



Ljubljana, 8.11.2006

Št.: 201/06

MESTNA OBČINA LJUBLJANA

Četrtna skupnost RUDNIK

Pot k ribniku 20

1000 Ljubljana

Datum naročila: 16.10.2006

Št. naročila: 06/113546/0-0

Zadeva: POROČILO O TESTIRANJIH UČINKOV SEVANJ ANTEN ZA MOBILNO TELEFONIJO NA IZBRANIH LOKACIJAH

OBSEG RAZVOJA IN RAZISKAVE

1. Biološko testiranje vplivov sevanj GSM anten.
2. Elektrofotografsko testiranje vode izpostavljene sevanju iz GSM anten.

Osnova za izvedbo raziskave so bile predvsem pritožbe krajanov, ki žive v bližini oddajnikov za mobilno telefonijo. V tehničnem smislu tovrstna sevanja že v obsegu nad 7 metrov ne presegajo uradno dovoljenih vrednosti, vendar pa po vedno večjem številu znanstvenih raziskav predvidevamo, da obstoje bioloških učinki tudi pri nekaterih nižjih vrednostih, kar pa pokažejo le neposredne meritve na terenu.

Omejitev te raziskave je v dejstvu, da si zaradi več razlogov ne moremo privoščiti prave masovne raziskave na ljudeh po metodi dvojnega slepega testa. Prisiljeni smo torej v posredno testiranje, tako biološko kot instrumentalno, s tem, da iz mnogih preteklih testov dobro poznamo povezavo med rezultati takih testov in povprečno odzivnostjo ljudi.

Testiranje lastnosti smo tako opravili na naslednje načine:

A) biološki učinki:

testi na že dobro poznanem, razvitem in izredno občutljivem rastlinskem senzornem sistemu prek kompenzacije stresa,

B) instrumentalna detekcija subtilnega vpliva polja na vodo na izbranih lokacijah:

digitalno elektrofotografski (DEF) testi

MATERIALI IN METODE

Osnovni predmet raziskave je bil biološki vpliv bazne postaje za mobilno telefonijo nameščene na stolpu, ki je postavljen na travniku v bližini Jurčkove poti in sicer hiše št. 72 (glej tudi zemljevid v prilogi in fotografije spodaj). Bazna postaja ima 4 celice (antene), dvignjene na višino cca 10-15 m, tako da predvidoma snop sevanja sega nad strehe okoliških hiš v neposredni bližini. Izbrali smo lokacije nekoliko oddaljene od stolpa, kjer predvidevamo, da se snop že razširi in sicer (glej zemljevid):

Točka A: Klub Zajček, Jurčkova cesta 79. Oddaljenost od stolpa cca 100 m. Vzorec postavljen v prvem nadstropju v dnevni sobi na okensko polico okna, ki gleda na sever.

Točka B: Kozama d.o.o., Jurčkova cesta 99. Oddaljenost od stolpa cca 200 m. Vzorec postavljen v prvem nadstropju v pisarni na okensko polico okna, ki gleda na zahod.

Točka C: Individualna hiša, Peruzzijeva 58. Oddaljenost od stolpa cca 500m. Vzorec postavljen v prvem nadstropju v kopalnici na okensko polico okna, ki gleda na sever.

Vzorci vode so bili postavljeni v hiše zaradi zagotovitve sobnih temperatur in hkrati varnosti vzorcev, kar na prostem ne bi bilo mogoče zagotoviti. Po 3-4 dneh smo vzorce vode prenesli v laboratorij ter takoj pripravili za testiranje in sicer biološki test in test z elektrofotografijo. Kontrolni vzorec je bil pripravljen enako kot testni, le da je ostal na Bionu, kjer v bližini ni nobene bazne postaje. Istočasni kontrolni vzorci skupaj s testiranimi so nujno potrebni, ker so možni učinki premajhni, da bi bili vidni s prostim očesom, zato je med testiranim in kontrolnim vzorcem potrebna računalniška primerjalna analiza ustreznih merjenih parametrov, odvisno od tipa testa.



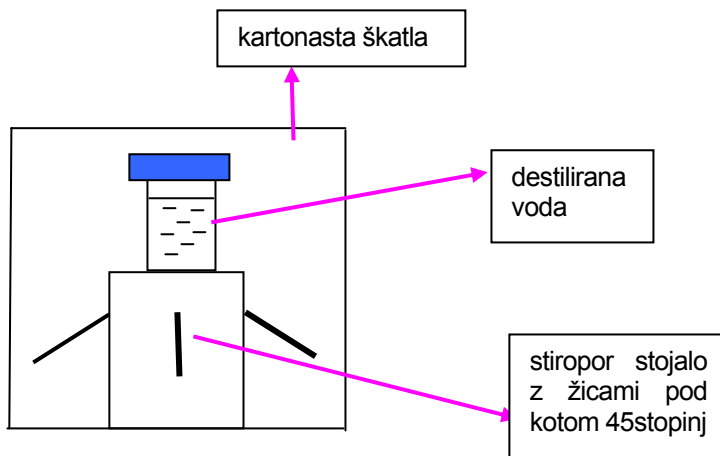
Slika 3. Stolp bazne postaje za mobilno telefonijo. Jurčkova cesta teče od levega proti desnemu robu slike. Poslopje levo spredaj ima hišno št. 72.

PRIPRAVA VZORCEV VODE

Za vsako testirno mesto (vzorci vod A, B in C plus kontrola) smo pripravili 100 ml destilirane vode v steklenih kozarcih s pokrovom. Višina vode je ustrezala četrtini valovne dolžine, tako da je voda delovala kot sprejemna četrtvalovna antena.

Vzorci vode smo postavili na stiroporna stojala v katera so zataknjene 4 žice pod kotom 45 stopinj, ki so vodi zagotavljale t.i. virtualno zemljo za bolj optimalne sprejem. (glej sliko 4).

Vzorci so bili postavljeni v kartonske škatle, tik pred postavitvijo in ob koncu poskusa vtisnjenost informacije ojačimo s potrkanjem z lesenim predmetom. Z vsemi vzorci vode ravnamo previdno (zaščitne rokavice, izogibanje kovinskim predmetom in podobno).



Slika 4. Shema pripravljene vode za vsak vzorec (testirno mesto).

BIOLOŠKI SENZORNI SISTEM

Splošno

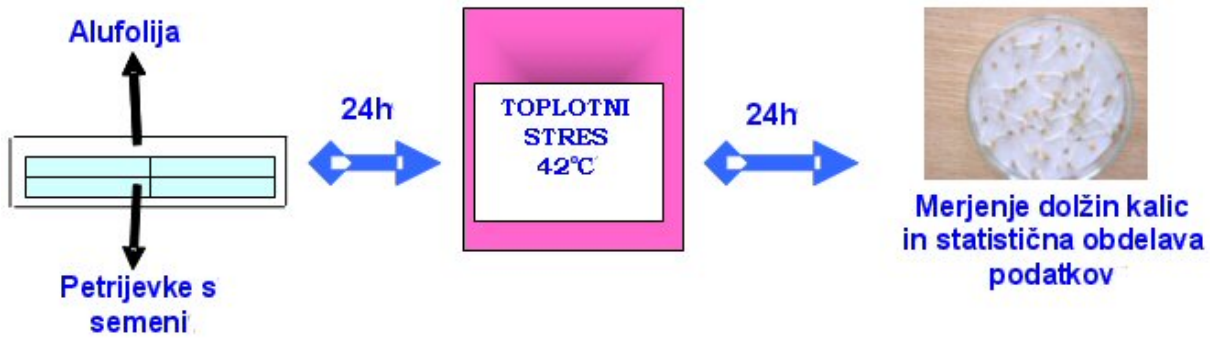
Večletne izkušnje na razvoju biološkega senzornega sistema občutljivega na zelo šibka sevanja, predvsem na magnetna polja, o čemer imamo tudi mednarodne objave, nam omogočajo aplikacijo tega sistema na različne vrste sevanj in polj, seveda v točno določenih in kontroliranih pogojih. Seveda je biološki sistem dovolj občutljiv tudi na kemijske in v določenih pogojih energijske lastnosti raztopin ali vod, ki jih s tem sistemom testiramo.

Biološki senzorni sistem je sestavljen iz kalečih semen kreše (*Lepidium sativum*) z visoko kaljivostjo. Razmeščene so v 4 petrijevkah s po 50 semeni v petrijevki. En test je sestavljen iz 4 petrijevk s testiranim vzorcem in 4 petrijevk s kontrolnim (neaktivnim) vzorcem, skupaj 400 semen. Petrijevke so postavljene v temo (neenakomerna osvetlitev lahko vpliva na rezultate). Kalitev poteka 48 ur. Drugi dan kalice izpostavimo toplotnemu stresu, saj so naše dosedanje raziskave pokazale, da v stresnem stanju kalice reagirajo na zunanja šibka polja in energije, sicer pa ne (Ružič, Jerman 2002). Po dveh dneh opravimo meritve dolžin vzkaljenih kalic in izračunamo povprečno dolžino, standardno deviacijo in razliko od kontrole. Statistične lastnosti rezultatov ocenimo s Studentovim t-testom za primerjavo dveh skupin vzorcev.

Opis eksperimenta

Za vsak testiran vzorec (A, B ali C) smo uporabili po 4 petrijevke in prav toliko za kontrolo (skupaj na posamezen vzorec 400 semen). Semena v petrijevkah smo zalili z ustreznim vzorcem vode, ki je bila sevanju izpostavljena na terenu, pri čemer ima vsak vzorec svojo kontrolo.

Povprečna temperatura in čas izvedbe poskusa se je od vzorca do vzorca malenkostno razlikovala, zato ne smemo primerjati povprečnih vrednosti rasti kalic neposredno, ampak vedno v primerjavi s kontrolno vodo (potek testa prikazuje Slika 5).



Slika 5: Shematski prikaz testiranja z biološkim senzornim sistemom: vrtna kreša (*Lepidium sativum* L.)

Referenca: Ružič R, Jerman I (2002): Weak magnetic field decreases heat stress in cress seedlings. *Electromagnetic Biology and Medicine* 21(1): 43-53.

DIGITALNA ELEKTROFOTOGRAFIJA

Splošno

Eksperimenti so potekali po našem že utečenem postopku, objavljenem v mednarodni znanstveni reviji (*Electro- and Magnetobiology* Vol.16/3, glej ponudbo), s tem, da smo medtem sistem izboljšali in nadgradili z digitalnim zajemom slik. Razvili smo predvsem sistem za elektrofotografsko slikanje vodnih kapljic (oziroma korone okrog njih, ki nastane med periodično razelektritvijo), ki so predhodno izpostavljene različnim vplivom, čeprav lahko slikamo tudi druge objekte. Dobljene slike računalniško analiziramo (standardni in lastni računalniški programi). Pri analizi rezultatov primerjamo parametre, ki opisujejo značilnosti korone, ki nastane okrog vodnih kapljic oziroma raziskovanega objekta med razelektritvijo, to je njeno splošno svetlost, razporeditev, značilnosti streamerjev (razelektritvenih žarkov), ki jo sestavljajo (jakost, širina, dolžina, kontrast, homogenost, ekscentričnost itd.). Za vsako kapljico dobimo tako več parametrov za primerjavo. Razlike med parametri za posamezne različno tretirane vode statistično obdelamo in jih ovrednotimo. Sam sistem za digitalno elektrofotografijo je sestavljen iz posebne naprave za znanstveno elektrofotografijo (Pulz - Swing, Tyrotronic - Bioznanost Professional) ter dodatnega dela s prozorno elektrodo in digitalnim fotoaparatom za neposredno slikanje koronske razelektritve (lasten razvoj).

Opis eksperimenta

Za elektrofotografski test smo opravili 30 slikanj koron kapljic vode za posamezno vodo, skupaj torej 120 slikanj. Rezultati so bili nato računalniško obdelani.

Referenca: Berden M., Jerman I., Škarja M. (1997): Indirect instrumental detection of ultraweak, supposedly electromagnetic radiation from organisms. *Electro Magnetobiol* 16(3): 249-266.

REZULTATI

Tehnične meritve sevanj v pričujoči raziskavi nismo izvedli. Po vseh znanih podatkih sevanja tovrstnih baznih postaj že na razdaljah večjih od 7 m ne presegajo dovoljenih standardov. Po naših dosedanjih izkušnjah z merjenji vrednosti sevanj na izbranih lokacijah ne bi presegle $500\mu\text{W/m}$, večinoma pa so mnogo nižje.

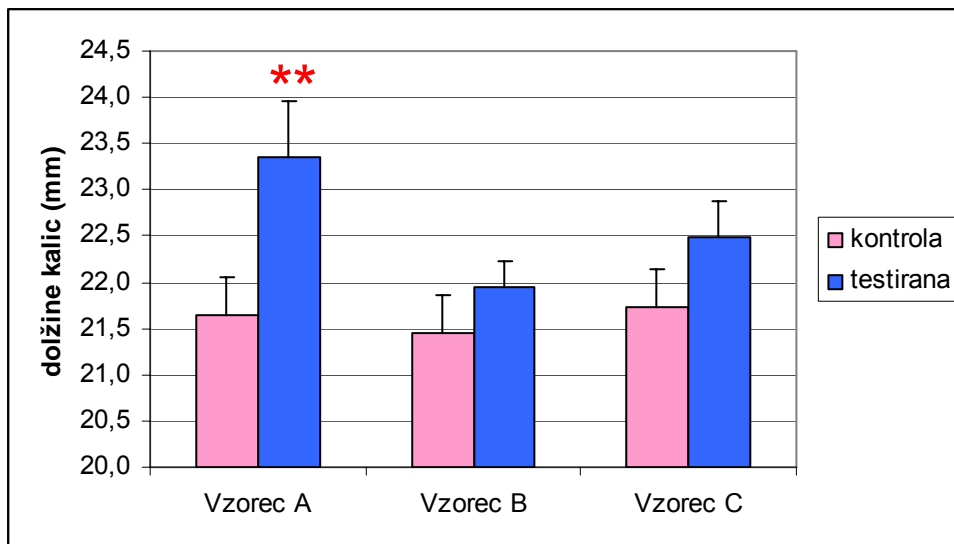
BIOLOŠKI SENZORNI SISTEM

Rezultati bioloških meritev (rast kalic v dolžino pod dodatnim toplotnim stresom) so pokazali na biološki čeprav šibek vpliv sevanja baznih postaj za mobilno telefonijo. Statistično značilen učinek se je pokazal pri najbližji točki to je pri točki A. Dolžine rastlin so bile za 8% daljše od kontrolne skupine ($p < 0,003$). Pri ostalih dveh točkah (B in C) je učinek še vedno pozitiven, a majhen in statistično neznačilen (rastline so za 2-3% daljše od kontrole). Seveda pa je treba vedeti, da so učinki razmeroma majhni in se pokažejo le v stresnih razmerah. V optimalnih pogojih po naših izkušnjah rastline ne reagirajo na šibka elektromagnetna sevanja.

Rezultati vzorcev iz vseh točk so prikazani v tabeli 1 in na sliki 6

Vzorec A: oddaljenost cca 100 m							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	23,4	5,7	0,4			191	96
K	21,7	5,5	0,6	108	0,003	92	46
Vzorec B: oddaljenost cca 200 m							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	21,9	5,4	0,4			192	96
K	21,5	4,7	0,3	102	0,3497	191	96
Vzorec C: oddaljenost cca 500m							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	22,5	5,4	0,4			198	99
K	21,7	5,1	0,4	103	0,157337	190	95

Tabela 1. Analiza rezultatov rasti biološkega senzorna izpostavljenega sevanju bazne postaje za mobilno telefonijo v primerjavi z neizpostavljeno kontrolno skupino. (Legenda: S: sevanju izpostavljena skupina, K: kontrolna neizpostavljena skupina; AV: povprečna dolžina kalic; SD: standardna deviacija; SE: standardna napaka; % razlika med obsevano in kontrolno skupino (kontrola ima vrednost 100%); p: statistična značilnost razlike (pri $p < 0,003$ pomeni, da je le 0,3% verjetnosti, da je rezultat naključen); N: število vzkaljenih in izmerjenih kalic; 5N: stopnja kaljivosti semena).



Slika 6. Prikaz dolžine kalic izpostavljenih sevanju bazne postaje (modro) v primerjavi z rastjo kontrolne skupine (rdečkasto).

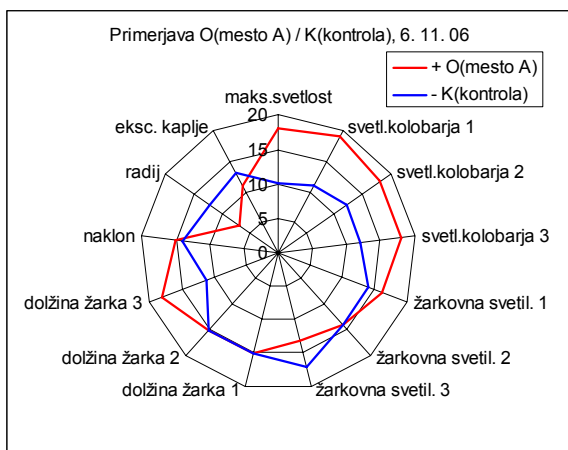
DIGITALNA ELEKTROFOTOGRAFIJA

Vzorci za elektrofotografski test so bili označeni na naslednji način (iz imena je razvidno tudi, kje je bil vzorec postavljen):

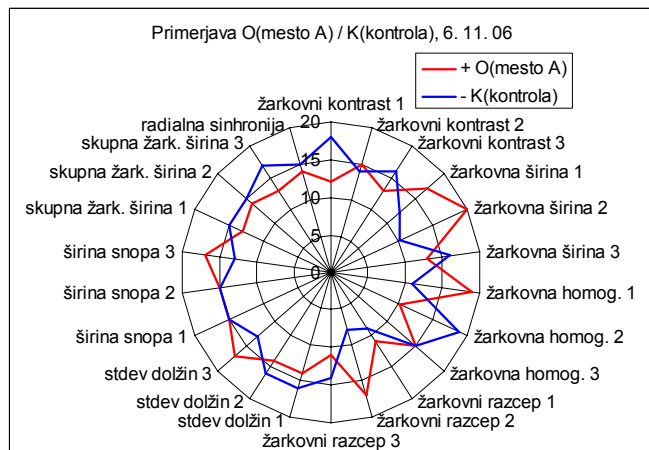
IMENA VZORCEV	MESTO IZPOSTAVITVE VODE
K: kontrola	Bion- kontrolna voda
O: mesto A	Jurčkova cesta 79
P: mesto B	Jurčkova cesta 99
R: mesto C	Peruzzijeva 58

Spodnji grafi prikazujejo razlike med kontrolno vodo in vodami, postavljenimi na različnih mestih v okolici bazne postaje. Grafi a prikazujejo razlike pri svetlostnih in splošnih parametrih, grafi b pa pri strukturnih parametrih. Večja razlika pri posameznem parametru se vidi kot večji razmik med modro in rdečo črto (kateri vzorec predstavlja posamezna črta glej legendo). Če je rdeča črta bolj proti obodu (večja vrednost), to pomeni v povprečju višjo vrednost ustreznega parametra pri tem vzorcu in obratno.

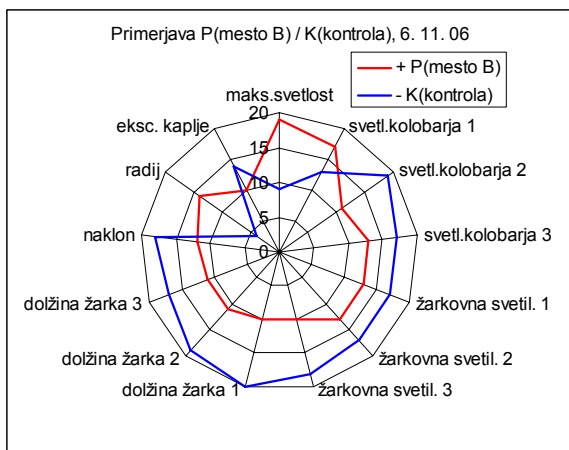
Graf 1a



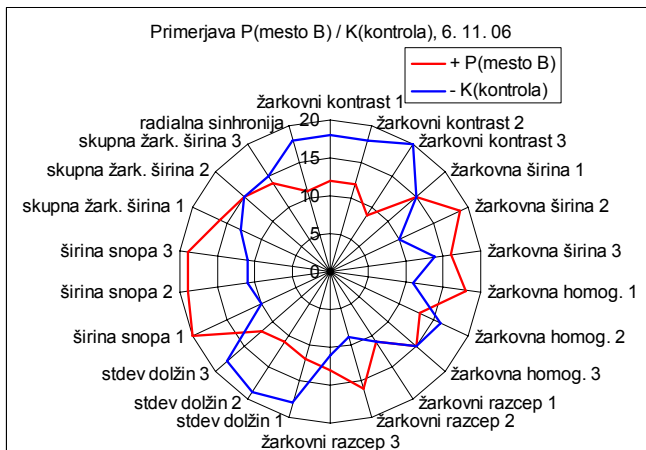
Graf 1b



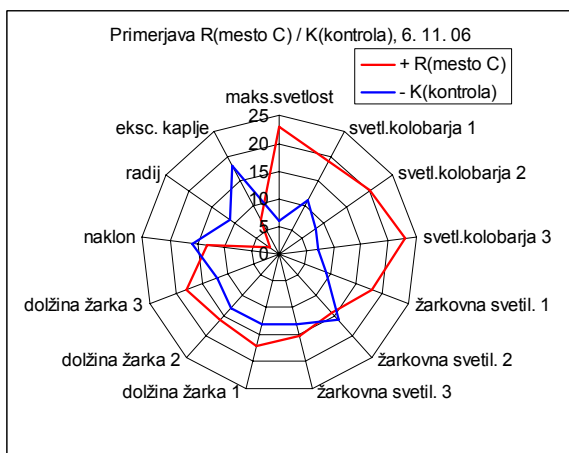
Graf 2a



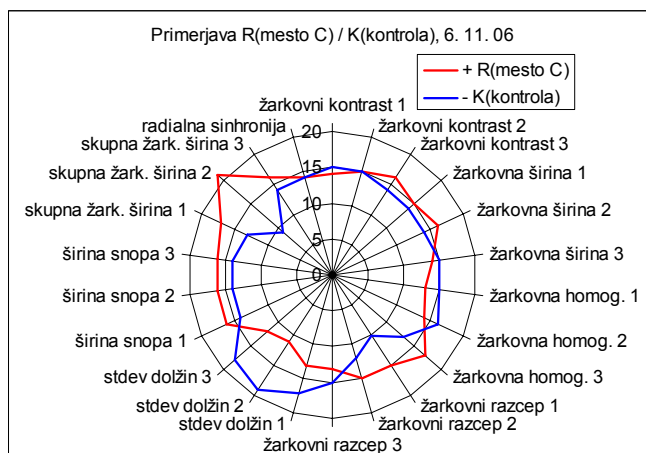
Graf 2b



Graf 3a



Graf 3b



Pri vseh vodah opazimo, da so največje razlike proti kontroli pri svetlostnih parametrih (grafi a). Povsod je močno signifikantno višja maksimalna svetlost in svetlost korone v prvem kolobarju okrog kaplje. Svetlost drugega in tretjega kolobarja je izrazito večja pri mestu C, kjer je večja tudi žarkovna svetilnost v 1. kolobarju. Svetlost drugega in tretjega kolobarja je večja tudi pri mestu A, medtem ko se pri mestu B tu izid obrne, tako da so te svetlosti manjše, kot so manjše tudi vse žarkovne svetilnosti in dolžine žarkov.

Glede strukturnih parametrov ima voda z mesta A večjo žarkovno širino v 1. in 2. kolobarju, večjo žarkovno homogenost v 1. in manjšo v 2. kolobarju ter večji žarkovni razcep v 2. kolobarju. Mesto B ima manjši žarkovni kontrast, večjo žarkovno širino, manjšo standardno deviacijo dolžin in večjo širino snopa žarkov v vseh kolobarjih, pa še manjšo radialno sinhronijo in večji žarkovni razcep v 2. kolobarju. Mesto C ima manjšo standardno deviacijo dolžin v vseh kolobarjih in izrazito večjo skupno žarkovno širino v 2. kolobarju (večja je tudi v obeh ostalih), večji, a manj izrazito, je tudi žarkovni razcep.

Spodaj je prikazana še tabela razlik po posameznih parametrih in parih vzorcev.

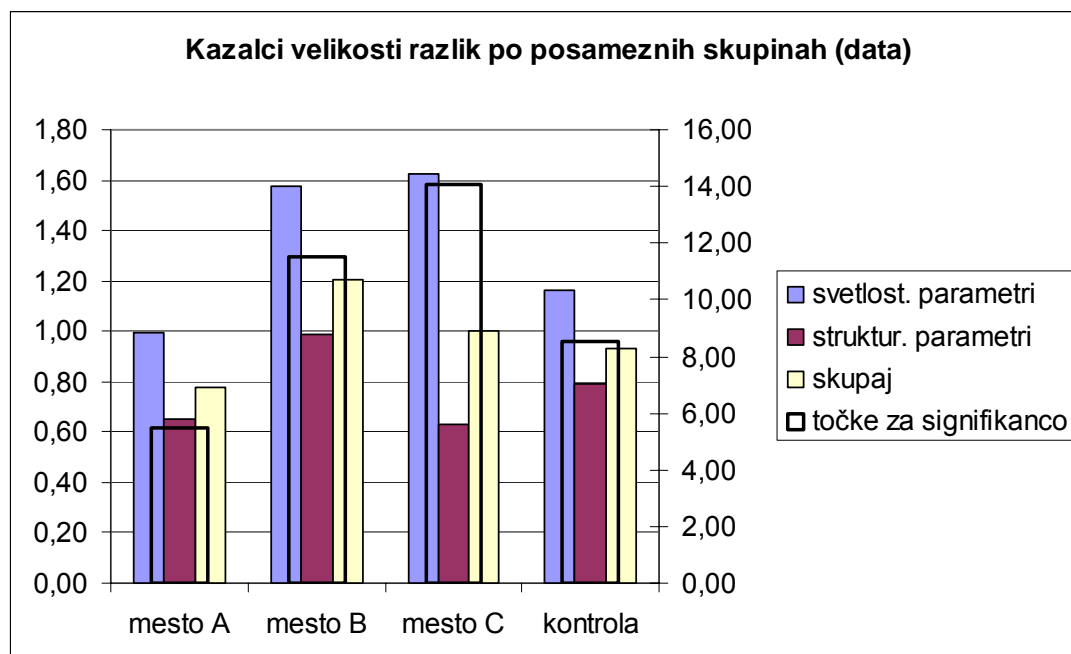
Tabela: število pozitivnih in negativnih točk za posamezne parametre pri primerjavi vseh treh vod iz bližine GSM postaje s kontrolo. Navedeni so le rezultati, ki so bodisi značilni (rdeča pisava, $p < 5\%$), bodisi delno značilni (vijolično, $p < 10\%$; brez oblikovanja, $p < 20\%$).

PARAMETER	O : K (mesto A) : (kontrola)	P : K (mesto B) : (kontrola)	R : K (mesto C) : (kontrola)
nad 75%	18 : 10	19 : 9	23 : 6
50-75%	19 : 11	20 : 9	20 : 10
25-50%		11 : 18	
kot_svet	19 : 10	18 : 10	21 : 9
žark_svet		11 : 18	
žark_kont		11 : 19	
žark_šir			
žark_hom		20 : 10	
žark_razcep	17 : 8		15 : 8
Cžark_kont			
Cžark_šir	18 : 10		19 : 11
št_žarkov			
dolž_vrha		10 : 20	
dolž_sredina		11 : 19	
dolž_spodaj	18 : 11		
doseg_vrh			
doseg_sredina		9 : 16	
doseg_spodaj		9 : 16	14 : 7
Stdev_vrha			
Stdev_sredina		11 : 19	11 : 19
Stdev_spodaj			
UpadŽ_vrha			
UpadŽ_sredina			
UpadŽ_spodaj			
naklon			
Rad.sinh		11 : 18	
kot_svet1	19 : 11		19 : 11
kot_svet2		11 : 19	20 : 8
kot_svet3			23 : 7
žark_svet1			18 : 9
žark_svet2			
žark_svet3		10 : 18	
žark_kont1			
žark_kont2			
žark_kont3		9 : 20	
žark_šir1			
žark_šir2	20 : 10	19 : 10	
žark_šir3			
žark_hom1	19 : 11	18 : 11	
žark_hom2	10 : 19		
žark_hom3			
žark_razcep1			
žark_razcep2	17 : 8	16 : 9	
žark_razcep3			
Cžark_kont1			
Cžark_kont2			
Cžark_kont3		10 : 19	
Cžark_šir1			
Cžark_šir2			21 : 9

Cžark_šir3			
šir_snop1		20 : 10	
šir_snop2		19 : 11	
šir_snop3		19 : 11	
št_žarkov1			
št_žarkov2			
št_žarkov3	16 : 8		
radij		14 : 4	2 : 11
eksc_kaplje			7 : 18

Spodnji graf prikazuje splošno velikosti razlik, ki so jih dosegli posamezni vzorci proti drugim. Iz tega grafa vidimo, da je pri svetlostnih parametrih največjo razliko proti ostalim izkazalo mesto C, največja je tudi signifikantnost razlik. Sledi mesto B z zelo podobno razliko pri svetlostnih parametrih in nekoliko manjšo signifikanco. Glede strukturnih parametrov izstopa mesto B, a manj izrazito kot C in B pri svetlostnih.

Graf 4



ZAKLJUČEK

Celotni rezultati raziskave kažejo, da ima GSM postaja na Jurčkovi cesti tako biološki kot subtilen vpliv na svojo okolico. Največji in statistično značilen učinek je pokazalo testiranje z biološkim senzorjem na točki A, še vedno pozitiven a majhen in neznačilen pa na ostalih dveh točkah. Biološki senzor zaznava predvsem grobe mikrovalovne učinke sevanj. Rezultati z elektrofotografijo so pokazali učinke pri vseh treh točkah. V točki A je učinek nekoliko manjši in je lahko nastal iz dveh razlogov, prisotnostjo smrek pred okni in delne porušitve nastavitve vzorca, ki so jo verjetno povzročili otroci z dotikom škatle. Ker elektrofotografija zaznava bolj

subtilne učinke sevanj, lahko takšne motnje vplivajo na rezultat testa. Na močan rezultat mesta C, ki je sicer najbolj oddaljeno, je lahko vplivala tudi drug okoliški vpliv, v bolj natančni raziskavi pa bi morali upoštevati tudi naklon anten bazne postaje, da bi dobili odvisnost višine centralnega snopa signala od tal (glej sliki 1 in 2). Glede na slike konkretne bazne postaje (slika 3) gre centralni snop višje od hiš v neposredni bližini in se šele na večji oddaljenosti približa tlom (seveda pa jakost z oddaljenostjo ves čas upada, tako da je na mestu A kljub vsemu najmočnejše polje).



Priloga 1. Zemljevid okolice bazne postaje z vrisanimi točkami meritev