

Procena izloženosti stanovnika Novog Sada nejonizujućem zračenju iz radio-frekvencijskog opsega

Doc. dr Milan Narandžić, dipl.inž.

Prof. dr Vladimir Milošević, dipl.inž.

Prof. dr Željko Trpovski, dipl. inž.

Doc. dr Miodrag Milutinov, dipl. inž.

dr Milica Petković, dipl. inž.

mr Dejan Nemeć, dipl.inž.

Tijana Devaja, master inž.



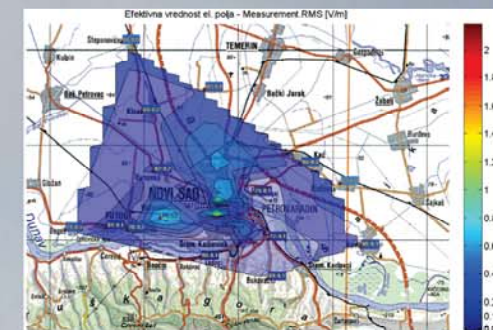
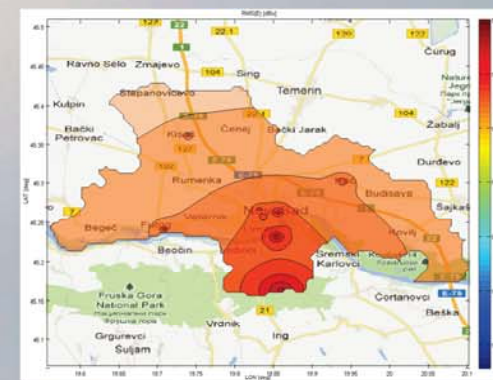
Gradska uprava za zaštitu
životne sredine



Fakultet tehničkih nauka
Katedra za telekomunikacije
i obradu signala

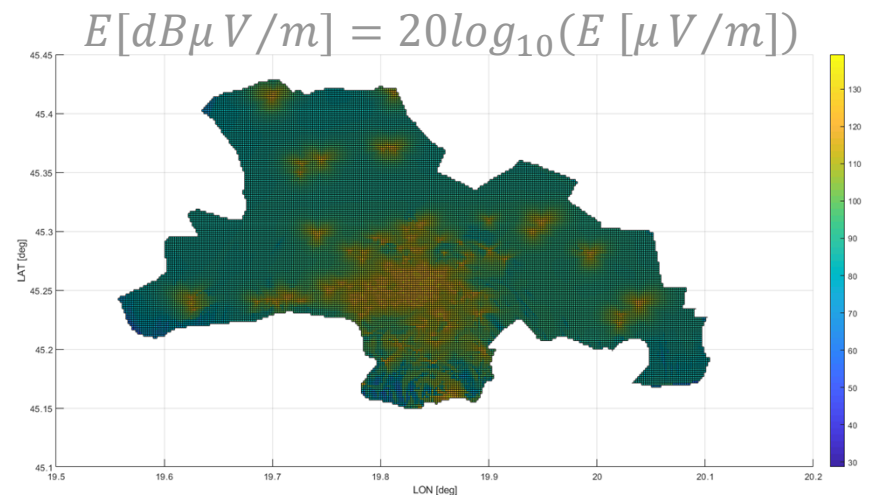
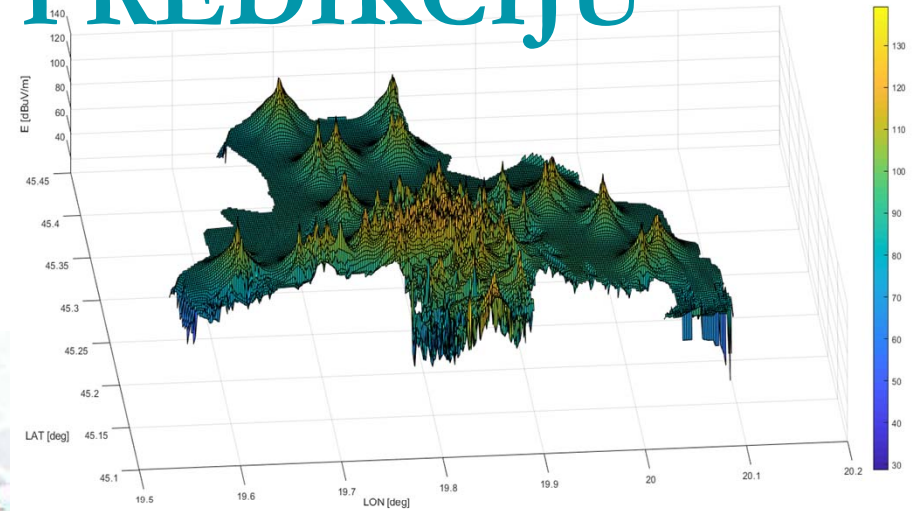
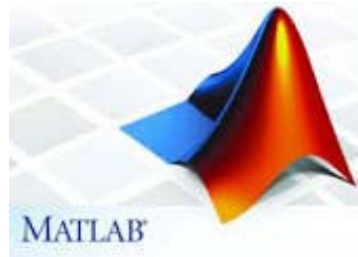
Cilj projekta

- Obezbeđivanje uvida u **procenjene nivoe nejonizujućeg zračenja** i jednostavno sagledavanje uticaja novih predajnika na ukupnu izloženost populacije.



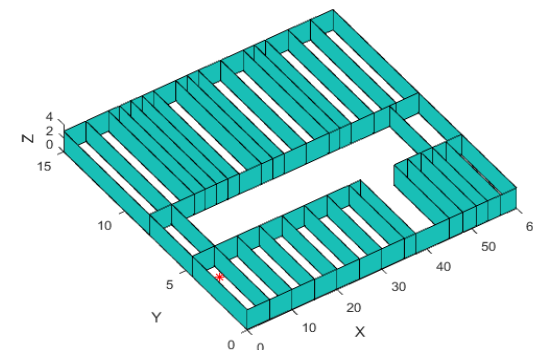
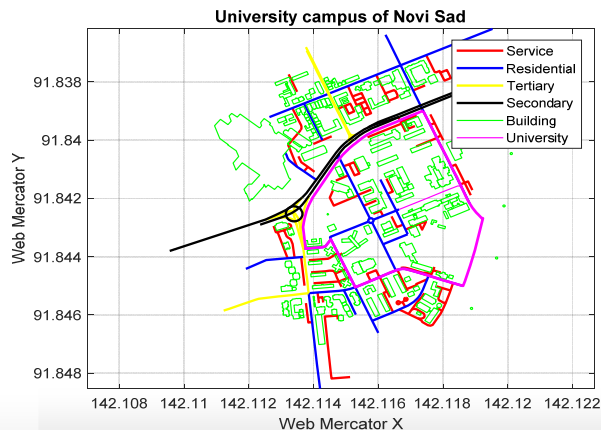
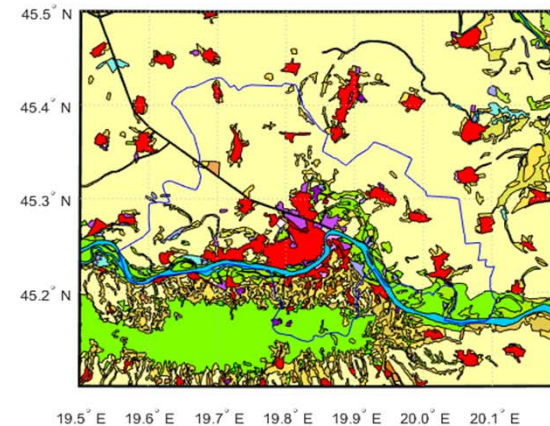
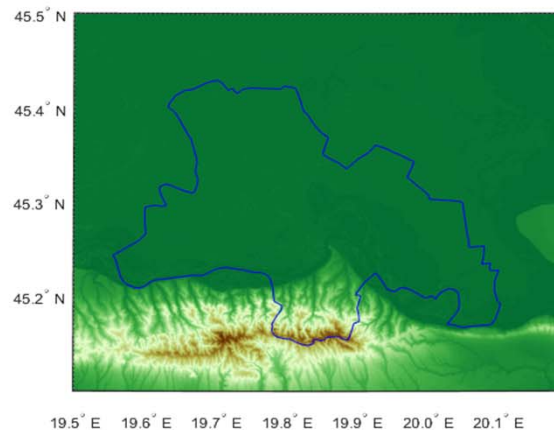
Rezultati projekta: PROGRAMSKI KOD ZA PREDIKCIJU

- Predikcija el. polja na osnovu ITU-R modela propagacije **P.1546**, P.1411, i P.1238
- Omogućava objektivnu evaluaciju promena u konfiguraciji izvora nejonizujućih zračenja (dodavanje predajnika, povećavanje predajne snage, itd.) na rezultujući nivo nejonizujućeg zračenja.

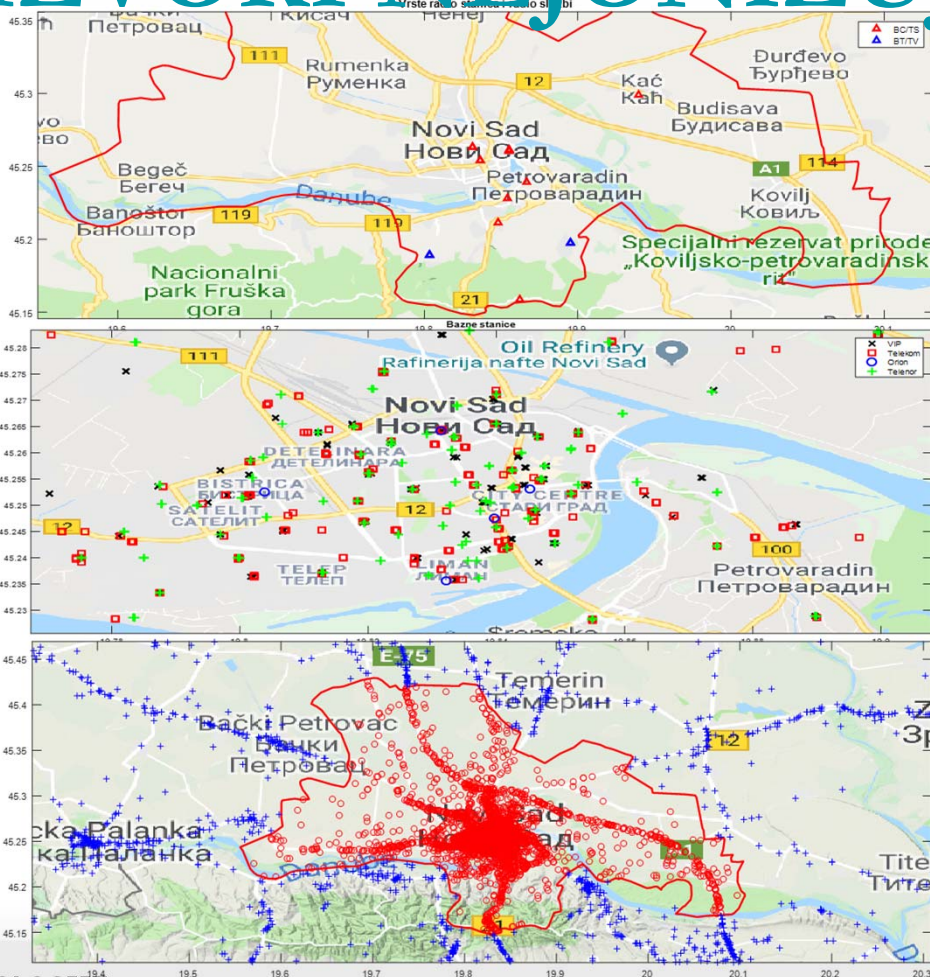


Rezultati projekta: OPIS PROPAGACIONOG OKRUŽENJA

- Detaljnost opisa propagacione sredine utiče na tačnost predikcije, odnosno rezultujućeg nivoa EM polja.
- Odabrani statistički (empirijski) algoritami koriste:
 - digitalne elevacione mape i tipove terena,
 - prosečne visine zgrada i širine ulica,
 - broj zidova i međuspratnih konstrukcija.



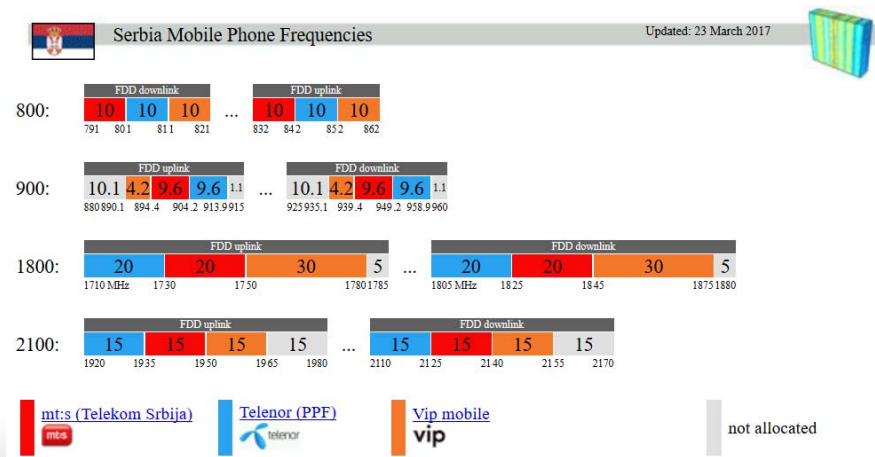
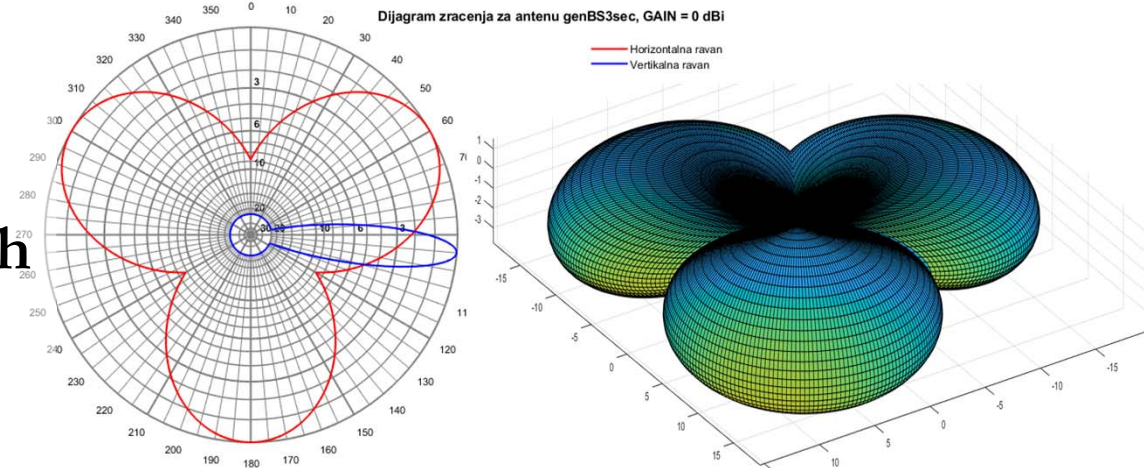
Rezultati projekta: IZVORI NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA



- Izvori podataka:
 - RATEL evidencija i odgovarajući Planovi raspodela, fokus postavljen na dva servisa: FM difuzija (BC/TS) i mobilna telefonija (FB/CP).
 - OpenCellID - podaci o baznim stanicama

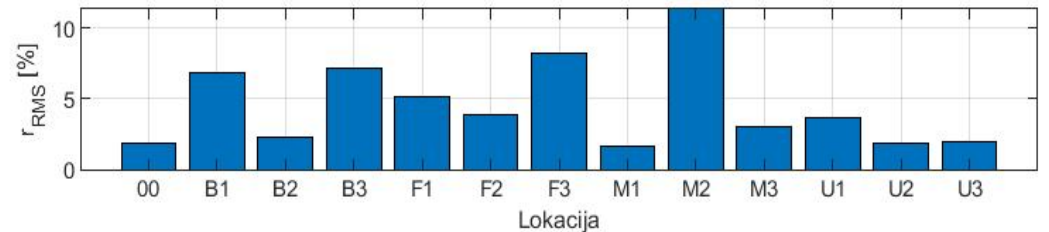
Rezultati projekta: NEPOZNATI SISTEMSKI PARAMETRI

- Nedostajući sistemski podaci (pre svega za mobilnu telefoniju) nadomešteni su uvođenjem **tipičnih konfiguracija za predajnike i antenske sisteme**.
 - Rekonstrukcija 3-D dijagrama zračenja antene na osnovu horizontalnih i vertikalnih dijagrama.
 - Rekalibracija snage na osnovu merenja.
 - Za potrebe validacije korišćena je raspodela spektra na nacionalnom nivou.

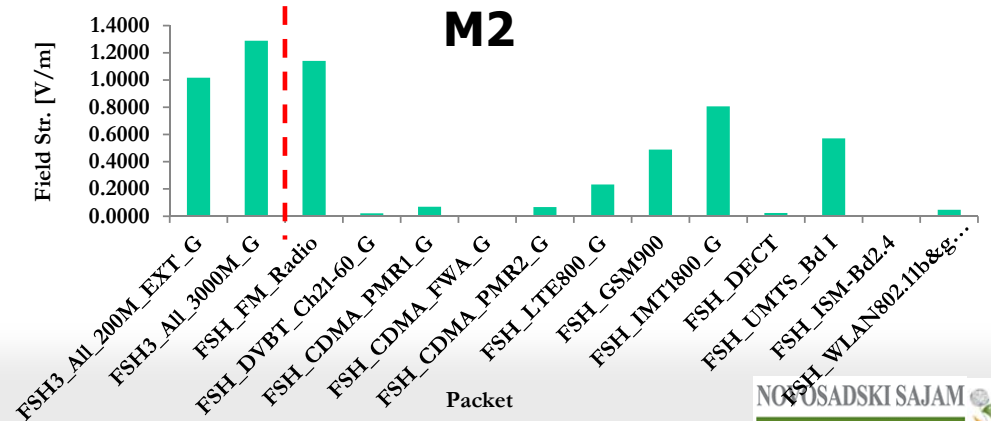


Rezultati projekta: MARENJA NIVOVA EL. POLJA

- Merenja su realizovana sa ciljem validacije predikcionih metoda, ali su njihovi rezultati iskorišćeni i za korekcije sistemskih parametara (rekalibraciju)
 - Namenski sistem za merenje izloženosti **R&S TS-EMF**
 - Standardni mobilni terminali sa mernim aplikacijama (**Network Monitor**)

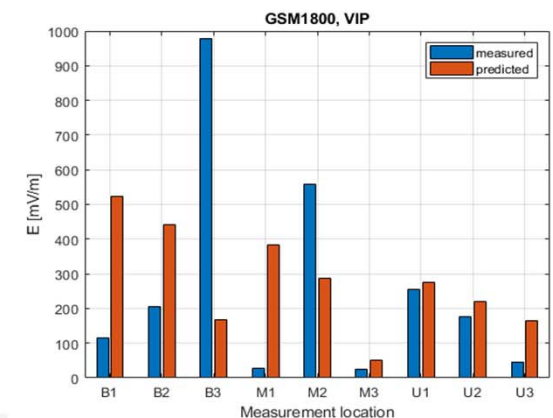
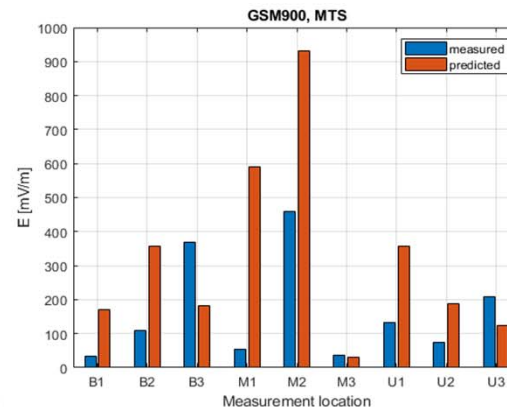
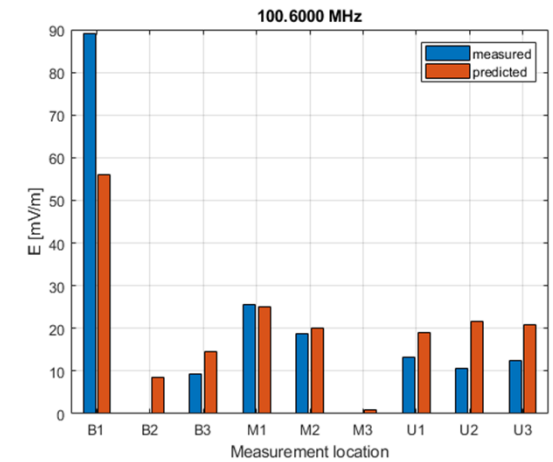
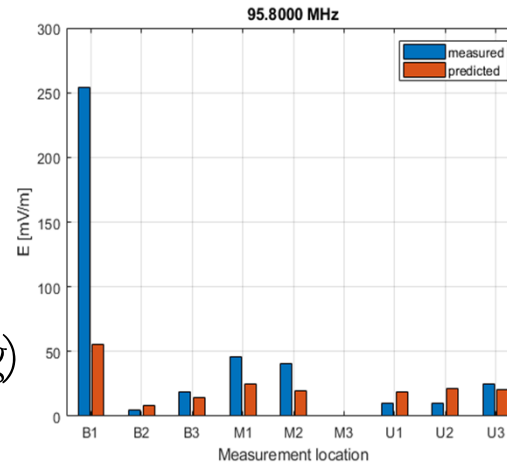


All Packets - Average - RMS



Rezultati projekta: VALIDACIJA REZULTATA PREDIKCIJE

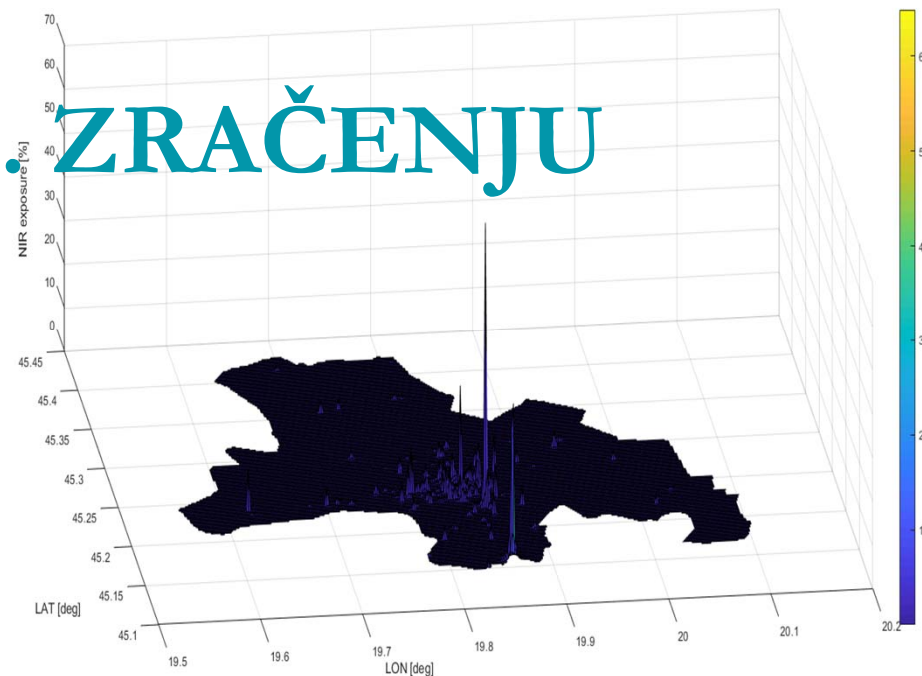
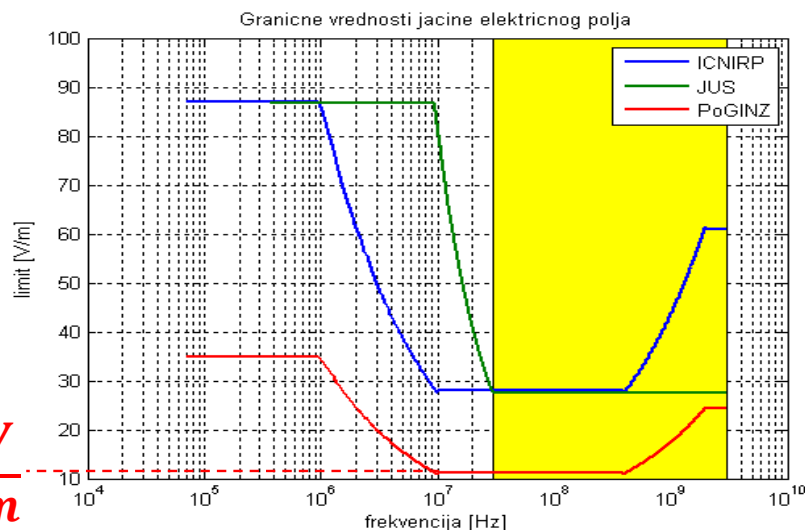
- Poređenje rezultata predikcije i merenja, za lokacije na kojima su merenja realizovana.
- Očekivano odstupanje izraženo kroz standardnu devijaciju senčenja (*shadowing*)
$$X[dB] = 20\log_{10}E_p - 20\log_{10}E_m$$
 - FM difuzija: 7,4 dB
 - Mobilna telefonija: 14,7 (18,9) dB
- Tačnost postupka ograničena poznavanjem sistemske konfiguracije.



Rezultati projekta: IZLOŽENOST NEJON. ZRAČENJU

- Ukupna izloženost nejonizujućem zračenju treba da bude manja od 1

$$i = \sum_{f=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{E_f}{c} \right)^2 + \sum_{f>1 \text{ MHz}} \left(\frac{E_f}{E_{L,f}} \right)^2 \leq 1.$$



- Maksimalna izloženost usled oba analizirana servisa, na rasteru 200 m x 200 m, za predikcionu metodu P.1546 iznosi **64,9 %**.

11,2 $\frac{V}{m}$

Održivost programa: MOGUĆNOST DALJEG RAZVOJA

- Upotreba predikcionih modela zasnovanih na geometrijskom praćenju zraka (ray-tracing) koji koriste detaljan opis okruženja u vidu 3-D modela zgrada, vegetacije, itd.
 - Uticaj spoljašnje instalacije *macro/micro-cell* bazne stanice na unutrašnjost objekata u svom neposrednom okruženju.
- Predikcija izloženosti je relevantna sve dok postoje potrebe za uvođenjem novih primopredajnika, odnosno izmene konfiguracije postojećih.
 - Pošto se nedostajući kapaciteti za buduće bežične sisteme (5G+), ostvaruju kroz povećanje gustine baznih stanica i adaptivne snopove zračenja, postoji dugoročna potreba sagledavanja njihovog uticaja na životnu sredinu.



HVALA NA PAŽNJI!



www.telekom.ftn.uns.ac.rs/PINZ



Gradska uprava za zaštitu
životne sredine



Fakultet tehničkih nauka
Katedra za telekomunikacije
i obradu signala