



Fakulteta: Fakulteta za pomorstvo in promet, UL
Partnersko podjetje: Result, Računalniški sistemi d.o.o.

Rezultati projekta EMSDR (detektor): Ocenjevanje prisotnosti motečih EMS, ki vplivajo na promet

Poročilo skupine študentov FE in FPP o delu na projektu EMSDR PKP II:
(FE) Peter Miklavčič, Belma Šestan, Nikola Latković in
(FPP) Hana Lozej, Robert Magdič, Miha Vardijan, Matevž Moljk

Pedagoški mentorji: dr. Matej Bažec (FPP),
doc. dr. Boštjan Batagelj (FE) in dr. Franc Dimc (UL FPP)
Delovni mentor: mag. Marko Gombač (Result d.o.o.)
28.7.2015

Vsebina

Uvod	2
Ocenjevanje učinkov časovno/krajevne izrabe RF spektra na varno navigacijo vozila	2
Praktično ocenjevanja prisotnosti motilnikov na izbranih cestah	3
Laboratorijski preizkus RTL-SDR	4
Preizkus detektorjev EMSDR	5
Zajemi na izbranih terenih	6
Sestavljanje zbirke podatkov meritev RF spektra	8
Trenutna zbirka zapisov	8
Rezultati - ceste	9
Rezultati - Črnotiče	10
Neobičajnosti.....	11
Diskusija in sklepi.....	11
Princip vnaprejšnjega spremljanja potencialno nevarne rabe RF spektra v prometu.....	11
Detektiranje motenj	11
Spremljanje trenutne moči (jakosti) v pasovih mobilne telefonije.....	12
Sklepi	14
Poročilo za AKOS	15
Osnovni podatki	16
Dovoljenje za izvedbo.....	16
Rezultati in diskusija	19
Načrti	19
Literatura	20
Predstavitve projekta PKP EMSDR	20
Spletni viri.....	20
PKP EMSDR viri	20

Uvod

Pri projektu smo si zamislili razvoj poceni zajemalne merilne naprave za elektromagnetna sevanja (EMS) in začetek gradnje baze podatkov s temi napravami. Ker je razvoj naprave zašel iz zastavljenih okvirjev, smo se po srečanju projektne skupine 7. aprila odločili, da deloma spremenimo cilje projekta. V prijavi projekta smo si za cilj zadali oceno časovno/krajevne izrabe RF spektra oz. pokritosti ter pripravo baze za izogibanje področij, kjer je pokritost signala nezadostna za učinkovito komunikacijo vozila Car Sharing (CS) z zalednim informacijskim sistemom. Po do 2. srečanja dobljenih rezultatih poskusov in razpravi smo ugotovili, da je izbrana oblika programirljivega radia (RTL-SDR) manj primerna od mobilnih telefonov za doseg cilja, zato se je partnersko podjetje Result strinjalo in potrdilo, da je njihovem interesu, da se posvetimo bolj spremljanju potencialno nevarne rabe RF spektra v prometu (namerni motilniki GPS/GNSS), zaradi katerih so njihove storitve CS lahko ogrožene.



Slika 1. Večina udeležencev 2. srečanja projektne skupine PKP EMSDR 7. aprila na Fakulteti za elektrotehniko, UL. Manjka del udeležencev z Medicinske fakultete in predstavnik INIS. (foto: F. Dimc)

Ocenjevanje učinkov časovno/krajevne izrabe RF spektra na varno navigacijo vozila

Če vozniku, ki se močno zanaša na navigacijsko rešitev (npr. reševalec na nujni vožnji ali trgovski potnik v neznanem kraju), zaradi motenja izgine podatek o položaju, se mu lahko zaradi motenja lahko zelo podaljša čas prispetja na cilj. Motilniki GNSS v cestnih vozilih so celo že motili pristajalne naprave letal. Če je na navigacijsko rešitev navezana kakšna storitev (npr. cestninjenje), je izvedba te storitve lahko nemogoča.

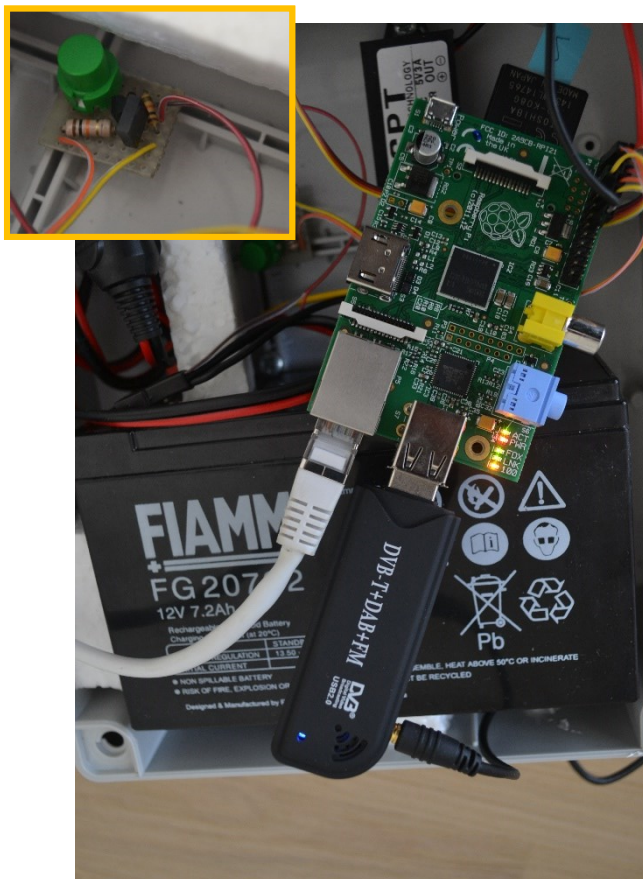
Sprejemnik GNSS potrebuje za zanesljivo navigacijsko rešitev določitve svojega položaja in hitrosti vsaj štiri dovolj časa prisotne in dovolj močne signale satelitov, ki so v njegovem nezastrem vidnem polju. V terenskih preizkusih smo iz načina delovanja GNSS sprejemnika opazili, da pri zaznanemu upadu **razmerja moči signalov C/N_0** enega od v navigacijski rešitvi

upoštevanih GNSS satelitov, izračun položaja postane nezanesljiv. Razmerje C/N_0 lahko upade vsaj zaradi dveh vzrokov: zaradi **naraščanja nivoja moči šuma N_0** , kar lahko povzroča bližnji dejaven motilnik ali zaradi upadanja moči nosilnega signala C , kar lahko povzroča zastrtje enega od satelitov, katerih signale sprejemnik GNSS trenutno uporablja za izračun položaja. Zastrtje satelita povzročajo objekti, ki se znajdejo v vmesnem prostoru med sprejemnikom in premikajočim se, več kot 20.000 km oddaljenim, GNSS satelitom.

Signal GPS je CDMA kodiran, kar pomeni da ima razširjen spekter, signal je širok 40MHz. Na razširjenem spektru signala, ki pa je po amplitudi le malo močnejši od šuma, je zato razmeroma lahko zaznati motilnike, za katere predvidevamo da oddajajo na ožjem pasu signal dosti večje moči, in jih tako lahko zaznamo, če zanesljivo prekoračijo nastavljeni prag. Detekcija takega dogodka je sicer nekoliko zahtevnejša, saj je RTL-SDR sposoben naenkrat zajeti pas širok največ 2 MHz. Poleg tega pa se zasedenost teh pasov lahko hitro spremeni in je iz samega močnostnega spektra včasih težko ugotoviti, ali je povečanje povzročil nenaden pojav EMS motnje ali pa sprememba pogojev sprejema regularnega signala.

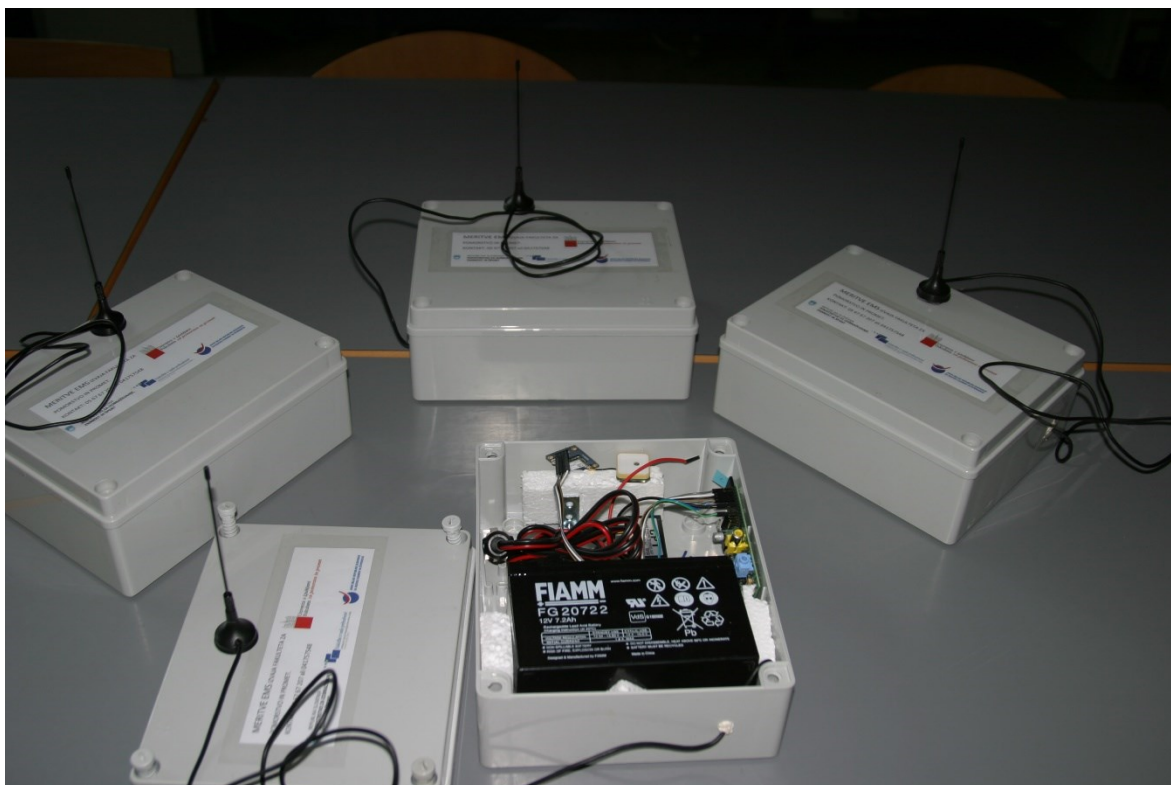
Praktično ocenjevanja prisotnosti motilnikov na izbranih cestah

V okviru projekta, v katerem smo za zaznavali prisotnost namernih motilnikov GNSS ob naših cestah, smo sestavili, usposobili, laboratorijsko kalibrirali in za zajem uporabili štiri detektorje EMSDR. Sestavljeni so iz poceni izvedbe programirljivega radia RTL-SDR (R820t) na platformi Raspberry-Pi (Slika 2). Za zagotovitev podatka o točnem času smo v detektor dodali še sprejemnik GPS, od katerega smo pridobili tudi podatek, ali je zabeleženo povečanje moči šuma (N) na opazovanem delu spektra.



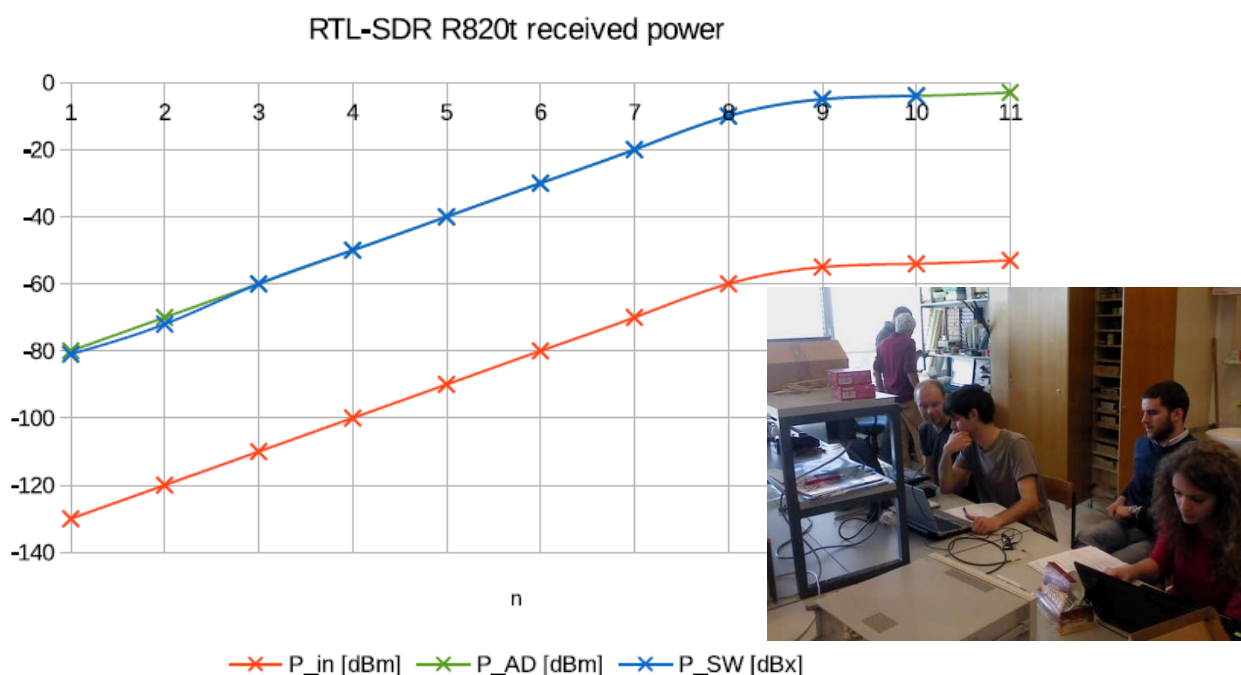
Slika 2: Sestava detektorja EMSDR. V okvirčku je prikazano vezje, ki nadzorovano izklopi detektor, če napetost baterije pade pod 11,5 V. (foto: F. Dimc)

Uporabljeni 7,2 Ah akumulator detektorju zagotavlja 10 urno delovanje, dodano pa ima tudi vezje za samodejni izklop, ko napetost napajalnika pade pod 11,5 V, s čimer zavaruje zbrane podatke pred degradacijo.



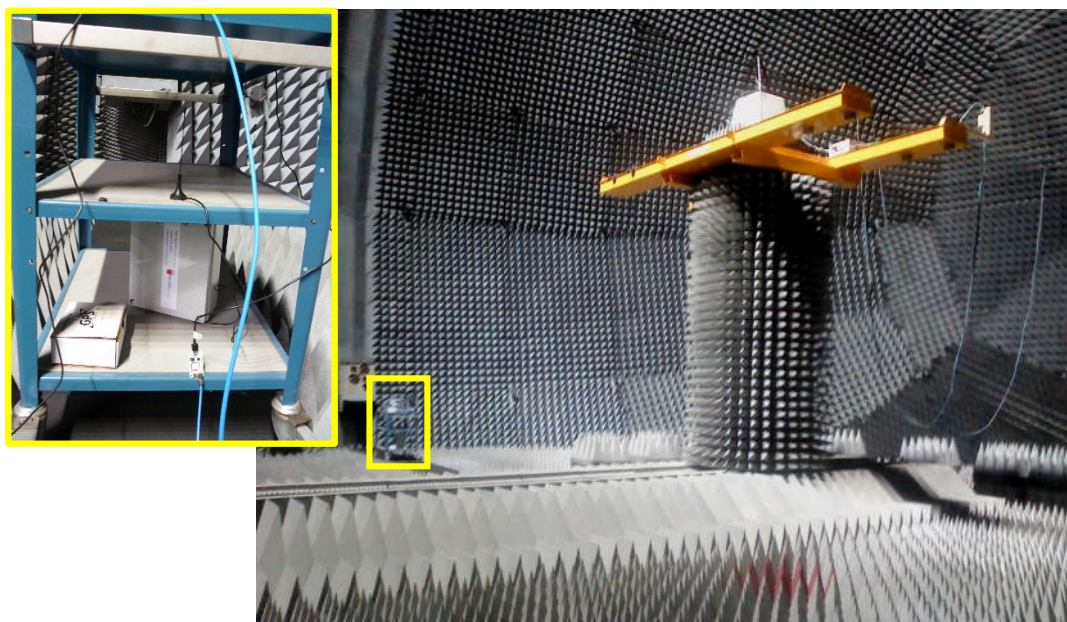
Slika 3. Štirje sestavljeni in na terenu uporabljeni detektorji EMSDR. (foto: F. Dimc)

Laboratorijski preizkus RTL-SDR Programirljivi radio v obliki RTL-SDR smo kalibrirali po frekvenci in po amplitudi (Slika 4). Primerjava nastavljene vrednosti generatorja P_{in} in z RTL-SDR zabeležene vrednosti P_{SW} kaže konstantno razliko, obenem pa so tudi vrednosti P_{SW} praktično enake izračunanim vrednostim na analogno-digitalnem pretvorniku P_{AD} .

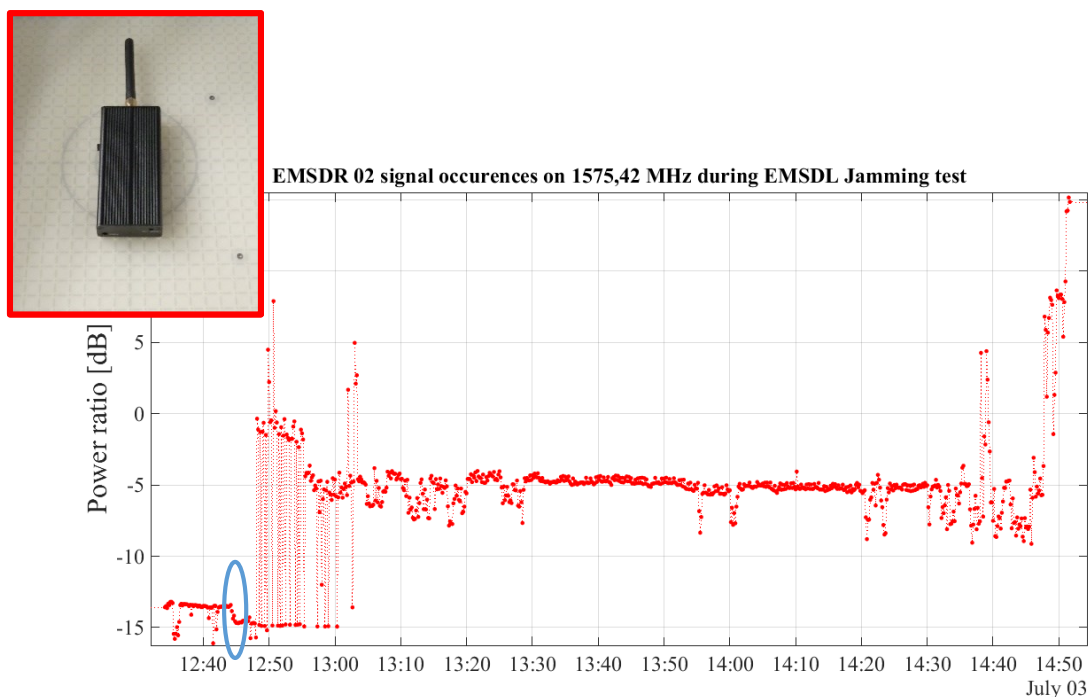


Slika 4. Rezultat laboratorijske meritve sprejete moči 21. aprila s signalnim generatorjem Agilent E4438C na frekvenci GPS L_1 (1575,42 MHz), LSO, UL FE - pripravil P. Miklavčič.

Preizkus detektorjev EMSDR Občutljivost prototipnega detektorja EMSDR na dejanske namerne motnje GNSS smo laboratorijsko preizkusili najprej v European Microwave Signature Laboratory (EMSL), EC JRC, Ispra, na terenu pa z dovoljenjem Agencije za komunikacijska omrežja in storitve Republike Slovenije (AKOS) tudi na cestnem odseku nad Črnotičami (glej priloženo Poročilo za AKOS). Namesto zgolj izposoje motilnikov so nam v EC JRC, Ispra pomagali kar s sodelovanjem pri terenskem preizkusu.



Slika 5. Preizkus detektorja EMSDR 3. julija 2015 v EMSL, EC JRC, Ispra. (foto: F. Dimc)

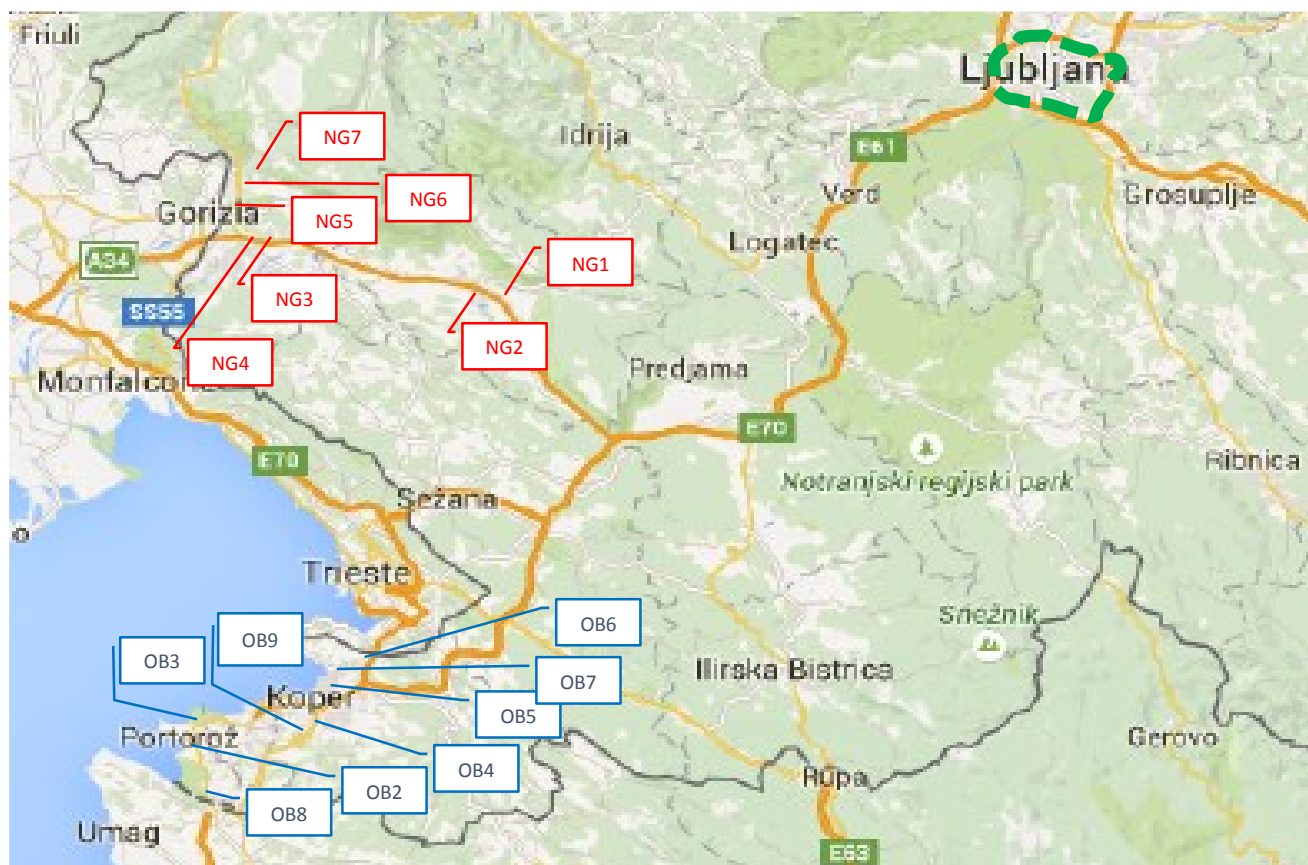


Slika 6. Rezultati preizkusa v EC JRC, Ispra. Levo: uporabljeni GNSS motilnik. (F. Dimc)

Laboratorijski preizkus je pokazal, da se detektor odziva na prisotnost vklopljenega motilnika GNSS. Z upadom nivoja šuma se je odzval na zaprtje vrat EMSL ob 14:44 (v modrem ovalu, Slika 6), nenadno povečanje razmerja moči pa pripisujemo vklopu motilnika ob 12:48.

Zajemi na izbranih terenih Zajem sevanj v prometu na frekvenci GPS L₁ z detektorji EMSDR je potekal na mestih, ki so bila v projektu sodelujočim študentom dostopna in so jih v zgodnji pomladi (marec, april) določili tudi s sodelovanjem partnerskega podjetja Result d.o.o. s pomočjo beleženja stanj števnikov prometa s spletne strani www.promet.si.

S statistiko periodičnosti pojavov nizke hitrosti, razmika med vozili in velikega števila vozil na uro smo določili zanimiva mesta in obdobja za postavitev detektorjev EMSDR. Zajeme smo predvideli na Goriškem, v Slovenski Istri in na ljubljanskem avtocestnem obroču.

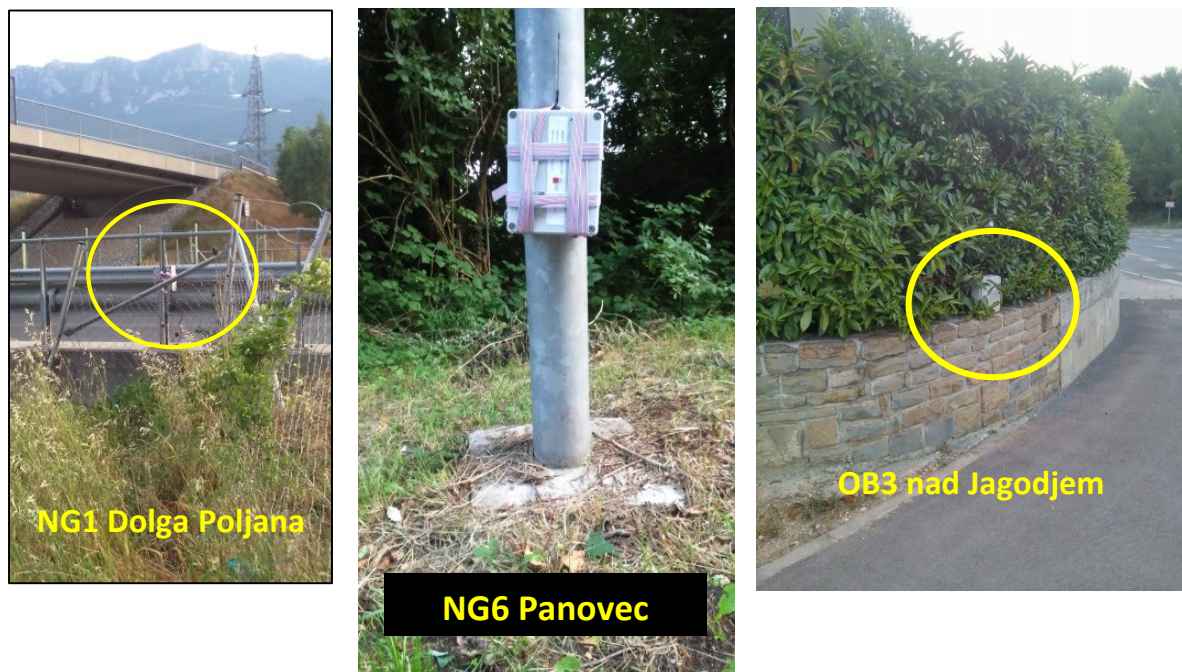


Slika 7. Zemljevid postavitve detektorjev EMSDR ter skica obhoda ljubljanskega avtocestnega obroča (Glej poročilo EMSDR (zdravje)). (Google zemljevidi).

Od policije smo dobili dovoljenje za postavitev detektorjev v bližino cest. Dejanska mesta zajema smo določili s terenskim pregledom v bližini števnikov prometa in upali, da bodo detektorji ostali na svojih mestih ves predvideni čas zajema – kar tudi so.

Na ljubljanskem obroču je skupina z MF s podjetjem INIS izvedla profesionalno meritev EMS (glej Poročilo EMSDR (zdravje)), zaradi v času trajanja projekta premajhnega števila detektorjev načrtujemo zajeme na tem območju v predvidenem nadaljevanju projekta. Izvedli smo primerjalno merjenje ozadja (šuma) z detektorjem EMSDR, za primerjavo pa smo uporabili spektralni analizator Narda SRM 3006 partnerske organizacije INIS (glej Poročilo EMSDR (zdravje)).

Zaradi telefonske številke, ki smo jo zapisali na pokrov detektorja, nas je med občestno košnjo trave na najdbo detektorja EMSDR enkrat opozorilo le Cestno podjetje Koper.



Slika 8. Primeri postavitve detektorjev EMSDR na **(NG1)** H4 Dolga poljana pod viaduktom, v neposredni bližini hitre ceste H4 14.junij od 5:45 do 15:00, pred predorom Panovec **(NG6)** na steber tik pred predorom, kjer je največ prometa 25. junij 5:45 do 15:00, **(OB3)** nad Jagodjem ob cesti 111 15. julij 7:00 do 16:00 (foto: H. Lozej in R. Magdič)

...

2015,06,09,22,11,09,-11.9
2015,06,09,22,11,20,-11.98
2015,06,09,22,11,30,-12.01
2015,06,09,22,11,40,-12.18
2015,06,09,22,11,50,-12.38
2015,06,09,22,12,00,-12.15
2015,06,09,22,12,10,1.78
2015,06,09,22,12,20,1.60
2015,06,09,22,12,30,0.98
2015,06,09,22,12,40,1.08
2015,06,09,22,12,50,0.74
2015,06,09,22,13,00,0.62
2015,06,09,22,13,10,0.72
2015,06,09,22,13,20,0.80
2015,06,09,22,13,30,0.65
2015,06,09,22,13,40,1.24
2015,06,09,22,13,50,1.55
2015,06,09,22,14,00,1.75
2015,06,09,22,14,10,2.01
2015,06,09,22,14,20,0.77
2015,06,09,22,14,30,0.83
2015,06,09,22,14,40,0.99
2015,06,09,22,14,50,1.41
2015,06,09,22,15,00,0.60
2015,06,09,22,15,10,0.51
2015,06,09,22,15,20,0.37
2015,06,09,22,15,30,0.25
2015,06,09,22,15,40,0.30

...

Tabela 1. Del zapisa razmerja moči detektorja EMSDR_02.

Zapisi detektorja EMSDR (Tabela 1) vsebujejo datum in čas odčitka ter zaznano vrednost razmerja moči v frekvenčnem pasu $1575,42 \text{ MHz} \pm 1 \text{ MHz}$ v decibelih glede na referenčno vrednost. Na spominskem mediju so zabeleženi tudi odčitki sprejemnika GPS v detektorju, ki je poskrbel za podatek o točnem času, obenem pa tudi za zabeleženo okoliščin satelitske navigacije na mestu detektorja EMSDR (Tabela 2). V t.i. stavkih NMEA sta poleg časa zabeležena položaj in hitrost detektorja, ki ju je izračunal sprejemnik (GNRMC, GNGGA, GNGLL, GNVTVG), in podatke o trenutno uporabljenih satelitih (GLGSV, GNGSA), katerih podatke je sprejemnik upošteval v izračunu položaja detektorja.

```
...
$GNRMC,114839.00,A,4533.48338,N,01353.75232,E,0.072,,140715,,,A*6B
$GNVTG,,T,M,0.072,N,0.132,K,A*38
$GNGGA,114839.00,4533.48338,N,01353.75232,E,1,10,1.18,435.7,M,43.3,M,,*4C
$GNGSA,A,3,14,29,02,31,25,12,,,,,,,,1.69,1.18,1.21*12
$GNGSA,A,3,74,83,84,85,,,,,,,,1.69,1.18,1.21*11
$GPGSV,4,1,14,02,32,054,33,05,05,097,26,06,01,031,,10,04,044,25*76
$GPGSV,4,2,14,12,36,099,37,14,12,236,17,21,16,188,,24,04,158,*74
$GPGSV,4,3,14,25,75,071,38,26,09,293,,29,77,256,37,31,43,303,12*7E
$GPGSV,4,4,14,33,30,218,,39,36,164,*78
$GLGSV,3,1,09,66,00,326,,67,06,012,,68,00,060,,73,21,146,*61
$GLGSV,3,2,09,74,74,150,32,75,47,323,18,83,22,039,20,84,76,024,27*6F
$GLGSV,3,3,09,85,48,227,31*58
$GNGLL,4533.48338,N,01353.75232,E,114839.00,A,A*71
$GNTXT,01,01,01,NMEA unknown msg*46
$GNTXT,01,01,01,NMEA unknown msg*46
$GNTXT,01,01,01,NMEA unknown msg*46
$GNTXT,01,01,01,NMEA unknown msg*46
$GNTXT,01,01,01,NMEA unknown msg*46
$GNRMC,114840.00,A,4533.48337,N,01353.75227,E,0.105,,140715,,,A*6F
$GNVTG,,T,M,0.105,N,0.194,K,A*35
$GNGGA,114840.00,4533.48337,N,01353.75227,E,1,10,1.18,435.7,M,43.3,M,,*49
$GNGSA,A,3,14,29,02,31,25,12,,,,,,,,1.69,1.18,1.21*12
$GNGSA,A,3,74,83,84,85,,,,,,,,1.69,1.18,1.21*11
$GPGSV,4,1,14,02,32,054,33,05,05,097,27,06,01,031,,10,04,044,25*77
$GPGSV,4,2,14,12,36,099,38,14,12,236,17,21,16,188,,24,04,158,*7B
$GPGSV,4,3,14,25,75,071,38,26,09,293,,29,77,256,38,31,43,303,14*77
$GPGSV,4,4,14,33,30,218,,39,36,164,*78
$GLGSV,3,1,09,66,00,326,,67,06,012,,68,00,060,,73,21,146,*61
$GLGSV,3,2,09,74,74,150,32,75,47,323,19,83,22,039,19,84,76,024,27*64
$GLGSV,3,3,09,85,48,227,31*58
$GNGLL,4533.48337,N,01353.75227,E,114840.00,A,A*74
...
```

Tabela 2. Del zapisa sprejemnika GPS vgrajenega v detektor EMSDR_02, kolikor ga je zabeleži v dveh sekundah zapisovanja.

Študentje so pred začetki zajemov dobili navodila, kako naj detektor EMSDR vključijo, kako ga pravilno in varno namestijo na izbrano mesto ter kako ga po odstranitvi z mesta zajema pravilno izključijo.

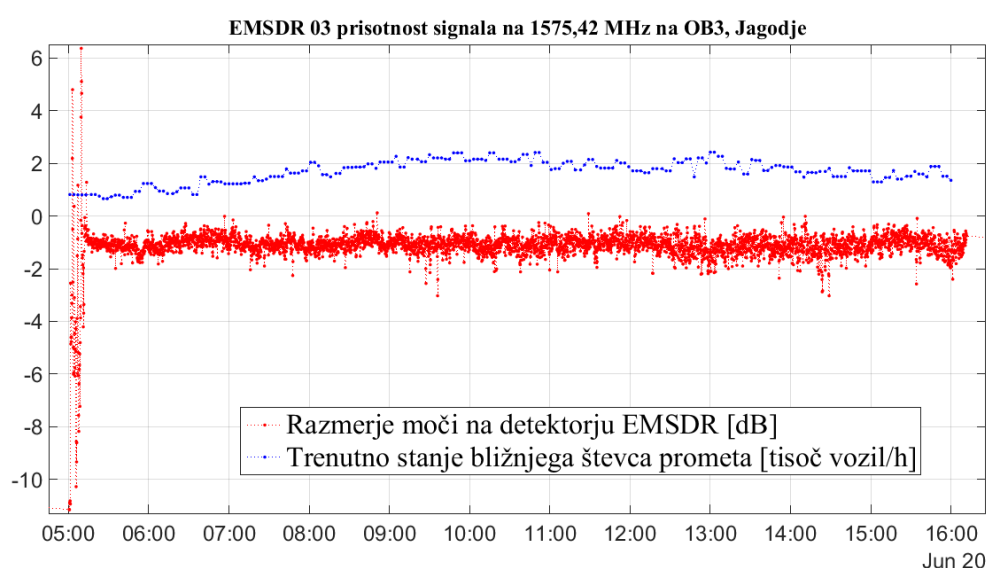
Sestavljanje zbirke podatkov meritev RF spektra

V začetku junija smo začeli z zajemi podatkov o prisotnosti signalov nad nivojem šuma na frekvenčnem pasu GPS L1.

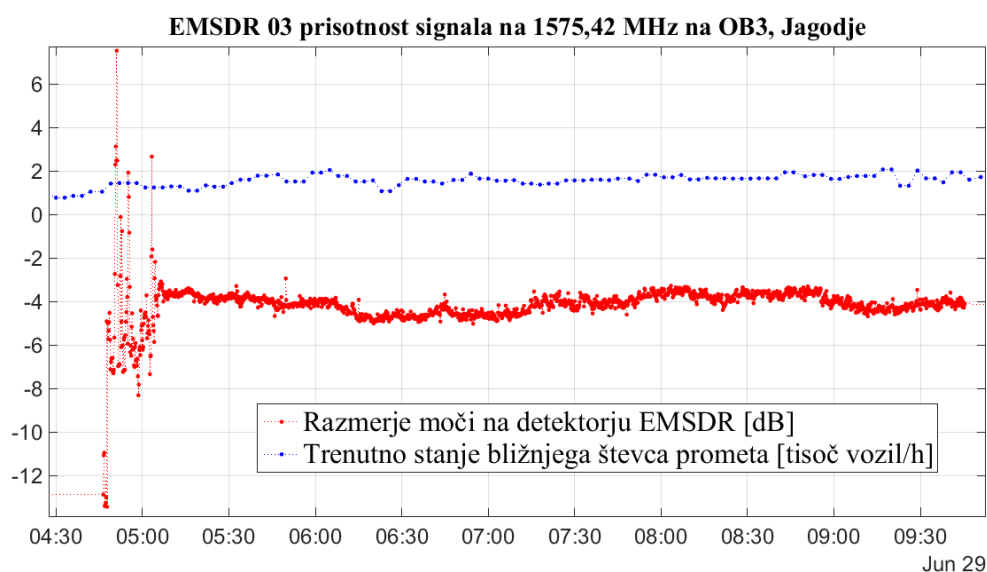
Trenutna zbirka zapisov Detektorje EMSDR smo pustili na izbranih mestih skupaj približno 280 ur, zaradi tehničnih ovir v neobičajnih razmerah pa je na pomnilnikih v detektorjih ostalo zabeleženih za približno 180 ur zapisov. Za vsak zapis imamo znan čas, kraj in tedaj izmerjeno razmerje moči signala, za približno četrtino zapisov pa tudi podatke iz vgrajenih sprejemnikov GPS.

Rezultati - ceste V rezultatih opazamo nihanja zabeleženih vrednosti razmerja moči takoj po vklopu detektorja EMSDR, ki jih prisujemo ogrevanju RTL-SDR. Časi opaženih nihanj po vklopu naprav znašajo od 11 do 36 minut in niso značilno vezani na posamezne RTL-SDR naprave, opazamo pa povezavo med delom dneva, ko smo napravo vklopili in trajanjem nihanja. Po jutranjih vklopih, ponavadi okoli 7. ure po lokalnem času, je nihanje trajalo vsaj 25 minut, medtem ko po popoldanskem ali večernem vklopu nismo zabeležili več kot 16 minut nihanja razmerja moči. V primerjalni meritvi ozadja z detektorjem EMSDR in s primerjalnim INIS-ovim spektralnim analizatorjem smo detektor vklopili 30 minut pred vklopom spektralnega analizatorja.

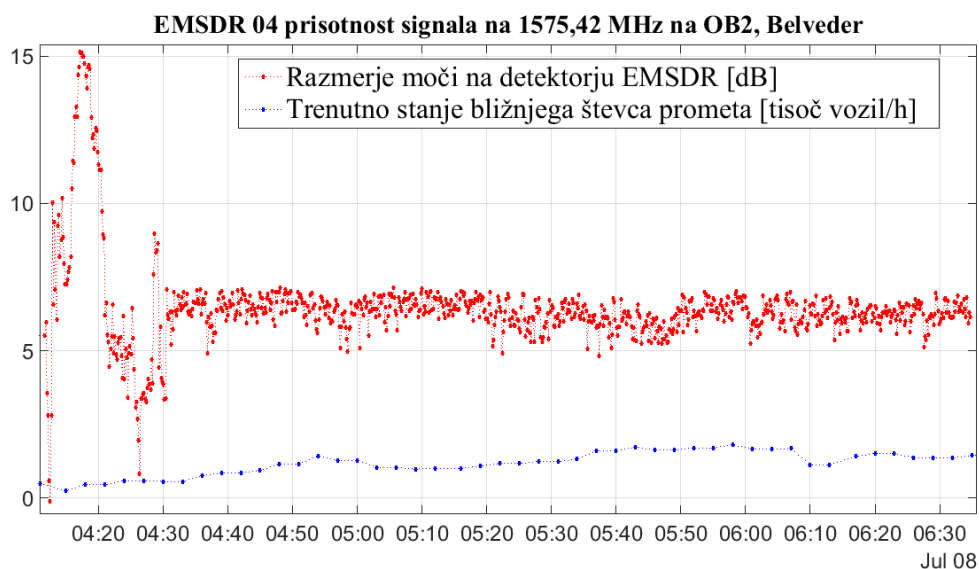
Po umiritvi nihanj sledimo na slikah od 9 do 12 zaznavanju šuma, ki ga edinole na sliki 12 zmoti osamljena konica. Potekom razmerja moči smo dodali še sočasne vrednosti pretoka vozil z najbližjega števника, za katerega smo zbrali podatke z www.promet.si.



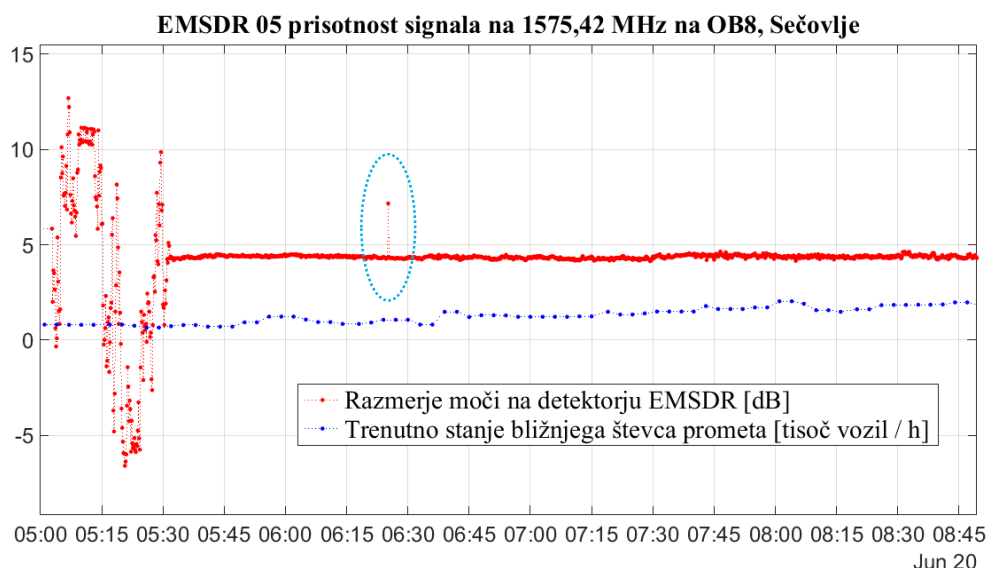
Slika 9. Zajem razmerja moči 20. junija z detektorjem 03 in stanje bližnjega števca prometa



Slika 10. Zajem razmerja moči 29. junija z detektorjem 03 in stanje bližnjega števca prometa



Slika 11. Zajem razmerja moči 8. julija z detektorjem 04 in stanje bližnjega števca prometa



Slika 12. Zajem razmerja moči 20. junija z detektorjem 05 in stanje bližnjega števca prometa

Rezultati - Črnotiče Na cesti nad Črnotičami smo s kontroliranim pristopom preizkušali občutljivost detektorja EMSDR na dejansko prisotne motilnike GPS v naravnem okolju (glej poročilo za AKOS). Slika A.6 v poročilu kaže, da kljub ne najbolj točnemu in natančnemu prototipnemu merilniku, dobljeni rezultati izkazujejo določeno informativnost. Zelo je opazna povečana aktivnost okoli 12. ure, ko smo začeli meriti z najmočnejšimi motilniki. Prav tako je opazna cca. 10-minutna "tišina" pred začetkom in po koncu merjenja, verjetno posledica "sestanka" na lokaciji pred začetkom in koncem merjenja, kjer je prišlo do večje izpostavljenosti merilnikov motilnikom. So pa rezultati meritve iz naprave RTL-SDR (zelena črta) med tema dvema odmoroma nasprotni od pričakovanj in zahtevajo dodatno raziskovanje obnašanja take naprave. Vseeno se okoli 12. ure opazi večja aktivnost oziroma večji raztros rezultatov meritev iz RTL-SDR, kar nakazuje na to, da so rezultati verjetno vsaj delno uporabni.

Neobičajnosti Detektorji EMSDR so bili preizkušeni tudi v neobičajnih razmerah, na primer v močnem deževju je bila škatla detektorja po višini do polovice v vodi. Detektorje so bili preizkušeni tudi na neobičajen način: a) antena sprejemnika GPS je bila obrnjena v zemljo namesto v zrak, s čimer smo preizkusili kako deluje Raspberry-Pi v slabih pogojih sprejema signalov satelitov GNSS, b) poskusili smo polniti akumulatorske baterije s prevelikim tokom, s čimer so preizkusili varovalko v vtikaču polnilnika, c) polnili smo tudi z manjšim tokom samo 2 h namesto dogovorjenih 10 h, s čimer smo preizkusili koliko časa deluje detektor s premalo napolnjeno baterijo ter ugotovili, da se sam izklopi tako, da se pred tem odjavi in izmerjeni podatki ostanejo zabeleženi, č) ob nepravilnem izklopu detektorja smo se tudi prepričali, da se ob naslednjem vklopu rezultati zapisujejo z nepravilnim datumom in časom, kar povzroča težave z interpretacijo rezultatov.

Diskusija in sklepi Med terenskimi zajemi smo opazili, da je ojačitev vhodnega signala nestabilna (do nekaj dB) tudi po začetnem vnihanju in je odvisna od večih dejavnikov. Med glavnimi dejavniki menimo, da je temperatura programirljivega radia v obliki RTL-SDR. Zato smo se omejili na detekcijo odstopanj od običajnih sevalnih vrednosti, namesto na merjenje absolutne vrednosti sevanja. Detektorji EMSDR so v nepredvidenih okoliščinah pokazali svoje omejitve, kar moramo v obravnavi rezultatov upoštevati, pomanjkljivosti smo deloma že odpravili. Kvaliteta bi se torej v želenem nadaljevanju izvajanja projekta najlažje izboljšala z izpopolnjenim zajemom. V želenem nadaljevanju projekta bomo ob bolj doslednem upoštevanju osnovnih navodil in na osnovi laboratorijskih in terenskih modelov motenj poskusno uvedli tudi sprotno alarmiranje v času zaznavanja motilnim signalom podobnih pojavov.

Princip vnaprejšnjega spremljanja potencialno nevarne rabe RF spektra v prometu

V sklop potencialno nevarne rabe RF spektra v prometu prištevamo namerna motenja v RF pasovih, ki jih potrebuje voznik za varno vožnjo in nerazumno rabo mobilnih telefonov. Za opozarjanje voznika na trenutno potencialno nevarnost, je možno detektirati motnje v pasovih GPS in mobilne telefonije ter natančno spremljati nihanja moči signala v pasu mobilne telefonije.

Detektiranje motenj Sateliti sistema GPS oddajajo svoj (regularni) signal po svojem celotnem zelo širokem pasu GPS precej enakomerno, podobno šumu, kar je značilnost CDMA kodiranja. Motilniki GPS/GNSS vnašajo v RF spekter ozkopasovne signale, s katerimi v pasu GPS dvigujejo amplitudo. Detektiranje motenj z RTL-SDR sproti izvajamo tako, da s programom freqwatch vnesemo opazovani frekvenčni pas, s čimer lahko v njem zaznavamo izjemne dvige nivoja iz česar sklepamo, da smo zaznali motilnik.

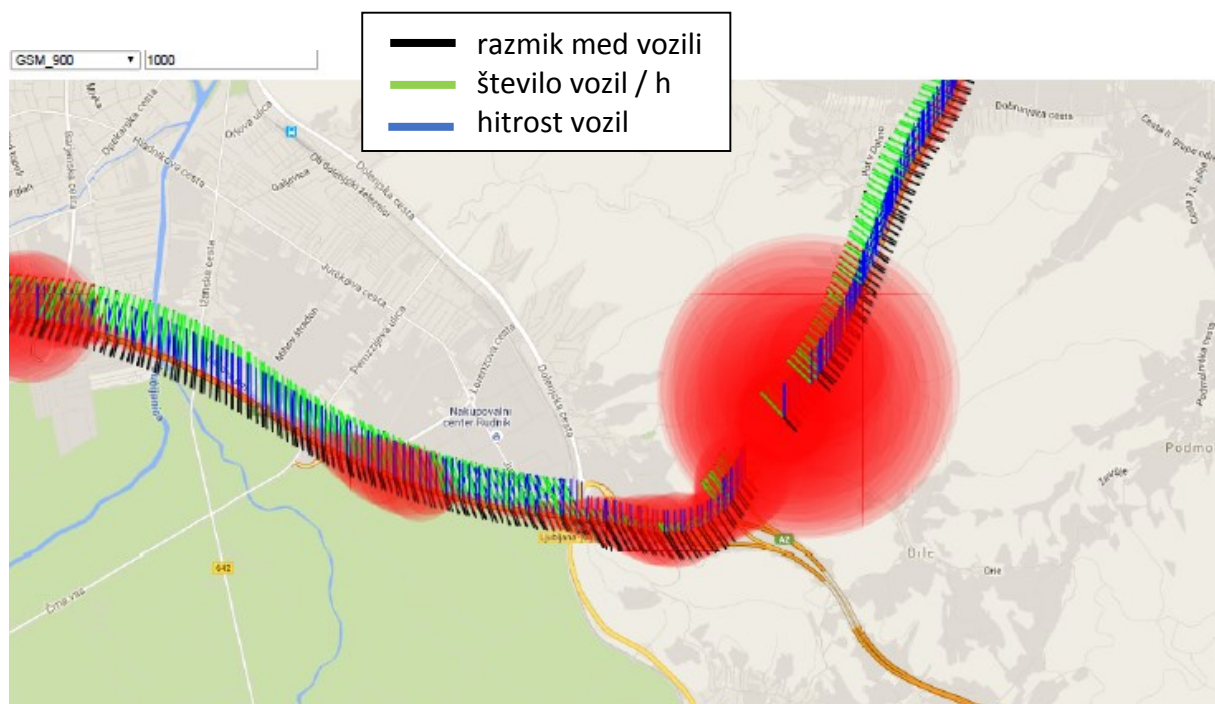
Detektiranje motenj v območju GSM je zahtevnejše. Ko se približujemo aktivnemu motilniku GSM pričakujemo, da bo moč regularnega signala glede na moč motnje opazno upadla. Za odkrivanje morebitnih motilnih signalov na frekvenčnih pasovih storitev mobilne telefonije (GSM, UMTS, LTE ipd.) se moramo zavedati, da regularni signali niso podobni šumu kot pri GPS. Poleg opazovanja spremembe amplitude bi za detekcijo motnje morali sproti izvajati tudi detekcijo oblike signalov. Zaradi specifične modulacije imajo regularni signali mobilne telefonije precej karakteristično obliko, ki se precej razlikuje od spektra motilnikov.

Opisani posebnosti detektiranja motilnih signalov se pridružuje še narava signalov mobilne telefonije, ko so zaradi premikajočih se telefonov sprejeti signali sestavljeni iz naključnih odbojev od prisotnih objektov in zato lahko že samo zaradi majhne spremembe lokacije antene (še posebej pri vožnji) moč signala opazno niha.

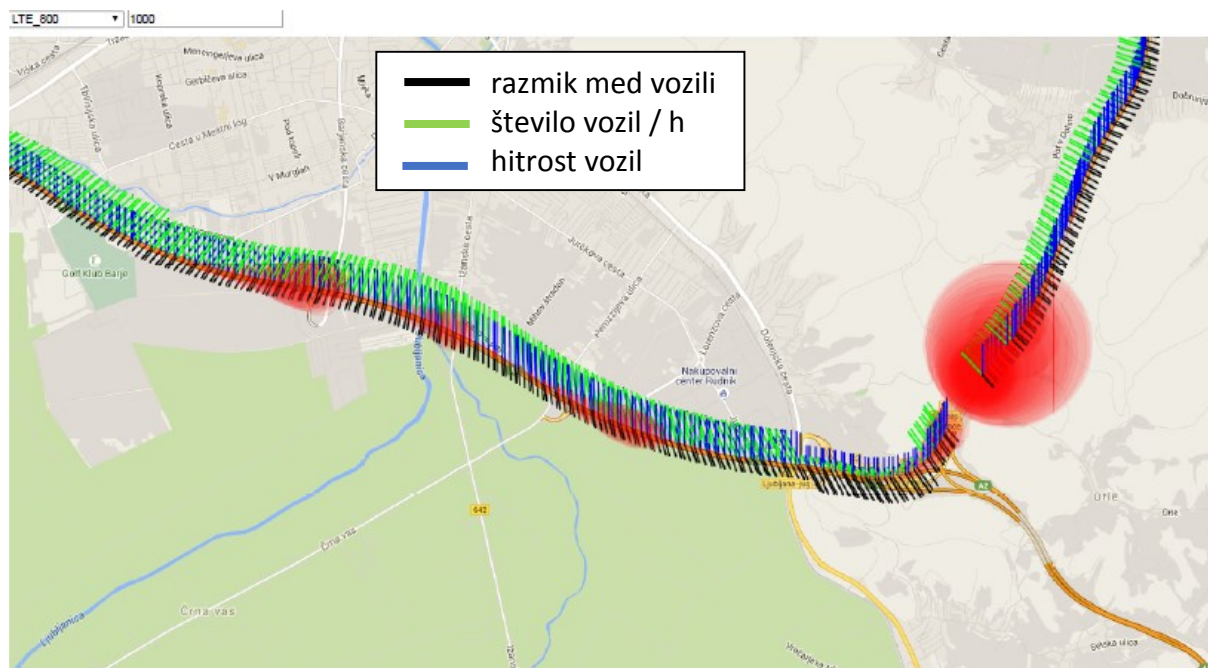
Spremljanje trenutne moči (jakosti) v pasovih mobilne telefonije Polje EMS na opazovanem območju ali celo v izbrani točki se na splošno zelo spreminja, saj sevalno moč baznih postaj uravnavata število in oddaljenost aktivnih mobilnih naprav in seveda prisotnost mobilnih naprav. Če z mobilno napravo izmerimo nenadno izredno povečanje električne poljske jakosti v enem frekvenčnem pasu, ki presega pričakovano spremenljivost zaradi odbojev signalov, verjetno prihajamo v območje, ki zaradi večjega števila prisotnih aktivnih naprav zahteva močnejše polje. Če izredno povečanje opazimo na cesti, stran od večjih koncentracij mobilnih uporabnikov, pri nižjih hitrostih vozil, smo morda v območju rabe mobilnih naprav med vožnjo, kar potencialno zmanjšuje varnost naše vožnje.

Ker meritev z detektorjem EMSDR še nismo izvajali, se opiramo na rezultate, ki so jih zabeležili člani projektne skupine med meritvijo 5. junija na ljubljanskem avtocestnem obroču med popoldansko prometno konico. Na izbranih 1300 mestih so izmerili trenutne vrednosti električne poljske jakosti (E) (glej poročilo EMSDR (zdravje)).

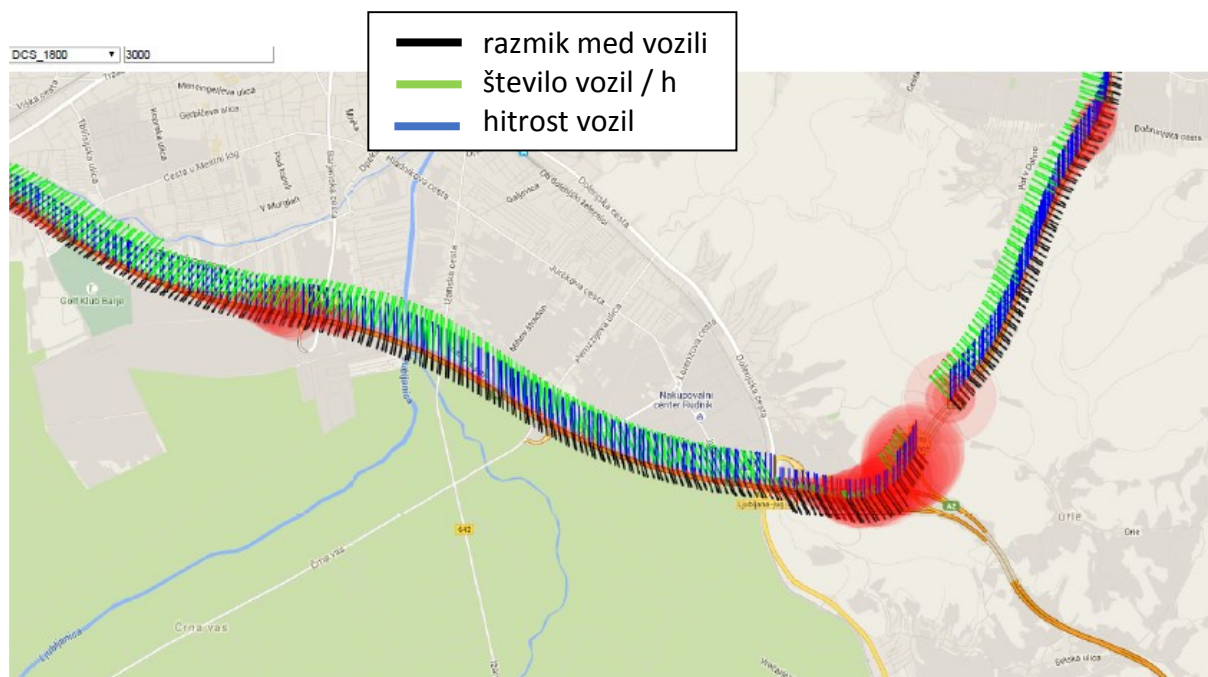
Na slikah 13 do 16 smo vsaki od izmerjenih vrednosti E priredili tedanja stanja najbližjih števecv prometa. Zaradi preglednosti in zanimivosti pojavov ob in v predoru Golovec smo se omejili le na prikaz podatkov v manjšem območju okoli razcepa Ljubljana-Rudnik.



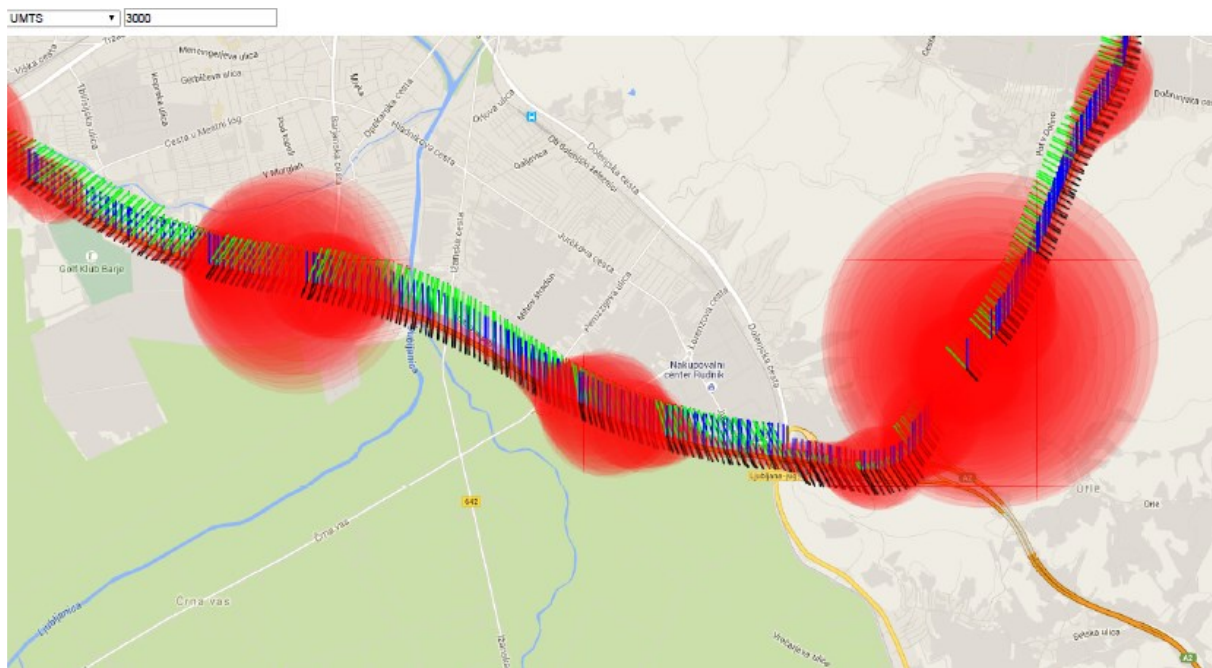
Slika 13. Prikaz trenutnih parametrov prometnega toka in E na pasu GSM_900 (obdelava podatkov - Result, rezultati E - INIS)



Slika 14. Prikaz trenutnih parametrov prometnega toka in E na pasu LTE_800 (obdelava podatkov - Result, rezultati E - INIS)



Slika 15. Prikaz trenutnih parametrov prometnega toka in E na pasu DSC_1800 (obdelava podatkov - Result, rezultati E - INIS)



Slika 16. Prikaz trenutnih parametrov prometnega toka in E na pasu UMTS (obdelava podatkov - Result, rezultati E - INIS)

Sklepi V želenem nadaljevanju našega projekta smo pripravljeni na sprotno zaznavanje motenj v pasu GPS, opazovanje moči v pasovih mobilne telefonije, računamo tudi na kombiniranje obeh podatkov s stanji števecv prometa.

Poročilo za AKOS

Poročilo o opravljenih meritvah

Preizkus zaznavanja motilnikov GNSS na cestnem odseku nad Črnotičami

Pripravil: dr. Franc Dimc, Fakulteta za pomorstvo in promet, UL

V Portorožu, 23. julija 2015

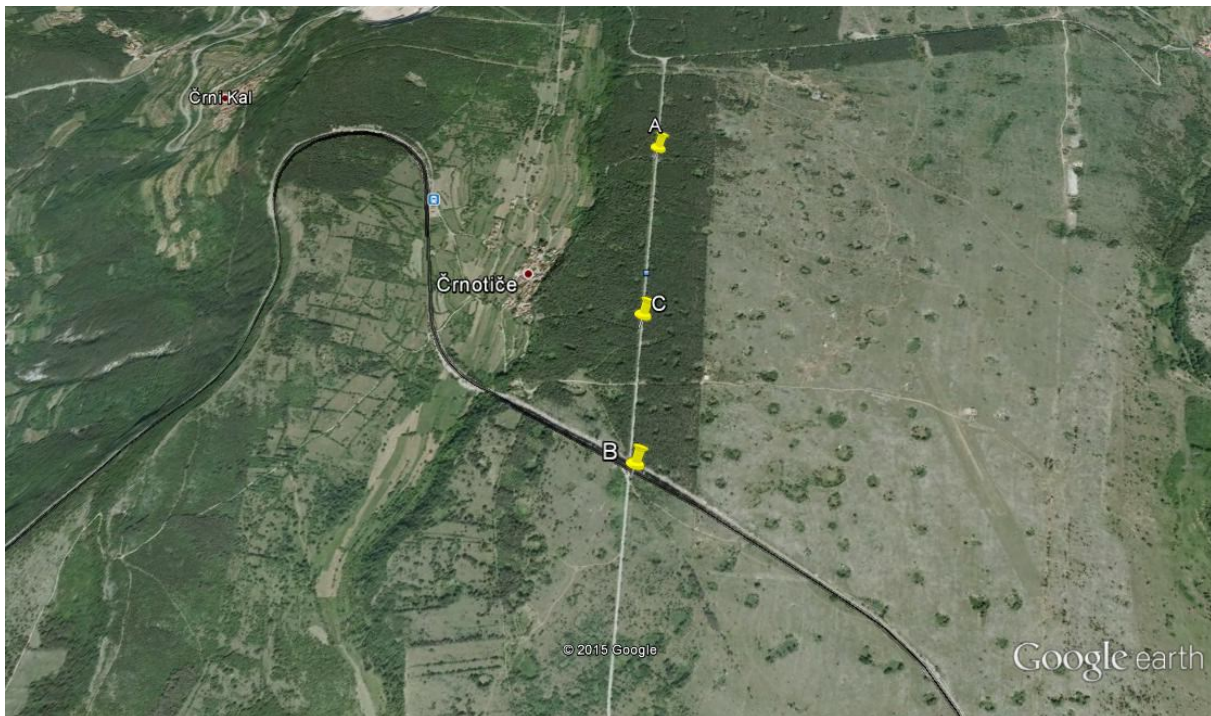
Osnovni podatki 14. julija 2015 smo med 10:00 in 16:30 s pomočjo motilnikov GNSS, ki sta jih prinesla kolega iz EC JRC, Ispra preizkusili občutljivost naprave s programirljivim radijem (detektor EMSDR) in zanesljivost zaznavanja podobne naprave kolegov iz EC JRC na odseku lokalne ceste z oznako 623 (glej Sliko A.1). Detektor EMSDR smo sestavili in usposobili za zaznavanje izvorov elektromagnetnih sevanj v okviru študentskega projekta Po kreativni poti do znanja, ki traja od 1. februarja do 31. julija in ga delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada. Izvaja se v okviru neposredne potrditve operacije-programa »Po kreativni poti do praktičnega znanja« Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti ter prednostne usmeritve 1.3 Štipendijske sheme.



Slika A.1. Uporabljeni cestni odsek ceste 623 nad Črnotičami (pogled od JV proti SZ)

Dovoljenje za izvedbo Preizkuse nam je 9. junija AKOS odobril kot podporo namenom ECC/REC/(04)01 o 'Prepovedi trženja in uporabe motilnih radijskih oddajnikov v državah članicah CEPT'. Odgovorna pravna oseba za preizkuse nad Črnotičami je bila Fakulteta za pomorstvo in promet, tehnično sem meritve vodil avtor poročila in v ta namen sporočil na AKOS številko svojega mobilnega telefona. Odobritev je bila izdana z navodilom, da je 'Zaradi zmanjšanja vpliva na uporabo GPS sprejemnikov zaželeno čim manjše geografsko področje vpliva meritev.' Navodilo smo upoštevali in uporabili odsek ceste, ki ga z obeh strani vozišča zaslanja borov gozd (Slika A.1).

Cestni odsek s potencialnim vplivom, dolg 1,1 km, smo določili po postavitvi najmočnejšega motilnika v točko C (Slika A.2).



Slika A.2: Mesta postavitve opozorilnih tabel (A, B) in položaj 'baze' (C).

Območje, v katerem smo z najobčutljivejšim detektorjem še zaznali motilni signal tega motilnika, smo jasno (v točkah A in B, Slika A.2) označili s tablama 'meritve prometa'. IZVEDBA V preizkusu smo uporabili tri različne motilnike GNSS, ki smo jih pred tem (3. julija) že preizkusili v za radijske valove brezodmevnem laboratoriju (EMSL) v Ispri in jih razvrstili po moči.

Nad Črnotičami smo izvedli dve vrsti preizkusov:

- I. prevažanje detektorja EMSDR med točkama A in B z mirujočim motilnikom v C in
- II. preizkus z mirujočim detektorjem EMSDR v točki C in prevažanjem vključenega motilnika med A in B, pri hitrostih 50 km/h in 90 km/h.

V bližini vključenega motilnika GNSS smo poleg zaznavanja prisotnosti signalov na frekvenci GPS_ L1 (1575,42 MHz +/- 1MHz) opazovali tudi obnašanje navigacijske rešitve večih sprejemnikov GPS.

Dolžino trajanja preizkusov smo prilagodili trajanju voženj in zaznamim motnjam v delovanju GPS sprejemnikov. V času preizkusov II. vrste (z mirujočim detektorjem EMSDR) smo za kratek čas (12-krat po cca. 10 sekund) motili tudi izven označenega območja, saj smo motilnik GNSS izključevali in vključevali, ko je bilo vozilo vstric obeh tabel na mestih A in B (Slika A.1).



Slika A.3: Del ekipe z mirujočim motilnikom na točki C v 'bazi'



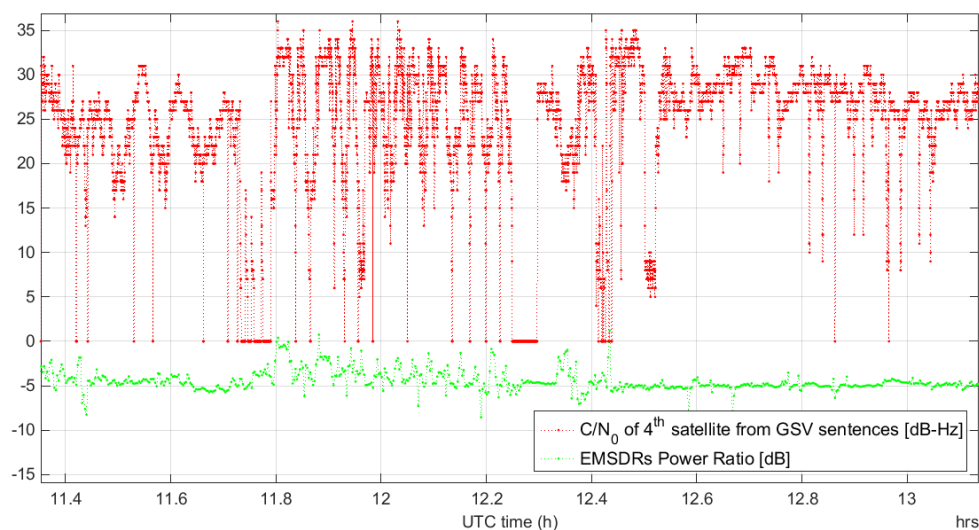
Slika A.4: Eden izmed treh uporabljenih motilnikov GNSS



Slika A.5. Detektor EMSDR sestavlja RTL-SDR na platformi Raspberry-Pi, za zagotovitev podatka o točnem času je dodan je še sprejemnik GPS.

Rezultati in diskusija Vključeni motilniki v zaprtem vozilu so po pričakovanih praktično onemogočili določanje navigacijske rešitve sprejemnika GPS v vozilu. Čeprav so rezultati v enournem preizkusu EMSL 3. julija kazali, da detektor EMSDR uspešno zaznava motilnike, se je v terenskem večurnem preizkusu na vročem soncu (več kot 30 st. C) pokazalo, da je toplotna obremenitev očitno vplivala na zvišanje nivojev zaznanih signalov, tudi ob časih, ko motilniki niso bili vključeni. Poleg tega sklepamo, da se je nehote vklapljal tudi avtomatska regulacija ojačenja (AGC), čeprav naj bi bila izključena.

Primerjava rezultatov navigacijske rešitve (GPS) in nivojev razmerja moči (EMSDR) je otežena, ker se razmerje C/N_0 posameznega satelita spreminja tudi zaradi zaslonjenosti z borovim gozdom in ne le zaradi učinkov motenja.



Slika A.6: Primerjava sprememb razmerja moči z EMSDR in podatkov sprejemnika GPS

Načrti V pripravi na potrebno nadaljevanje projekta in izpolnitev delovanja detektorja EMSDR predvidevam ponovitev meritev.

Prosimo torej za ponovno odobritev poskusov na cesti z oznako 623 nad Črnotičami, da lahko na osnovi dovoljenja AKOS lahko računamo na izposojno motilnikov.

Literatura

- Peter Miklavčič, Uroš Hrovat, **Preprost in poceni SDR: RTL-SDR**, študentska seminarska naloga pri predmetu Digitalne komunikacije, UL FE, maj 2014
- Boonyarit Uengtrakul, Dahmmaet Bunnjaweht, **A Cost Efficient Software Defined Radio Receiver for Demonstrating Concepts in Communication and Signal Processing using Python and RTL-SDR**, Fourth International Conference on Digital Information and Communication Technology and it's Applications (DICTAP), 2014, 2014, str. 394 - 399, DOI: 10.1109/DICTAP.2014.6821718
- Ryan H. Mitch, Ryan C. Dougherty, Mark L. Psiaki, Steven P. Powell, Brady W. O'Hanlon, Jahshan A. Bhatti, Todd E. Humphreys, **Signal Characteristics of Civil GPS Jammers**, ION GNSS, 2011.
- Hana Lozej, **Poročilo o terenskem delu (mesta zajema in namestitvev EMSDR) - Goriška**, dostopno na dropboxu EMSDR, julij 2015.
- Robert Magdič, Miha Vardijan, Matevž Moljk, **Poročilo o terenskem delu (mesta zajema in namestitvev EMSDR) - Slovenska Istra**, dostopno na dropboxu EMSDR, julij 2015.

Predstavitve projekta PKP EMSDR

- Matej Bažec, Boštjan Batagelj, Peter Miklavčič, Hana Lozej, Andrej Štern, Blaž Luin, Franc Dimc, **Bounds of Cheap SDR based Sensing and classification of Unauthorized GNSS spectrum bands use on Slovenian roads**, 9th Annual Baška GNSS Conference, Baška, Krk, Hrvaška, 10 - 12 maj, 2015 (predstavitev s predavanjem, članek v pripravi)
- Peter Miklavčič, Belma Šestan, Nikola Latković, Hana Lozej, Robert Magdič, Matevž Moljk, Miha Vardijan, Jakob Gajšek, Kristina Petelin, Tomaž Sindičič, Matej Bažec, Marko Gombač, Peter Gajšek, Boštjan Batagelj, Franc Dimc, **Measuring electromagnetic signals in traffic using software-defined radio**, 24. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca ERK, 21-23 september 2015, Portorož (članek sprejet, predstavitev s kratkim predavanjem in plakatom pripravljena na končne popravke)

Spletni viri

- Stanje frekvenc mobilne telefonije v Republiki Sloveniji <http://www.mobilna-telefonija.com/mobilni-informator/85-frekvence.html>

PKP EMSDR viri

(pripravil Peter Miklavčič)

V datoteki na dropboxu EMSDR so zbrani bolj (in tudi manj) uporabni viri za naš projekt. Viri so tudi že selekcionirani, urejeni in delno pregledani - najpomembnejši so odebeljeni. Urejeni so v naslednje kategorije, ki jih lahko uporabimo kot ključne besede pri spletnem iskanju.

Theory

Hardware

Software

Spectrum analysis

SDRs

Development