

# REZULTATI ŠTUDIJE O DELOVNIH RAZMERAH V RADARSKEM SREDIŠČU NA LJUBLJANSKEM VRHU

## Evaluation Study of the Hazardous Effects of the Ljubljana Vrh Radar System

Viktor Sladič\* UDK 614.87:621.396.96

### Povzetek

V slovenski javnosti se že dlje časa pojavlja vprašanje o škodljivosti oziroma neškodljivosti neionizirnih elektromagnetnih sevanj (NEMS).

Glede na to, da se s to problematiko sooča tudi ministrstvo za obrambo, je na pobudo generalštaba Slovenske vojske konec leta 1997 naročilo raziskavo, ki naj bi odgovorila na to, v zadnjem času vse bolj aktualno vprašanje.

Predmet raziskave je bil radarski sistem na Ljubljanskem vrhu. Po več kot enoletnem delu (v tem času je izbrani izvajalec – ZVD-Zavod za varstvo pri delu, d.d., Ljubljana – poleg drugih nalog raziskave, opravil tudi več kot 300 meritev gostote pretoka moči NEMS), je raziskava končana, ugotovitev pa nedvoumna:

Delovanje radarja, tudi pri polni moči, glede na veljavne domače in tuje normative s podočja NEMS ne predstavlja povečane nevarnosti za zdravje tako zaposlenih kot tudi prebivalcev, ki bivajo v bližnji ali daljni okolici radarja.

### Abstract

Questions concerning the safety of non-ionizing electromagnetic radiation have been arising among the Slovenian public for some time.

Given that this issue has been faced by the Slovenian Ministry of Defense as well, the General Staff of the Slovenian Armed Forces took the initiative at the end of 1997 of ordering a study that would answer this question, which has become crucial in recent times.

The object dealt with in this study is the radar system on Ljubljana peak. At the time, the Ljubljana Institute of Occupational Safety was selected to implement the study. In addition to other tasks, the Institute carried out more than 300 measurements of the power density of non-ionizing electromagnetic radiation emitted by this system. The conclusions have confirmed the following findings:

Taking into consideration the applicable local and international norms for the use of non-ionizing electromagnetic radiation, radar operations, even at full power, do not represent an increased risk to the health of either employees or residents within a near or distant range of the radar.

## Povzetek raziskave

### Ugotovitve meritev

Namen meritev obremenitve prostora v okolici radarjeve antene z EMS kot posledica obratovanja radarja na Ljubljanskem vrhu je bil:

- ugotoviti dejansko stanje obremenjenosti okolja z EMS, kar bi bil tudi temelj za pripravo morebitnih zaščitnih ukrepov na tem območju
- zbrati čim več zanesljivih podatkov, s katerimi bi lahko na podlagi ugotovitev meritev napovedali razmere v okolici enakega ali podobnega radarskega sistema, ki bi bil postavljen kje drugje
- z meritvami preveriti zanesljivost izračuna obremenitve prostora v okolici radarjeve antene z EMS, s katerim bi lahko že vnaprej predvideli vplive delovanja radarja na drugi lokaciji.

Opravljenih je bilo 323 meritev. 191 v okolici, to je v ograjenem delu, in 132 v nastanitvenem objektu. Tolikšno število merilnih mest oziroma točk je bilo potrebno zato, ker je zaradi razgibanega zemljišča v okolici radarjeve antene in še zlasti zaradi mehanizma razširjanja elektromagnetnih valov po prostorih v stavbi, v kateri je posadka radarske postaje, gostota pretoka moči EMS krajevno zelo nehomogena.

Pri določanju števila merilnih mest je bilo upoštevano tudi priporočilo Posvetovalnega mednarodnega komiteja za radijske zveze (CCIR, Study Groups, Period 1978–1982, Document 5/43-E), ki v točki 4.1 navaja, da je treba opraviti meritve na čim več točkah in potem dobljene rezultate

meritev statistično ovrednotiti. Upravičenost tega navodila se je pokazala tudi pri meritvah gostote pretoka moči EMS v okolici radarjeve antene, kjer je zaradi terenskih razmer značilna velika razširitev merilnih rezultatov.

Ta pojav je jasno viden iz ugotovitev meritev na heliodromu, kjer bi sicer pričakovali sorazmerno izenačene gostote pretoka moči EMS, meritve pa so pokazale ravno nasprotno.

Kakšne so ugotovitve meritev?

### Nastanitveni objekt

V nastanitvenem objektu je bilo 132 meritev: 51 v pritličju, 66 v prvem nadstropju in 15 na podstrešju.

Na podlagi ugotovitev obremenitve prostora z EMS v okolici radarjeve antene ni dopustna mejna vrednost po veljavni slovenski uredbi presežena nikjer v stavbi.

Največja pričakovana gostota pretoka moči EMS je ob odprtem oknu na podstrehi stavbe, kjer je posadka radarja. Ob impulzu znaša  $77 \text{ W/m}^2$ , kar je desetkrat manj, kot predpisuje uredba.

Ob odprtem oknu na koncu hodnika v prvem nadstropju stavbe je v najslabšem primeru največja pričakovana gostota pretoka moči EMS v impulzu  $22 \text{ W/m}^2$ , to je 44-krat manj, kot priporoča uredba.

V vseh drugih prostorih stavbe, v kateri stanuje posadka radarja, so največje pričakovane gostote pretoka moči EMS manjše od naštetih.

\* Ministrstvo za obrambo, Služba za organizacijo in kadre, Kardeljeva ploščad 25, Ljubljana

## Razmere na prostem v okolici radarjeve antene

Gostoto pretoka moči EMS v okolici radarjeve antene določajo moč radarjevega oddajnika, smerni diagram radarjeve antene, konfiguracija zemljišča v okolici radarjeve antene in razdalja opazovane točke od radarjeve antene.

Pričakovane vrednosti gostote pretoka moči EMS tako presegajo mejne dopustne vrednosti na ploščadi pred radarjem in na heliodromu.

Na prvi točki, to je na okrogli betonski ploščadi, kjer je nekoč stal radar JLA za določanje višine tarč, je največja pričakovana vrednost gostote pretoka moči EMS  $20108 \text{ W/m}^2$ , to je približno 25-krat nad dovoljeno vrednostjo, predpisano z uredbo. Na drugi točki, na heliodromu, znaša največja pričakovana vrednost gostote pretoka moči EMS  $3892 \text{ W/m}^2$ , to je približno petkratna dovoljena vrednost, predpisana z veljavno uredbo.

## Analiza sevalnih značilnosti radarjeve antene

Iz analize sevalnih značilnosti radarjeve antene, ki obsega: preučitev vrste in načina delovanja radarjeve antene, zasnovo računalniškega programa za računanje sevalnih značilnosti radarske antene in obravnavo posameznih zgledov, je razvidno, da računalniška analiza radarjeve antene omogoča računanje polja na poljubni razdalji od antene radarja in na poljubni ploskvi ali kotnem sektorju, sintezo antene radarja pri danih podatkih; metoda je splošna in jo je možno uporabiti še za druge primere, upoštevanje vpliva na porazdelitev skupnega polja, ki ga ima teren v neposredni okolici radarjeve antene.

Žal je navadno okolica radarjeve antene tako razgibana, da v računskem modelu ni možno upoštevati vseh elementov. Račun je le prva ocena, zato je potrebno po postavitvi radarja ali pa v okviru kontrolnega opazovanja vedno opraviti ustrezne kontrolne meritve.

Ugotovitve raziskave na Ljubljanskem vrhu lahko uporabimo za bolj natančno in zanesljivejšo oceno obremenitve prostora z EMS na kateri koli drugi lokaciji.

## Predlog zaščitnih ukrepov

### Nastanitveni objekt

Glede na ugotovitve meritev gostote pretoka moči EMS zaščitni ukrepi ob upoštevanju dopustne mejne vrednosti po že navedeni uredbi v nastanitvenem objektu niso potrebni.

### Okolica radarjeve antene

V okolici radarjeve antene so potrebni naslednji zaščitni ukrepi:

Okoli ploščadi pred radarjevo anteno je treba postaviti opozorilne znake z napisom **Elektromagnetno sevanje – do stop prepovedan**.

Pred vstopom na heliodrom je treba postaviti opozorilni znak z napisom **Nevarnost elektromagnetnega sevanja – gibanje omejeno**.

Splošni preventivni zaščitni ukrepi, primerni za ta radarski sistem, so ukrepi t. i. razumne preventive, to pomeni zmanjšanje sevalnih obremenitev prostora na najnižjo raven, ki jo je še možno doseči z razumnimi ukrepi ter sprejemljivimi stroški. To je po vsem svetu znano in priznано načelo ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

### Kontrolno opazovanje

V skladu s Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu za vire elektromagnetnega sevanja ter o pogo-

jih za njegovo izvajanje (Ur. l. RS, št. 70/96) je predlagano, da se na petih vnaprej določenih mestih opravi ena kontrolna meritev na vsakih šest mesecev tako kot v okviru osnovne raziskave.

### Zdravstveni del raziskave

V raziskavi so bile opravljene analize in zdravstvene ocene z elementi merske analize sedmih tipičnih delovnih mest po metodologiji prof. Sušnika. Poleg ocenjevalne analize so obsegale tudi metodo trenutnega opazovanja (študij časa), Owas (analizo telesnih položajev) in Corlett (analizo utrujenosti).

Vsi zaposleni so opravili specialen preventivni zdravstveni pregled s specialnimi preiskavami (kromosomske aberacije, okulistični pregled, elektroencefalografija in psihološko testiranje).

Delež patoloških elektroencefalogramov je bil velik, delež patoloških elektroencefalogramov po obremenitvi (po dežurstvu) je pomembno velik, vendar pa tega ni možno pripisati vplivu delovanja radarja, saj je to verjetno najmanj posledica sinergije s psihično utrujenostjo. Kljub temu pa ne moremo mimo dejstva, da je delež nenormalnih posnetkov prevelik. Pri preostalih pregledih ni bilo odmkov glede obremenitev pri opravljanju dela. To je šele prva tako kompleksna raziskava, vzorec pa je zelo majhen, zato jasnih rezultatov ni možno dati.

Potrebno bo še nadaljnje biološko in epidemiološko opazovanje, redni preventivni zdravstveni pregledi v tolikšnem obsegu kot v raziskavi in spremljanje teh ugotovitev.

## Sklep

Slovenija je leta 1998 po metodi razglasitve sprejela predstandard Evropskega komiteja za standardizacijo v elektrotehnik (CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization) ENV 50166-2 in ga imenovala SIST ENV 50166-2, pred tem pa je bila izdana Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ur. l. RS, št. 70/96).

Pri oceni varnosti je bila tako na podlagi teh predpisov in rezultatov meritev upoštevana prva stopnja zaščite, kot je določeno v že navedeni uredbi. Ocena se nanaša na najslabši možni primer, to je takrat, ko radar deluje oziroma bo deloval s polno močjo 4 MW.

Za impulzno modulirano elektromagnetno sevanje določa že omenjena uredba dopustno mejno vrednost gostote pretoka moči elektromagnetnega sevanja v impulzu  $793 \text{ (W/m}^2\text{)}$ . To je temenska vrednost moči v impulzu, ki je desetkrat manjša od vrednosti, ki jo predpisuje SIST ENV 50166-2.

Na podlagi meritev in analize sevalnih značilnosti radarske antene in ob upoštevanju veljavnih normativov je na pobočju Ljubljanskega vrha zunaj ograjenega prostora približno 1,7 m nad tlemi gostota pretoka moči elektromagnetnega sevanja (tudi kadar bi radar deloval s polno močjo) najmanj stokrat manjša od mejnih vrednosti, ki jih predpisuje veljavna slovenska uredba.

Za natančnejšo oceno vpliva EMS na okolje bi bile potrebne meritve gostote pretoka moči EMS tam, kjer elektromagnetno valovanje, ki ga seva antena radarja, še ni ovirano oziroma ga objekti in zemljišče v okolici radarjeve antene niso »zmotili«.

Te meritve bi nam tako omogočile korektno primerjavo izmerjenih in izračunanih vrednosti gostote pretoka moči elektromagnetnega sevanja in njegovega vpliva na okolico radarjeve antene.