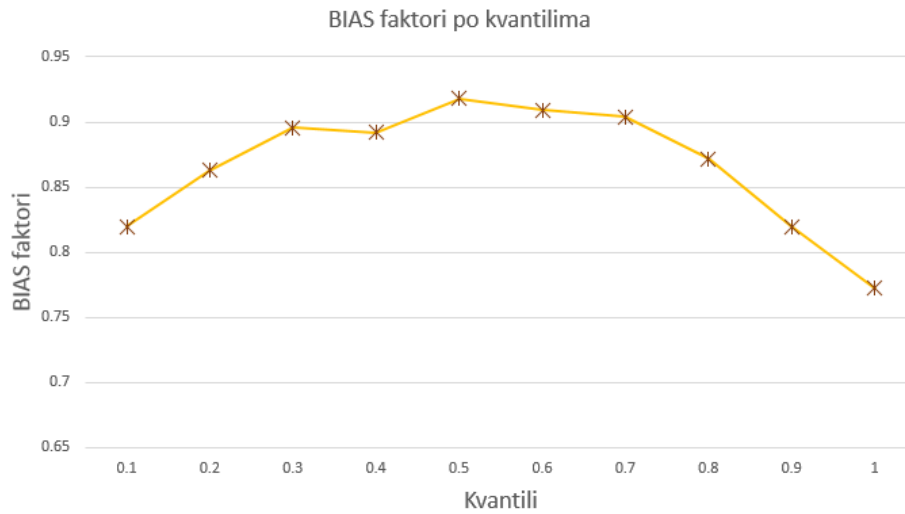
Iz priložene tablice moguće je zaključiti da radar uglavnom precjenjuje količinu oborine. Maskimalna ukupna izmjerena količina oborine zabilježena je na postaji Ogulin (1073 mm) a pripadajuća radarska sumarna procjena relativno se slaže s njom. Maksimalnu ukupnu procjenu radarom ima piksel koji odgovara postaji Puntijarka. Ta postaja zajedno s postajom Osijek imaju najveće sumarno odstupanje radarskih procjena oborine od prizemnih mjerenja.

Potom se pristupilo klimatološkom podešavanju pristranosti (*eng. BIAS adjustment*) radarske procjene oborine obzirom na zemaljska mjerenja. Pri klimatološkom podešavanju pristranosti nije bitan redoslijed događaja pa su podaci s navedenih postaja poredani u bezvremenski niz. Sortirani su od najmanje do najveće vrijednosti prizemne oborine i radarske procjene. Usporedba parova satnih prizemnih mjerenja i pripadajuće radarske procjene je zbog velikog neslaganja izostavljena. Također su u ovom prikazu izostavljene sve vrijednosti manje od 0,5 mm/h jer su takve pojave učestale i zanemarive. Nakon uklanjanja suvišnih podataka preostalo je 2812 satnih vrijednosti radarske procjene i zemaljskih mjerenja. Na **slici 1** je prikazana funkcija kumulativne distribucije (CDF) zemaljskih mjerenja (AMP) i radarske procjene a zbog preglednosti je prikazan samo dio u kojem je CDF veći od 0,7.



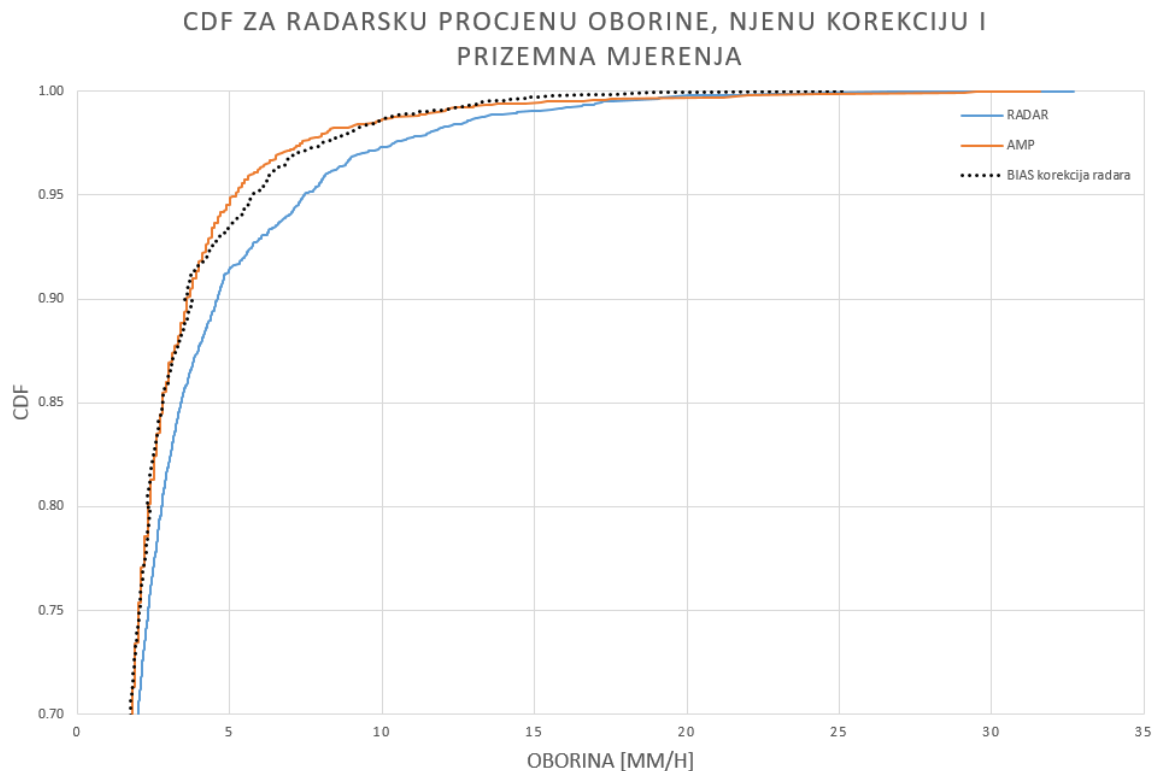
Slika 1: Funkcija kumulativne distribucije (CDF) za zemaljska mjerenja (AMP) i radarsku procjenu oborine

Satna količina oborine od 2 mm/h ili manje je zabilježena radarom i zemaljskim mjerenjima u gotovo 70 % slučajeva svih oborinskih događaja. **Slika 1** također potvrđuje prijašnji zaključak da radar precjenjuje oborinu obzirom na zemaljska mjerenja. Mogući uzroci za to su: neprikladno odabran radarski piksel za procjenu oborine, prigušenje signala zbog gubitka rezolucije i mali vremenski niz. Klimatološko podešavanje pristranosti se provodi na način da se sortirani nizovi satnih količina oborine AMP-a i radara podijele na deset jednakih djelova te se svakom od deset kvantila odredi faktor prilagodbe pristranosti (BIAS faktor).



Slika 2: BIAS faktori klimatološkog podešavanja radarske procjene oborine po kvantilima CDF-a

Na **slici 2** su prikazani BIAS faktori po kvantilima. Radar precjenjuje oborinu u cijelom rasponu a ponajviše za njene najmanje i najveće vrijednosti. Na **slici 3** je prikazan CDF zemaljskih mjerenja, radarske procjene i radarske korekcije BIAS-a. Iz te je slike vidljivo da se korigirana radarska procjena puno bolje podudara sa zemaljskim mjerenjima.



Slika 3: Funkcija kumulativne distribucije (CDF) za zemaljska mjerenja, radarsku procjenu oborine i BIAS korekciju radarske procjene

4. Zaključci

Cilj ovog rada je bio procijeniti preciznost meteorološkog radara s radarskog centra Bilogora, odrediti CDF i klimatološki BIAS radarske procjene obzirom na zemaljska mjerenja te kalibrirati radarsku procjenu oborine. Korišteni su podaci o oborini za razdoblje 01.12.2015.-31.08.2016. godine. Prizemna mjerenja oborine dobivena su sa četrnaest automatskih meteoroloških postaja te su sve korištene za kalibraciju podataka. U prvom dijelu rada je pokazano da radar klimatološki precjenjuje prizemna mjerenja. Najvjerojatniji razlozi su: neprikladno odabran radarski piksel za procjenu oborine, prigušenje signala zbog gubitka rezolucije, mali vremenski niz. U drugom dijelu rada je određen CDF za radarsku procjenu oborine i prizemna mjerenja. Također su određeni BIAS faktori korekcije. Tako je napravljena klimatološka korekcija radarske procjene oborine za četrnaest postaja u odabranom razdoblju. Kako bi se ostvario napredak u ovom području u budućnosti bi se trebalo usmjeriti na dnevne analize, proučavanje duljih vremenskih perioda, razdvojeno proučavanje slučajeva oborine u obliku kiše i oborine u obliku snijega te bi prilikom proučavanja trebalo odabrati samo one meteorološke postaje koje nemaju velikih neslaganja s radarskim procjenama oborine.

6. Popis literature

- Borga, M. (2002): Accuracy of radar rainfall estimates for streamflow simulation, *Journal of Hydrology*, 267, 26-39.
- Jelić, D. (2013): Analiza radarskih procjena oborine, diplomski rad.
- Lee, G. W. i Zawadzki, I. (2004): Variability of drop size distributions: time-scale dependence of the variability and its effects on rain estimation, *Journal of Applied Meteorology*, 4, 241-255.
- Rinehart, R. E. (2004): Radar for meteorologists, Rinehart Publications, Grand Forks, 482.
- Wilson, J. W. i Brandes, E. A. (1979): Radar measurement of rainfall-a summary, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 60, 1048-1058.

Abstract in English

Analysis of radar precipitation estimation in central Croatia

Good monitoring of precipitation is of great importance in many fields of human activity that use meteorological information. Precipitation is highly variable in space and time and therefore it is advisable to use tools that provide good spatial and temporal resolution of the phenomenon. For this purpose is used the meteorological radar from radar center of Bilogora. However, radar precipitation is not measured directly but is estimated in a way that reflected electromagnetic signal turns into precipitation using the Z-R relation. This paper analyzes the period from 1. 12. 2015. to 31. 8. 2016. comparing the ground measurements of hourly accumulated precipitation from the main meteorological stations and radar associated pixels precipitation estimation. It was found that radar overestimates precipitation. Such systematic radar estimation error is possible to reduce with climatological BIAS adjustment.

Key words

precipitation, main meteorological station, meteorological radar, Z-R relation, BIAS adjustment