

VREDNOTENJE REZULTATOV MERITEV METEOROLOŠKEGA RADARJA NA LISCI

Evaluation of Results of Meteorological Radar Measurements on Lisca

Marko Jurgele* UDK 551.508

Povzetek

Meteorološki radar je danes nepogrešljiv instrument za napovedovanje vremena in pravočasno ukrepanje v primeru vremenskih nevarnosti. Za optimalno pokritost Slovenije je poleg delujočega radarja na Lisci potreben še radar v njenem zahodnem delu. Lokacija mora zadostiti določenim zahtevam. Ker krajan nasprotujejo postavitvi radarja, je Dopplerjev dvojno polarizirani meteorološki radar še vedno v skladišču in ne na izbrani lokaciji. Strokovnim razlagam in sprejetim zaščitnim ukrepom vsi ne zaupajo.

Oktober 1996 so bile opravljene meritve gostote pretoka moči na meteorološkem radarju na Lisci. V neposredni okolici vznožja antene je bilo sevanje več kot desetkrat manjše od gostote moči po standardu in je povsod manjše od zaostrenih meja razumne preventive.

Abstract

The meteorological radar is a necessity in weather forecasting and is indispensable for early warnings in case of weather threats. In addition to a radar on Lisca, a second radar in the western part of Slovenia is needed for optimal coverage of weather phenomena over Slovenia. The location of every radar has to meet several requirements. As local residents oppose radar installation, the Doppler dual polarisation meteorological radar is still being stored and has not been installed at the preferred location. Furthermore, expert explanations have been rejected and individuals even distrust legal safety measures.

In October 1996, the meteorological radar on Lisca was the subject of extensive power density measurements. Power densities measured near the radar were more than ten times below the values defined by standards. All measured power densities were below strict preventive measures.

Razvoj radarske tehnologije

Radarje so razvili med drugo svetovno vojno. Namenjeni so bili odkrivanju in zasledovanju letal in ladij. Računalniška tehnologija je omogočila, da so jih začeli uporabljati tudi v meteorologiji. Njihova prva naloga je bila opazovanje oblakov in preprosto merjenje padavin. Uporaba radarjev se je v meteorologiji naglo širila. Začeli so postavljati radarske mreže, sestavljati vremenske slike na podlagi radarskih podatkov z različnih lokacij in kombinirati radarske podatke s podatki satelitov in drugih konvencionalnih meteoroloških instrumentov. Sledila je uporaba radarskih meritev pri napovedovanju vremena in opozarjanju pred nevarnimi vremenskimi pojavi za nekaj ur naprej in pri ugotavljanju količine padavin za širši prostor. Podatki, dobljeni s pomočjo radarjev, se uporabljajo tudi v meteoroloških in hidroloških prognostičnih modelih.

Razvite meteorološke službe si brez radarja ne moremo več predstavljati. Zaradi gospodarskih razlogov je meteorološki radar infrastrukturni objekt državnega pomena.

Meteorološki radar

Beseda radar izvira iz angleščine in je okrajšava za Radio Detecting and Ranging, kar pomeni zaznavanje in razvrščanje s pomočjo valovanja. Sestavljen je iz vrteče se oddajne in sprejemne antene, ki je pokrita s plastično kupolo, stolpa, elektronike za pakete mikrovalov, računalniške in komunikacijske opreme. Radar je naprava, ki pošilja pakete mikrovalov do izbrane tarče in analizira sprejeti odboj. Pri tem meri razdaljo do tarče na podlagi časa, ki ga paketi mikrovalov potrebujejo za pot od oddajnika do tarče in nazaj. Pomembna lastnost delovanja radarja je njegov doseg. To je razdalja, pri kateri po oddanih paketih mikrovalov še zaznamo njihov odboj od tarče. Ta je nekaj sto kilometrov okrog radarja. V praksi je doseg manjši, saj je zaradi ukrivljenosti Zemlje radarski žarek na veliki oddaljenosti že zelo visoko nad tlemi in zato odboj ne nosi več uporabnih podatkov.

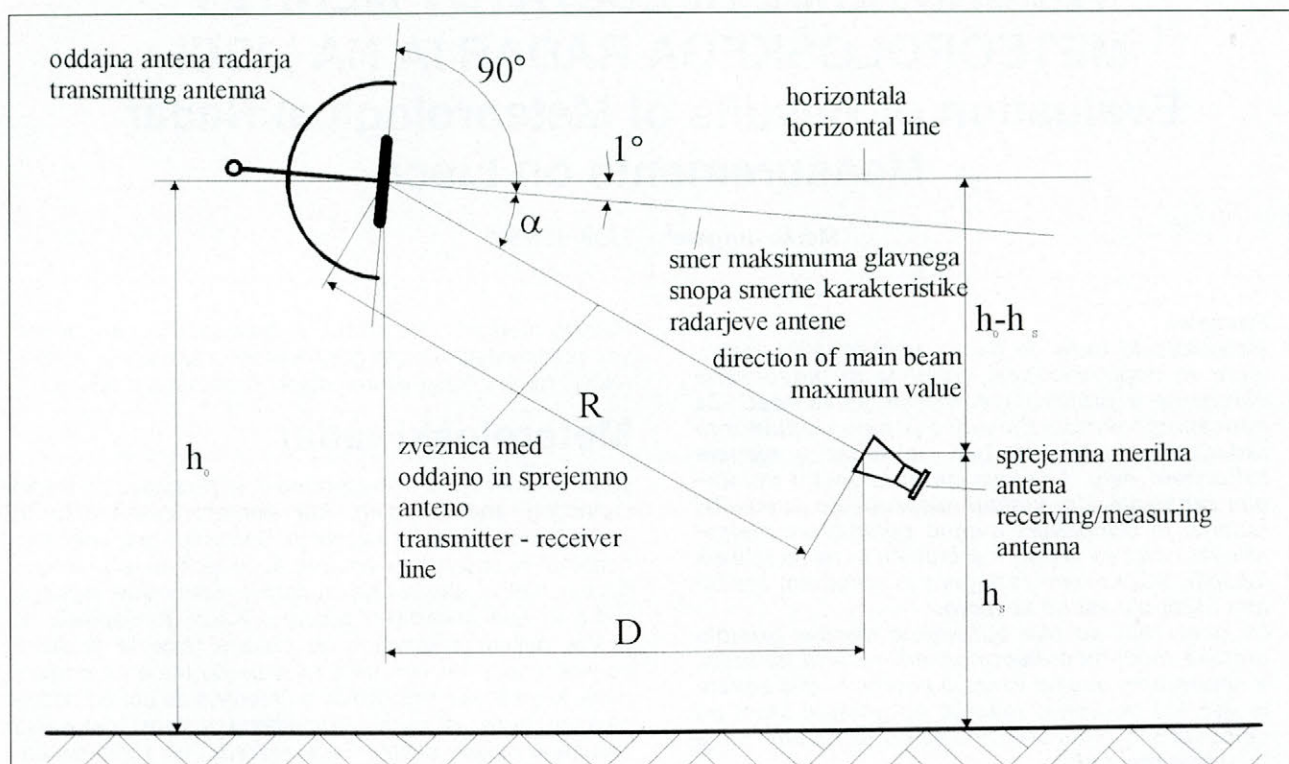
Meteorološki radar deluje na opisan način. Ovira za radarski žarek je oblak. Čas od oddaje paketa mikrovalov do odboja od oblaka predstavlja informacijo o njegovi oddaljenosti. In kako deluje? Radarska antena med kroženjem oddaja zelo kratke pakete mikrovalov moči 200 do 300 kW, nato pa okrog eno tisočinko sekunde sprejema od oblakov in padavin odbiti signal. Ker se na oblakih signal razprši, se odbija nazaj proti radarju zelo malo energije. Radarski paketi mikrovalov imajo premalo energije za ionizacijo snovi, zato spadajo med neionizirna sevanja. Padavine ter druge žive in nežive snovi, ki jih zadenejo mikrovalovi, niso onesnažene.

Pri kroženju se antena obrača v različne smeri, vendar vedno navzgor, tako da pri vsakem obratu zajame drugi del ozračja. Antena lahko napravi nekaj obratov v minuti, vsak obrat z drugačnim nagibom. Najprej meri visoko v ozračju, potem v vse nižjih krogih in spet obratno. Za enkratni pregled vsega ozračja je potrebno približno 15 ali 20 različnih nagibov antene. Posnetek večjega območja je narejen približno v sedmih minutah. Postopek pregleda se glede na vremenske razmere lahko ponovi vsakih petnajst minut.

Uporabnost radarskih meritev

Meteorološki radar je danes nepogrešljiv instrument za napovedovanje vremena in pravočasno ukrepanje v primeru vremenskih nevarnosti. Radarske meritve so najbolj uporabne na področjih, kjer ni potrebna velika natančnost meritev, temveč hitrost meritev, dobra prostorska preglednost in doseg radarja. Najpomembnejši primeri uporabe so:

- S pravočasnim zaznavanjem in opozorilom pred bližajočimi se močnimi nevihtami s točo in rušilnim vetrom je mogoče zaščititi ljudi, stanovanjske objekte, prevozna sredstva, nasade in drugo.



Slika 1. Shematska predstavitev merilnega postopka
Figure 1. Schematic diagram of measuring procedure

Legenda / Key to Figure 1:

h_0	nadmorska višina središča parabolnega zrcala antene radarja (m) altitude of center of parabolic reflector
h_s	nadmorska višina središča odprtine lijačne sprejemne antene (m) altitude of center of receiving horn antenna
h_0-h_s	višinska razlika med oddajno in sprejemno anteno (m) altitude difference between transmitting and receiving antennas
R	razdalja med oddajno in sprejemno anteno (m) distance from transmitting to receiving antennas
D	projekcija razdalje med oddajno in sprejemno anteno na vodoravno ravnino (m) projection of distance from transmitting to receiving antenna on horizontal plane
α	kot med vodoravno ravnino in zveznico med oddajno in sprejemno anteno (stopinje) angle between horizontal plane and line connecting transmitting and receiving antennas [degrees]
S	temenska gostota pretoka moči elektromagnetnega polja med trajanjem impulza (W/m^2) front power density during pulse (W/m^2)

- Točkovne talne meritve padavin je možno dopolniti s ploskovnimi radarskimi meritvami ter tako natančneje določiti časovno, prostorninsko in količinsko razporeditev padavin v porečjih, bolje predvideti poplave in racionalneje uporabljati hidroenergetske in druge vodne objekte. Z radarjem izmerjena količina padavin je skupaj z drugimi vegetacijskimi podatki osnovni element v modelih za namakanje. Namakamo pa vegetacijo in prava ocena rasti omogoča tudi načrtovanje prireje živine. Če stopnjo vegetacije dopolnimo še s posnetki specialnih satelitov, imamo vse možnosti umnega načrtovanja kmetijske proizvodnje.
- S poznavanjem trenutne lokacije in intenzivnosti padavin lahko racionalno in varno načrtujemo in usmerjamo letalski, ladijski in cestni promet.
- odkrivanje nevarnih nevihtnih oblakov in določanje meril pri obrambi pred točo
- uporabo radarskih podatkov v modelih za napoved vremena za nekaj ur in študijsko raziskovalno delo s področja fizike oblakov.

Merila izbora lokacije

Najboljši pogoji za uporabo meteoroloških radarjev so v ravninskem svetu, kjer ni ovir in lahko radarji merijo plasti ozračja blizu tal. Izbira primerne lokacije za meteorološki radar je mnogokrat precejšen problem. Pri tem je pomembno, ali želimo opremo uporabljati samo kot meteorološko pomoč pri odkrivanju in spremljanju nevihtnih oblakov ali tudi za meritve padavin. V prvem primeru želimo dobiti informacijo za čim večji prostor. Kadar z radarjem merimo padavine, merimo v spodnji plasti ozračja in pri teh meritvah so nam odboji od hribov moteči. Na izbrani lokaciji mora biti relativno majhna količina padavin, infrastruktura in sorazmerno majhna obljudenost; poleg tega naj ne bi bilo križanja z drugimi elektronskimi sistemi.

Zaradi reliefnih omejitev in obratovalno tehničnih značilnosti radarjev sta za Slovenijo optimalna dva operativna radarja. Postavitev je smiselna le, če je njuna medsebojna razdalja večja od 100 km. Šele pri tem razmaku postanejo kombinirani radarski podatki dveh radarjev boljši od enega samega. Najboljša razporeditev je eden v vzhodnem, drugi v zahodnem delu. Radar na Lisci, ki je v osrednjem delu Slovenije, deluje že 13 let, zato je drugega upravičeno



Slika 2. Merne točke

Figure 2. Measuring locations

postaviti le v zahodni del Slovenije. Postavitve radarja na morebitni lokaciji ne pogojuje izpolnjevanje meddržavnega sporazuma. Če pa je tak radar že postavljen, ga lahko koristno uporabimo kot dvojček drugemu radarju. Oba lahko v istem času opazujeta isto območje, kar pa je v operativnem in raziskovalnem programu zelo uporabno. Pogosto zaradi oblačnih struktur eden izmed radarjev ne more zaznati dogajanj. V tem primeru radar na nasprotni strani oblaka opazuje in pošilja podatke sosedu. Zaradi skupnih raziskav fizike oblakov in skupnih raziskav za obrambo pred točo sta se Italija in Jugoslavija dogovorili, da bosta vsaka na svoji strani postavili radarja, si izmenjevali podatke in strokovne ugotovitve. Dogovorili sta se, da bo radar na italijanski strani bolj namenjen raziskavam, radar na slovenski strani pa operativnim nalogam.

V primorskem delu Slovenije je primerno postaviti radar na hrib, visok približno 1000 m, da bi tako povečali njegov doseg nad morjem in s tem uporabno vrednost za morski promet. Lokacija na Primorskem je nujno kompromis med dvema zahtevama. Prvič, radar naj bo čim nižje, da lahko meri padavine čim bližje tal. Drugič, radar naj ima čim večje vidno polje, zato naj bo na srednje visokem, toda osamljenem hribu.

Po osamosvojitvi so se sprostile tudi lokacije, ki so bile prej rezervirane za vojaške namene. Tako je za postavitve meteorološkega radarja postala zanimiva lokacija na širšem območju Vremščice. Vrh in pobočje Vremščice sta sicer zavarovana kot naravna znamenitost, vendar vrh Slatna ne sodi med najvišje vrednotena območja naravne

dediščine, zato bo možno uskladiti pogoje postavitve meteorološkega radarja s pogoji varovanja zunaj zaščitene območij. Izbor mikrolokacije bo upošteval operativno-tehnološke zahteve delovanja radarja in vsa zakonsko varovana in z načrtom opredeljena območja.

Strah pred postavitvijo meteorološkega radarja

Postavitve meteorološkega radarja lahko pri ljudeh vzbuja bojazen pred morebitnimi negativnimi vplivi, čeprav vsakdo želi zanesljivo vremensko napoved in pravočasno informacijo o bližajoči se vremenski ujmi. Strah se stopnjuje tudi zato, ker neionizirnih elektromagnetnih sevanj ne vidimo ali ne razumemo. Tovrstna občutja je treba upoštevati pri vsakem posegu v okolje, tudi pri postavitvi meteorološkega radarja. Vsak poseg v prostor naj bo opravičen in upravičen in naloga države je, da najde optimalno rešitev.

Kako je s predpisi urejeno vrednotenje izpostavljenosti?

Za objektivno vrednotenje izpostavljenosti ljudi neioniziranim elektromagnetnim sevanjem je treba določiti sevalne obremenitve na območju bližnjega in daljnega polja. Bližnje polje je območje v bližini antene. Meja med obema je pri meteorološkem radarju okrog 75 m od osi radarskega stolpa.

Preglednica. Merne točke in izmerjene gostote moči
Table. Measuring locations and measured power densities

zaporedna številka merjenja/ no. of measurement	kraj merjenja location	h_0 (m)	h_s (m)	h_0-h_s (m)	D (m)	R (m)	α (°)	S (W/m ²)
1	vznožje stolpa, na katerem je antena	956	947	9	3	9,5	70,5	12
2	vzpetina pred stolpom, na katerem je antena radarja	965	950	6	21	22,0	15,0	208
3	vzpetina pred stolpom, na katerem je antena radarja	956	950	6	34	34,5	9,0	375
4	vzpetina pred stolpom, na katerem je antena radarja	956	950	6	47	47,5	6,0	229
5	terasa pred hišo meteorološke postaje	956	943	13	17	21,5	6,5	143
6	ploščad pred domom na Lisci	956	921	35	75	83,0	24,0	0,036
7	kota 940,3 m	956	942	14	165	165,5	4,0	15
8	kota 921,7 m	956	923	33	280	282,0	6,0	4
9	zahodno pobočje Ješivca	956	860	96	1750	1752,5	3,1	1,469
10	cerkev sv. Lovrenca	956	715	241	3075	3084,5	3,5	0,065
11	naselje Zlateče	956	502	454	2625	2664,0	9,0	0,42
12	naselje Breg	956	192	746	4250	4318,0	9,0	0,034
13	dnevna soba meteorološke postaje na Lisci	956	943	12	12	17,5	46,0	0,001

Na podlagi prvega in drugega odstavka 27. člena zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 32/93) in 26. člena zakona o Vladi Republike Slovenije (Uradni list RS, št. 4/93) je Ministrstvo za okolje in prostor pripravilo uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. Uredba je bila objavljena v Uradnem listu RS, št. 70/96. Ocene radarskega sevanja in izpostavljenosti prebivalstva so bile pripravljene na temelju treh izhodišč.

Upoštevan je bil slovenski standard (SIST-ENV 50166-2), ki je identičen z evropskim predstandardom CENELEC ENV 50166-2. Ta standard za frekvenčno območje 2 do 150 GHz določa referenčno raven največje gostote moči v konici 7934 W/m².

Uredba poleg določil nacionalnega standarda upošteva tudi načelo razumne preventive in upravlja desetkrat strožjo varovalno normo, kot jo določa standard. Gostota moči na vseh človeku dostopnih mestih ne sme presegati 793,4 W/m².

Po računskih metodah lahko razmeroma zanesljivo ocenimo gostoto moči radarskega sevanja v neposredni okolici radarja in večji oddaljenosti.

Ocene sevanja meteorološkega radarja na Slatni so: Sevanje radarja bi presegalo raven, ki ga določa standard, le v podolgovati prostornini dolžine približno 200 m in širine 5 m, dvignjeni nad tlemi na višino radarske kupole (15 - 20 m), ki ljudem ni dostopna.

V neposredni okolici vznožja antene bi bilo sevanje več kot desetkrat manjše od gostote moči po standardu oziroma povsod manjše od zaostrene meje v Uredbi.

V naseljenem predelu Senožeč, ki leži približno 300 m pod radarskim snopom na razdalji približno dva kilometra, bi bilo sevanje več kot 100 000-krat manjše od zaščitne meje po standardu in približno 10 000-krat manjše od zaostrene meje v Uredbi. Raven radarskega sevanja v časovnem

povprečju bi tako postala primerljiva z ravno televizijskih in drugih signalov, torej zanemarljiva.

Ali so ocene sevanja na Slatni potrdile meritve na Lisci?

Od 10. do 14. oktobra 1996 so na Lisci nad Sevnico potekale meritve moči radarskega sevanja. Meritve elektromagnetnih sevanj ter svetovanje na področju zaščitnih ukrepov izvaja Slovenski institut za kakovost in meroslovje (SIQ). Meritve gostot pretoka moči elektromagnetnega polja v okolici meteorološkega radarja na Lisci je izvedel SIQ in so imele dva namena:

- ugotoviti dejansko stanje, kar naj bi bil temelj za morebitne zaščitne ukrepe
- zbrati čim več zanesljivih podatkov, s pomočjo katerih bi lahko predvidevali razmere v okolici podobnega meteorološkega radarja, ki bi bil postavljen na kakem drugem kraju.

Elektromagnetno polje v okolici anten radarjev je nehomogeno iz več razlogov, predvsem zaradi:

- konstruktivne in destruktivne superpozicije prispevkov posameznih Fresnelovih kolobarjev
- zaradi interference direktnih in od tal odbitih valov.

Izbrano je bilo 13 značilnih merilnih mest. Na njih so izmerili gostoto pretoka moči elektromagnetnega polja v eni točki. Pri meritvah je bila antena v najbolj neugodnem položaju, to je na elevaciji -1 stopinje (pri rednem delu je izhodiščni položaj pri +1 stopinji). Pri meritvah 1, 2, 3, 4, 5, 6 in 13 se antena radarja ni vrtela. Oddajna in sprejemna antena sta bili usmerjeni tako, da je bila sprejemna moč največja. Pri vseh drugih meritvah se je antena vrtela z najmanjšo hitrostjo. Dokler je bila sprejemna moč dovolj veli-

ka (meritvi 2 in 3), je bila moč merjena neposredno z merilnikom moči, v vseh drugih primerih z analizatorjem spektra. Pri vseh meritvah je bila sprejemna antena 1,75 m nad tlemi in obdana s klini iz mikrovalovnega absorpcijskega materiala. S tem je bila izolirana sprejemna antena od kovinskih delov nosilne konstrukcije, ki bi lahko vplivala na rezultate meritev. Merilne naprave so bile v vozilu, ki je imelo z metalizirano folijo prekrita okna. S tem je bil zaslonjen analizator spektra in merilnik moči, tako je signal iz sprejemne antene prihajal v sprejemnik le po koaksialnem kablu z dvojnimi posrebljenimi bakrenimi oklopi. Rezultati meritev so v preglednici 1, merne točke na sliki 2. Izmerjene gostote pretoka moči elektromagnetnega polja v vsej dostopni okolici antene radarja na Lisci so globoko pod ravno slovenskega zaščitnega standarda. V dostopni okolici antene radarja na Lisci zato ni treba omejiti gibanja ljudi. Ker bo na Slatni postavljen podoben radar in bo antena postavljena še višje kot na Lisci, lahko potrdimo, da bo sevanje v bližnji in daljni okolici radarja globoko pod vrednostmi, ki jih določa standard.

Sklep

Pri določanju omejitev izpostavljenosti so strokovnjaki upoštevali tako toplotne kot netoplotne učinke. Po pregledu znanstvene literature so določili prag izpostavljenosti visokofrekvenčnim neioniziranim elektromagnetnim sevanjem (NEMS), pod katerim doslej niso ugotovili nobenih škodljivih bioloških vplivov. Omejitve izpostavljenosti prebivalstva na priporočila ICNIRP so tako majhne, da ljudje absorbirajo več elektromagnetne energije, ko se poleti ob sončnem vremenu zadržujejo na prostem. Toplotni učinki visokofrekvenčnih NEMS so dobro raziskani in predstavljajo podlago za omejevanje izpostavljenosti ljudi. Prav tako je bilo opravljenih veliko raziskav glede netermičnih učinkov visokofrekvenčnih NEMS, ki so jih upoštevali pri pripravi mejnih vrednosti izpostavljenosti. Če ocenimo raziskave o netermičnih učinkih po sprejetih znanstvenih merilih za ugotavljanje določenega učinka, ni nobena med njimi dokazala netermičnih učinkov in tudi če bi jih, znanih vplivov na zdravje ni. Čeprav so nekateri

strokovnjaki poročali tudi o drugih netoplotnih učinkih, poročila niso vzdržala strogega znanstvenega preverjanja ali pa jih v neodvisnem znanstvenem laboratoriju niso potrdili.

Kljub izvedenim raziskavam in sprejetim standardom in priporočilom veliko ljudi meni, da omejitve izpostavljenosti NEMS ne zagotavljajo zadostne varnosti. Preprosto prevzemajo mnenje tistih maloštevilnih, ki so proti postavljanju izvorov visokofrekvenčnih NEMS.

Sociološke raziskave kažejo, da je celo do najbolj žgočih problemov neke družbe večina ljudi ravnodušna. Zelo malo je takih, ki so jasno opredeljeni za ali proti. Ameriški profesor James E. Grunig je javnost razdelil glede na tri lastnosti. Javnost je skupina ljudi:

- ki delijo določen problem
- so problem spoznali
- in se organizirajo, da bi ga rešili.

Vsi poskusi, da bi se vzpostavil dialog s pozorno javnostjo (ima prvo in drugo lastnost) oziroma aktivno javnostjo (ima vse tri lastnosti) v občini Divača, so bili neuspešni. Srečujemo se z večproblemsko javnostjo, ki jo zanimajo le problemi, s katerimi se trenutno ukvarjajo vsi in jih množični mediji ali dnevna politika obširno obravnavajo. Ta javnost nasprotuje vsemu, kar ni v povezavi z izpolnjevanjem osebnih ciljev peščice lokalnih voditeljev.

Literatura

1. Brane Gruban, Dejan Verčič, Franci Zavrl: Pristop k odnosom z javnostmi, 1997, Pristop Ljubljana, stran 42,43.
2. Elektromagnetna sevanja in radar. Kako živeti z njimi? MOP-Hidrometeorološki zavod R Slovenije 1996.
3. Občasnik za krajane, Meteorološki radar, MOP-Hidrometeorološki zavod R Slovenije, april 1996, prispevka z naslovoma: O radarjih, sevanju, izpostavljenosti in še čem; Strah ima včasih (pre)velike oči.
4. Občasnik za krajane, Meteorološki radar, MOP-Hidrometeorološki zavod R Slovenije, november 1996, prispevek z naslovom: Ocene sevanja na Slatni potrjene z meritvami na Lisci.