



Ljubljana, 6.12. 2006
Št.: 236/06

Vrtec Pod Gradom
Enota Poljane
Zemljemerska 9
1000 Ljubljana

Datum naročila: 22.11.2006

Zadeva: POROČILO O TESTIRANJIH MOŽNIH UČINKOV SEVANJ ANTEN ZA MOBILNO TELEFONIJO NA IZBRANIH MESTIH V PROSTORIH VRTCA POD GRADOM, ENOTA POLJANE

OBSEG RAZVOJA IN RAZISKAVE

1. Biološko testiranje vplivov sevanj GSM in/ali Si-mobil anten.
2. Elektrofotografsko testiranje vode izpostavljene sevanju anten.

Osnova za izvedbo raziskave je bil predvsem znani Freiburški apel, ki opozarja na možne biološke učinke mikrovalovnih sevanj. V tehničnem smislu tovrstna sevanja že v obsegu nad 7 metrov od oddajnega stolpa za mobilno telefonijo 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 možen biološki vpliv bazne postaje za mobilno telefonijo (GSM), ki je po podatkih Agencije za pošto in elektronske komunikacije nameščena na stavbi Geodetske uprave (GURS), Zemljemerska 12, Ljubljana (žal na fotografiji ni vidna), ki je vrtcu najbližja in oddaljena cca 50 m (glej zemljevid, fotografija 1). V krogu 1000 m nismo našli drugih postaj, ker pa se ti podatki stalno spreminjajo, ta možnost obstaja

Točka A: vzorec postavljen na omari v umivalnici.

Točka B: vzorec postavljen v igralnici Mi smo škratje (igralnica št. 1).

Točka C: vzorec postavljen v igralnici Veseli vesoljčki (igralnica št. 2).



Fotografija 1. Stavba GURS, kjer naj se nahaja bazna postaja za mobilno telefonijo. Spredaj streha vrtca.

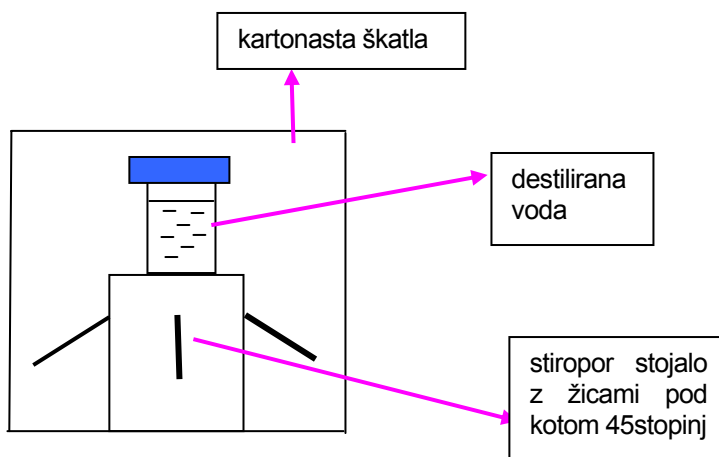
Vzorci vode so bili postavljeni v hiše zaradi zagotovitve sobnih temperatur in hkrati varnosti vzorcev, kar na prostem ne bi bilo mogoče zagotoviti. Po 5 dneh smo vzorce vode prenesli v laboratorij ter takoj pripravili za testiranje in sicer biološki test in test z elektrofotografijo. Kontrolni vzorec je bil pripravljen tako, da je bil vzorec zaščiten pred različnimi viri mikrovalovnih sevanj. 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.

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 3).

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 3. 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.

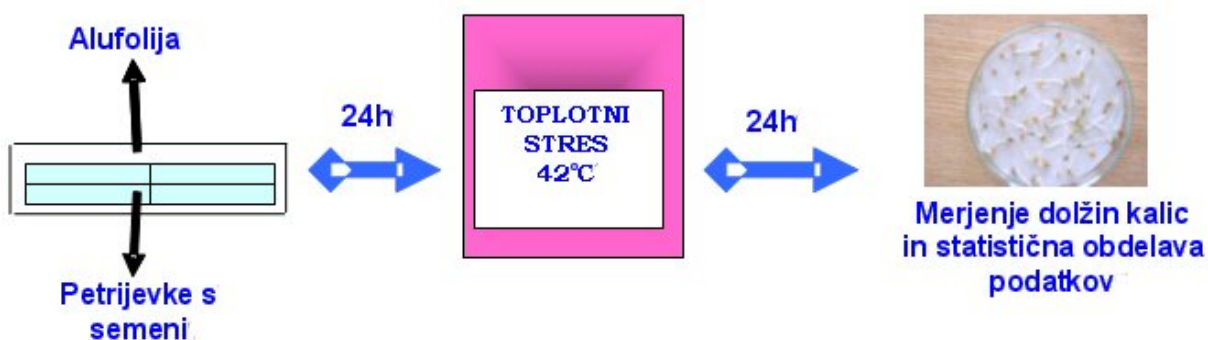
Razmeščene so v 4 petrijevkah s po 50 semeni v petrijevki. En test je sestavljen iz 4 petrijevk s testiranim vzorcem in 4 petrijevk s kontrolnim (neaktivnim) vzorcem, skupaj 400 semen. Petrijevke so postavljene v temo (neenakomerna osvetlitev lahko vpliva na rezultate). Kalitev poteka 48 ur. Drugi dan 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 4).



Slika 4: 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 uporabili vse tri vode, ki so se nahajale v vrtcu, in še dve kontrolni vodi. Ena kontrolna voda je stala v naši stavbi v kleti, kjer je sevalno najmanj obremenjen del, poleg tega je bila voda še dodatno v Alu ovoju. Druga kontrola se je nahajala v naših prostorih. Tudi ta je bila ovita v Alu folijo. Tak ovoj sicer ščiti pred direktnim EM valovanjem, ni pa rečeno, da ščiti tudi pred bolj subtilnimi učinki tega polja, kar nakazujejo tudi določene raziskave, opravljene v tujini. Ta kontrola je v grafih in tabelah v poglavju *Rezultati* navajana kot *kontrola 2*. Za elektrofotografski test smo opravili 30 slikanj koron kapljic vode za posamezno vodo, skupaj torej 150 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

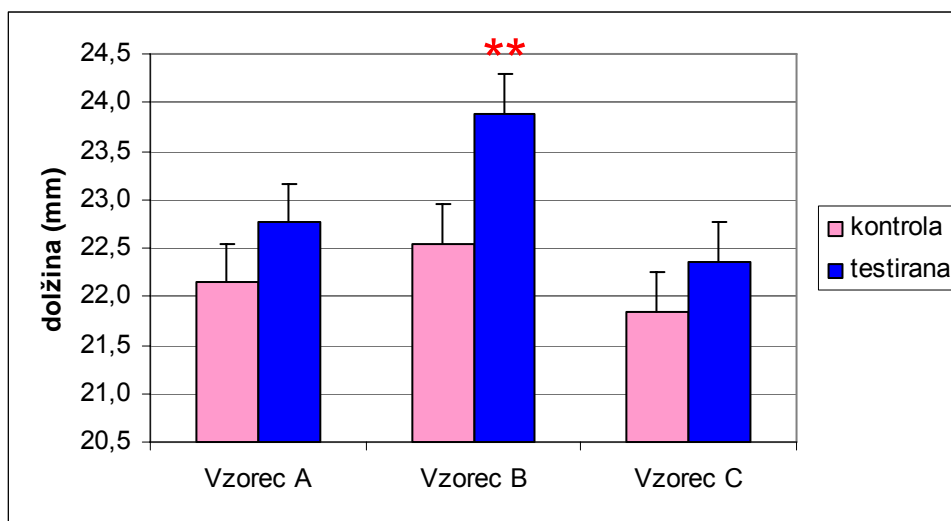
Rezultati bioloških meritev (rast kalic v dolžino pod dodatnim toplotnim stresom) so pokazali na biološki čeprav šibek vpliv sevanja baznih postaj za mobilno telefonijo v enem od vzorcev. Statistično značilen učinek se je pokazal pri točki B (vzorec, ki je bil postavljen v igralnici št. 1). Dolžine rastlin so bile za 6% daljše od kontrolne skupine ($p < 0,002$). Pri točka A in B ni bilo statistično značilnega učinka čeprav je prav tako pozitiven (rastline so za 2-3% daljše od kontrole; tabela 1 in slika 5). 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 5

Vzorec A: umivalnica							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	22,8	4,4	0,3	103	0,168	185	93
K	22,1	4,1	0,3			187	94
Vzorec B: igralnica "Mi smo škratje" (igralnica št 1)							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N

S	23,9	4,8	0,3	106	0,002	194	97
K	22,6	3,8	0,3			189	95
Vzorec C: igralnica "Veseli vesoljčki" (igralnica št. 2)							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	22,4	4,4	0,3	102	0,280	190	95
K	21,8	4,9	0,4			197	99

Tabela 1. Analiza rezultatov rasti biološkega sensorja izpostavljenega sevanju baznih postaj 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 5. Prikaz dolžine kalic izpostavljenih sevanju bazne postaje (modro) v primerjavi z rastjo kontrolne skupine (rdečkasto).

Edino mesto, ki je pokazalo značilne razlike pri biološkem testu s kalicami, je vzorec postavljen na mesto B. Glede na to, da je rezultat pozitiven, ne moremo govoriti o škodljivosti tega sevanja na biološki sensor. Rezultat kaže le, da to mesto na kalice ni delovalo v smislu dobre priprave na kasnejši stres (ki je sestavni del nadaljnjega eksperimentalnega postopka), a za bolj natančno opredelitev tega vpliva bi bile potrebne dodatne raziskave. Pri drugih mestih pa biološki test ni pokazal razlik (biološki test je sicer dokaj grob pokazatelj in pokaže le že močno izražene vplive).

DIGITALNA ELEKTROFOTOGRAFIJA

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

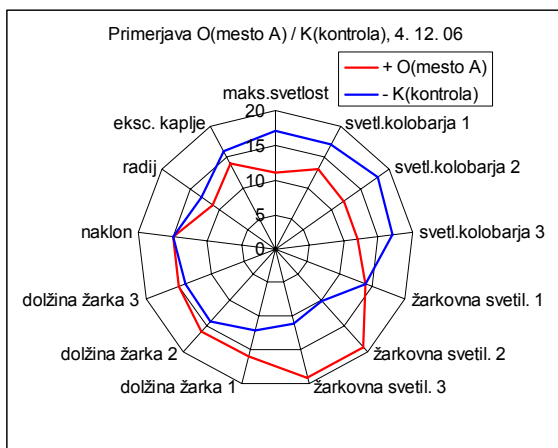
IMENA VZORCEV	MESTO IZPOSTAVITVE	VODE
K: kontrola	Bion, klet (v Alu foliji)	
O: mesto A	Vrtec Poljane, umivalnica	
P: mesto B	Vrtec Poljane, igralnica 1	

R: mesto C
S: kontrola 2

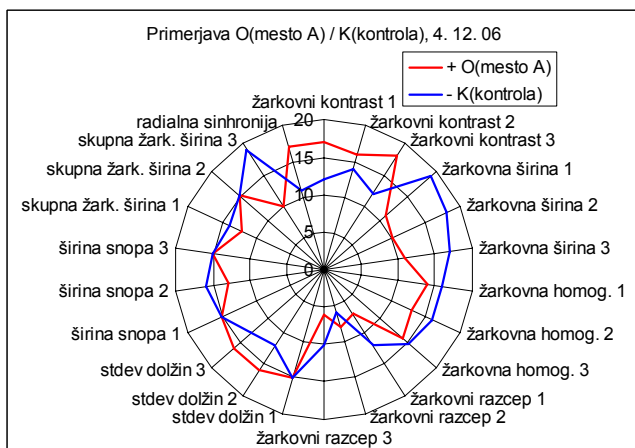
Vrtec Poljane, igralnica 2
Bion, prostori (v Alu foliji)

Spodnji grafi prikazujejo razlike med kontrolno vodo K in vodami, postavljenimi na različnih mestih v vrtcu, ter kontrolno vodo 2. 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.

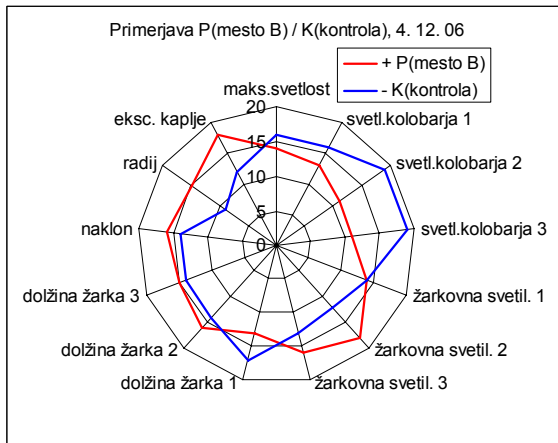
Graf 1a



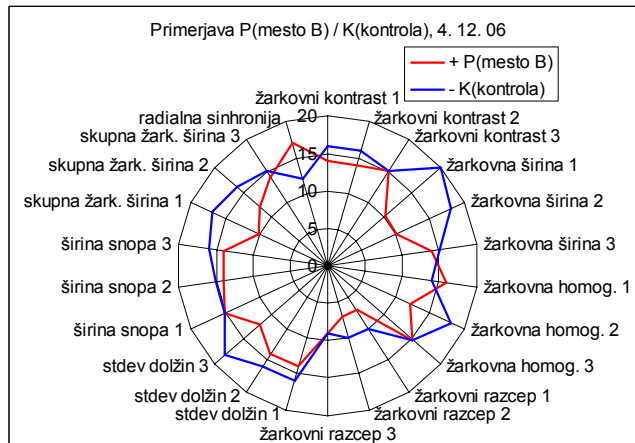
Graf 1b



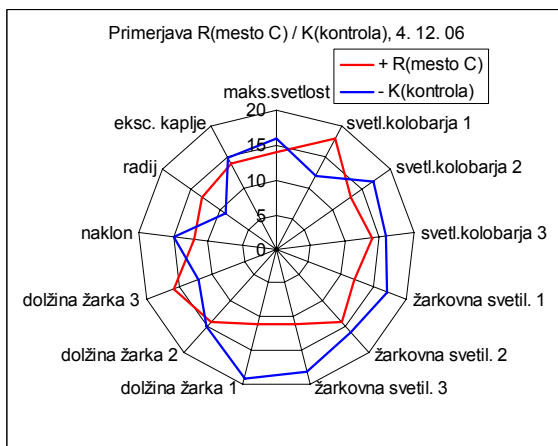
Graf 2a



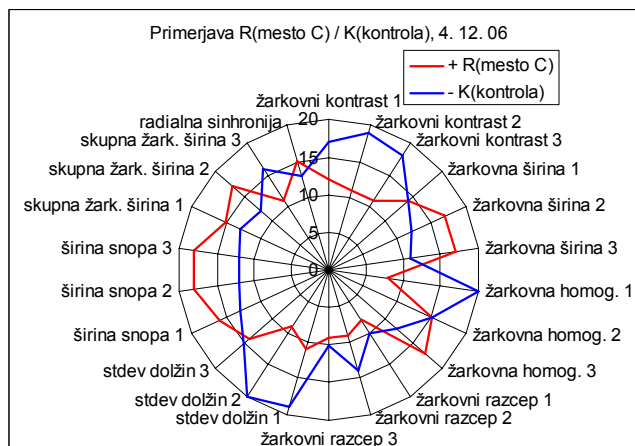
Graf 2b



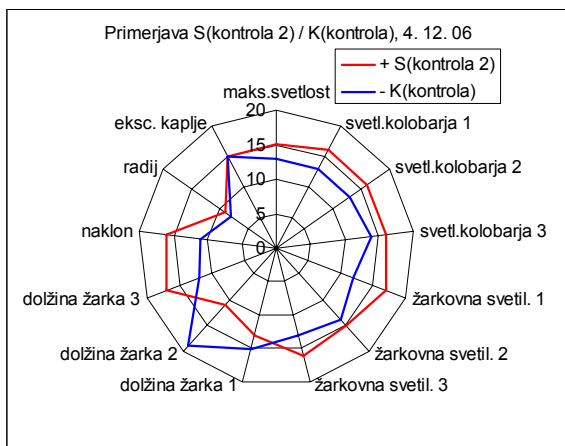
Graf 3a



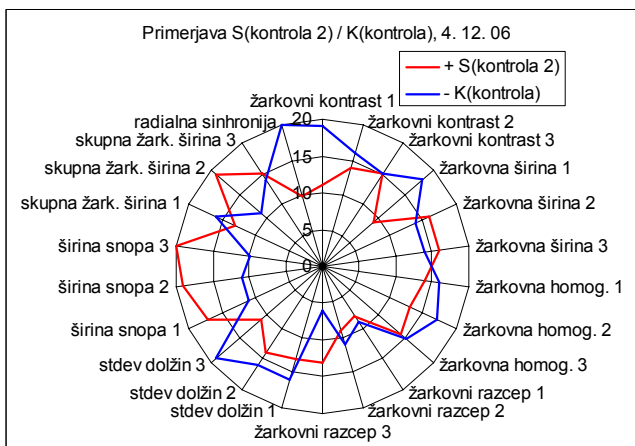
Graf 3b



Graf 4a



Graf 4b



Pri vseh vodah opazimo majhne razlike proti kontroli pri svetlostnih parametrih (grafi a), še največje so pri mestih A in C. Pri mestu A izstopa manjša maksimalna svetlost in manjše svetlosti kolobarjev ter večja žarkovna svetlost. Pri mestu C je rezultat kvalitativno obrnjen, če ga primerjamo z A. Mesto B je podobno mestu A, s tem da imajo kaplje večji radij in večjo ekscentričnost.

Pri strukturnih parametrih (grafi b) sta si mesti A in B spet podobni, s tem da od bolj opaznih razlika izstopa le večji žarkovni kontrast pri A, manjša žarkovna širina in nekaj večja radialna sinhronija pri obeh. Te razlike sicer niso velike. Večje so razlike pri mestu C, ki so spet večinoma nasprotno rezultatom. Tako imamo manjšo radialno sinhronijo, manjši žarkovni kontrast, večjo žarkovno širino, manjšo standardno deviacijo dolžin žarkov in večjo širino snopa žarkov. Ti rezultati se dokaj dobro pokrivajo z rezultati za kontrolo 2. Bolj signifikantni rezultati so sicer edino pri mestu C.

Večji svetlostni parametri splošno pomenijo energetsko močnejši vtis zunanjih polj v vodo. Večji žarkovni kontrast pomeni večjo izrazitost vtisa zunanjih polj v vodo, večja radialna sinhronija pa kaže, da je na vodo delovalo urejeno, koherentno valovanje. Isto kaže tudi manjša širina snopa. Večji žarkovni kontrast je sicer izražen na mestu A, a ta rezultat ni signifikanten. Manjši žarkovni kontrast in manjša standardna deviacija dolžin lahko kažeta na bolj razpršen, neusmerjen vpliv na okolišnji prostor.

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

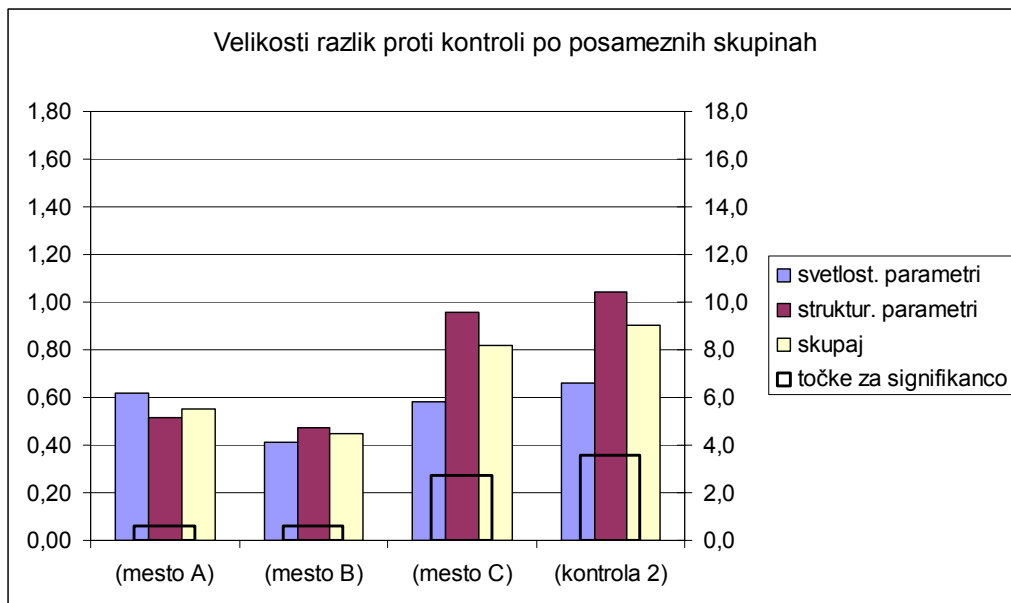
Tabela: število pozitivnih in negativnih točk za posamezne parametre pri primerjavi vseh treh vod iz vrta ter kontrole 2 s kontrolo. Navedeni so le rezultati, ki so bodisi značilni (rdeča pisava, $p < 5\%$), bodisi delno značilni (vijolično, $p < 10\%$; brez oblikovanja, $p < 20\%$).

PARAMETER	O : K	P : K	R : K	S : K
	(mesto A) : (kontrola)	(mesto B) : (kontrola)	(mesto C) : (kontrola)	(kontrola 2) : (kontrola)
nad 75%				
50-75%				
25-50%			10 : 17	
ko _t _svet				
žark_svet			10 : 18	

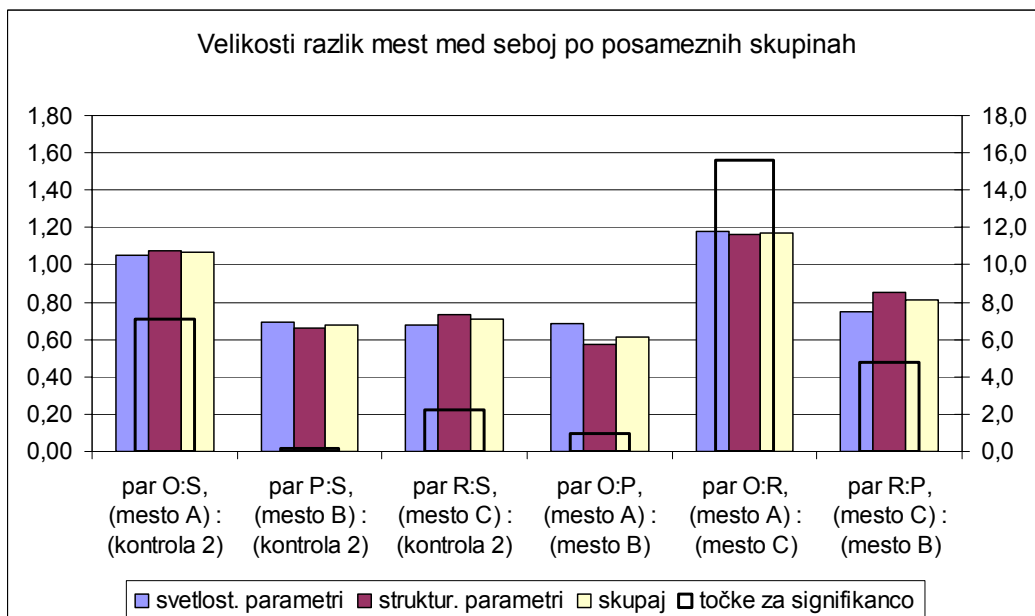
žark_kont	18 : 11			
žark_šir	9 : 18	9 : 21		
žark_hom	19 : 11		11 : 19	
žark_razcep				
Cžark_kont	19 : 10			
Cžark_šir		11 : 19		
št_žarkov		19 : 10		
dolž_vrha			11 : 19	
dolž_sredina				11 : 19
dolž_spodaj				
doseg_vrh				
doseg_sredina		19 : 9		
doseg_spodaj			0 : 2	
Stdev_vrha			11 : 19	
Stdev_sredina			9 : 20	
Stdev_spodaj				11 : 19
UpadŽ_vrha				
UpadŽ_sredina				17 : 10
UpadŽ_spodaj				
naklon				
Rad.sinh				10 : 20
kot_svet1				
kot_svet2		11 : 19		
kot_svet3		11 : 19		
žark_svet1				
žark_svet2	19 : 10			
žark_svet3	19 : 11		11 : 18	
žark_kont1				11 : 19
žark_kont2			11 : 19	
žark_kont3			11 : 18	
žark_šir1	11 : 19	10 : 20		9 : 18
žark_šir2	10 : 18	10 : 18		
žark_šir3				
žark_hom1			8 : 20	
žark_hom2				
žark_hom3				
žark_razcep1				
žark_razcep2				
žark_razcep3				13 : 6
Cžark_kont1	18 : 10			
Cžark_kont2	18 : 11			
Cžark_kont3				
Cžark_šir1		10 : 17		
Cžark_šir2				19 : 11
Cžark_šir3	10 : 19			
šir_snop1				
šir_snop2				19 : 11
šir_snop3				20 : 10
št_žarkov1		17 : 9		
št_žarkov2				
št_žarkov3				
radij				
eksc_kaplje				

Graf 5a spodaj prikazuje splošno velikosti razlik, ki so jih dosegli posamezni vzorci proti kontrolnemu. Iz tega grafa vidimo, da sta pri svetlostnih parametrih največjo razliko proti ostalim izkazala mesti A in C. Glede strukturnih parametrov izstopa mesto C, in to bolj izrazito kot A in C pri svetlostnih. Mesto C in kontrola 2 sta si tudi po velikosti razlik zelo podobna. Pri primerjavi posameznih mest med seboj vidimo (Graf 5b), da se od kontrole 2 najbolj razlikuje mesto A, mesto C pa se močno razlikuje od mesta A. Glede na individualne značilnosti posameznega vzorca (Graf 6) najbolj izstopata mesti A in C.

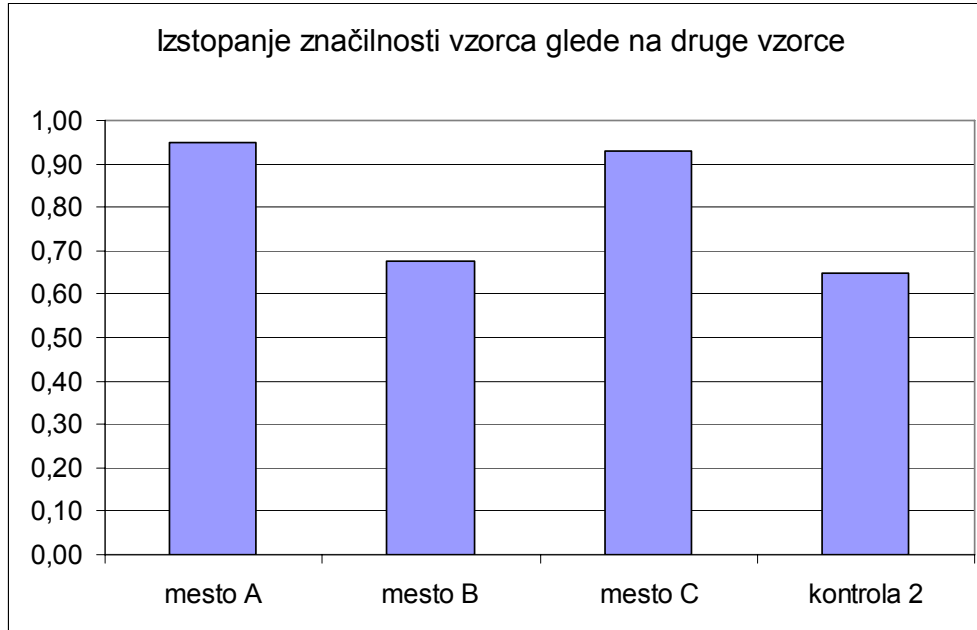
Graf 5a



Graf 5b



Graf 6



Ti rezultati kažejo, da sta glede vpliva na subtilno polje (biopolje) prostora nekoliko bolj obremenjeni mesti A in C, vendar ta obremenitev ne presega normalne obremenitve in je podobna obremenitvi kontrole 2. Nekaj večji žarkovni kontrast, manjša žarkovna širina in nekaj večja radialna sinhronija sicer kažejo, da tu deluje neko bolj usmerjeno, jasno izraženo polje (mesto A). Manjši žarkovni kontrast, manjša standardno deviacija dolžin in večja širina snopa pa kažejo na bolj kaotičen vpliv na subtilno polje (biopolje) prostora, v prisposodbi kot bolj frekvenčno razmazan.

ZAKLJUČEK

Položaj vrtca je tak, da pričakujemo sevalno povprečno obremenjenost, značilno za kraje z relativno gosto razporeditvijo baznih postaj. Naše dosedanje raziskave so pokazale, da tudi taka jakost polja, ki je sicer že daleč pod uradno dovoljeno, ima določene biološke učinke na naše merilne sisteme. Rezultati kažejo, da so učinki na različnih mestih v vrtcu različni. Na to lahko vplivajo različne lokalne značilnosti, kot npr. razporeditev kovinskih predmetov in armatur, prisotnost drugih sevanj, ki povzročajo lokalne modifikacije elektromagnetnih polj, pa tudi orientacija prostorov glede na glavne vire sevanj, saj se skozi stavbo, zlasti če ima dosti kovinskih elementov, to sevanja lahko že delno oslabijo. Poleg tega bazna postaja, ki je na precej višji sosednji stavbi, glavnino sevanja usmerja v približno horizontalnem snopu, ki gre visoko preko vrtca.

Glede na elektrofotografske rezultate po samem vplivu na subtilno polje prostora (biopolje) nekoliko izstopata mesti A (umivalnica) in C (igralnica Veseli vesoljčki), kjer pa je ta vpliv različen (bolj usmerjen pri mestu A in bolj kaotičen pri mestu C). Še najmanj obremenjeno je po teh rezultatih mesto B (igralnica Mi smo škratje). Grobi biološki učinki so pokazali značilne razlike le na mestu B, kjer so bili biološki učinki pozitivni, kar bi lahko kazalo

celo na ugoden vpliv, seveda pa bi za to bile potrebne dodatne raziskave. Seveda ne smemo pozabiti, da gre tu za relativno preprost biološki sistem in direktnih zaključkov na ljudi ne smemo povleči.

Poljudno lahko zaključimo, da obremenjenost z mikrovalovnimi sevanji ni večja kot v podobnih stavbah v Ljubljani. Vsekakor stanje ni idealno, vendar obremenjenost s sevanji ni tolikšna, da bi bilo potrebno dodatno ukrepanje, razen splošnega ozaveščanja o dodatni obremenjenosti okolja ob uporabi mobilnih telefonov.

Priloga 1. Zemljevid okolice bazne postaje z vrisanimi točkami meritev

