

MERJENJE PADAVIN Z RADARJEM

Marjan Divjak

Opazovanje oblakov z radarjem in obdelava radarskih meritev z računalnikom sta precej mladi področji v meteorologiji. Razumljivo je torej, da še nista splošno poznani. Ker smo začeli v letu 1991 v Sloveniji s poskusnim radarskim merjenjem padavin, se zdi primerno, da vsaj na kratko povemo nekaj o meteoroloških radarjih in njihovi uporabi.

Meteorološki radar

Osnovni deli radarja so oddajnik, antena in sprejemnik. Oddajnik tvori zaporedje paketov elektromagnetnih valov, antena pa jih usmerja v ozek prostorski kot. Izsevani paket potuje skozi atmosfero in če na svoji poti naleti na oviro (hrib, letalo, množico kapljic v oblaku), se na njej siplje. Del elektromagnetnih valov se siplje nazaj, kjer jih s pomočjo iste antene zazna sprejemnik. Z usmeritvijo antene je določena smer, v kateri je ovira, z zakasnitvijo odmeva za časom izsevanja je določena oddaljenost ovire, z jakostjo odmeva pa njene odbojne lastnosti.

Usmerjanje in sevanje antene ter sprejem, shranjevanje in prikaz radarskih odmevov izvaja računalnik, ki je preko ustreznega vmesnika povezan z radarjem. Računalnik izvaja omenjene naloge, kot mu veleva vanj vstavljeni program. Antena je lahko stalno usmerjena v katerokoli smer ali pa se obrača. Radarski odmevi iz vseh oddaljenosti iz trenutne smeri se sproti shranjujejo v računalnikov spomin, kjer se uvrščajo v trodimenzionalno polje odmevov - radarsko sliko atmosfere, hkrati pa se tudi posredujejo oddaljenim uporabnikom preko telefonskih zvez.

Meteoroloških radarjev je dandanes v svetu že več sto. Tudi v Sloveniji imamo enega; postavljen je na Lisci pri Sevnici. Radar je ameriške izdelave in ima anteno v obliki rotacijskega paraboloida s premerom 4 metre. Antena seva valovanje z valovno dolžino 5 centimetrov v kot 1 stopinje. V vsaki sekundi izseva 250 paketov, ki so dolgi po 600 metrov. Povprečna moč sevanja znaša 250 wattov. Sprejemnik meri odmeve do razdalje 200 kilometrov. Računalnik vsakih 15 minut vključi sevanje in zavrti anteno nekajkrat okrog navpične osi; obrati potekajo pri različnih naklonih antene glede na vodoravno ravnino. Celotna meritev traja približno 5 minut, nato pa računalnik sevanje izključi in pošlje izmerke po telefonski zvezi osrednjemu računalniku na Hidrometeorološkem zavodu v Ljubljani. Tu se zaporedne radarske slike shranjujejo in prikazujejo na prikazovalnem zaslonu za uporabo pri kratkoročni napovedi vremena.

Merjenje odbojnosti

Poskusimo iz jakosti odmeva ugotoviti odbojne lastnosti meteorološke ovire - množice dežnih kapelj. Antena naj seva moč P v kot 2θ . Na razdalji R od antene ima potem radarski snop polmer $r = R \sin \theta \approx R\theta$, gostota energijskega toka v snopu pa znaša $j \approx P/\pi r^2 \approx P/\pi\theta^2 R^2$.

Dežna kaplja v radarskem snopu na razdalji R siplje elektromagnetno valovanje na vse strani. Gostota energijskega toka j_r , ki se siplje nazaj, je sorazmerna gostoti vpadajočega toka j in pada s kvadratom razdalje od kaplje; pri radarski anteni znaša torej $j_r = \sigma j/4\pi R^2 = \sigma P/4\pi^2\theta^2 R^4$. Sorazmernostni koeficient σ imenujemo odbojni presek kaplje. Odvisen je od velikosti in oblike kaplje, pa še od valovne dolžine vpadnega valovanja.

Vendar se k anteni naenkrat ne vrne le odmev ene kaplje na razdalji R , pač pa odmevi celotne množice kapelj pri tej razdalji. Če s h označimo dolžino paketa valovanja, pokaže kratek razmislek, da se istočasno vrnejo k anteni vsi odmevi iz prostornine $\pi r^2 h/2$. Če z n označimo še število kapelj na prostorninsko enoto, je število vseh kapelj, katerih odmevi se istočasno vrnejo do antene, enako $N = n\pi r^2 h/2 = n\pi\theta^2 R^2 h/2$. Pri anteni povzročijo gostoto energijskega toka Nj_r . Radarska antena ploščine S torej sprejme moč $P_r = Nj_r S$ oziroma po vstavitvi izrazov za N in j_r :

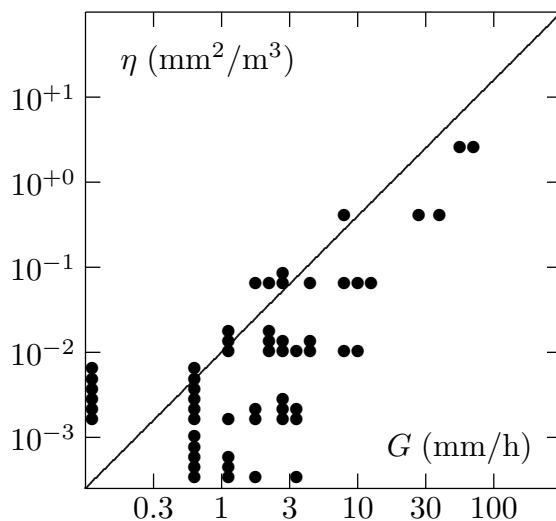
$$P_r = \left(\frac{hSP}{8\pi} \right) \left(\frac{n\sigma}{R^2} \right).$$

Vidimo, da je moč odmeva sorazmerna vsoti odbojnih presekov kapelj na prostorninsko enoto $n\sigma$. To vsoto imenujemo odbojnost. Velikost sorazmernostne konstante $hSP/8\pi$ je odvisna le od lastnosti radarja. Pri radarju na Lisci znaša po zgornjih ocenah $75 \times 10^3 \text{ Wm}^3$. Če konstanto poznamo, lahko iz izmerjene moči odmeva P_r in razdalje R določimo odbojnost kapelj pri tej razdalji. Slika na zadnji strani ovitka prikazuje radarski posnetek atmosfere nad Slovenijo; področja različnih odbojnosti so označena z različnimi barvami.

Merjenje padavin

Odbojnost ni ravno količina, ki bi jo v vsakdanjem življenju morali poznati. Bolj zadovoljni bi bili, če bi namesto odbojnosti poznali na primer jakost padavin, to je prostornino oziroma maso dežja, ki v časovni enoti pade na ploskovno enoto. Natančne povezave med odbojnostjo in jakostjo padavin ni pričakovati, ker lahko različne kombinacije števila kapelj n in njihovih presekov σ (na primer veliko drobnih ali malo velikih kapelj) v splošnem povzročijo enake odbojnosti $n\sigma$ in različne jakosti padavin. Poleg tega radar zaradi hribov in ukrivljenosti zemeljske površine ne more meriti odmevov tik nad tlemi, ampak le na večjih višinah. Pričakujemo lahko torej kvečjemu bolj ali manj dobro statistično povezavo. Primerjave med radarskimi meritvami odbojnosti in talnimi meritvami jakosti padavin res pokažejo, da obstaja med obema količinama povezava. Na sliki je prikazana taka povezava za meteorološko postajo Celje. Na vodoravni

osi so prikazane talne meritve jakosti padavin G v enotah mm/h, na navpični pa odbojnosti $\eta = n\sigma$ v enotah mm^2/m^3 . Vidimo, da je povezava dokaj šibka, saj se lahko pri isti izmerjeni odbojnosti razlikujejo trenutne jakosti padavin tudi za faktor 3. Ujemanje je boljše, če namesto trenutne jakosti padavin merimo celotno količino padavin, ki pade v daljšem časovnem intervalu na večjo površino. V povprečju se tedaj razlike zmanjšajo na nekaj deset odstotkov.



Povezava med radarskimi in talnimi meritvami padavin.

Radarske meritve padavin imajo v primerjavi s talnimi nekatere prednosti, pa tudi pomanjkljivosti. Glavna prednost radarskih meritev je njihova velika hitrost in prostorska ločljivost: z enim radarjem lahko v nekaj minutah pregledamo stanje atmosfere v vsaki točki do sto in več kilometrov daleč. Za to bi potrebovali več tisoč avtomatiziranih talnih dežemerov! Glavna pomanjkljivost radarskih meritev padavin pa je majhna natančnost, predvsem pri večjih razdaljah. Zato je radar kot merilnik padavin uporaben zlasti na področjih, kjer je potrebno sproti spremljati lego, zgradbo in gibanje padavinskih sistemov, ni pa tako pomembno poznati njihovo natančno jakost. Ta področja so: letalski, cestni in morski promet (usmerjanje vozil), kmetijstvo (škropljenje proti rastlinskim škodljivcem) in civilna zaščita (napoved neurij in poplav). Kombinirane radarske meritve padavin in talne meritve pretokov rek pa so uporabne v vodnem gospodarstvu za učinkovito uporabo zajezenih voda.

Kaj lahko rečemo za konec? Radarsko opazovanje oblačnosti in padavin je gotovo zelo zanimivo in tudi koristno. Žal dandanes uporabniki pri nas še nimajo pravih možnosti za sprejem radarskih slik. Upajmo pa, da ni več daleč čas, ko bo lahko vsak, ki ga zanima trenutno vreme nad Slovenijo, preko telefonske zveze dobil na svoj osebni računalnik svežo, pravkar posneto radarsko sliko padavin, ali pa si jo bo preprosto ogledal kar na televizijskem teletekstu.