



ELEKTROMAGNETNA SEVANJA NAVIGACIJSKA SREDSTVA

Slovarček

Z besedo Uredba označujemo Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (U.I. RS 70/1996), ki določa mejne vrednosti za EMS. Uredba določa dve stopnji varstva pred sevanji: I. stopnjo in II. stopnjo. I. stopnja velja na **I. območju varstva pred sevanji**, kjer je potrebno povečano varstvo pred sevanji: območje objektov vzgojinarstvenega in izobraževalnega programa in zdravstvenega varstva, bolnišnic, objektov namenjenih bivanju, igri in rekreaciji, javnih zelenih in rekreacijskih površin, trgovsko-poslovnostanovanjsko območje, ki je hkrati namenjeno bivanju in obrtnim ter podobnim proizvodnim dejavnostim, javno središče, kjer se opravljajo upravne, trgovske, storitvene ali gostinske dejavnosti in podobno.

II. stopnja varstva pred sevanjem velja na **II. območju varstva pred sevanji**, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je zaradi sevanja bolj moteč. II. območje varstva pred sevanji je zlasti območje brez stanovanj, namenjeno industrijski ali obrtni ali drugi podobni proizvodni dejavnosti, transportni, skladiščni ali servisni dejavnosti ter vsa druga območja, ki niso določena kot I. območje varstva pred sevanji.

B - gostota magnetnega pretoka v mikro teslih (μT).

E - električna poljska jakost (V/m).

Mejna vrednost, ki je določena v Uredbi, predpisuje, koliko sme biti največ obremenjeno naravno in življenjsko okolje. Mejne vrednosti omejujejo električno poljsko jakost in gostoto magnetnega pretoka v prostoru tako, da tudi v najbolj neugodnih razmerah izpostavitve vključujejo varnostni faktor 500 za I. območje varstva pred sevanji ter 50 za II. območje varstva pred sevanji. Mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji se ujemajo z evropskimi in mednarodnimi priporočenimi mejnimi vrednostmi, za I. območje varstva pred sevanji pa so še strožje. Zato preseganje mejnih vrednosti ne vodi nujno k škodljivim učinkom na človeka.

V tej brošuri z izrazom **vplivno območje** opisujemo tisto območje v prostoru, kjer so glede na določila Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju mejne vrednosti presežene.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

629.05:537.86

VALIČ, Blaž
Elektromagnetna sevanja. Navigacijska sredstva / [besedilo Blaž Valič in Peter Gajšek]. - Ljubljana : Forum EMS, 2008

ISBN 978-961-91976-3-9
1. Gl. stv. nasl. 2. Gajšek, Peter, 1966-
243274752

©Vse pravice pridržane. Noben del te knjižice ne sme biti reproduciran, in shranjen ali z drugimi sredstvi tj. elektronskimi, mehanskimi, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače spremenjen, brez vnaprejšnjega pisnega dovoljenja projekta FORUM EMS®.

Elektromagnetna sevanja – Navigacijska sredstva

Izdajatelj: projekt FORUM EMS • Besedilo: dr. Blaž Valič in doc. dr. Peter Gajšek
Lektoriranje: Skupina Lucas
Oblikovanje: Studio Lumina; studiolumina.si • Ljubljana, december 2008

UVOD

Navigacija je zelo stara veda o določanju smeri in lege na površini Zemlje. Njen zgodnji razvoj je povezan zlasti z razvojem pomorstva in trgovine, tesno pa je prepleten z odkritjem zemeljskega magnetizma in razvojem geometrije ter kartografije. Za sodoben pomorski in še zlasti letalski promet pa se uporabljajo številne sodobne naprave in sistemi, namenjeni navigaciji. Poleg splošno poznanih GPS navigacijskih naprav, ki položaj določajo na podlagi oddaljenosti od satelitov v točno določenem časovnem trenutku, se v letalstvu uporabljajo različne navigacijske naprave, ki povečajo varnost zlasti v najbolj nevarnih postopkih vzletanja in pristajanja. Večina teh naprav deluje s pomočjo elektromagnetnih sevanj (EMS), zato se na letališčih in v njihovi bližini nahajajo različni viri EMS.

Najbolj znan je gotovo radar. Uporablja se že približno 60 let, deluje pa na principu merjenja časovnega zamika med oddanim in prejetim pulzom EMS. Doseg radarjev se razlikuje glede na njihov namen in znaša do 450 km. Ker je radar najmočnejši vir EMS, ki se uporablja za navigacijo, obenem pa se zaradi tehničnih lastnosti precej razlikuje od drugih virov, je njegova problematika obširneje predstavljena v ločeni brošuri.

Poleg radarja so na letališču ali ob njem nameščene tudi druge naprave, ki sodelujejo pri letalski navigaciji. Te so oddajnik smeri (Localizer - LLZ), oddajnik za določanje drsne poti (Glide Path - GP), neusmerjeni radijski svetilnik (Non Directional Beacon - NDB), VHF vsesmerni radijski oddajnik (VHF Omnidirectional Radio Range - VOR), naprava za merjenje razdalje (Distance Measurement Equipment - DME), taktično navigacijsko sredstvo (Tactical Air Navigation - TACAN), ki se uporablja v vojaške namene, ter različni označevalniki, kot na primer zunanji označevalnik (Outer marker - OM) ali srednji označevalnik (Middle Marker - MM).

slovensko ime	oddajnik smeri	oddajnik za določanje drsne poti	naprava za merjenje razdalje	neusmerjeni radijski svetilnik	VHF vsesmerni radijski oddajnik	taktično navigacijsko sredstvo	označevalnik
oznaka	LLZ	GP	DME	NDB	VOR	TACAN	Mrk
angleško ime	Localizer	Glide Path	Distance measuring equipment	Non Directional Beacon	VHF Omnidirectional Radio Beacon	Tactical Air Navigation	Marker
višina nad tlemi [m]	3	5, 10, 15	5 - 10	5 - 15	4	8	1 - 15
frekvenčno območje [MHz]	108 - 112	328 - 336	962 - 1150	0,19 - 1,75	108 - 118	962 - 1213	75
tipična izhodna moč [W]	25	8	100 - 1000	100	100	1000	1 - 4
ojačenje antene [dBi]	9,5	12	1,76	5	5	5	5
lokacija	konec VPS*	mesto pristanka letala	kjerkoli, običajno skupaj z VOR ali GP	kjerkoli	kjerkoli	kjerkoli	običajno v osi VPS* do 10 km od letališča
smer oddajanja: azimut	vzdolž VPS*	vzdolž VPS*	ni usmerjen	ni usmerjen	ni usmerjen	ni usmerjen	ni usmerjen
smer oddajanja: naklon	+ 3°	vodoravno	vodoravno	vodoravno	vodoravno	vodoravno	navpično

Tabela 1: Osnovni tehnični podatki o posameznih napravah za navigacijo

*S kratico VPS označujemo vzletno-pristajalno stezo.

ODDAJNIK SMERI (LLZ)

Oddajnik smeri (angleško: localizer) je naprava, ki omogoča, da se letalo med pristajanjem naravno točno v smeri podaljška sredine vzletno-pristajalne steze. Oddajnik smeri oddaja EMS, ki tvori vertikalne smerne ravnine, v kateri se nahaja amplitudno moduliran signal oziroma nosilec moduliran z 90 in 150 Hz. Za vertikalne smerne ravnine je značilno, da je na njih po demodulaciji vrednost razlike modulacijskih signalov enaka (na podaljšku osi vzletno-pristajalne steze je enaka 0). V letalu je poseben sprejemnik, ki po demodulaciji primerja vrednosti enega in drugega moduliranega signala, s čemer ugotovi, na kateri vertikalni smerni ravnini se nahaja letalo.

Oddajnik smeri se nahaja na koncu vzletno-pristajalne steze, tvori pa ga veriga oddajnih anten na višini približno 3 m nad tlemi. Deluje pri frekvenci med 108 in 112 MHz, njegova oddajna moč pa je običajno 25 W.



Slika 1: Oddajnik smeri (LLZ) na letališču Jožeta Pučnika. Nahaja se na zahodni strani vzletno-pristajalne steze.

Zaradi velikega števila anten ter majhne oddajne moči so EMS, ki jih oddajnik smeri povzroča, majhna. Mejne vrednosti za II. območje niso presežene, za I. območje pa so presežene do oddaljenosti 1,5 m pred antenami. Ker se naprava nahaja znotraj ograjenega območja letališča, nima vplivov izven območja z omejenim dostopom.



Slika 2: Efektivne vrednosti električne poljske jakosti v okolici oddajnika smeri v navpični ravnini skozi središče anten. Z rdečo barvo je prikazano vplivno območje za II. območje varstva pred sevanji, z zeleno pa za I. območje varstva pred sevanji.

ODDAJNIK ZA DOLOČANJE DRSENE POTI (GP)

Oddajnik za določanje drsne poti (angleško: glide path) s svojim signalom skrbi, da se letalo pod pravilnim kotom spusti na vzletno-pristajalno stezo. Pravzaprav je zelo podobna naprava kot je oddajnik smeri, le da oddajnik za določanje drsne poti tvori horizontalne smerne ravnine, medtem ko tvori oddajnik smeri vertikalne smerne ravnine. Tudi tehnične lastnosti oddajnika za določanje drsne poti so podobne, vendar deluje z manjšo oddajno močjo, običajno do 10 W ter pri višji frekvenci: med 328 in 336 MHz. Kakor je razvidno iz slike 3, so tudi oddajne antene drugačne. Običajno so tri antene nameščene na enem stebru na višini med 5 in 15 m nad tlemi.



Slika 3: Oddajnik za določanje drsne poti (GP) na letališču Jožeta Pučnika. Nahaja se južno od vzletno-pristajalne steze. Na stolpu je na vrhu nameščena tudi antena naprave za merjenje razdalje (DME) (*naslednja stran*).

Ker je pogosto na stolpu, kjer se nahaja oddajnik za določanje drsne poti, nameščena tudi naprava za merjenje razdalje, je na sliki 5 predstavljeno EMS za takšno kombinacijo naprav.

NAPRAVA ZA MERJENJE RAZDALJE (DME)

Naprava za merjenje razdalje (angleško: Distance Measuring Equipment) je naprava, ki v navigaciji služi za določanje razdalje. S posebnim oddajnikom letalo odda kratek oddajni signal, ki ga zazna naprava, nameščena na tleh, in nanj odgovori. Iz časovnega zamika med oddanom in prejetim signalom nato naprava na letalu izračuna oddaljenost od naprave na tleh.

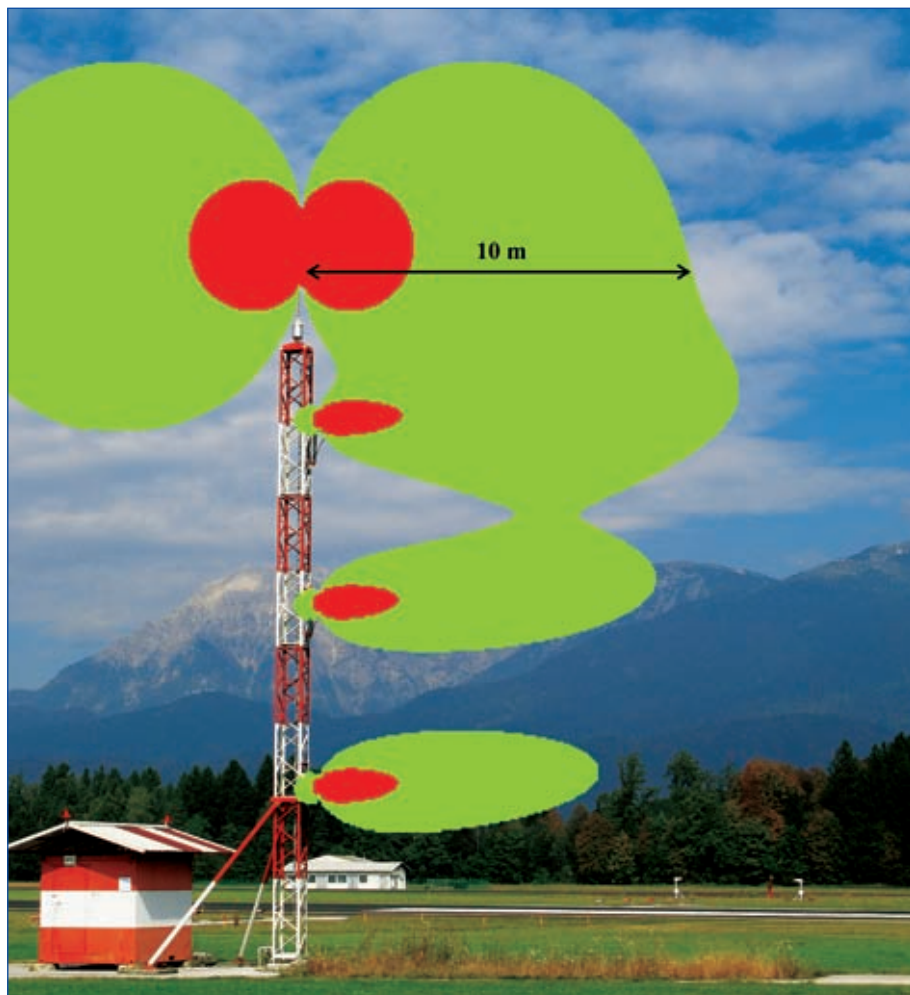
Ponavadi je naprava za merjenje razdalje nameščena skupaj z VHF vsesmernim radijskim oddajnikom (VOR) ali oddajnikom za določanje drsne poti, saj je pri navigaciji pomemben podatek za pilota, koliko je še oddaljen od določene navigacijske naprave ter koliko je oddaljen od mesta pristanka letala. Tipična oddajna moč naprave za merjenje razdalje, ki deluje v frekvenčnem območju med 962 in 1150 MHz, je 100 do 1000 W.



Slika 4: Naprava za merjenje razdalje (DME) na letališču Jožeta Pučnika je locirana na istem stebru kot naprava za določanje drsne poti (GP) (prejšnja slika).

Oddajnik za določanje drsne poti zaradi majhne oddajne moči povzroča majhna EMS. Predstavljena so na sliki 5. Mejne vrednosti za II. območje so presežene do 2,5 m od anten, za I. območje pa so presežene do oddaljenosti 8 m pred antenami. V okolici naprave za merjenje razdalje so mejne vrednosti za II. območje presežene do 3 m od anten, za I.

območje pa so presežene do oddaljenosti 10 m od anten. Ker se naprave za določanje drsne poti in naprave za merjenje razdalje nahajajo na stebrih in so od tal oddaljene več metrov, mejne vrednosti na območju, dostopnem ljudem, niso presežene.



Slika 5: Efektivne vrednosti električne poljske jakosti v okolici naprave za določanje drsne poti in naprave za merjenje razdalje v navpični ravnini skozi središče anten. Z rdečo barvo je prikazano vplivno območje za II. območje varstva pred sevanji, z zeleno pa za I. območje varstva pred sevanji.

NEUSMERJENI RADIJSKI SVETILNIK (NDB)

Neusmerjeni radijski svetilnik (angleško: Non Directional Beacon) je naprava, ki deluje podobno kot običajni svetilnik, le da namesto vidne svetlobe oddaja EMS. Na višini 5 do 15 m nad tlemi je nameščena oddajna antena, ki v vseh smereh oddaja EMS. Tipične oddajne moči znašajo do 100 W, vendar pa se v redko poseljenih območjih (Kanada...), kjer želijo z enim neusmerjenim radijskim svetilnikom pokriti široko območje, uporabljajo tudi močnejši. Neusmerjeni radijski svetilnik s pomočjo Morsejevih znakov oddaja tudi identifikacijsko kodo.

V letalstvu se uporabljajo kot referenčne točke za navigacijo. Posebna sprejemna antena na letalu določi smer, v kateri se nahaja neusmerjeni radijski svetilnik, kar služi pilotu pri vodenju letala.



Slika 6: Neusmerjeni radijski svetilnik (NDB) z anteno, nameščeno na drogovih (slika: www.wikipedia.org).

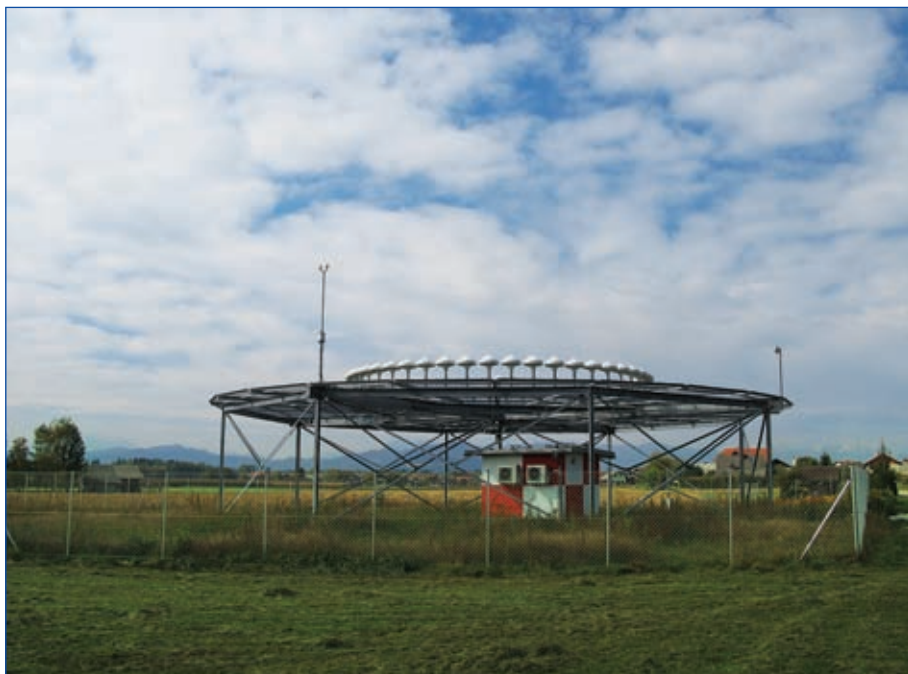
Neusmerjeni radijski svetilniki se nahajajo na več lokacijah v Sloveniji, vendar je njihov vpliv na okolje zaradi majhnih oddajnih moči majhen. Mejne vrednosti za II. območje so presežene do 0,7 m od anten, za I. območje pa so presežene do oddaljenosti 2 m od anten. Ker se antene neusmerjenega radijskega svetilnika nahajajo na stebrih in so od tal oddaljene 5 in več metrov, mejne vrednosti na območju, dostopnem ljudem, niso presežene.



Slika 7: Efektivne vrednosti električne poljske jakosti v okolici neusmerjenega radijskega svetilnika v navpični ravnini skozi središče anten. Z rdečo barvo je prikazano vplivno območje za II. območje varstva pred sevanji, z zeleno pa za I. območje varstva pred sevanji (slika: www.wikipedia.org).

VHF VSESMERNI RADIJSKI ODDAJNIK (VOR)

VHF vsesmerni radijski oddajnik (angleško: VHF Omnidirectional Radio Range) je naprava, ki jo podobno kot neusmerjeni radijski svetilnik uporabljajo letala za navigacijo. Na višini 3 do 10 m nad tlemi je nameščen sistem oddajnih anten, ki oddaja EMS. Oddan signal se glede na smer oddajanja spreminja, zato lahko naprave v letalu na podlagi analize sprejetega signala določijo smer. Sistem deluje s tipično oddajno močjo do 100 W pri frekvence med 108 in 118 MHz.



Slika 8: VHF vsesmerni radijski oddajnik (VOR) pri Šenčurju.

Mejne vrednosti za II. območje so presežene do 0,4 m od anten, za I. območje pa so presežene do oddaljenosti 3,0 m od anten. Ker se antene VHF vsesmernega radijskega oddajnika nahajajo na stebrih in so od tal oddaljene več metrov, mejne vrednosti na območju, dostopnemu ljudem, niso presežene.



Slika 9: Efektivne vrednosti električne poljske jakosti v okolici VHF vsesmernega radijskega oddajnika v navpični ravnini skozi središče anten. Z rdečo barvo je prikazano vplivno območje za II. območje varstva pred sevanji, z zeleno pa za I. območje varstva pred sevanji.



Slika 10: Efektivne vrednosti električne poljske jakosti v okolici VHF vsesmernega radijskega oddajnika v vodoravni ravnini v višini anten. Z rdečo barvo je prikazano vplivno območje za II. območje varstva pred sevanji, z zeleno pa za I. območje varstva pred sevanji.

TAKTIČNO NAVIGACIJSKO SREDSTVO (TACAN)

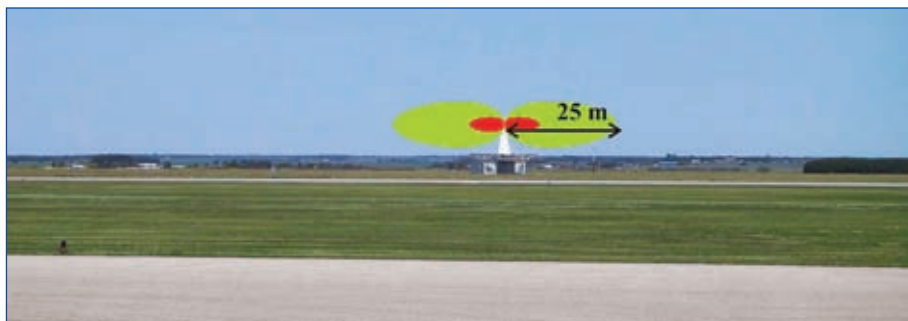
Taktično navigacijsko sredstvo (angleško: Tactical Air Navigation) je naprava, ki opravlja enako nalogo kot VHF vsesmerni radijski oddajnik in naprava za merjenje razdalje, le da je namenjen za vojaško uporabo. Oddajna antena je običajno nameščena na višini 8 do 10 m nad tlemi in oddaja EMS moči do 1000 W pri frekvenci 962 do 1213 MHz.

Kadar je VHF vsesmerni radijski oddajnik (VOR) nameščen skupaj s taktičnim navigacijskim sredstvom (TACAN), tako kombinacijo imenujemo VORTAC.



Slika 11: Taktično navigacijsko sredstvo (TACAN) ter izvedenka vsesmerne radijskega oddajnika (VOR), tako imenovani Doppler VOR ali DVOR združena na eni lokaciji. Skupna naprava se imenuje VORTAC (slika: www.wikipedia.org).

Kakor je razvidno iz slike 12, so mejne vrednosti v okolici taktičnega navigacijskega sredstva lahko presežene do 7,5 m za II. območje ter do 25 m za I. območje. Mejne vrednosti so presežene v snopu v višini oddajnih anten, na tleh pa zaradi usmerjenosti oddajnih anten mejne vrednosti niso presežene.



Slika 12: Efektivna vrednosti električne poljske jakosti v okolici taktičnega navigacijskega sredstva v navpični ravnini skozi središče anten. Z rdečo barvo je prikazano vplivno območje za II. območje varstva pred sevanji, z zeleno pa za I. območje varstva pred sevanji (slika: www.wikipedia.org).

OZNAČEVALNIKI (MRK)

Za navigacijo med vzletanjem in pristajanjem se uporabljajo tudi tako imenovani označevalniki (angleško: markers). To so oddajniki majhnih moči, tipično 1 do 4 W, ki oddajajo EMS pri 75 MHz navpično navzgor. Vsak označevalnik oddaja svojo identifikacijsko kodo, ki je označena tudi na zemljevidih. Sprejemnik na letalu zazna signal označevalnika in pilotu prenese določen zvočni signal. Tako pilot ve, da je preletel določen označevalnik. Nameščeni so na različnih oddaljenostih v osi vzletno-pristajalne steze, tako da pilot v letalu med vzletanjem in pristajanjem v primeru slabe vidljivosti ve, kje se nahaja. Lahko pa so nameščeni tudi drugje v bližini letališč, denimo v liniji obračalnega kroga (npr. WM-West Marker).

Zaradi majhne oddajne moči sega vplivno območje le nekaj deset cm od antene.



Slika 13: Oddajna antena označevalnika (MRK) na letališču Jožeta Pučnika, ki se nahaja vzhodno od vzletno-pristajalne steze.

naprava	oddajnik smeri	oddajnik za določanje drsne poti	naprava za merjenje razdalje	neusmerjeni radijski svetilnik	VHF vsesmerni radijski oddajnik	taktično navigacijsko sredstvo	označevalnik
velikost vplivnega območja							
I. območje	1,5 m	8,0 m	10,0 m	2,0 m	3,0 m	25 m	0,1 m
II. območje	0 m	2,5 m	3,0 m	0,7 m	0,4 m	7,5 m	0 m

Tabela 2: Velikosti vplivnega območja posameznih navigacijskih naprav

■ O BROŠURI

Za zagotavljanje varnega in nemotenega letalskega prometa je potrebno v prostor umestiti različne naprave in sisteme, ki so vir EMS. To bi lahko pri okoliških prebivalcih, velikokrat zaradi neznanja in neupravičeno, povzročilo nasprotovanje in odpor. Da bi bilo neznanja in neupravičenega nasprotovanja kar najmanj, smo v tej brošuri zbrali podatke o vseh navigacijskih napravah, ki se uporabljajo v letalstvu in so viri EMS. Poleg samih naprav so predstavljena tudi vplivna območja teh naprav. Vplivna območja so tista območja v bližini naprav, kjer so mejne vrednosti v skladu s slovensko zakonodajo presežene. Velja omeniti, da slovenska zakonodaja za nove vire sevanja v območjih s povečano stopnjo varovanja pred sevanji (I. območje) določa kar 10-krat strožje mejne vrednosti od mednarodno priporočenih, ki sovpadajo z mejnimi vrednostmi za II. območje. V brošuri so predstavljene vse naprave za navigacijo, ki se uporabljajo v letalstvu (oddajnik smeri, oddajnik za določanje drsne poti, neusmerjeni radijski svetilnik, VHF vsesmerni radijski oddajnik, naprava za merjenje razdalje, taktično navigacijsko sredstvo, različni označevalniki), razen radarja.

Ker je radar najmočnejši vir EMS, ki se uporablja za navigacijo, obenem pa se zaradi tehničnih lastnosti precej razlikuje od drugih virov, je njegova problematika obširneje predstavljena v ločeni brošuri.

■ O PROJEKTU FORUM EMS

Forum EMS je projekt, ki skrbi za objektivno, nepristransko in strokovno podprto komuniciranje o problematiki elektromagnetnih sevanj (EMS). Opira se izključno na znanstvene temelje in sledi izhodiščem vodilnih mednarodnih institucij s področja varovanja zdravja in okolja pred EMS. Namenjen je vsem, ki iščejo odgovore na pereče probleme s področja EMS. To so predvsem vladne in nevladne organizacije, lokalne skupnosti, gospodarske družbe, mediji, strokovnjaki različnih področij in seveda najširša javnost.

■ DODATNE INFORMACIJE

Vse dodatne informacije lahko najdete na domači strani projekta: www.forum-ems.si, ali pa jih prejmete po elektronski pošti, če nam pišete na naslov info@forum-ems.si. Obrnete se lahko tudi na svetovalno pisarno projekta Forum EMS na [telefon \(01\) 568 2732](tel:+38615682732), oziroma svoja vprašanja pošljete na naslov: Projekt Forum EMS, Pohorskega bataljona 215, 1000 Ljubljana.