

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Komunalna smer

Kandidat:

Jaka Cunk

Uporava elektrofotografije za oceno kvalitete vode

Diplomska naloga št.: 2986

Mentor:

prof. dr. Boris Kompare

Somentor:

prof. dr. Igor Jerman

Ljubljana, 3. 12. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **JAKA CUNK** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»UPORABA ELEKTOFOTOGRAFIJE ZA OCENO KVALITETE VODE«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 16.11.2007

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.11:778.3(043.2)

Avtor: Jaka Cunk

Mentor: izr. prof. dr. Boris Kompare univ. dipl. inž.grad.

Somentor: prof. dr. Igor Jerman, univ.dipl.biol.

Naslov: Uporaba elektrofotografije za oceno kvalitete vode

Obseg in oprema: 92str., 94 preg., 1 sl.

Ključne besede: digitalna elektrofotografija, pitna voda, preskušanje vzorcev pitne vode

Izvleček

Pitna voda je prvi osnovni pogoj za preživetje človeka, zato je potrebno za pripravo pitne vode nenehno slediti znanstvenim dosežkom ter razvijati nove tehnologije. Odločili smo se da raziščemo možnosti uporabe metode digitalne elektrofotografije za analizo vzorcev vode za vodne vire, kjer je potrebno določiti vrsto in količino snovi v vodi, ki so lahko škodljive za zdravje ljudi.

Z metodo digitalne elektrofotografije smo poizkušali najti specifične karakteristike, v okviru parametrov za analizo korone kapljice vode, za štiri spojine v sedmih različnih koncentracijah. Preiskovali smo koncentracije spojin kalijevega dikromata ($K_2Cr_2O_7$), natrijevega nitrata ($NaNO_3$), saharoze ($C_{12}H_{22}O_{11}$) in benzena (C_6H_6).

Prišli smo do spoznanj, da bi digitalno elektrofotografijo lahko uporabili za določanje snovi v pitni vodi, saj smo z analizo korone kapljic raztopin snovi v vodi prikazali nabor specifičnih lastnosti v obliki izkazovanja konstantnih vrednosti parametrov, ki pri tej metodi analizirajo svetlost in strukturo korone kapljic raztopin v vodi.

Z to raziskavo smo potrdili, da je možno z uporabo digitalne elektrofotografije razlikovati koncentracije in spojine med seboj in je primerna tako za ionske kot tudi organske spojine. Za razvoj tehnologije, ki bi jo bilo moč uporabiti v praksi, za določanja mejne dovoljene koncentracije snovi v vodnih virih, pa bodo potrebne še nadaljnje raziskave. Prednost metode digitalne elektrofotografije vidimo predvsem v njeni sposobnosti zaznavanja subtilnih polj informacij vsebovanih v vzorcih vode, ki nam s tem spreminja pogled na vodo kot zgolj kemijsko strukturo in jo zajema kot celoto, ter s tem odkriva nove pojme za kakovost vodnega vira.

BIBLIOGRAFIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.11:778.3(043.2)

Author: Jaka Cunk

Supervisor: Assoc. prof. Boris Kompare, univ. dipl. inž.grad., Ph.D

Co-supervisor: prof. Igor Jerman, univ.dipl.biol., PhD

Title: The use of electrophotography for water quality assessment

Notes: 92p., 94 tab., 1 fig.

Key words: digital electrophotography, drinking water, drinking water samples testing

Abstract

Pure drinking water is one of main living conditions for survival of human race, therefore constant technological development and scientific research is essential on this field. We decided to research application of method called digital electrophotography for analyzing water samples for water sources, where we try to find quality and quantity of substance in drinking water which can be harmful for human health.

We tried to find specific characteristics of parameters used by method of digital electrophotography for recognition of four different types of water solutions in seven concentrations each. We tested potassium chlorate ($K_2Cr_2O_7$), sodium nitrate ($NaNO_3$), saccharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) and benzene (C_6H_6).

We were able to prove that we can draw a distinction between different substances in water solutions by using method of digital electrophotography, with finding a constant values of parameters represented in the corona discharge analysis around drops of water solutions.

We also confirmed that this method is appropriate for analysis of ionic and also organic substances, however for practical use of analysis drinking water sources further technological development of this method is needed. The main advantage of this method in comparison with traditional one we see in its ability of revealing subtle fields via their imprint in water. Witch gives us much greater picture of water in general, becoming now more than just chemical solution and as such gives new standard of quality for drinking water source.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Boris Kompareju, somentorju prof. dr. Igor Jermanu in dr. Metod Škarji za podano zanje, usmerjanje, trud in prijaznost pri izdelavi moje diplomske naloge.

Rad bi se zahvalil tudi vsem ostalim zaposlenim na inštitutu Bion in FGG za prijetno delovno vzdušje, kot tudi samemu inštitutu za možnost uporabe njihovih prostorov, aparaturov in tehnologije.

Lepa hvala tudi vsem domačim, še posebej pa hvala za mojo mami, ki mi stoji ob strani že skozi vso mojo življenjsko in študijsko pot.

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	1
1.1 KRISTALI ZAMRZNJENE VODE.....	1
1.2 KIRLIANOVA KAMERA	2
1.3 DIGITALNA ELEKTROFOTOGRAFIJA.....	4
1.4 HORMETSKI EFEKT	6
2. DIGITALNA ELEKTROFOTOGRAFIJA RAZISKAVE	7
2.1 NAMEN IN CILJI RAZISKAV	7
2.2 PRIPRAVA VZORCEV	7
2.3 KONTROLNI LIST	7
2.4 SLIKANJE KAPLJIC RAZTOPIN.....	9
2.5 RAČUNALNIŠKA OBDELAVA SLIK IN PODATKOV	10
2.5.1 SVETILNOSTNA ANALIZA.....	10
2.5.2 ŽARKOVNA ANALIZA	11
2.5.3 PRIMERI DOBLJENIH REZULTATOV	12
3. ANALIZA IN VREDNOTENJE DOBLJENIH REZULTATOV	18
3.1 SPLOŠNO PO VZORCIH	18
3.1.1 Kalijev dikromat.....	19
3.1.2 Natrijev nitrat.....	22
3.1.3 Saharoz.....	26
3.1.4 Benzen	29
3.2 SKUPEN GRAFIČEN PRIKAZ	32
3.2.1 Kalijev dikromat.....	32
3.2.2 Natrijev nitrat.....	37
3.2.3 Saharoz.....	41
3.2.4 Benzen	45
3.3 VREDNOTENJE PO POSAMEZNIH PARAMETRIH.....	49
3.3.1 Kalijev dikromat.....	49
3.3.2 Natrijev nitrat.....	57
3.3.3 Saharoz.....	65
3.3.4 Benzen	73

4. ZAKLJUČEK	81
5. VIRI	83

KAZALO SLIK:

Slika 1: Kontrolni list.	9
-------------------------------	---

KAZALO GRAFIKONOV:

Grafikon 1: Neparometričen grafikon raztopine v primerjavi z demineralizirano vodo za svetlostne parametre.	12
Grafikon 2: Neparometričen grafikon raztopine v primerjavi z demineralizirano vodo za strukturne parametre.	13
Grafikon 3: Absolutna razlika / standardno napako za svetlostne parametre.	14
Grafikon 4: Absolutna razlika / standardno napako za strukturne parametre.	15
Grafikon 5: Vsi pari ene serije; Absolutna razlika / standardno napako za svetlostne parametre.	16
Grafikon 6: Vsi pari ene serije; Absolutna razlika / standardno napako za strukturne parametre.	17
Grafikon 7: Krom; Indeks razlike po parih.	19
Grafikon 8: Krom; Indeks razlike po vzorcih.	20
Grafikon 9: Krom; Koreliranost s seboj po vzorcih.	20
Grafikon 10: Krom; Vplivnost vzorcev.	21
Grafikon 11: Nitrat; Indeks razlike po parih.	22
Grafikon 12: Nitrat; Indeks razlike po vzorcih.	23
Grafikon 13: Nitrat; Koreliranost s seboj po vzorcih.	24
Grafikon 14: Nitrat; Vplivnost vzorcev.	25
Grafikon 15: Saharoza; Indeks razlike po parih.	26
Grafikon 16: Saharoza; Indeks razlike po vzorcih.	27
Grafikon 17: Saharoza; Koreliranost s seboj po vzorcih.	27
Grafikon 18: Saharoza; Vplivnost vzorcev.	28
Grafikon 19: Benzen; Indeks razlike po parih.	29

Grafikon 20:	Benzen; Indeks razlike po vzorcih.....	30
Grafikon 21:	Benzen; Koreliranost s seboj po vzorcih.	30
Grafikon 22:	Benzen; Vplivnost vzorcev.....	31
Grafikon 23:	Kalijev dikromat $K_2Cr_2O_7$ primerjava parov vzorcev 1. serija, svetlostni parametri.....	33
Grafikon 24:	Kalijev dikromat $K_2Cr_2O_7$ primerjava parov vzorcev 2. serija, svetlostni parametri.....	34
Grafikon 25:	Kalijev dikromat $K_2Cr_2O_7$ primerjava parov vzorcev 1. serija, strukturni parametri.....	35
Grafikon 26:	Kalijev dikromat $K_2Cr_2O_7$ primerjava parov vzorcev 2. serija, strukturni parametri.....	36
Grafikon 27:	Natrijev nitrat $NaNO_3$ primerjava parov vzorcev 1. serija, svetlostni parametri.....	37
Grafikon 28:	Natrijev nitrat $NaNO_3$ primerjava parov vzorcev 2. serija, svetlostni parametri.....	38
Grafikon 29:	Natrijev nitrat $NaNO_3$ primerjava parov vzorcev 1. serija, strukturni parametri.....	39
Grafikon 30:	Natrijev nitrat $NaNO_3$ primerjava parov vzorcev 2. serija, strukturni parametri.....	40
Grafikon 31:	Saharoza $C_{12}H_{22}O_{11}$ primerjava parov vzorcev 1. serija, svetlostni parametri.....	41
Grafikon 32:	Saharoza $C_{12}H_{22}O_{11}$ primerjava parov vzorcev 2. serija, svetlostni parametri.....	42
Grafikon 33:	Saharoza $C_{12}H_{22}O_{11}$ primerjava parov vzorcev 1. serija, strukturni parametri.....	43
Grafikon 34:	Saharoza $C_{12}H_{22}O_{11}$ primerjava parov vzorcev 2. serija, strukturni parametri.....	44
Grafikon 35:	Benzen C_6H_6 primerjava parov vzorcev 1. serija, svetlostni parametri.....	45
Grafikon 36:	Benzen C_6H_6 primerjava parov vzorcev 2. serija, svetlostni parametri.....	46
Grafikon 37:	Benzen C_6H_6 primerjava parov vzorcev 1. serija, strukturni parametri.....	47
Grafikon 38:	Benzen C_6H_6 primerjava parov vzorcev 2. serija, strukturni parametri.....	48

Grafikon 39:	Kalijev dikromat; Skupno povprečje vseh parametrov.	50
Grafikon 40:	Kalijev dikromat; Povprečje parametrov prvega kolobarja.....	50
Grafikon 41:	Kalijev dikromat; Povprečje parametrov v drugem in tretjem kolobarju.....	51
Grafikon 42:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	51
Grafikon 43:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	52
Grafikon 44:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	52
Grafikon 45:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	53
Grafikon 46:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	53
Grafikon 47:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	54
Grafikon 48:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	54
Grafikon 49:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	55
Grafikon 50:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	55
Grafikon 51:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	56
Grafikon 52:	Kalijev dikromat; Posamezni parametri.	56
Grafikon 53:	Natrijev nitrat; Skupno povprečje vseh parametrov.....	58
Grafikon 54:	Natrijev nitrat; Povprečje parametrov prvega kolobarja.	58
Grafikon 55:	Natrijev nitrat; Povprečje parametrov v drugem in tretjem kolobarju.	59
Grafikon 56:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	59
Grafikon 57:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	60
Grafikon 58:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	60
Grafikon 59:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	61
Grafikon 60:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	61
Grafikon 61:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	62
Grafikon 62:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	62
Grafikon 63:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	63
Grafikon 64:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	63
Grafikon 65:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	64
Grafikon 66:	Natrijev nitrat; Posamezni parametri.....	64
Grafikon 67:	Saharoza; Skupno povprečje vseh parametrov.....	66
Grafikon 68:	Saharoza; Povprečje parametrov prvega kolobarja.	66
Grafikon 69:	Saharoza; Povprečje parametrov v drugem in tretjem kolobarju.	67

Grafikon 70:	Saharoza; Posamezni parametri.....	67
Grafikon 71:	Saharoza; Posamezni parametri.....	68
Grafikon 72:	Saharoza; Posamezni parametri.....	68
Grafikon 73:	Saharoza; Posamezni parametri.....	69
Grafikon 74:	Saharoza; Posamezni parametri.....	69
Grafikon 75:	Saharoza; Posamezni parametri.....	70
Grafikon 76:	Saharoza; Posamezni parametri.....	70
Grafikon 77:	Saharoza; Posamezni parametri.....	71
Grafikon 78:	Saharoza; Posamezni parametri.....	71
Grafikon 79:	Saharoza; Posamezni parametri.....	72
Grafikon 80:	Saharoza; Posamezni parametri.....	72
Grafikon 81:	Benzen; Skupno povprečje vseh parametrov.....	74
Grafikon 82:	Benzen; Povprečje parametrov prvega kolobarja.....	74
Grafikon 83:	Benzen; Povprečje parametrov v drugem in tretjem kolobarju.....	75
Grafikon 84:	Benzen; Posamezni parametri.....	75
Grafikon 85:	Benzen; Posamezni parametri.....	76
Grafikon 86:	Benzen; Posamezni parametri.....	76
Grafikon 87:	Benzen; Posamezni parametri.....	77
Grafikon 88:	Benzen; Posamezni parametri.....	77
Grafikon 89:	Benzen; Posamezni parametri.....	78
Grafikon 90:	Benzen; Posamezni parametri.....	78
Grafikon 91:	Benzen; Posamezni parametri.....	79
Grafikon 92:	Benzen; Posamezni parametri.....	79
Grafikon 93:	Benzen; Posamezni parametri.....	80
Grafikon 94:	Benzen; Posamezni parametri.....	80

1. UVOD

Za začetek vam bomo opisali nekaj metod za opazovanje vode, katerim je skupen termin SPOMIN VODE. Ta pojem pomeni lastnost vode, da sprejme informacije oziroma podatke iz okolja, kateremu vodo izpostavimo, ter jih hrani v obliki lastne spremenjene notranje zgradbe. Z v nadaljevanju opisanimi metodami, pa lahko to spremenjeno strukturo vode uporabimo kot koristen vir podatkov za analizo kakovosti vode.

1.1 KRISTALI ZAMRZNJENE VODE

Masaru Emoto se je lotil pionirskega dela opazovanja raznovrstnosti kristalov zamrznjene vode pod mikroskopom. Voda se hitro spreminja in je nestabilna. Napravili so poskus z vzorcem vode, tako da so v vsako petrijevko kanili en vzorec in nato vse to položili v zamrzovalnik. Po dveh urah so kristale vzeli ven jih položili pod mikroskop ter jih pri 200- do 500-kratni povečavi fotografirali. Da bi dobili kristal, ki ustreza povprečju, so morali napraviti veliko poskusov v različnih pogojih. Za večino ljudi zaradi mraza ni bilo mogoče, da bi v hladilnici snemali dlje kot največ trideset minut. Dve sliki kristalov nista enaki. Ali z drugimi besedami: nobena oblika kristala se ne da reproducirati. Vendar kažejo kristali določene značilne težnje, ki jih imenujemo kristalne mreže ali razvejane plasti kristalnih struktur. S pomočjo teh strukturalnih tendenc lahko kristale identificiramo. Iz določenega tipa vode so naenkrat zmrzovali sto vzorcev. Čeprav obstajajo med njimi številne kristalne oblike kot so lepi, heksagonalni, spremenljivi kristali ali pa kristalne strukture ni, so opazili neko temeljno težnjo po ustvarjanju kristalne mreže. Posneli so slike studenčnice, deževnice, rečne in morske vode ter močvirnice iz celega sveta in iz Japonske. Kot ocenjuje dr. Igor Koronenko; Pri takem delu seveda naletimo na številne težave, nastavitev pravilne temperature, osvetlitve, ustrezne povečave, izbira fokusa (z različnim fokusom vidimo kristale na zelo različnih nivojih), izolacija eksperimentalne vode od drugih zunanjih vplivov ter navsezadnje, kar je verjetno najteže, pravilna obravnava vpliva eksperimentatorja na eksperimentalno vodo. Emoto se je pri svojem delu bolj osredotočil na estetski vidik kristalizacije pri tem namiguje, da na vodo vpliva prav vse v njeni okolici: od zraka, svetlobe, temperature, pritiska, zvoka pa vse do bolj subtilnih vplivov naših dejanj, občutkov, misli in

celo napisanih besed. O ponovljivosti podobne kristalizacije po ponovitvi enakega poskusa ali o variabilnosti kristalizacije iste vode nam ne pove ničesar. Emoto je opazoval nekaj deset ali sto tisoč različnih voda, ki so bile izpostavljene nekaj sto različnim scenarijem, iz česar sledi, da iz ene vode ni naredil več kot deset slik, kar pa je za znanstveni dokaz veliko premalo.

1.2 KIRLIANOVA KAMERA

Kakor je opisano na internetnih straneh Fakultete za računalništvo in informatiko je fotografiranje korone, znano kot Kirlianova kamera pred več kot petdesetimi leti iznašel ruski znanstvenik S. Kirlian. To je metoda slikanja korone na fotografsko ploščo, ki se tvori okoli raziskovanega predmeta izpostavljenega polju visoke napetosti in frekvence. Kovinska plošča prevlečena z izolacijskim materialom služi kot visokonapetostna elektroda z ozemljenim predmetom raziskave na njej. Slike nastanejo, ko fotografski papir vstavimo med predmet raziskave ter kovinsko ploščo. V znanstvenih krogih je metoda vzbudila veliko zanimanje na zahodu v zgodnjih sedemdesetih letih. Takrat so znanstveniki opravili začetne raziskave ter ji tudi objavili v strokovnih člankih. Ker so metodo večinoma uporabljali za slikanje korone okoli živih organizmov, še posebej človeškega, tako so se objave člankov in raziskave usmerile predvsem v psihologijo, fiziologijo ter psihološke teste, kjer so slikali korone človeških prstov na rokah in nogah. Znanstvene raziskave so pokazale, da so rezultati naklonjeni specifičnim lastnostim posameznika, kot so: temperatura in odpornost kože, znojenje, ionska zgradba ter podobno. Pokazalo se je tudi, da stresni pogoji vplivajo na vzorce korone. Prišli so do zaključka, da zgoraj omenjeni parametri lahko posredno vplivajo na samo korono. Temeljita analiza bi potrebovala zapleteno prepoznavanje vzorcev koron, za kar pa je primanjkovalo prakse, zato je tudi metoda ni bila dovolj objektivna ter ni imela zadostne kvantitativne podlage za analizo. Nekateri avtorji so sicer določili naslednje parametre za analizo vzorcev korone: razpon žarkov, zgoščenost žarkov, žarkovna ukrivljenost in drugotne slike, vendar ti niso bili zadostni za obsežnejšo znanstveno raziskavo.

V Sloveniji so se do sedaj s Kirlianovo kamero ukvarjali predvsem posamezni zanesenjaki in razni zdravniki, ki so uporabljali Kirlianovo kamero za diagnostiko in spremljanje terapij. Narejeno je bilo le nekaj znanstvenih študij.

Že v začetku sedemdesetih let so nekaj poskusov opravili na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani. V takratnem Laboratoriju za medicinsko elektroniko in biokibernetiko je pod

mentorstvom prof. dr. Antona Jegliča Metod Lebar v svoji diplomski nalogi leta 1975 ugotavljal vplive različnih parametrov na proces snemanja različnih objektov in ljudi s Kirlianovo kamero. Podobno študijo je opravil leta 1976 v svoji diplomski nalogi na Biotehniški fakulteti tudi Igor Muller. Zaradi slabe ponovljivosti rezultatov so nadaljevanje poskusov opustili.

Leta 1997 sta na Biotehnični fakulteti v Ljubljani mag. Matjaž Čater in prof. dr. Franc Batič v zanimivi študiji pokazala, da lahko s Kirlianovo kamero (elektrofotografijo) veliko hitreje in ceneje ter nedestruktivno preverijo vitalnost (kaljivost) semen kot s trenutno znanimi in uveljavljenimi postopki. O študiji sta tudi objavila članek v mednarodni znanstveni reviji.

Na Fakulteti za računalništvo in informatiko v Ljubljani potekajo od leta 1998 različne raziskave, pri katerih merijo korone sadežev rastlin ter korone prstov ljudi. Pri teh raziskavah sodeluje več strokovnjakov z različnih področij (biologija, psihologija, fizika, medicina).

Namen raziskav je preveriti, ali korone rastlin in prstov ljudi vsebujejo koristno informacijo ali pa so zgolj šum, neodvisen od fizičnega/psihičnega stanja rastline/osebe. Ob vsem tem pa poskušajo preveriti veljavnost zemljevida organov po koronah prstov, ki ga je v Nemčiji razvil Peter Mandel in ga je izpopolnila skupina prof. dr. Konstantina Korotkova v St. Petersburgu v Rusiji. Zanimalo jih je tudi, če lahko razlikujemo različne vrste in okužene od neokuženih rastlin.

Trenutno potekajo na Fakulteti za računalništvo in informatiko pod vodstvom prof. dr. Igorja Kononenka in prof. dr. Tatjane Zrimec ter ob pomoči mladega raziskovalca Aleksandra Sadikova in številnih sodelavcev študije vpliva tehničnega sevanja na korone ljudi, preverjanje vpliva naravnih zdravilnih virov, meritve koron kapljic vode, izpostavljene različnim sevanjem ter preverjanje vplivov različnih t.i. zdravilnih pripomočkov. Načrtujejo se tudi meritve vpliva prehrane in telovadbe na korone ljudi, kot tudi preverjanje obolenosti gozda z merjenjem koron plodov dreves.

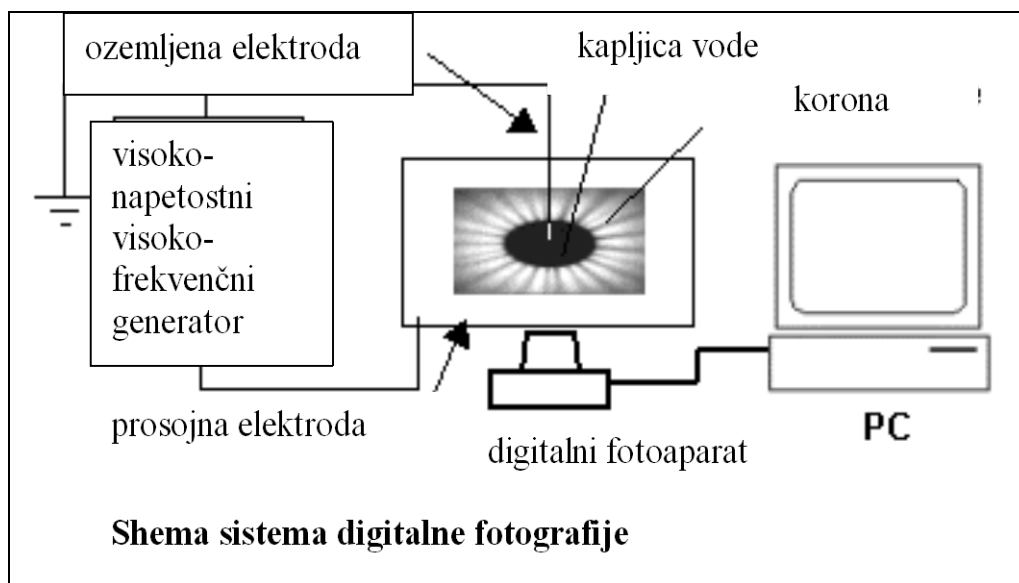
1.3 DIGITALNA ELEKTROFOTOGRAFIJA

Kot je tudi opisano na internetnih straneh inštituta Bion, je v zadnjem času so vsepovsod po svetu prišli do večjega števila dokazov, da voda sposobna hraniti informacije o različnih stanjih izpostavljenosti določenim vplivom (to imenujemo tudi spomin vode). To nam omogoča zaznavo subtilnih polj preko informacij shranjenih v vodi v smislu primerjave le teh z podatki shranjenimi v določeni kontrolnem vzorcu vode. Prednost takšne neposredne metode pa je tudi, da lažje kontroliramo pogoje pri nadaljnjih eksperimentih z vodo.

Ena od možnosti pridobitve podatkov iz spomina vode je z metodo žarkovnih obročev (Kirlianov efekt), kjer so kapljice vode izpostavljene električnemu polju visoke napetosti in frekvence. Različni deli informacij zapisani v kapljicah vode vplivajo na pojav različnih žarkovnih obročev (koron) okoli samih kapljic izpostavljenim električnemu polju. Rezultate vzorčne vode primerjamo z rezultati kontrolnega vzorca vode in s tem ocenimo vpliv informacij shranjenih v vzorcu vode na spremembo korone kapljice.

V zadnjih nekaj letih so na inštitutu Bion razvili posebno metoda za fotografiranje žarčenja korone kapljic vode in jo poimenovali *Elektrofotografija korone*, kjer so produkti metode slike, ki pa niso prave fotografije temveč produkti izvlečkov in kasnejših reakcij različnih ionov in radikalov iz kapljic vode, ki reagirajo s posebno pripravljeno fotografsko emulzijo. Na inštitutu Bion so s to metodo opravili veliko eksperimentov in rezultate tudi redno objavljali v strokovnih člankih. Nedavno pa so metodo še nadgradili z uporabo digitalnega fotoaparata in prosojne elektrode za slikanje korone kapljic vode, ter jo poimenovali *Digitalna elektrofotografija*.

Prenesene slike s fotoaparata se računalniško obdelajo in analizirajo, delno s standardnimi programi, delno pa s posebno programsko opremo razvito v ta namen. Slike koron kapljic vode so izražene z ustreznim naborom parametrov določenimi v programski opremi glede na pretekle izkušnje in služijo za analizo serij pridobljenih slik. Parametri izražajo najpomembnejšo kotno, radialno in splošnost značilnost posamezne slike. Razlike med vzorčno in kontrolno vodo so nato kvantitativno in kvalitativno ocenjene. Signifikanca podatkov je statistično testirana.



shema sistema digitalne fotografije

Namen osnovnih raziskav je spoznati katere vplive na vodo je mogoče zaznati s to metodo. Razvoj metode teži k izboljšanju občutljivosti in hkrati zanesljivosti metode, v nadaljevanju pa tudi k razvoju ustreznih metod za vtiskanje zelenih informacij, oziroma polj v izbrano vodo.

Vplivi katerim lahko izpostavijo vzorce vode pripadajo naslednjim kategorijam: različna elektromagnetna polja, subtilna polja izžvana iz živih organizmov in organizmov ne živalskega izvora, različni vplivi okolja, močno razredčene in homeopatsko pripravljene raztopine.

1.4 HORMETSKI EFEKT

Kmecl in Jerman hormetski efekt opisujeta kot termin, ki označuje stimulativen nelinearen pojav pri nizkih koncentracijah drugače toksičnih snovi. Ta pojav je že bil priznan na različnih področjih biologije. Glede na spoznanja znanstvenika Luckey-a so vsi povzročitelji, fizični, kemični ali biološki lahko stimulatívni, če jih uporabimo v veliko manjših odmerkih v primerjavi s škodljivimi odmerki. Organizem bo bolje sprejel zdravilo v pogojih podobnih njegovi vzgoji in naravi. Kot kaže ni pri hormetskem efektu nobenih sistemskih omejitev ali omejitev glede učinkovitih substanc.

Biokemični mehanizmi hormetskega efekta so le malo pojasnjeni, predvidoma zaradi novosti in kompleksnosti. Na primer težke kovine lahko pomagajo pri razporeditvi mikrohranil, katera stimulirajo rast. Stebbing pravi, da je edino skupno vsem hormetskim pojavom le tipična krivulja doza – reakcija. Enak pojav so opazovali tudi na področju rentgenskega sevanja in različnih drugih vplivov okolja. Predpostavlja se tudi, da imajo substance, za katere imamo natančne in obsežne podatke, reakcijo podobnega vzorca kot je ta.

Pogosto je hormetski efekt opažen pri kliničnih in eksperimentalnih raziskavah, vendar je v splošnem zanemarjen. Največkrat opazovan je naraščajoč hormetski efekt na parametrih: življenjska doba, uspeh pri izvalitvi, encimska indukcija, zmanjšanje rakavosti, odpornost na bolezni, sposobnost za življenje, dihanje, itd. Stebbing je na primer dokazal, da majhne koncentracije ionov težkih kovin stopnjujejo rast kolonialnega vodika *Campanularia flexulosa*, med tem ko jo velika koncentracija preprečuje.

Hormetski efekt je opazovan pri veliko večjih koncentracijah kot homeopatija in za pripravo raztopin ne potrebujemo posebnih tehnik, zato tudi tu ni standardnih problemov s preizkušanjem homeopatskih sistemov.

2. DIGITALNA ELEKTROFOTOGRAFIJA RAZISKAVE

2.1 NAMEN IN CILJI RAZISKAV

Pitna voda je prvi osnovni pogoj za preživetje človeka, zato je potrebno za pripravo pitne vode nenehno slediti znanstvenim dosežkom ter razvijati nove tehnologije. Odločili smo se da raziščemo možnosti uporabe metode digitalne elektrofotografije za analizo vzorcev vode za vodne vire, kjer je potrebno določiti vrsto in količino snovi v vodi, ki so lahko škodljive za zdravje ljudi. Dovoljene koncentracije snovi v vodnem viru določa Pravilnik o pitni vodi. Za krom je dovoljena mejna koncentracija 50 µg/l, za nitrat 50 mg/l in benzen 1,0 µg/l, te meje smo upoštevali pri določitvi koncentracij preiskovanih vzorcev.

2.2 PRIPRAVA VZORCEV

Vzorci smo pripravili v laboratoriju Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na Hajdrihovi 28 v Ljubljani. Za vsako serijo slikanja smo vzorce posebej pripravili in tako skušali ohraniti konstantno raven temperature (vzorci smo ves čas hranili na konstantni sobni temperaturi), ter enak čas med samo pripravo raztopin in slikanjem kapljic. Zaradi obstojnosti raztopin v vodi smo se odločili za spojini kalijev dikromat $K_2Cr_2O_7$ in natrijev nitrat $NaNO_3$ kot predstavnici ionskih spojin, ter dve organski spojini: saharozo $C_{12}H_{22}O_{11}$ in benzen C_6H_6 . Spojine smo redčili z demineralizirano vodo, ki ne vsebuje dodatnih mineralov katere bi lahko nenadzorovano vplivale na preiskave vzorcev. Pripravili smo 50 mili litrske steklene bučke s čepi in vanje odmerili količine spojine ter demineralizirane vode ter bučke pretresli, prav tako smo bučke pretresli pred začetkom slikanja posamezne serije, da bi zagotovili enakomerno koncentracijo v vsaki kapljici posameznega vzorca.

2.3 KONTROLNI LIST

Pred slikanjem vsake serije smo pripravili kontrolni list, ki nam je zagotavljal kontrolo pri izvajanju poskusa. Kontrolni list vsebuje datum, zaporedno številko poskusa, RDN število, razpored vzorcev, kratko ime in oznako. RDN število potrebujemo za določitev naključnega

razporeda vzorcev v obliki kombinacij črk k, o, p, r in s, katere predstavljajo vzorce v poskusu. Da bi čimbolj izničili vpliv osebe, ki je slikala vzorce raztopin v vodi, smo poleg omenjene naključne generacije zaporedja vzorcev uporabili tudi šifriranje, tako da v fazi slikanja nismo poznali koncentracije snovi v posameznem vzorcu in vnaprejšnje pričakovanje rezultatov ni bilo mogoče. Poimenovanje vzorcev kot je prikazano na sliki 1, je sledilo v fazi računalniške obdelave podatkov.

29_5_07		poskus4-NaNO3					
RND števil	RAZPOREĐ VZORCEV		VODE	oznaka	kratko ime		
0,073428	o k p r s		K: voda	K	K3U		
0,046693	o k p r s		O: NO5µg	O	R9H		
0,897305	r p s k o		P: NO500µg	P	T6C		
0,481063	k p r o s		R: NO5mg	R	S7L		
0,482711	k s p r o		S: NO200mg	S	V4A		
0,239875	k s p o r						
0,119022	p o k s r						
0,218604	k s p o r						
0,641896	s p r k o						
0,906735	r p k o s		K: deminiralizirana voda				
0,906186	r p k o s		O: NaNO3 5µg/l				
0,832118	r o k p s		P: NaNO3 500µg/l				
0,862911	r p o k s		R: NaNO3 5mg/l				
0,10007	p o s k r		S: NaNO3 200mg/l				
0,633778	p r s k o						
0,09537	s p o k r						
0,627644	p r k o s		KRATEK OPIS POSTOPKA PRIPRAVE VOD				
0,464736	k p r o s						
0,596576	p r s o k						
0,937101	s r k o p						
0,210974	k s p o r						
0,492782	k p s r o						
0,867611	r p s o k						
0,990295	s r k p o						
0,657674	p r k s o		pokrov (Al) in dno naprave (Cu) za elektrofotografijo				
0,718619	k r p s o						
0,338206	p s o r k		med foto in elektrodo je dodana				
0,596912	p r s o k						
0,393536	p s k r o		UNIMODALNO				
0,009583	o s p k r		kapanje kapljic s pipetmanom				

Slika 1: Kontrolni list.

2.4 SLIKANJE KAPLJIC RAZTOPIN

Z dozirnikom, imenovanim pipetman kanemo kapljico volumna 50 µl na prosojno plastično folijo, ki služi za zaščito prosojne elektrode. V kapljico vstavimo elektrodo iz generatorja, komoro zatemnimo, kapljico za čas petih sekund izpostavimo električnemu generatorju, ki ustvarja visoko frekvenco in napetost. Z digitalnim fotoaparatom v tem času izpostavljenosti slikamo izhajanje vodikovih elektronov iz kaplje kar se na sliki kaže v obliki korone kapljice,

ki je značilne modrikaste barve. Slike se shranjujejo na spominsko kartico fotoaparata in se kasneje prenesejo v računalnik za obdelavo. Po slikanju folijo zavržemo in s tem preprečimo mešanje posameznih vzorcev med seboj.

Za vsako od štirih raztopin smo opravili dve seriji slikanj z metodo elektrofotografije. V prvi seriji posamezne raztopine smo uporabili vzorce koncentracij 50 µg/l, 50mg/l, 1g/l in demineralizirano vodo. V drugi seriji pa koncentracije 5 µg/l, 500 µg/l, 5mg/l in demineralizirano vodo.

Po metodologiji razviti na inštitutu Bion smo za zadostno ponovljivost rezultatov opravili 120 slikanj za serijo kjer smo imeli štiri vzorce raztopine in 150 slikanj za serije s petimi vzorci raztopine, tako da smo vsak vzorec v seriji naredili 30 slik z elektrofotografijo.

2.5 RAČUNALNIŠKA OBDELAVA SLIK IN PODATKOV

V člankih, kjer so opisane raziskave z digitalno elektrofotografijo so avtorji: Škarja, Jerman, Berden in Kmecel že pisali o podobnih analizah kot smo jo uporabili pri naši raziskavi in jo opisujemo v tem poglavju.

Za vsako sliko nam program izračuna tri skupine parametrov: skupina parametrov, ki se nanaša na svetlost celotne slike, parametri ki opisujejo lastnosti žarkov izračunani z analizo naklona in z radialno analizo.

Pri podajanju rezultatov pa so zgornji parametri razdeljeni v dve skupini in sicer v skupino svetlostnih parametrov in skupino strukturnih parametrov.

2.5.1 SVETILNOSTNA ANALIZA

Imamo sedem parametrov povezanih z obdelavo svetilnosti celotne slike. Maksimalna svetlost izraža število najsvetlejših pik slike pri določenem območju svetilnosti. Območje svetilnosti je določeno s standardno frekvenčno porazdelitvijo svetlosti obeh slik, tako je zajetih zgornjih 25% frekvenčne porazdelitve. Območje je bilo določeno s temeljito analizo frekvenčne porazdelitve svetlosti opravljene na predhodnih raziskavah. Primerjani sta bili tudi območji med 50-75% in 25-50%, vendar je bila njuna variabilnost veliko večja in s tem sta bili območji manj indikativni. Parametri: svetlost celotnega kolobarja (0-15 slikovnih pik), kolobarja 1 (0-8 slikovnih pik), svetlost kolobarja 2 (9-16 slikovnih pik) in svetlost kolobarja

3 (17-24 slikovnih pik) izražajo skupno svetlost za določen kolobar (vsota svetilnosti vseh slikovnih pik v kolobarju).

2.5.2 ŽARKOVNA ANALIZA

Skupaj imamo 31 žarkovnih parametrov, od tega 20 parametrov zajema karakteristike naklona in 11 karakteristike radija žarkov.

Z analizo naklona se določi pet parametrov za vsakega od treh kolobarjev (0-8, 9-16, 17-24 slikovnih pik) in skupni kolobar (0-15 slikovnih pik):

žarkovna svetilnost: vsota svetilnosti posameznih žarkov nad polovico njihove maksimalne vrednosti,

žarkovni kontrast: povprečno odstopanje v svetilnosti med vrhom žarka in dveh sosednjih depresij pomnoženo z številom žarkov,

žarkovna širina: povprečna celotna širina žarka na polovici njegovega maksimuma,

žarkovna homogenost širine žarka: inverzna vrednost standardne deviacije povprečne širine žarka,

žarkovni razcep: povprečna absolutna deviacija naklona iz sredine do vrha žarka, na polovici med dvema depresijama.

Sledi še 11 parametrov, ki so povezani z radialno analizo žarkov:

dolžina žarka: dolžina v primeru ko žarkovna svetilnost preseže predhodno določeno vrednost, določene so tri vrednosti (tri dolžine vsakega žarka) podane kot približne vrednosti dveh in treh četrtin radialnega dosega korone,

standardna deviacija dolžine žarka,

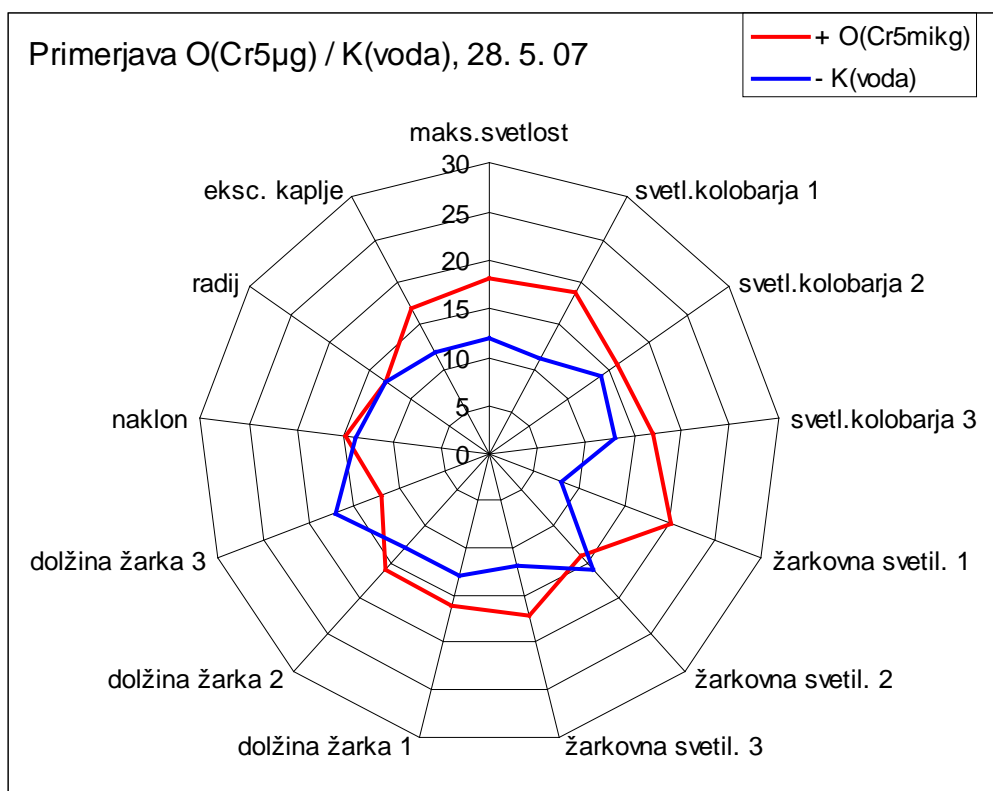
širina snopa žarkov: mediana dolžin žarkov,

naklon povprečne radialne odvisnosti svetilnosti žarka: vrednost izračunana med 5. in 25. slikovno piko od roba kaplje,

radialna sinhronija: mera za podobnost naklonov žarkov.

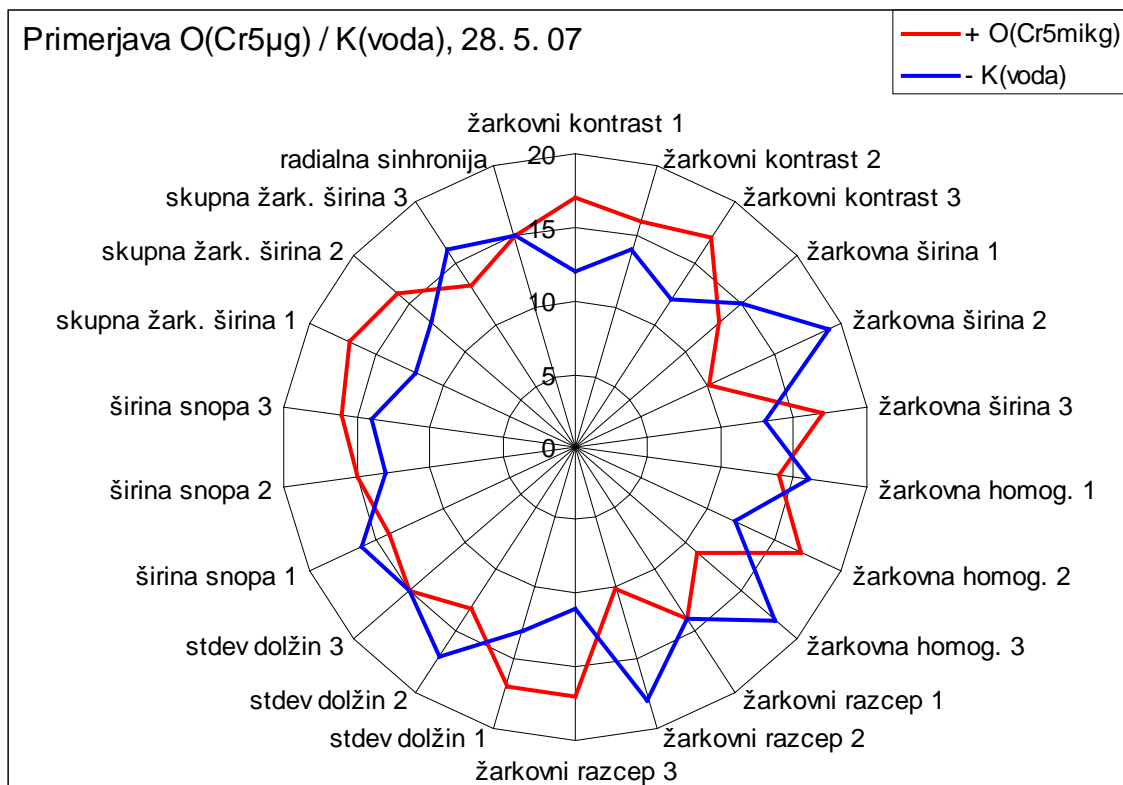
2.5.3 PRIMERI DOBLJENIH REZULTATOV

Ta neparmetrični grafikon nam kaže v koliko primerih od celotnega števila slik na slikah korone kapljic prevlada koncentracija in v koliko primerih prevlada sama voda.



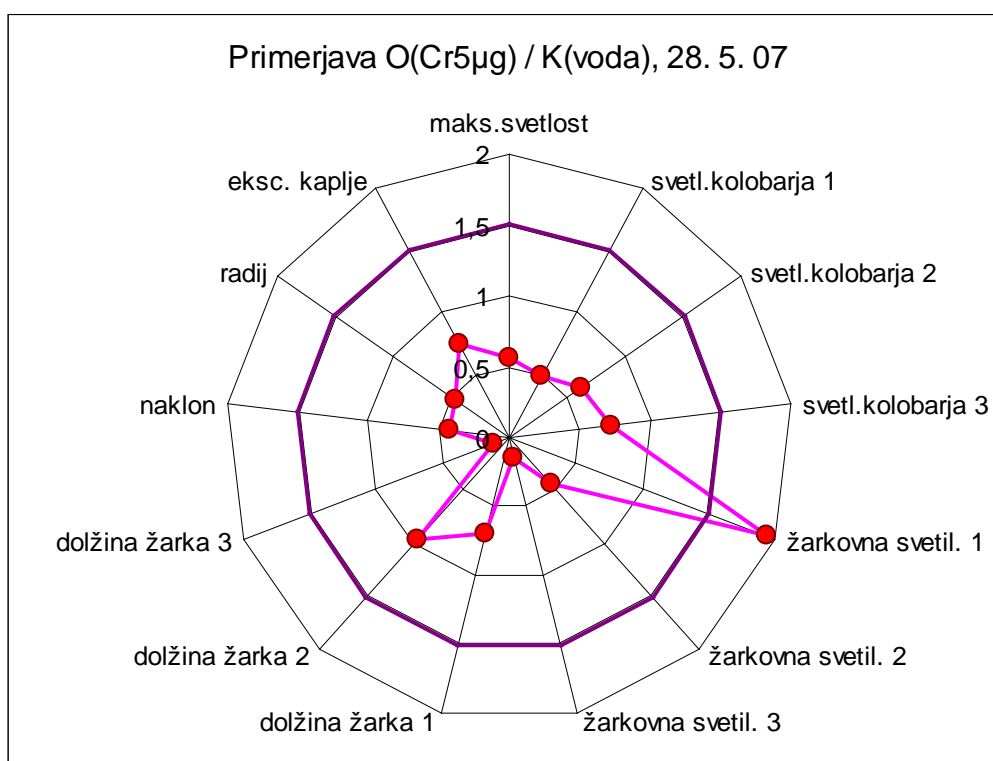
Grafikon 1: Neparmetričen grafikon raztopine v primerjavi z demineralizirano vodo za svetlostne parametre.

Podobno kot v zgornjem primeru, le da so tu opisani strukturni parametri.

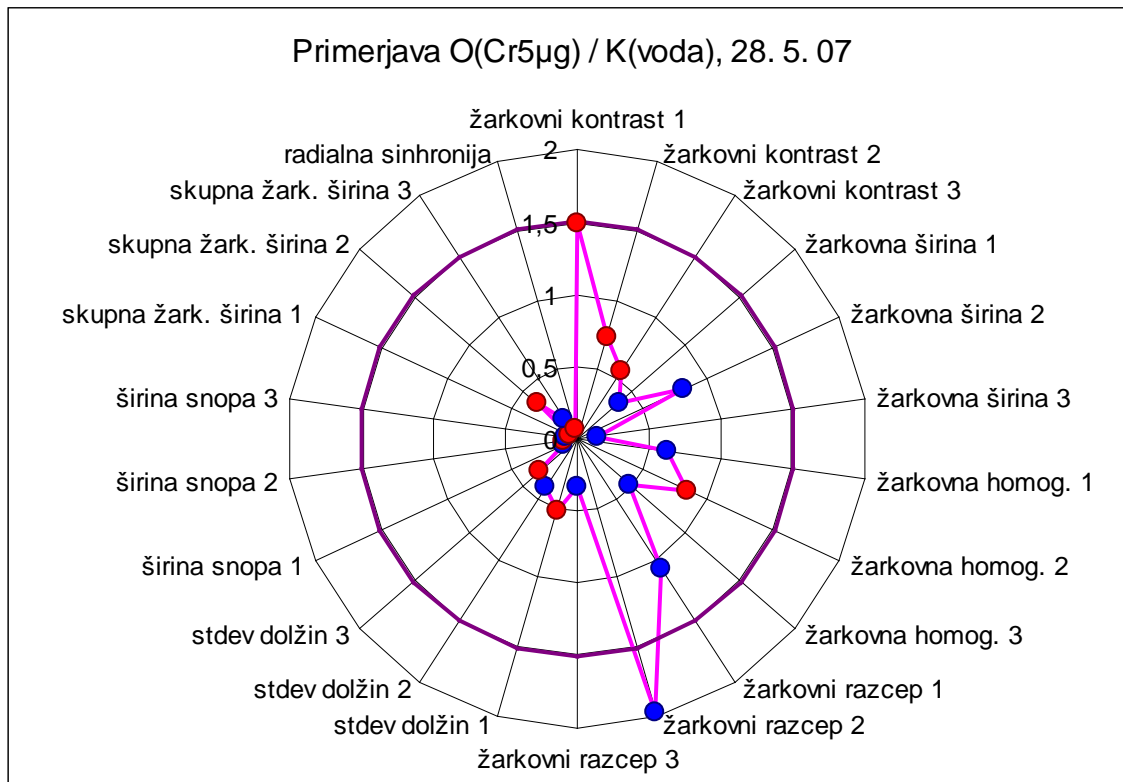


Grafikon 2: Neparametričen grafikone raztopine v primerjavi z demineralizirano vodo za strukturne parametre.

Zgoraj opisane neparametrične vrednosti vode in določene koncentracije med seboj odštejemo, ter vzamemo absolutno vrednost razlike, katero nato delimo z standardno deviacijo. Določena je tudi meja za signifikanco do katere rezultati niso dovolj močni oziroma izraženi.

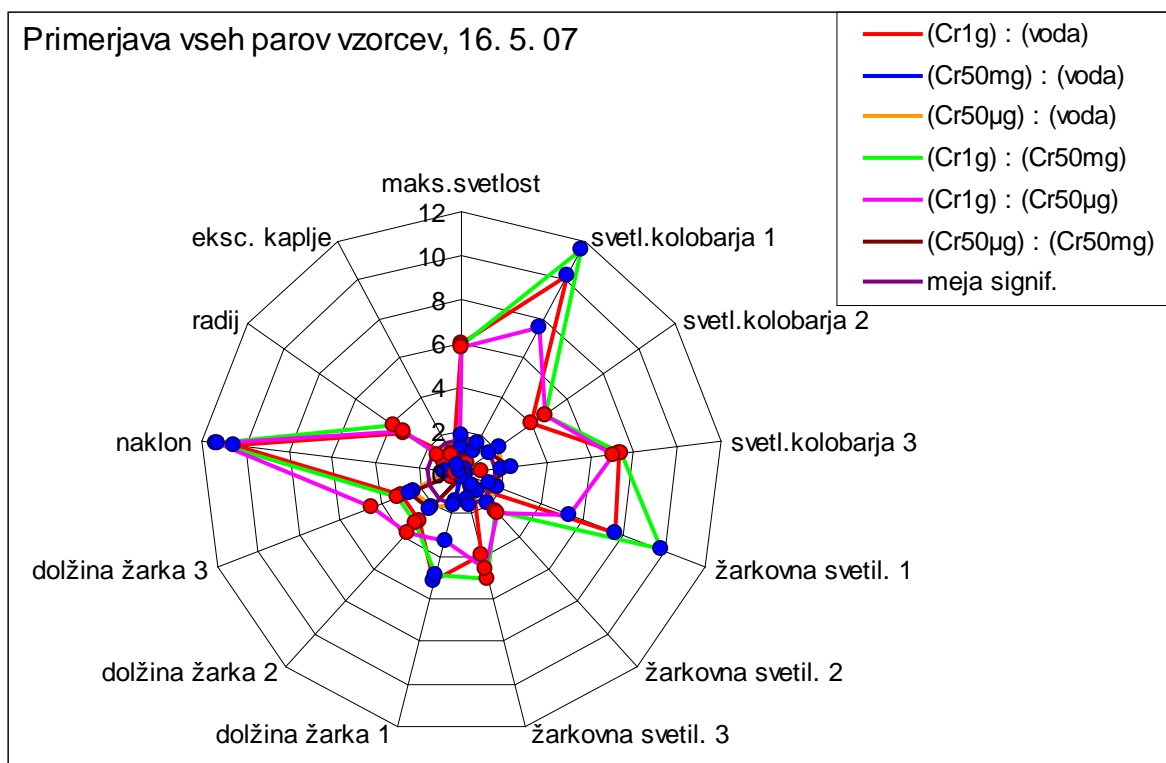


Grafikon 3: Absolutna razlika / standardno napako za svetlostne parametre.

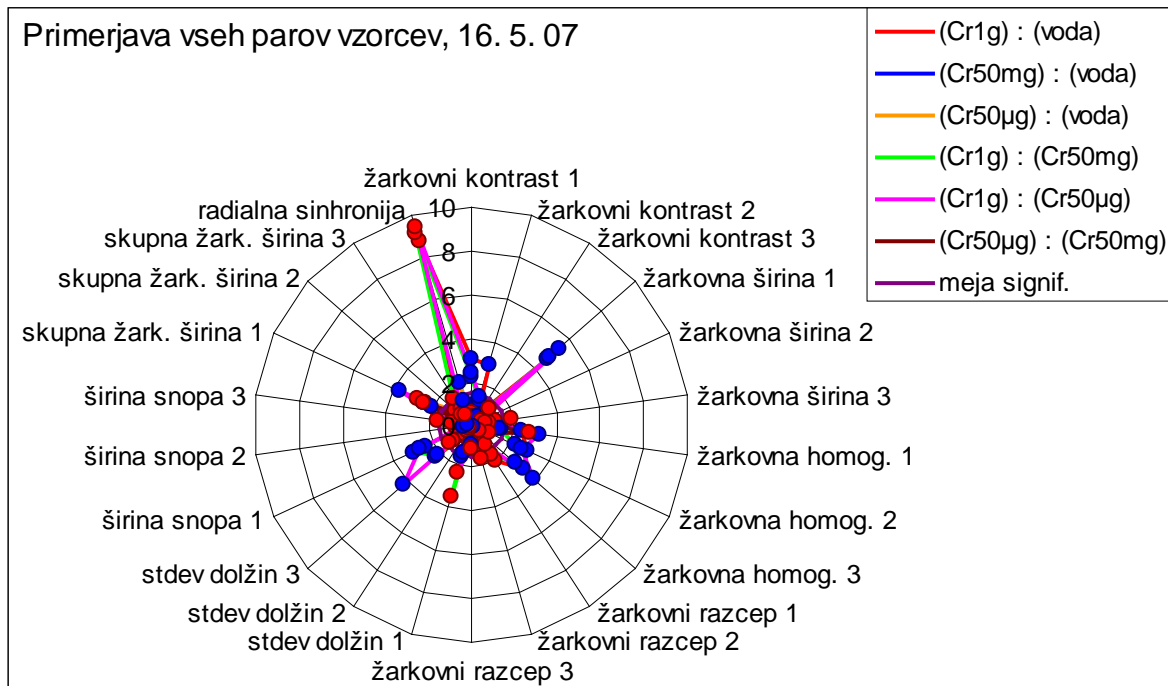


Grafikon 4: Absolutna razlika / standardno napako za strukturne parametre.

Zgoraj opisani posamični grafikoni so tu zbrani na enem skupnem grafikonu.



Grafikon 5: Vsi pari ene serije; Absolutna razlika / standardno napako za svetlostne parametre.



Grafikon 6: Vsi pari ene serije; Absolutna razlika / standardno napako za strukturne parametre.

3. ANALIZA IN VREDNOTENJE DOBLJENIH REZULTATOV

3.1 Splošno po vzorcih

Program nam za vse možne primerjave parov vzorcev v seriji s CHI-testom izračuna procentualno možnost, da je nek rezultat naključen. Manjši kot je ta odstotek, več točk za signifikanco dodeli določenemu parametru za analizo korone kapljice, saj obstaja večja verjetnost, da se ta rezultat ponovi.

V nadaljevanju bomo prikazali po štiri grafikone za vsako od štirih obravnavanih raztopin, kateri prikazujejo nominalne vrednosti točk za signifikanco, korelacijo in vplivnost vzorcev.

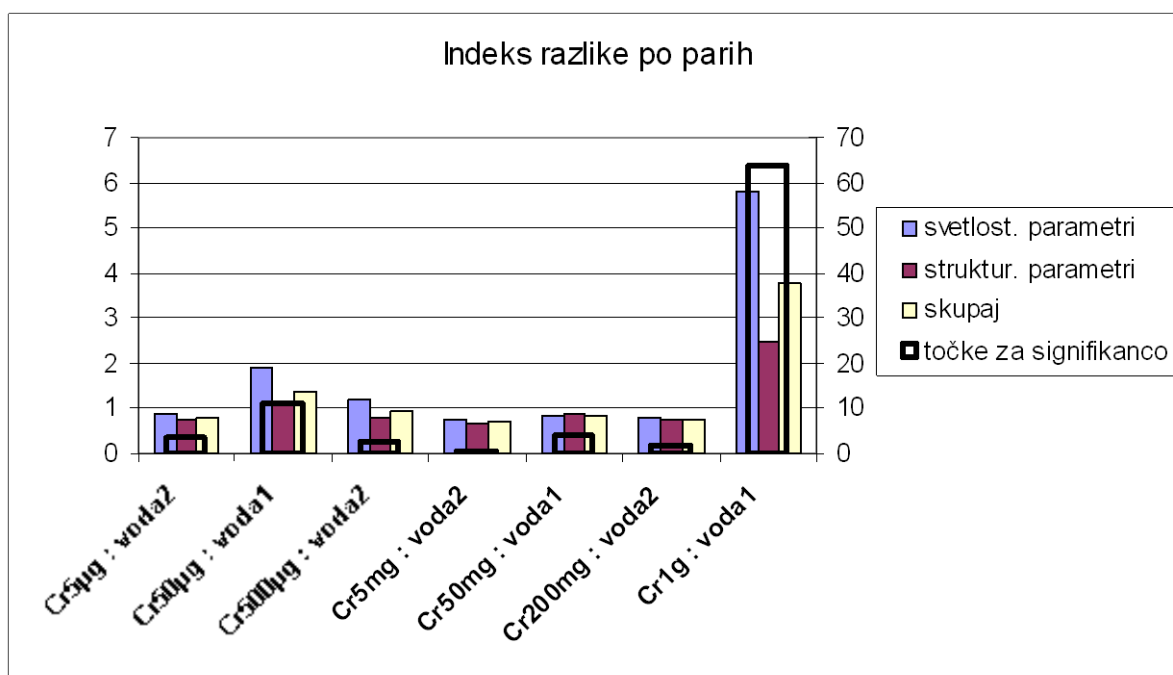
Grafikon indeks razlike po parih nam prikazuje indeks prej omenjenega količnika razlike in standardne deviacije po parih. Leva ordinata prikazuje vrednosti povprečja svetlostnih in strukturnih parametrov, ter povprečje obojih skupaj. Desna ordinata pa je merilo za točke signifikance. Vzorec demineralizirane vode smo označili z voda1 in voda2, ker smo za eno koncentracijo opravili dve seriji slikanj in tako tudi uporabili dva v času različna, sveža vzorca vode.

Tudi grafikon indeks razlike po vzorcih nam kaže indeks razlike, tokrat po posameznih vzorcih, iz česar lahko razberemo razred velikosti skupnih karakteristik za posamezen vzorec.

Grafikon vplivnost vzorcev predstavlja povzetek vseh lastnosti določenega vzorca, ter kako močan vpliv imajo te lastnosti pri skupni primerjavi med vzorci.

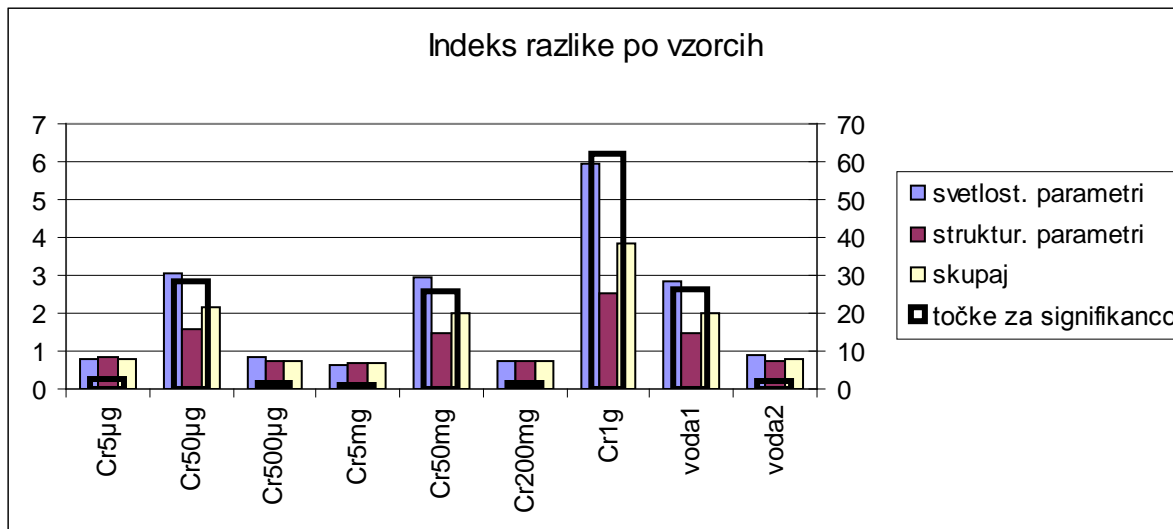
3.1.1 Kalijev dikromat

Kaže se močna signifikanca najmočnejše koncentracije, ostale koncentracije kažejo podobno vendar precej manjšo sliko. Glede na majhno koncentracijo 50 µg/l kaže ta vzorec nesorazmerno veliko signifikanco.



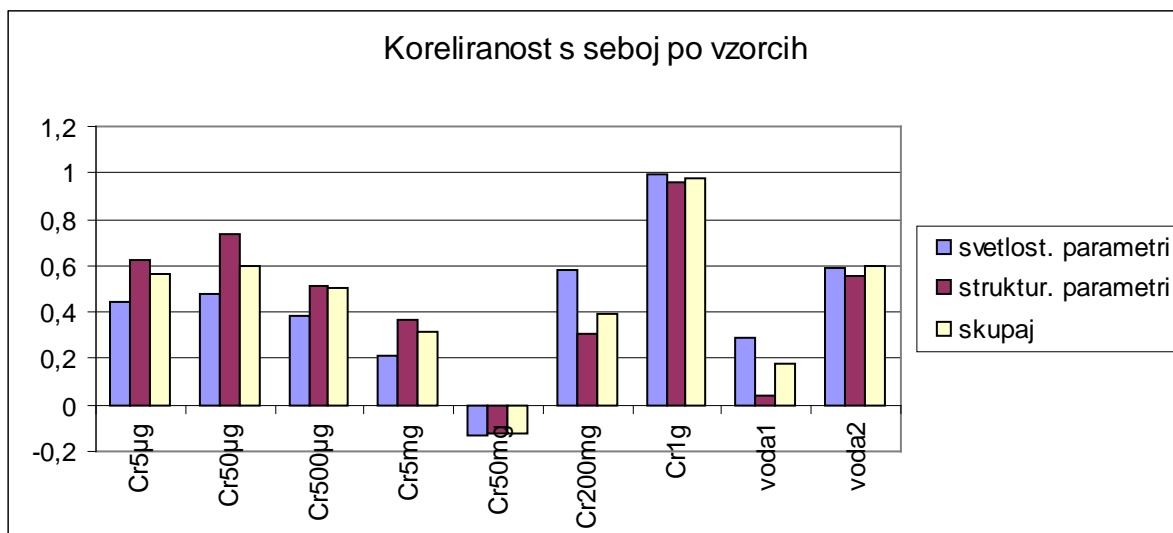
Grafikon 7: Krom; Indeks razlike po parih.

Ponovno ima najmočnejšo signifikanco koncentracija 1 g/l, zanimivo se kažejo določene značilnosti manjših koncentracij, predvsem koncentracije 50 µg/l in 50 mg/l.



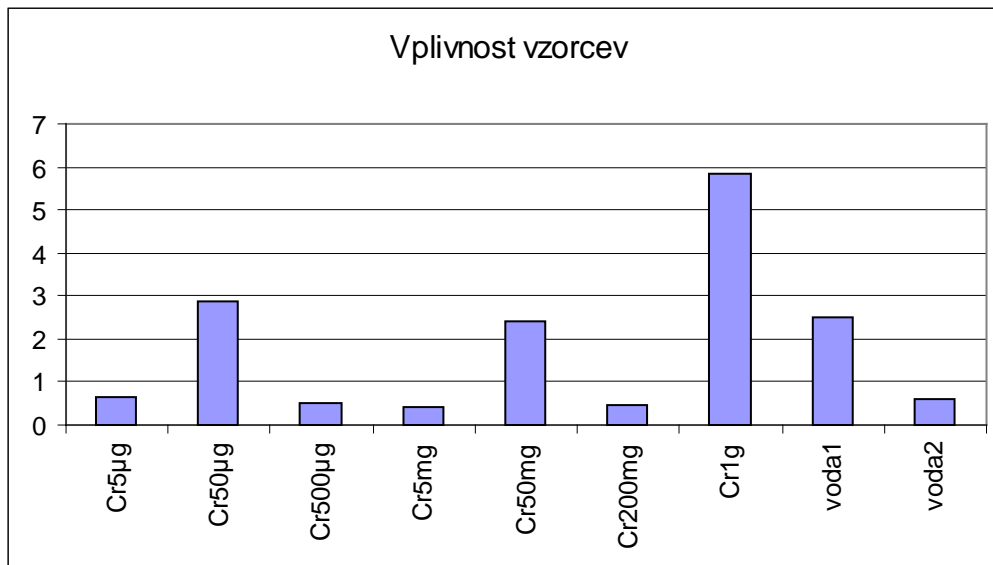
Grafikon 8: Krom; Indeks razlike po vzorcih.

Ponovno je vodilna najmočnejša koncentracija, zanimiv je tudi obrat pri 50 mg/l in močno izražene karakteristike koncentracije 5 in 50 µg/l.



Grafikon 9: Krom; Koreliranost s seboj po vzorcih.

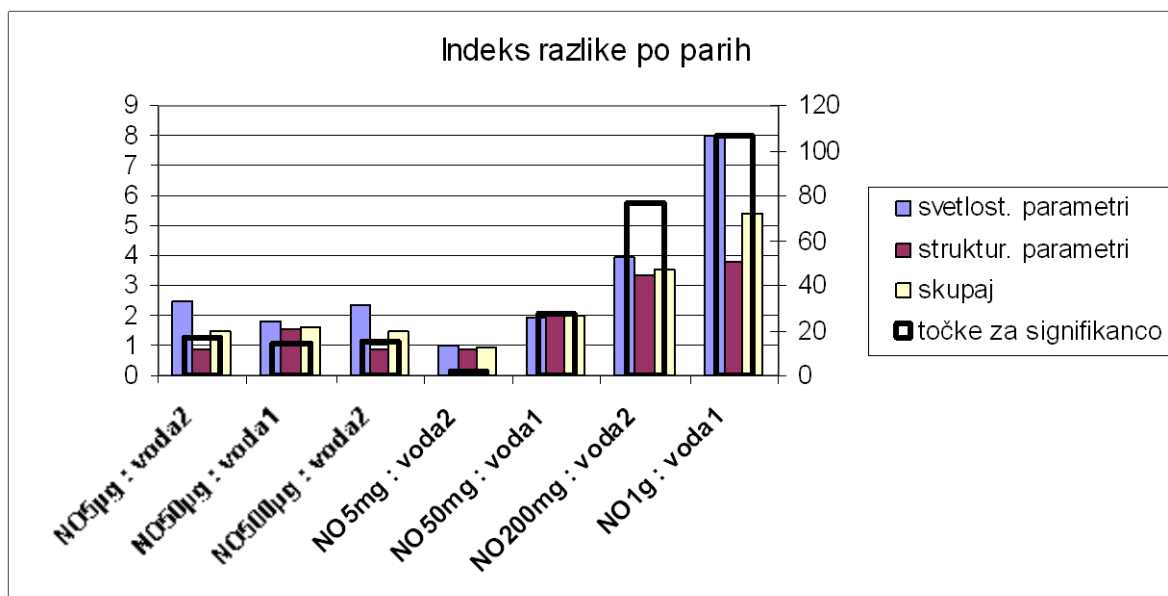
Najmočnejšo vplivnost pričakovano beleži koncentracija 1 g/l, ponovno ji sledi 50 µg/l, močno vplivnost zaradi lastnih specifičnih lastnosti izkazuje tudi koncentracija 50mg/l.



Grafikon 10: Krom; Vplivnost vzorcev.

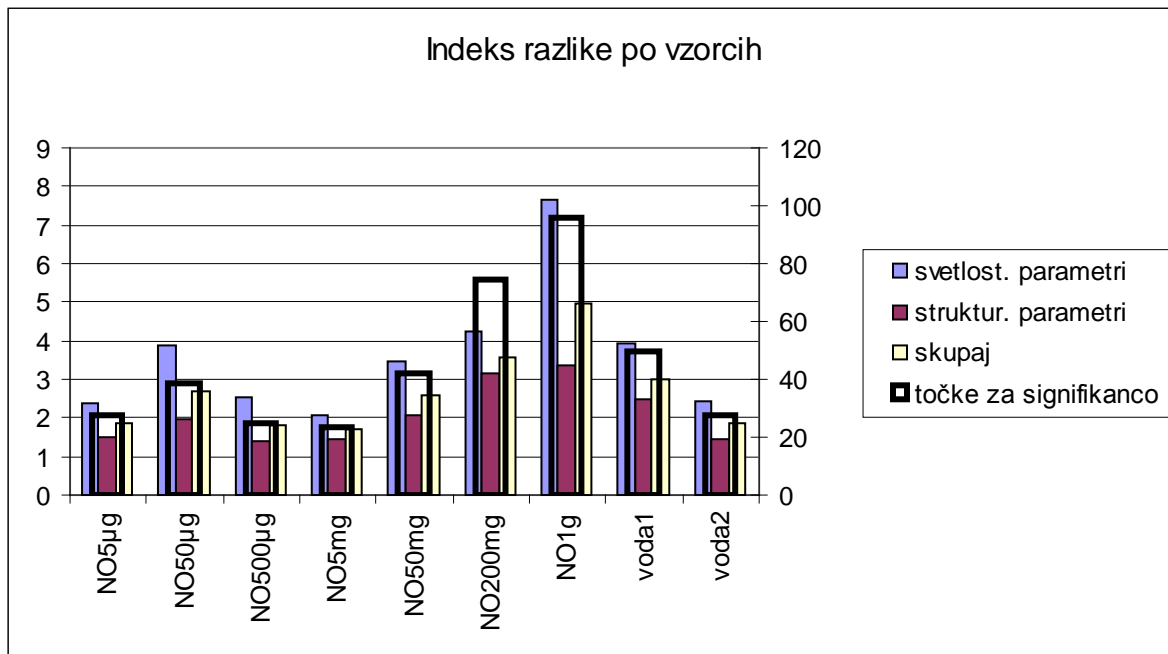
3.1.2 Natrijev nitrat

Od najmočnejše koncentracije proti najmanjši imamo lepo sosledje do 5 mg/l, nato pa beležimo ponovno rast manjših koncentracij.



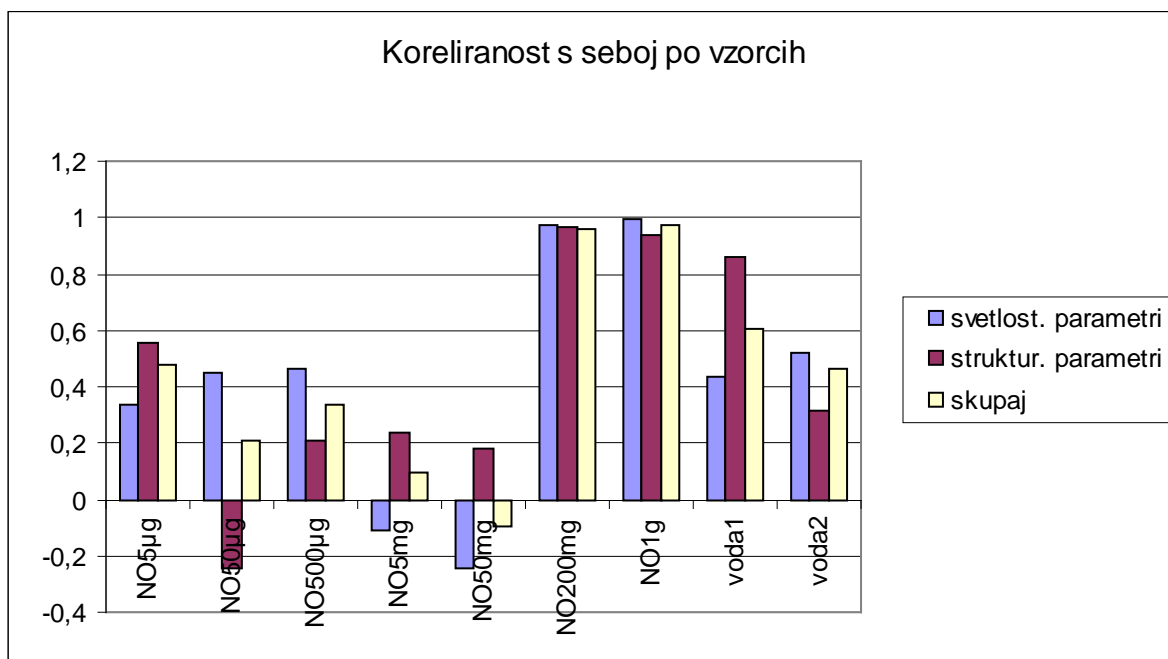
Grafikon 11: Nitrat; Indeks razlike po parih.

Opazimo podobnost v razmerju svetlosnih in strukturnih parametrov pri vseh koncentracijah, ter zveznost krivulje z dvema vrhovoma pri koncentracijah 1 g/l in 50 µg/l.



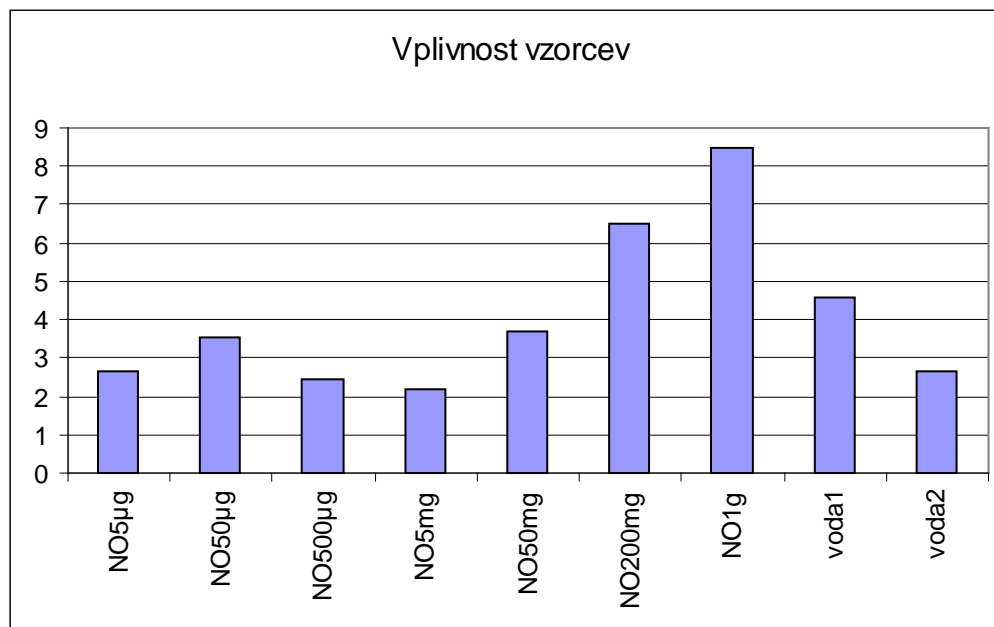
Grafikon 12: Nitrat; Indeks razlike po vzorcih.

Največji koncentraciji izkazujeta močne lastne karakteristike, pri nižjih koncentracijah pa opazimo obrat v smislu drugotnih karakteristik vzorcev, prikazanih z negativno vrednostjo na grafikonu.



Grafikon 13: Nitrat; Koreliranost s seboj po vzorcih.

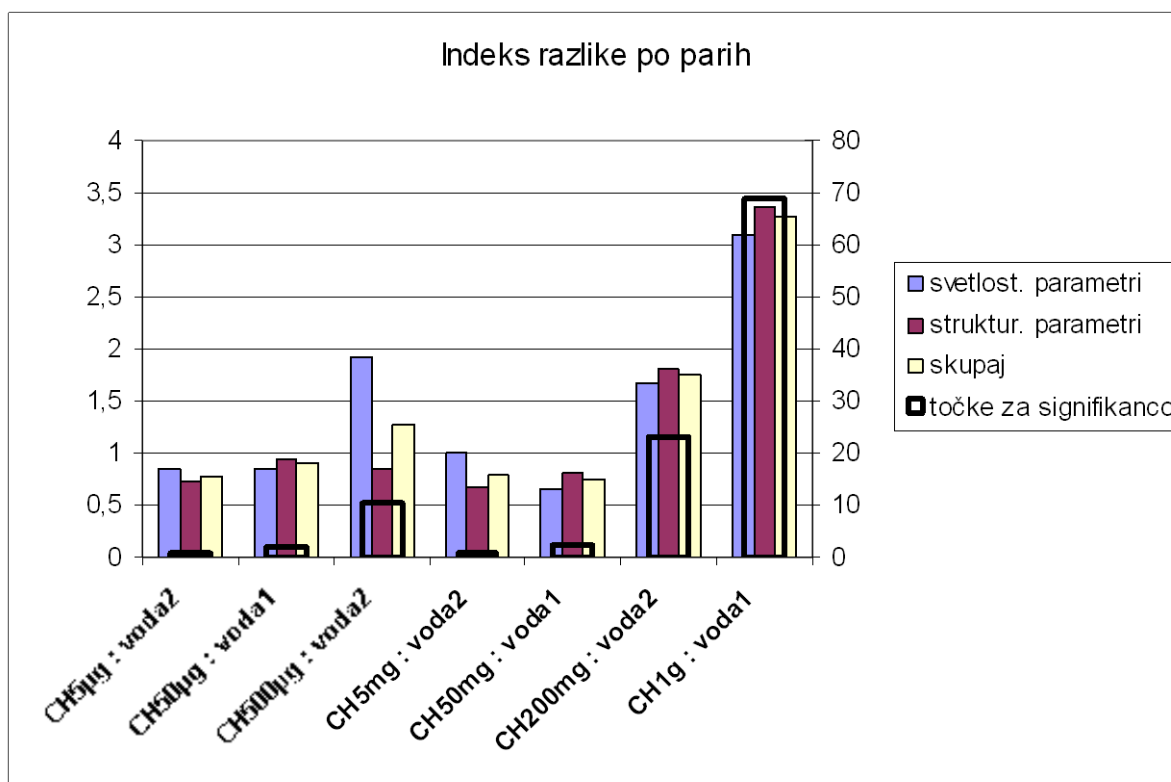
Podobno kot pri grafikonu indeks razlike po vzorcih, opazimo zveznost krivulje z dvema vrhovoma pri koncentracijah 1 g/l in 50 µg/l.



Grafikon 14: Nitrat; Vplivnost vzorcev.

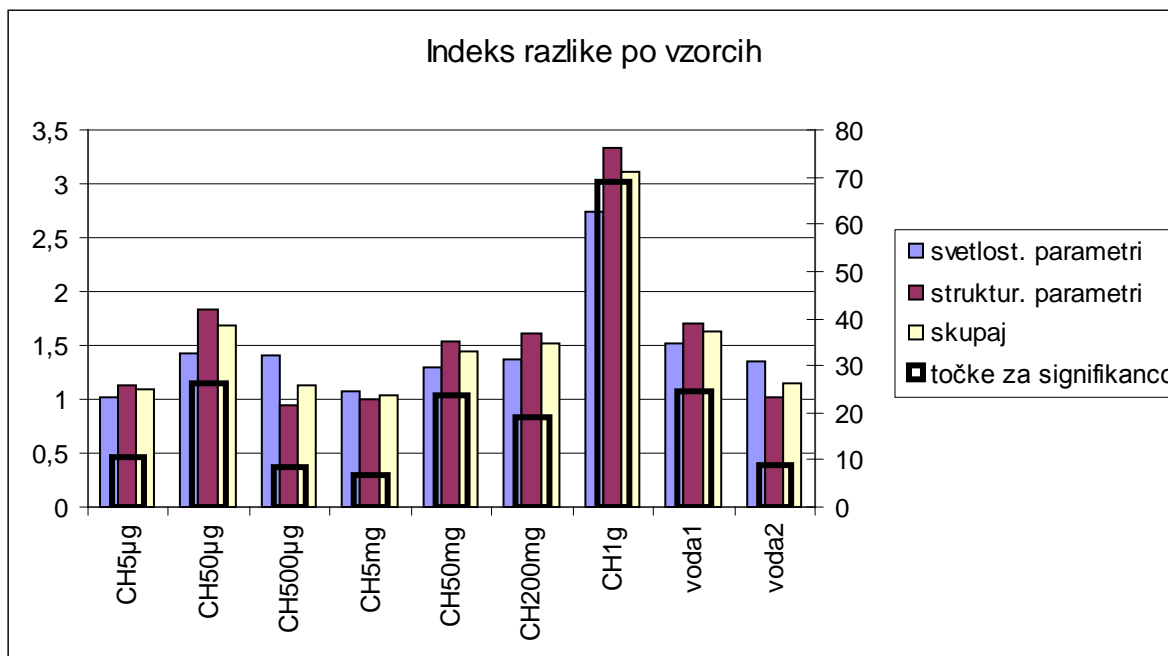
3.1.3 Saharoza

Od najmočnejše koncentracije proti najmanjši imamo lepo sosledje do 50 mg/l, nato pa beležimo ponovno nihanje vrednosti pri manjših koncentracijah. Koncentracija 5 mg/l sicer še sledi padanju vrednosti točk za signifikanco vendar izkazuje drugačno razmerje med svetlostnimi in strukturnimi parametri.



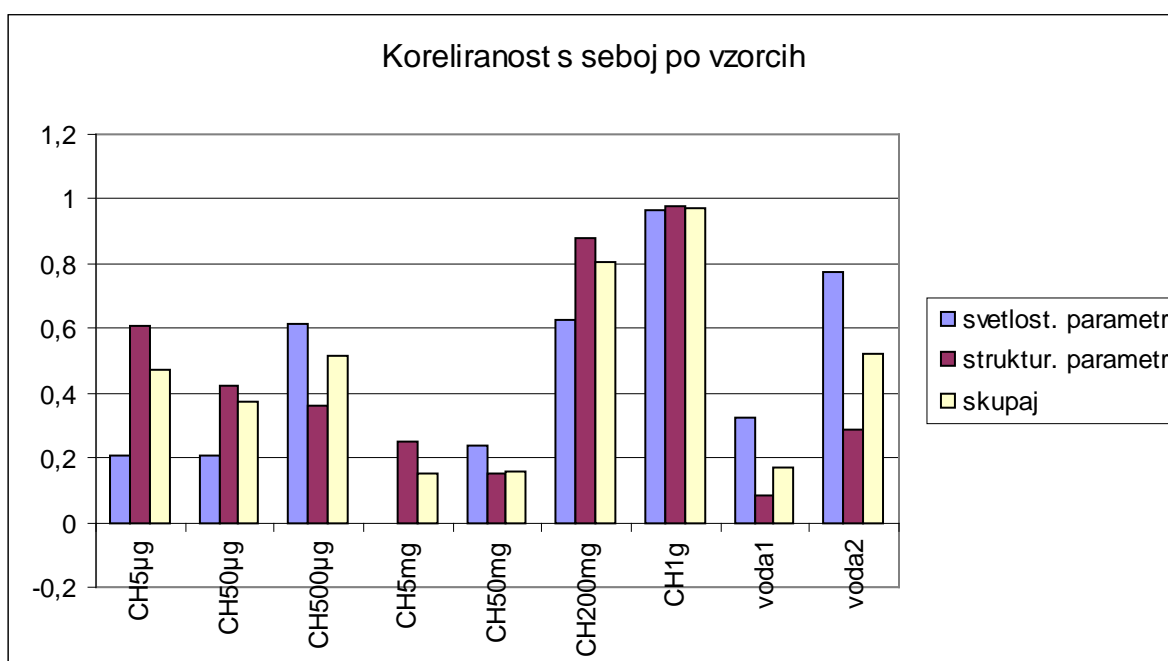
Grafikon 15: Saharoza; Indeks razlike po parih.

Močno signifikanco beleži koncentracija 1 g/l pri nižjih koncentracijah ponovno izstopa koncentracija 50 µg/l, kjer zaznamo ponovitev lastnosti največje koncentracije.



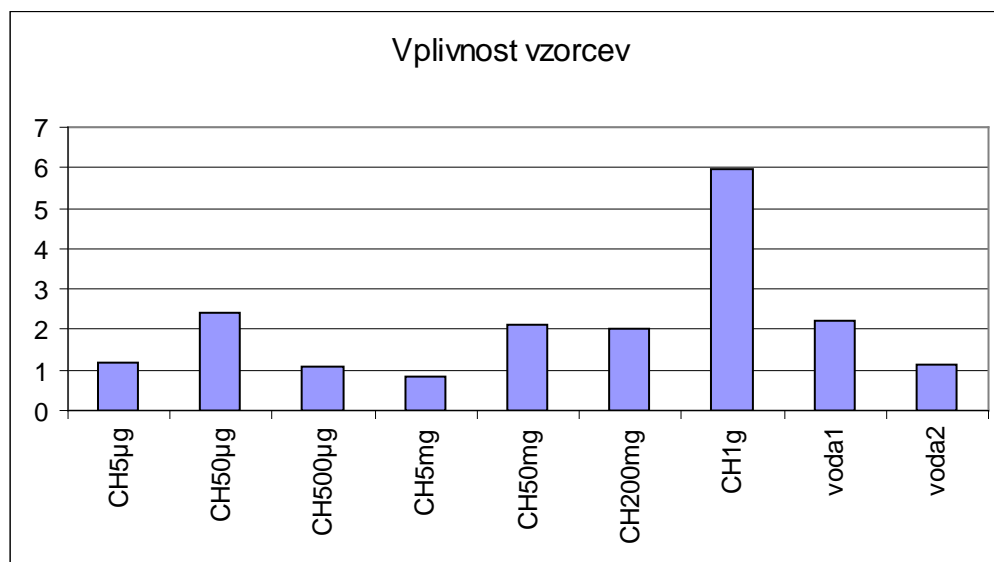
Grafikon 16: Saharoz; Indeks razlike po vzorcih.

Vsi vzorci izkazujejo precej lastnih karakteristik, le koncentracija 200 g/l nekako sledi koncentraciji 1 g/l.



Grafikon 17: Saharoz; Koreliranost s seboj po vzorcih.

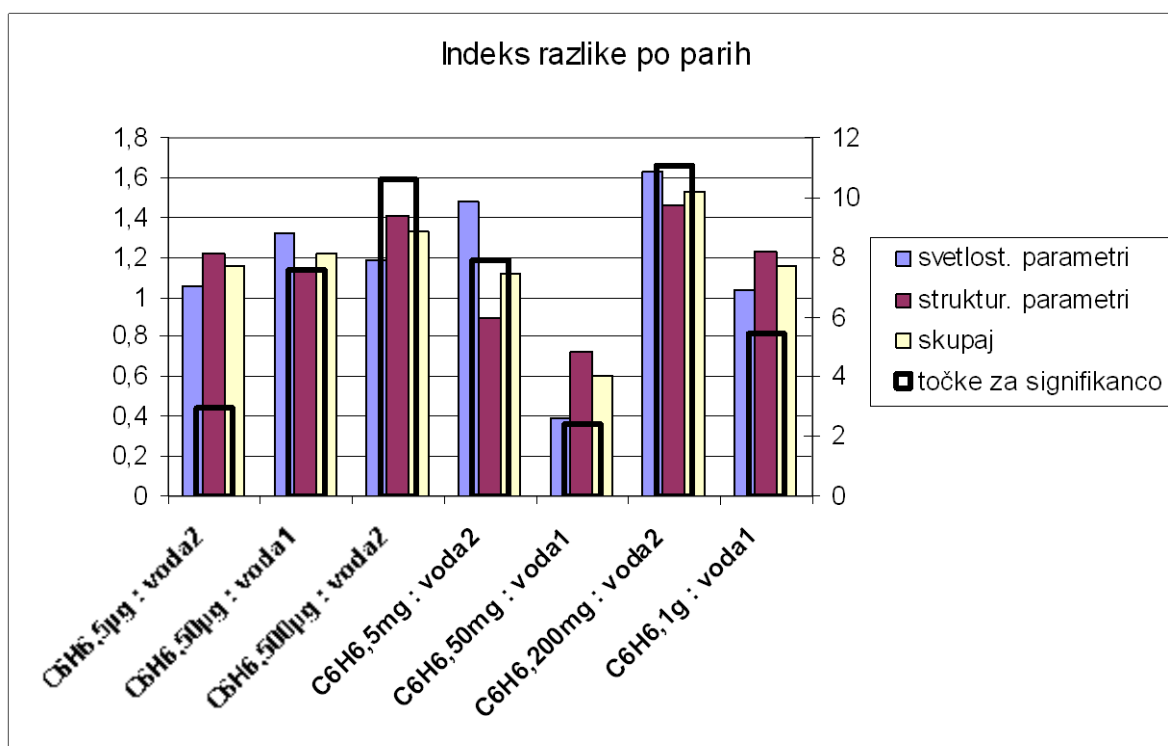
Največjo vplivnost izkazuje največja koncentracija vplivnosti ostalih vzorcev so dokaj poravnane, kot pri prejšnjih raztopinah pri nižjih koncentracijah ponovno nekoliko izstopa 50 $\mu\text{g/l}$.



Grafikon 18: Saharoza; Vplivnost vzorcev.

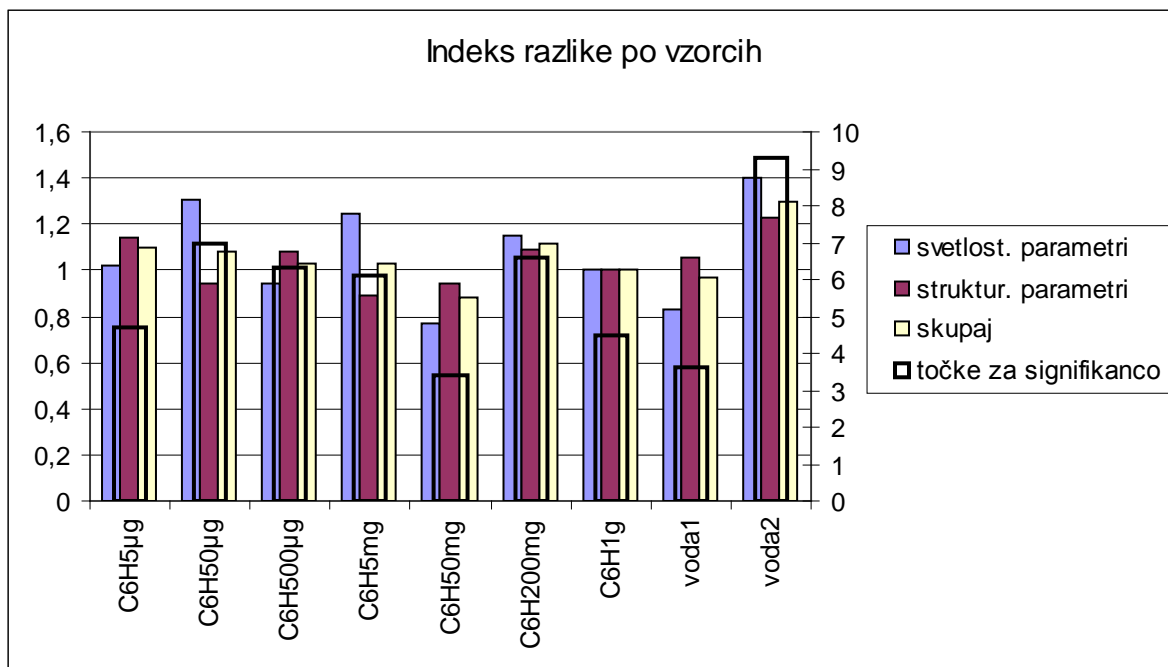
3.1.4 Benzen

Povsem nesignifikantni rezultati, saj največjo vrednost točk za signifikanco neprepričljivo izkazuje koncentracija 200 mg/l, saj vsi vzorci kaj kmalu sledijo. Tudi sam razred velikosti števila točk je v primerjavi z ostalimi raztopinami šest in večkrat manjši.



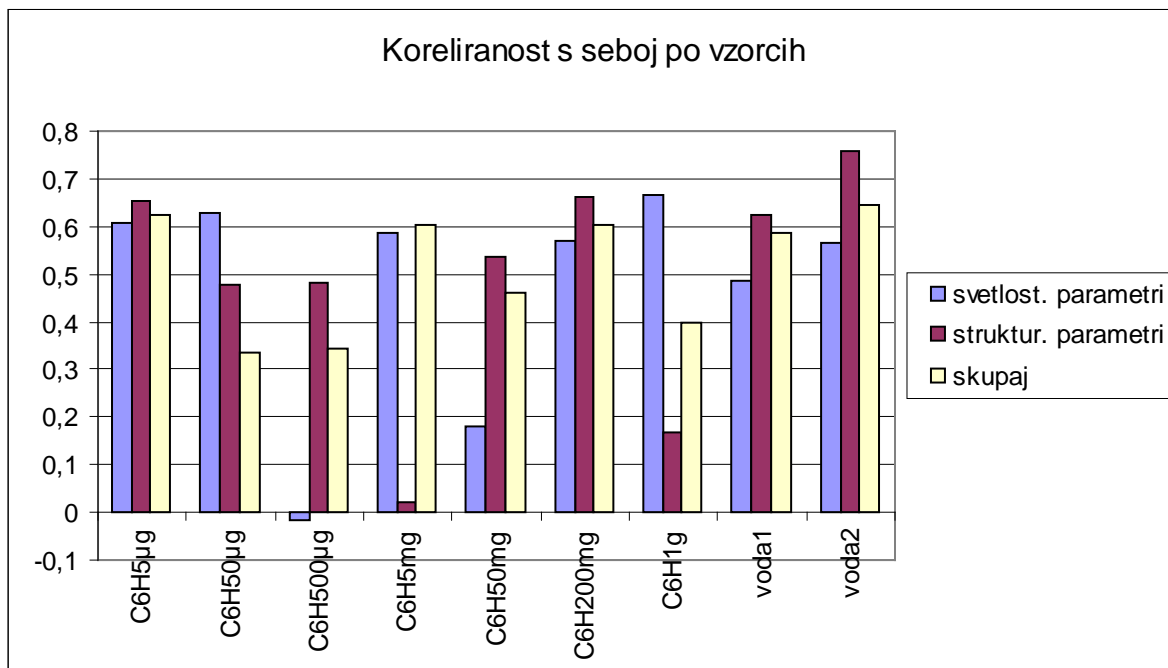
Grafikon 19: Benzen; Indeks razlike po parih.

Podobno kot zgoraj ni signifikantnih karakteristik vzorcev, voda2 doseže največje število točk.



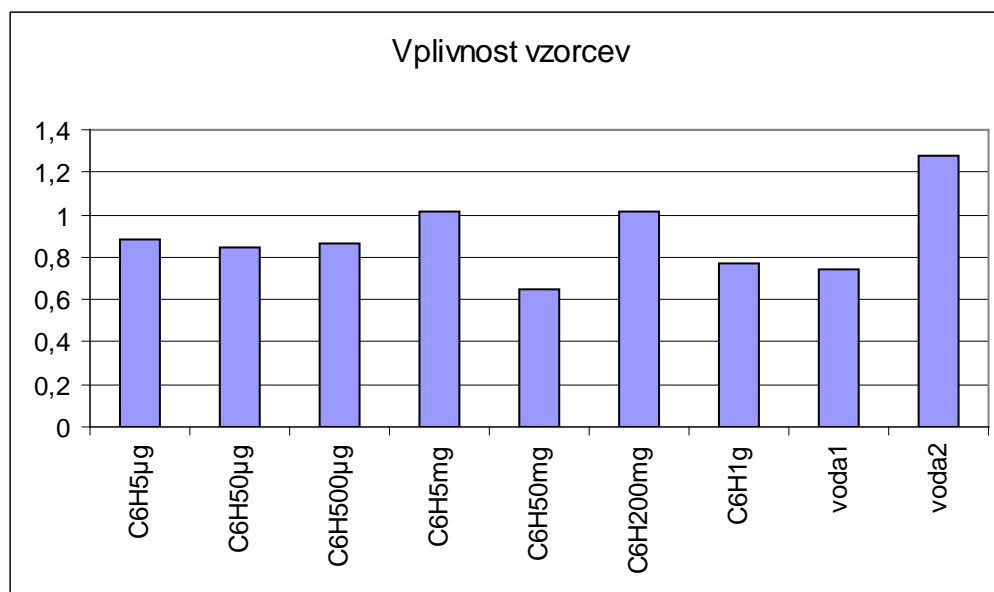
Grafikon 20: Benzen; Indeks razlike po vzorcih.

Vsi vzorci izkazujejo povsem svoje lastne karakteristike.



Grafikon 21: Benzen; Koreliranost s seboj po vzorcih.

Noben vzorec ne vpliva v večji meri oziramo vsi vzorci izkazujejo visoko vplivnost.



Grafikon 22: Benzen; Vplivnost vzorcev.

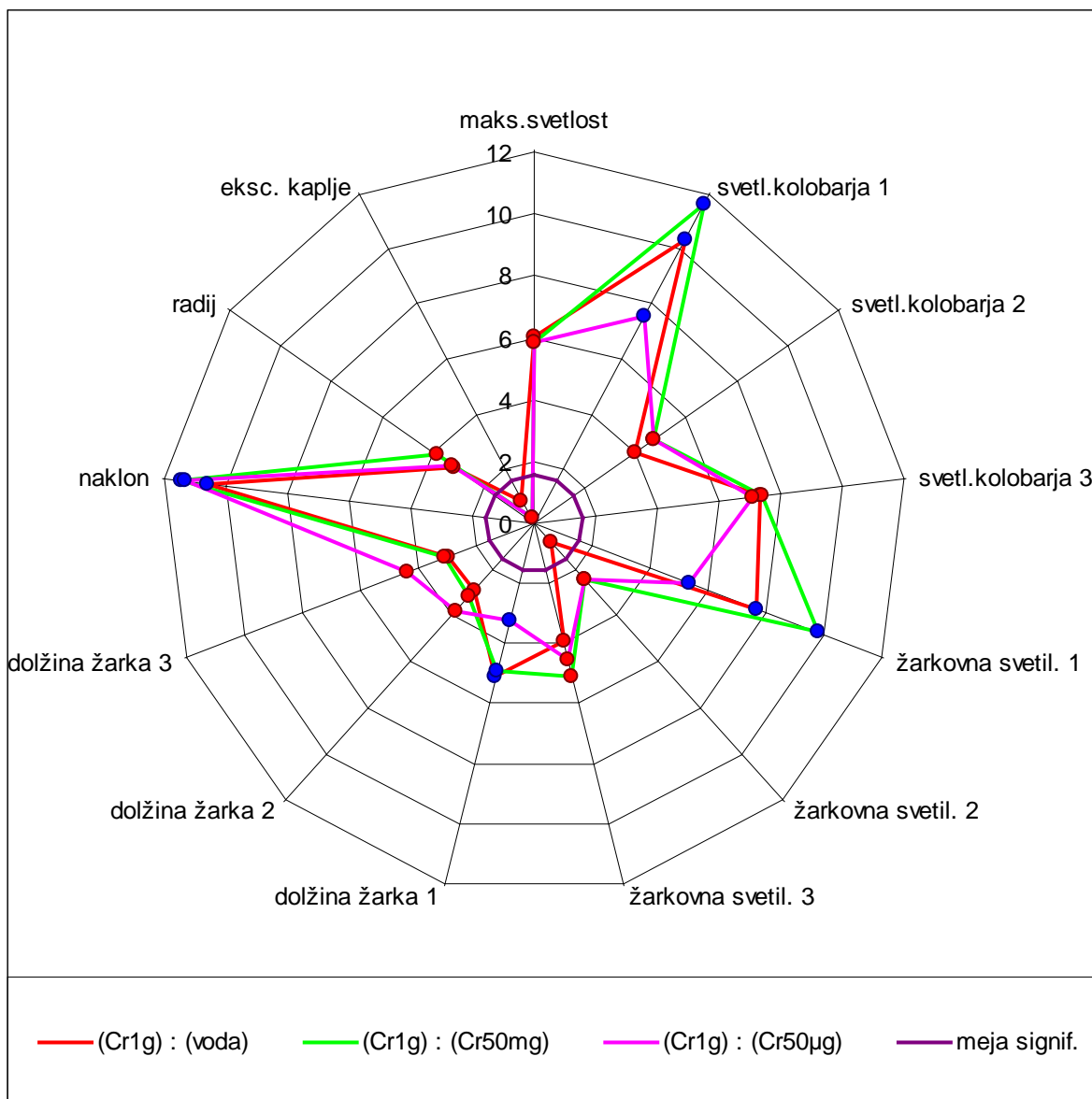
3.2 Skupen grafičen prikaz

Rezultati prikazani v poglavju 2.5.3 Primeri dobljenih rezultatov grafikon : Absolutna razlika / standardno napako za svetlostne parametre, so v tem poglavju združeni na enem grafikonu za vse vzorce v seriji ponovno ločeni glede na dve skupini parametrov. Grafikoni torej prikazujejo vrednosti, ki so količniki absolutne razlike in standardne deviacije, z računalniško obdelavo slik prej določenih neparametričnih vrednosti. Zaradi preglednosti smo prikaza le največ štiri primerjalne pare na grafikon in to tiste, ki so izkazali najsignifikantnejše vrednosti.

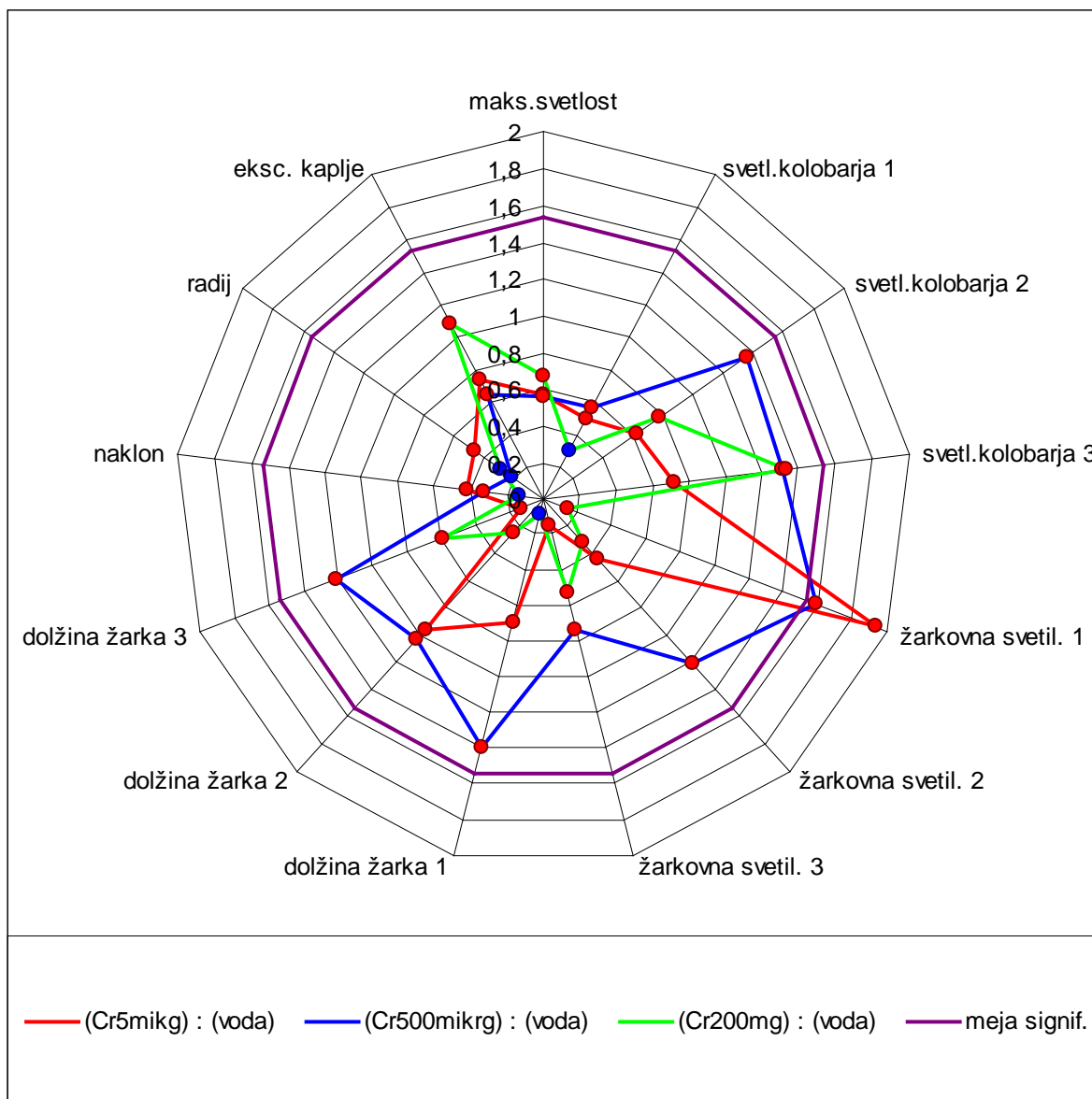
3.2.1 Kalijev dikromat

Kalijev dikromat; Največjo zveznost in velikost razponov med vrednostmi dobimo v območju koncentracij 50 mg/l do 1 g/l, kjer so signifikantni naslednji parametri: radialna sinhronija, žarkovna homogenost 3, širina snopa 1. Ti parametri beležijo zadovoljive razpone v primerjavi s približno mejo signifikance (1,5), kot neko splošno primerjalno vrednost.

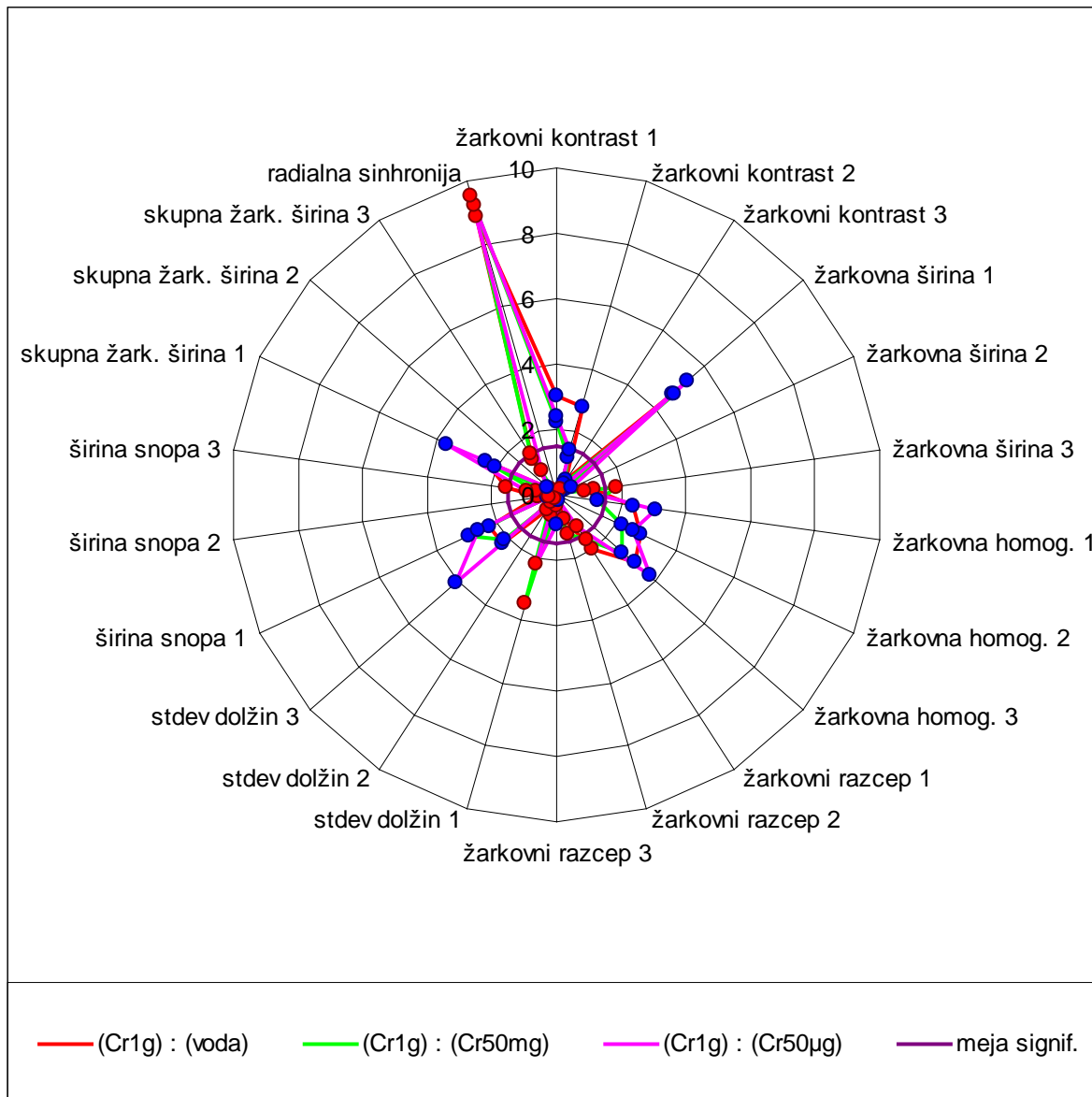
Za območje koncentracij okoli mejne dovoljene vrednosti, ki za krom znaša 50 µg/l so rezultati nekoliko manj signifikantni, saj žarkovni razcep 2, kot najsignifikantnejši parameter v območju koncentracij 5 µg/l do 500 µg/l, beleži razpona (-1,2) in (-0,4), kar pomeni manjše vrednosti razponov in hkrati padanje vrednosti te karakteristike. Pozitivno rast na tem območju še najbolje zaznamo pri parametru žarkovni razcep 3 z razponoma med koncentracijami 0,4 in 0,7.



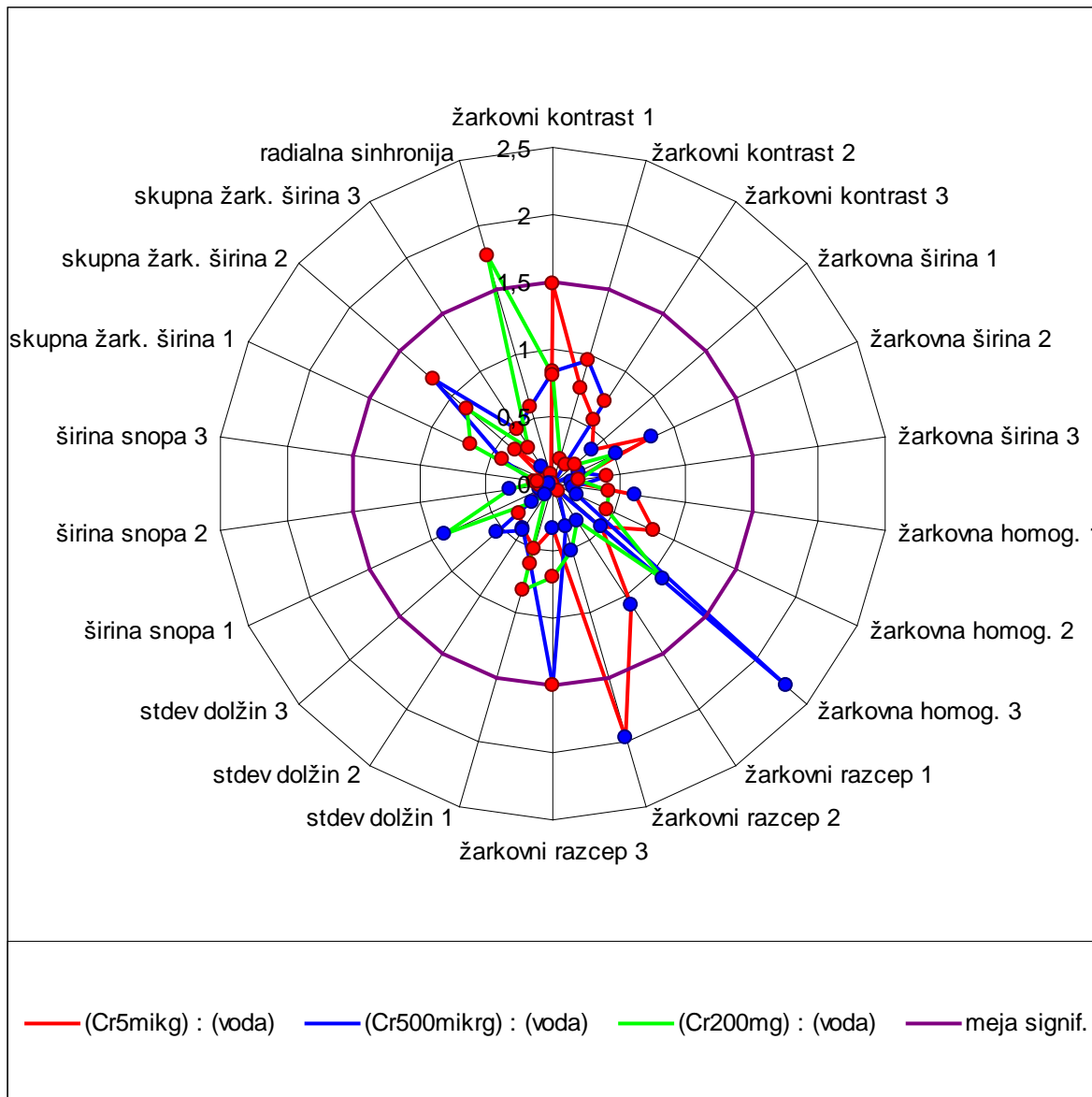
Grafikon 23: Kalijev dikromat $K_2Cr_2O_7$ primerjava parov vzorcev 1. serija, svetlostni parametri.



Grafikon 24: Kalijev dikromat $K_2Cr_2O_7$ primerjava parov vzorcev 2. serija, svetlostni parametri.



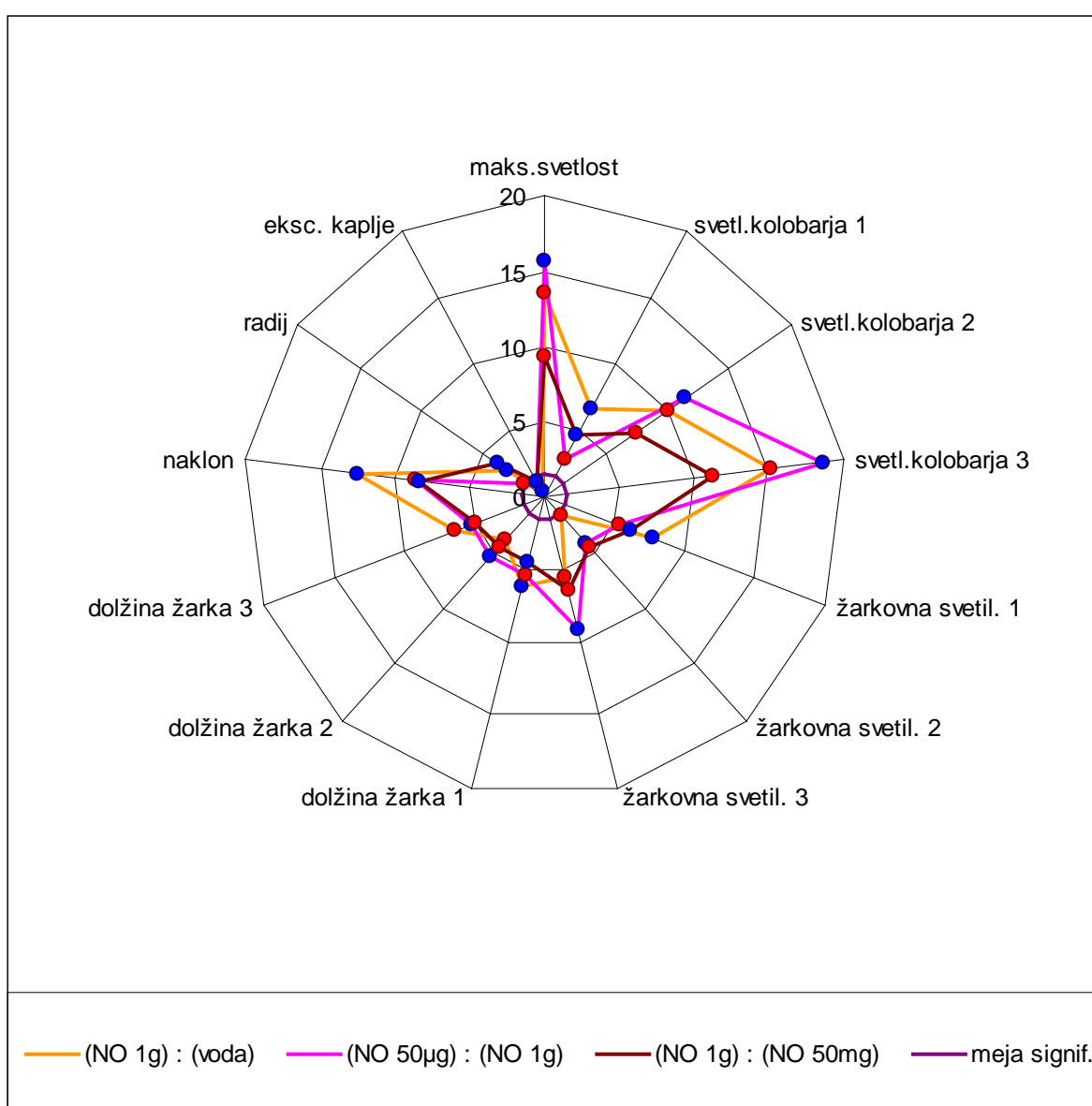
Grafikon 25: Kalijev dikromat $K_2Cr_2O_7$ primerjava parov vzorcev 1. serija, strukturni parametri.



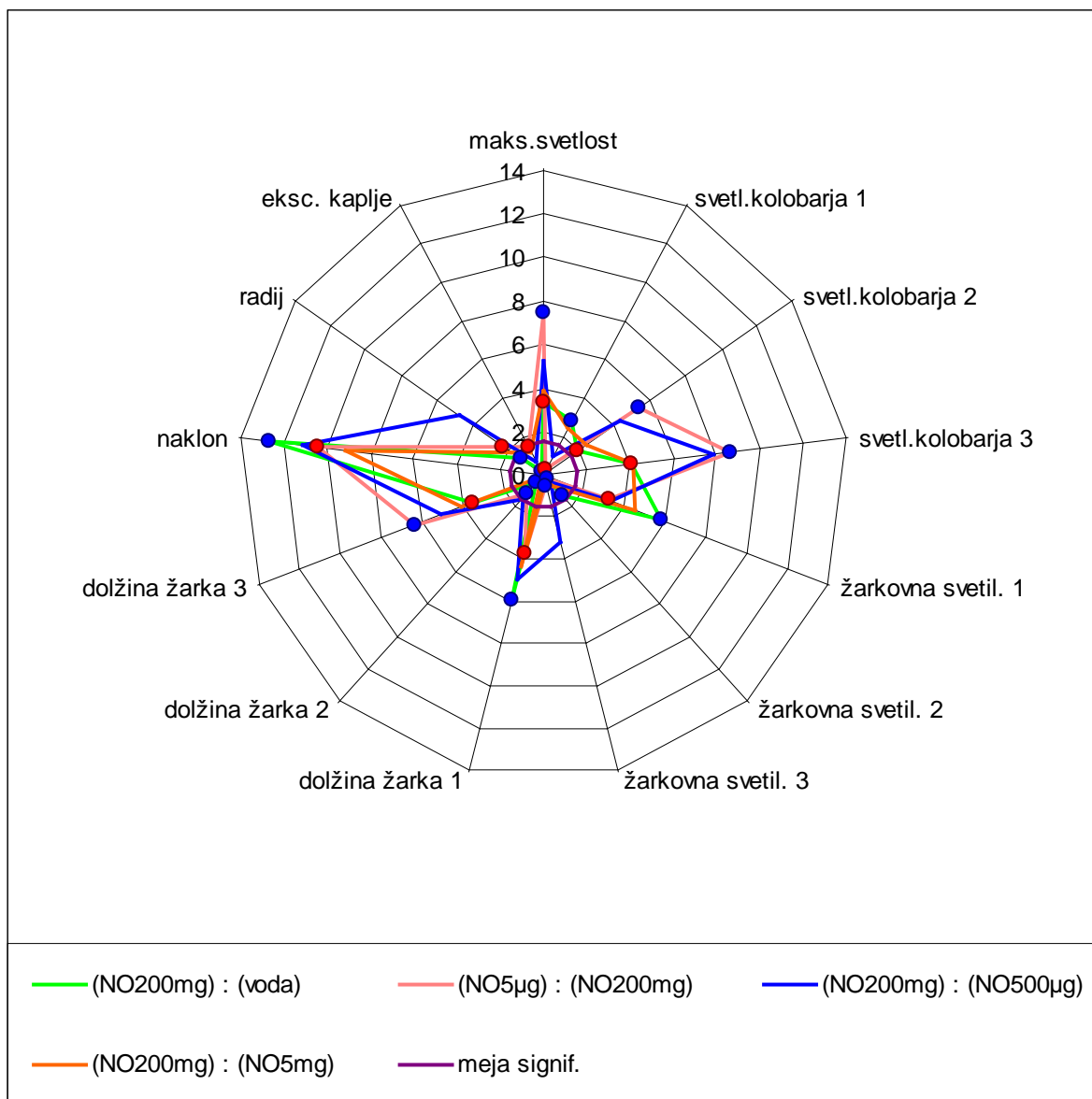
Grafikon 26: Kalijev dikromat $K_2Cr_2O_7$ primerjava parov vzorcev 2. serija, strukturni parametri.

3.2.2 Natrijev nitrat

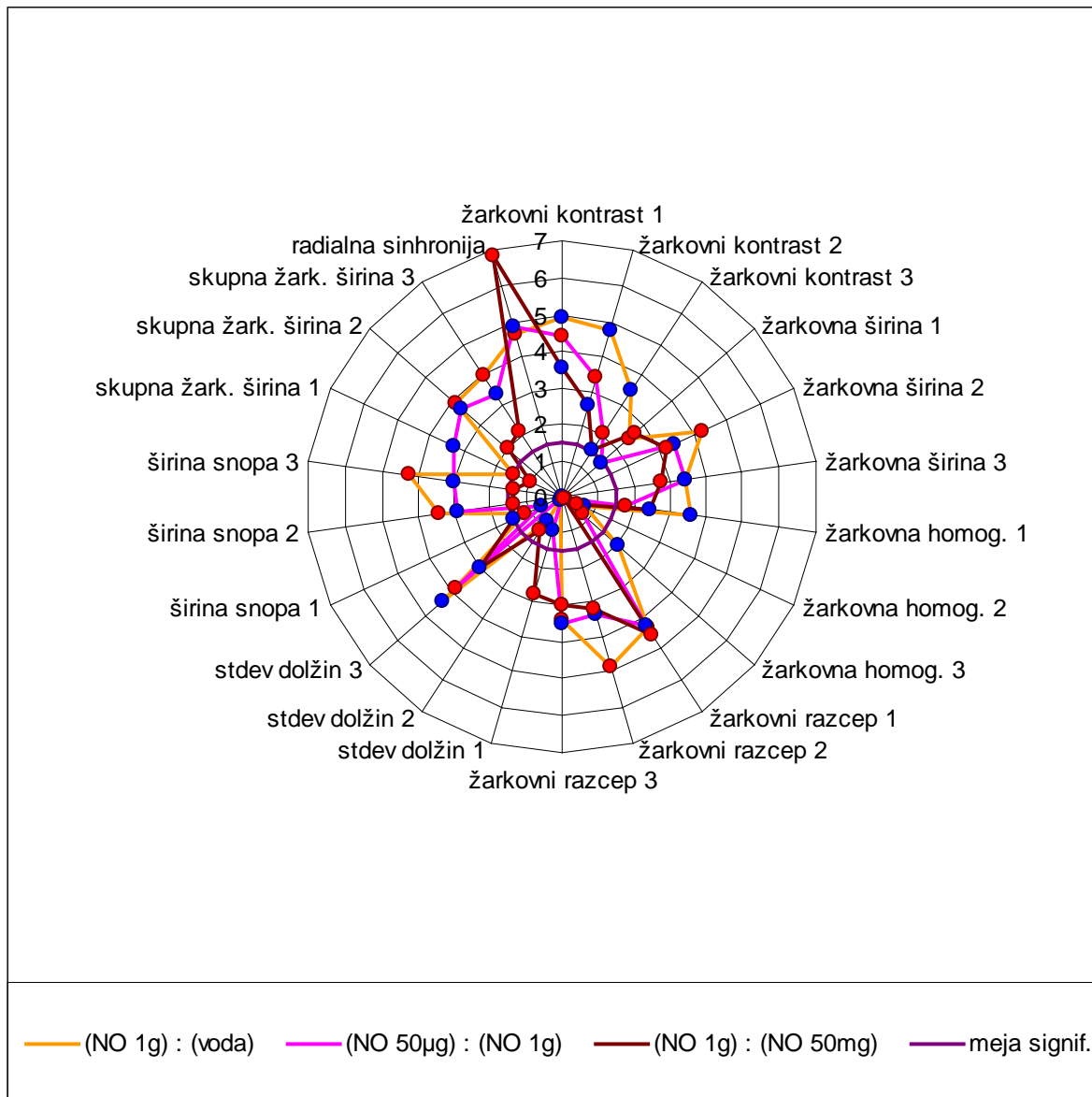
Za natrijev nitrat smo dobili dobre rezultate, saj kar pet parametrov signifikantno določa spojino z dovolj velikimi razponi med vrednostmi v območju koncentracij 5 mg/l do 1 g/l, v tem območju je tudi mejna dovoljena vrednost za nitrat, ki znaša 50 mg/l. Parametri pisani po velikostnem redu skokov so sledeči: maksimalna svetilnost, dolžina žarka 3, standardna deviacija, žarkovni kontrast 2, skupna žarkovna širina.



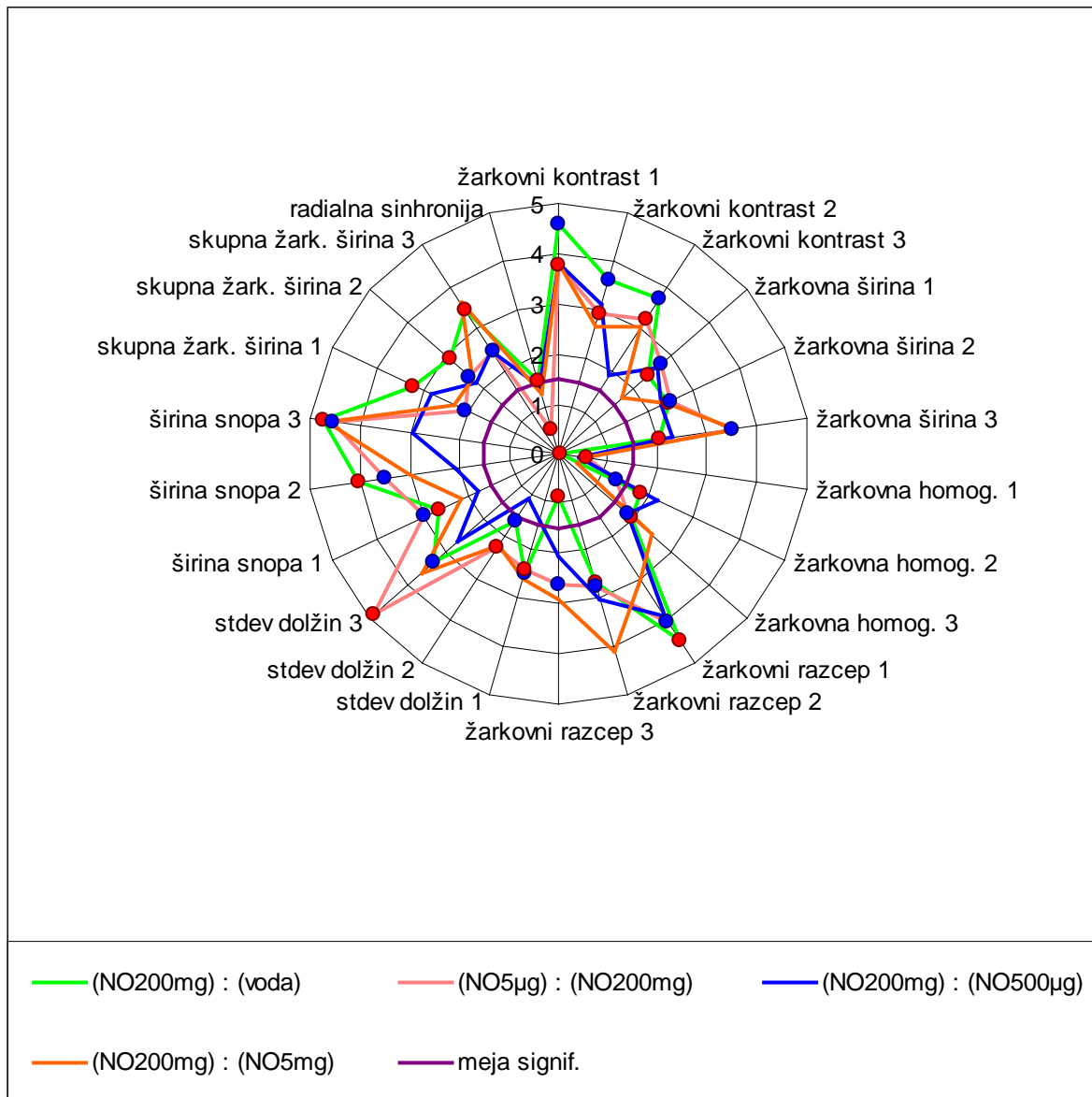
Grafikon 27: Natrijev nitrat NaNO_3 primerjava parov vzorcev 1. serija, svetlostni parametri.



Grafikon 28: Natrijev nitrat NaNO_3 primerjava parov vzorcev 2. serija, svetlostni parametri.



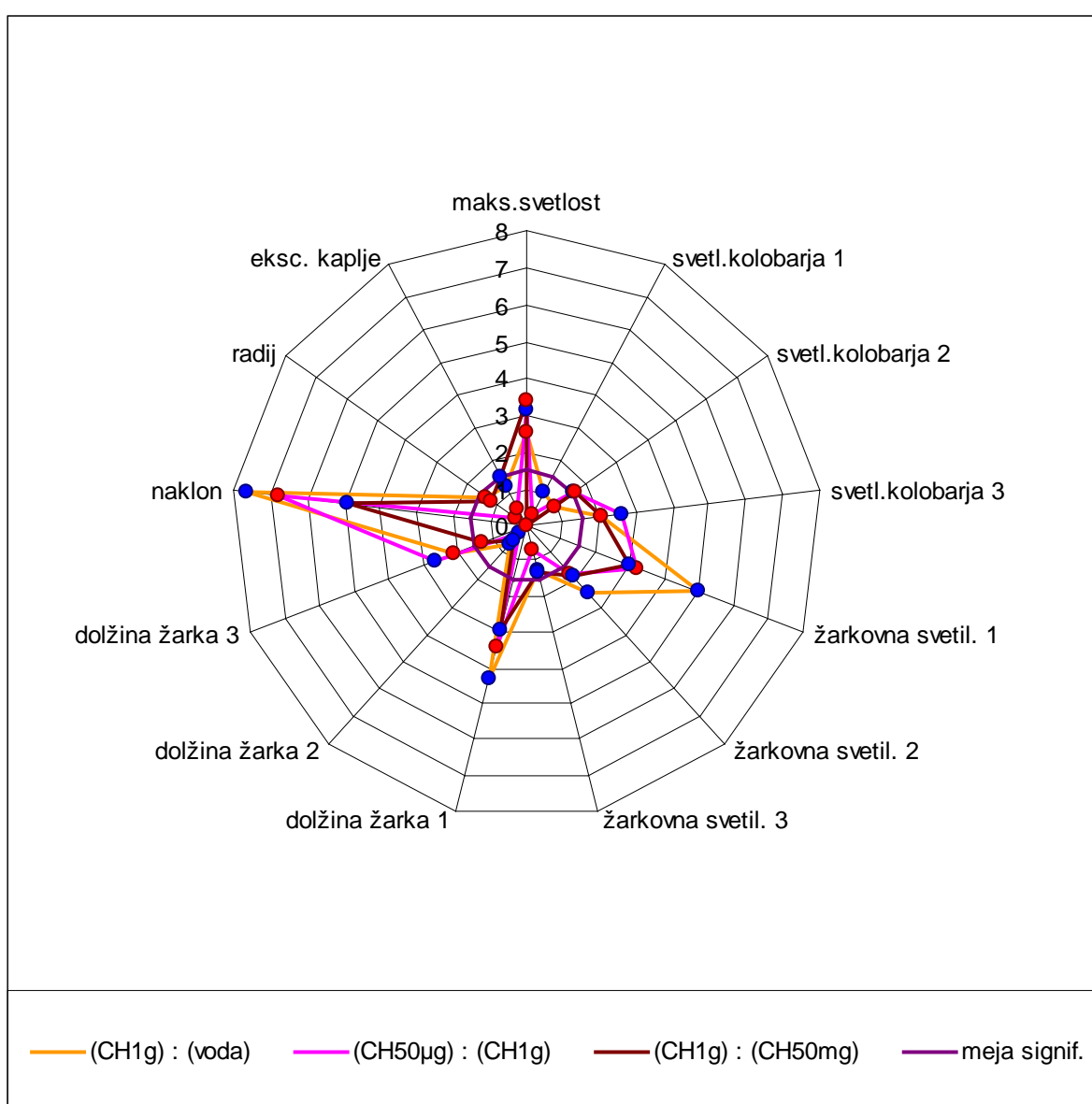
Grafikon 29: Natrijev nitrat NaNO_3 primerjava parov vzorcev 1. serija, strukturni parametri.



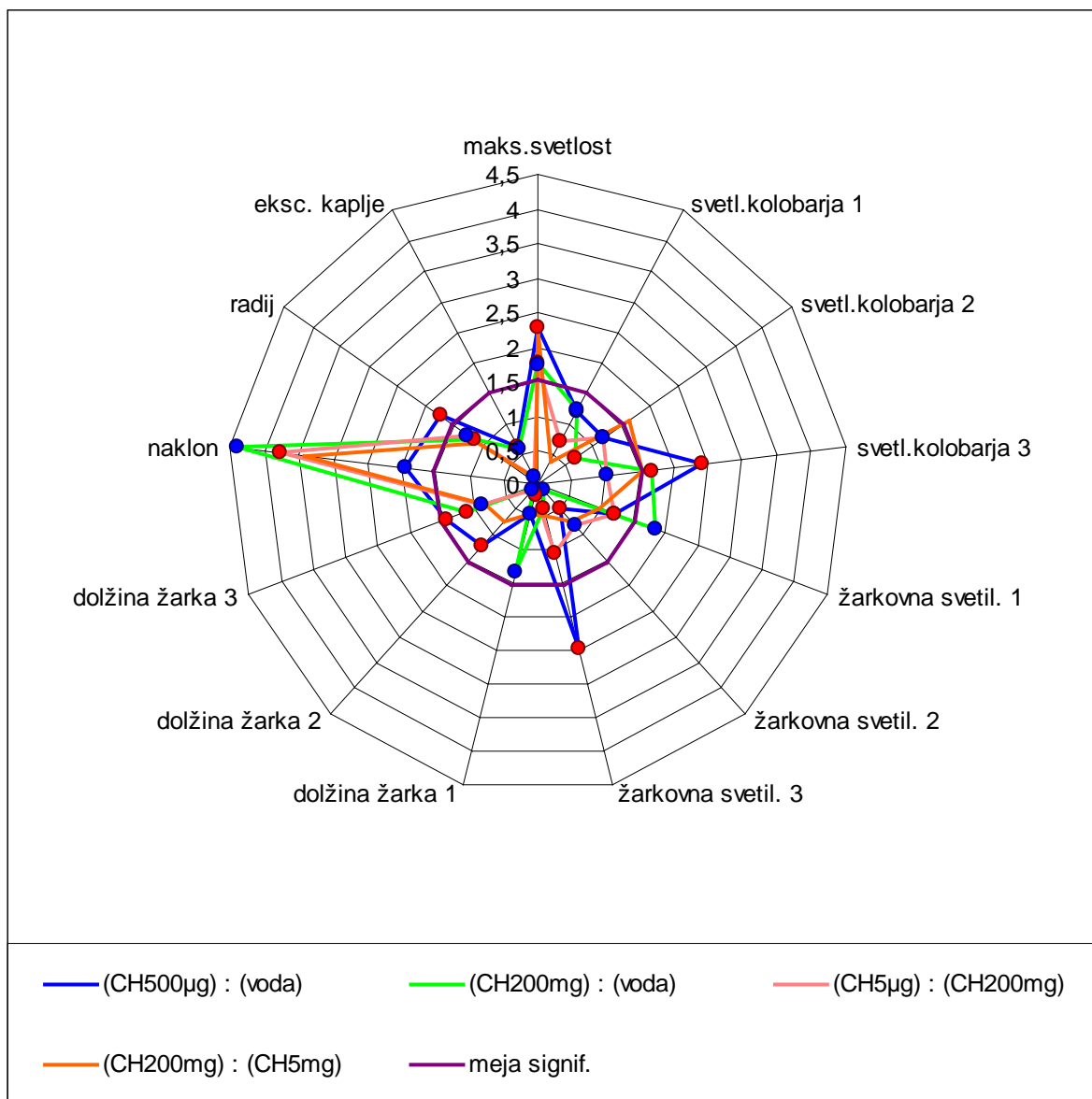
Grafikon 30: Natrijev nitrat NaNO_3 primerjava parov vzorcev 2. serija, strukturni parametri.

3.2.3 Saharoza

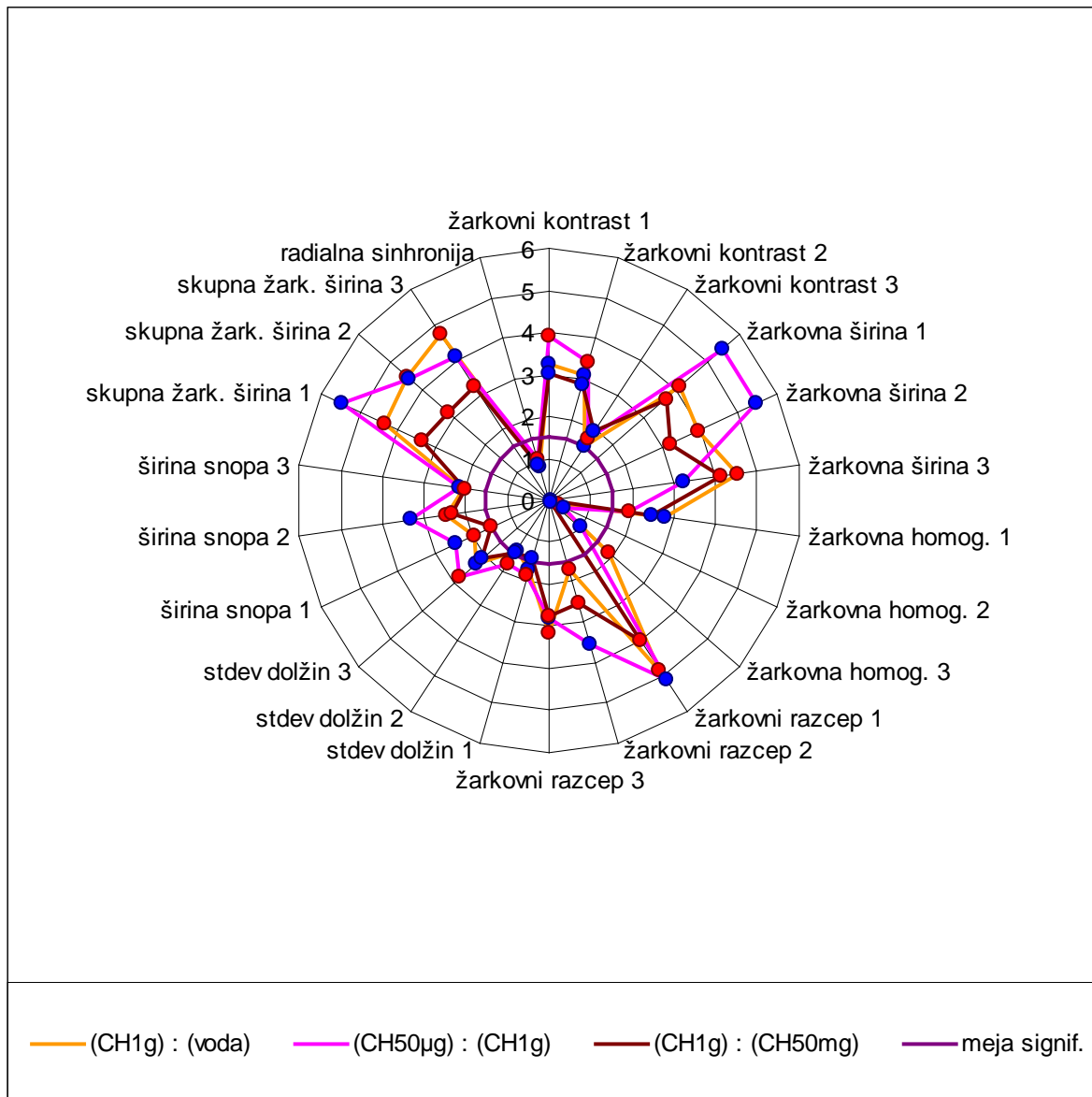
Za saharozo pravilnik ne predpisuje mejne dovoljene vrednosti koncentracije saj ni nevarna za zdravje ljudi. V raziskavo smo jo vključili kot tipično predstavnico organske spojine. Dobili smo signifikantne rezultate v območju koncentracij 5 mg/l do 1 g/l, pri parametrih: žarkovna širina 1, maksimalna svetlost, žarkovna širina 2. Kot tudi v območju koncentracij 50 mg/l do 1 g/l, kjer so razponi še večji pri parametrih: naklon, skupna žarkovna širina 2, žarkovna svetilnost 1.



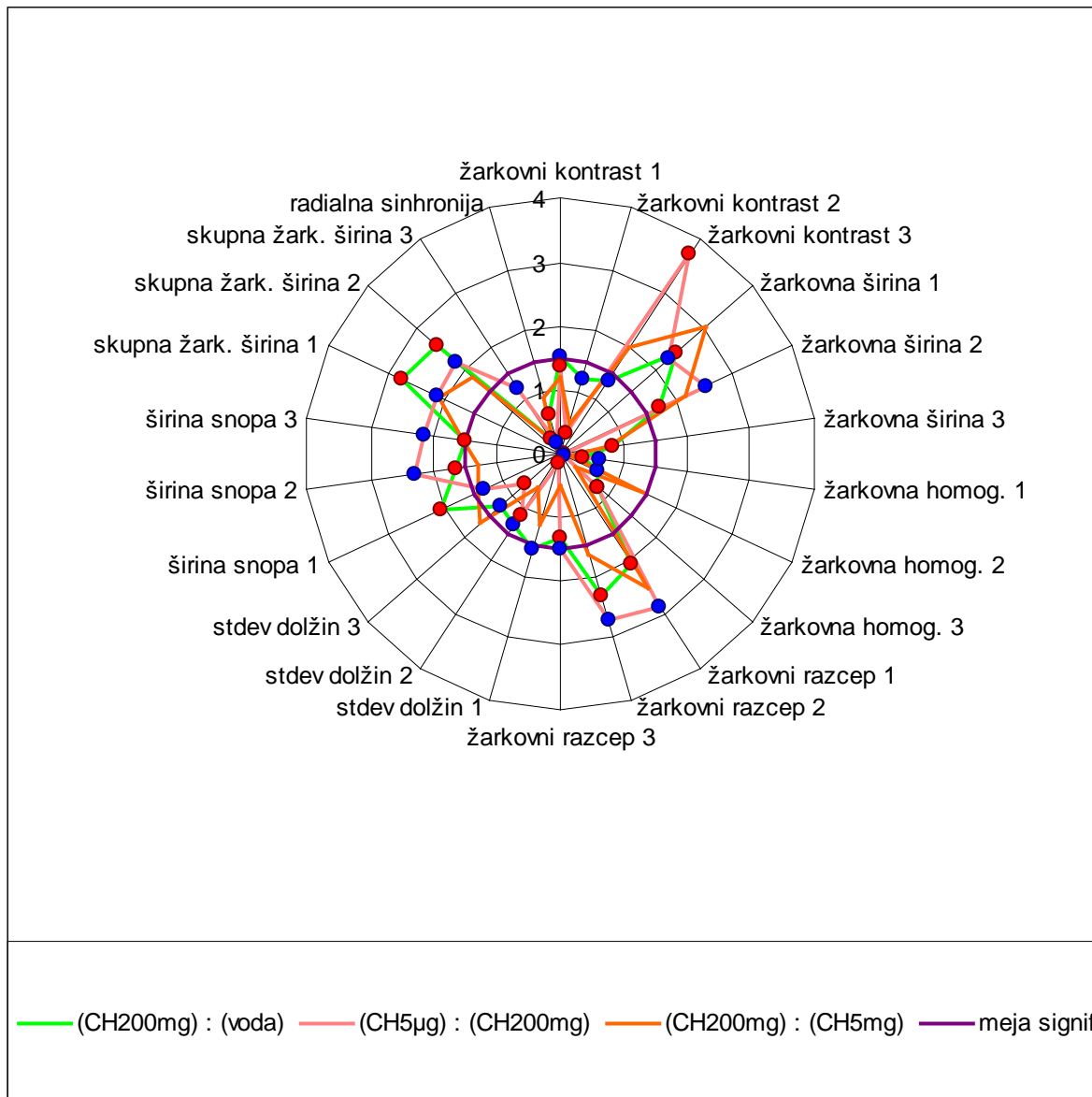
Grafikon 31: Saharoza $C_{12}H_{22}O_{11}$ primerjava parov vzorcev 1. serija, svetlostni parametri.



Grafikon 32: Saharoza $C_{12}H_{22}O_{11}$ primerjava parov vzorcev 2. serija, svetlostni parametri.



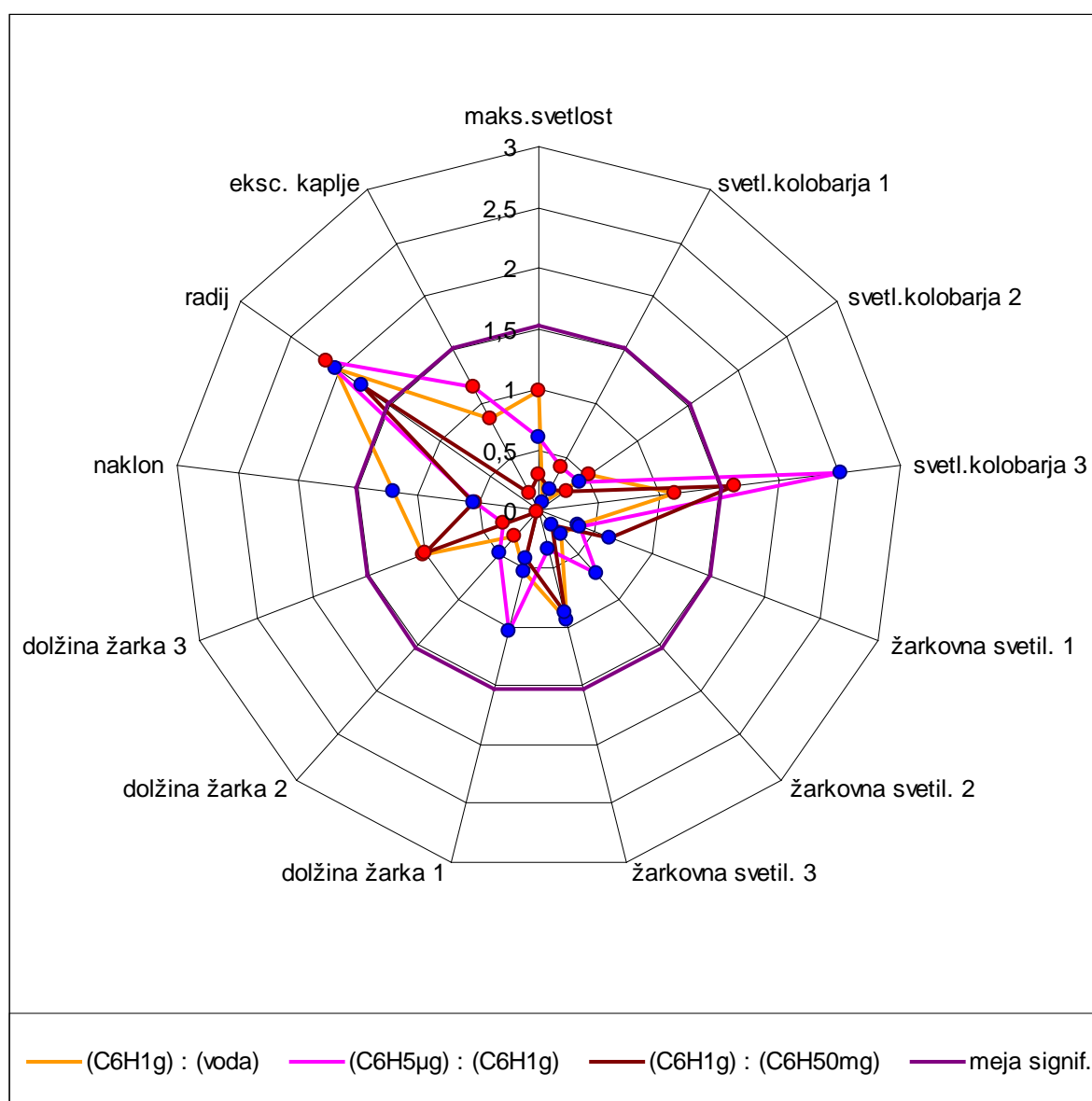
Grafikon 33: Saharoza C₁₂H₂₂O₁₁ primerjava parov vzorcev 1. serija, strukturni parametri.



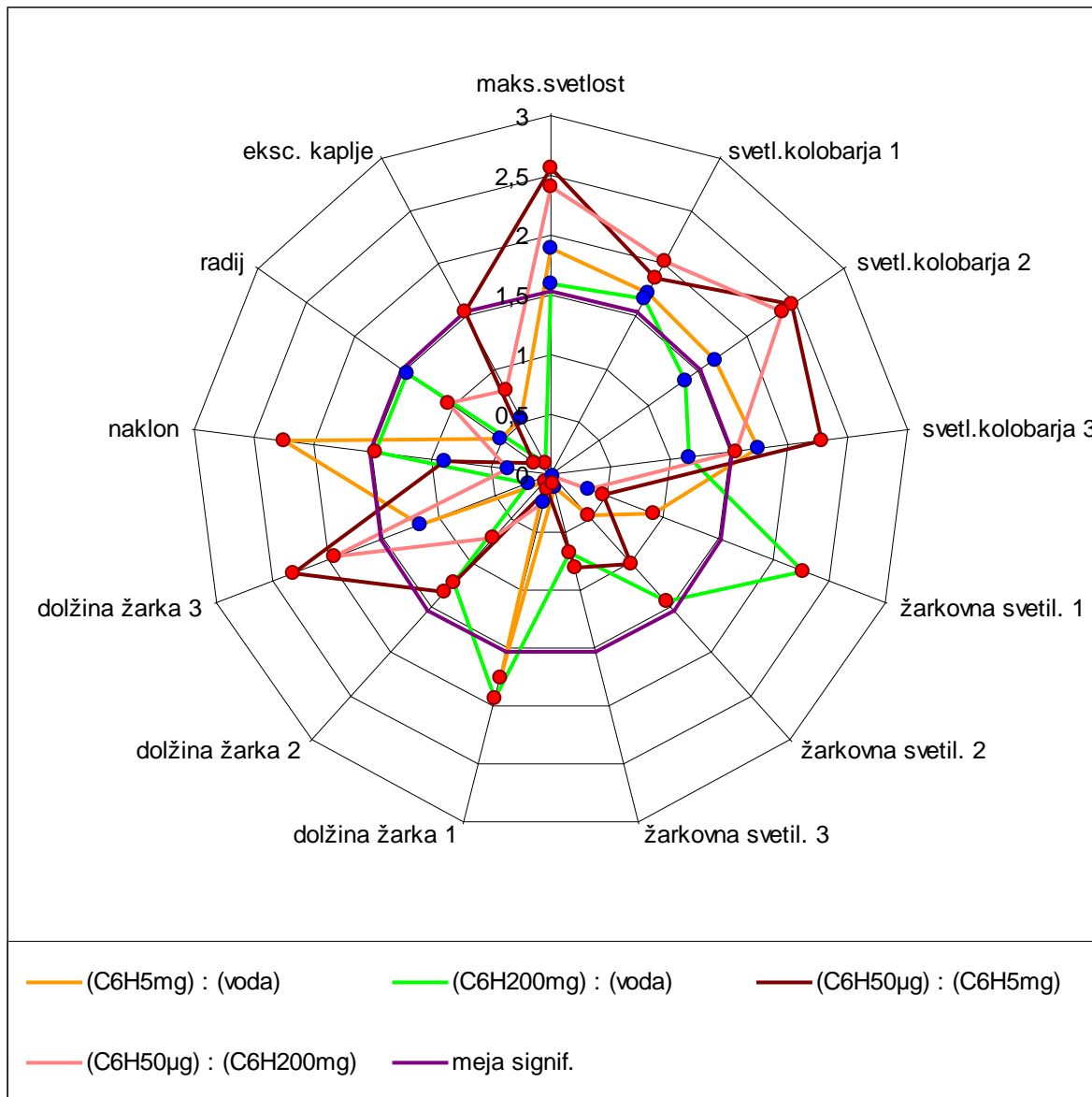
Grafikon 34: Saharoza $C_{12}H_{22}O_{11}$ primerjava parov vzorcev 2. serija, strukturni parametri.

3.2.4 Benzen

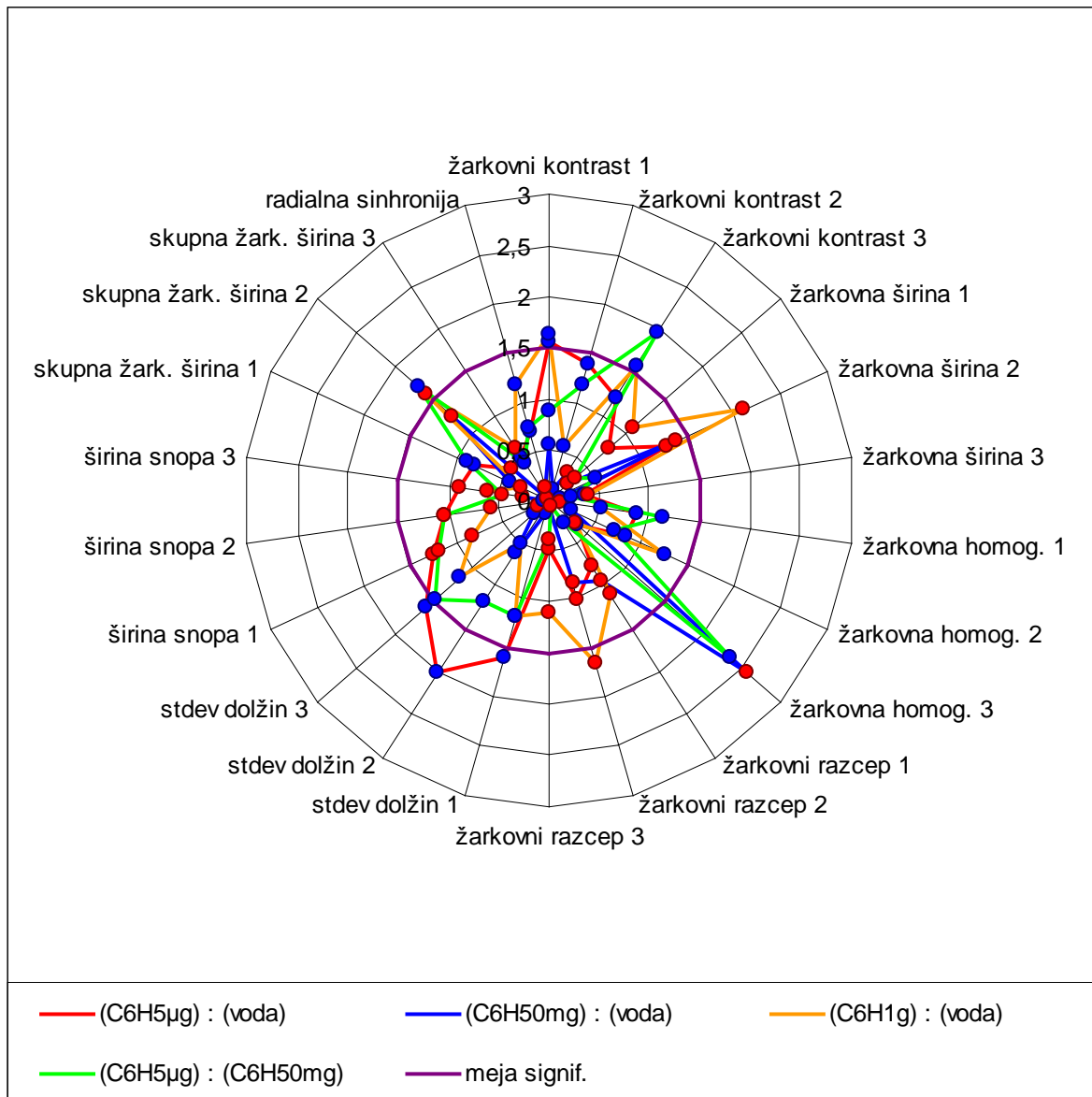
Za benzen je predpisana mejna dovoljena vrednost koncentracije $1 \mu\text{g/l}$, kar pravzaprav ni v našem območju raziskav. Največja razpona 1,4 in 0,6 smo dobili pri parametru radij v območju koncentracij 50 mg/l do 1 g/l , za območje manjših koncentracij $5 \mu\text{g/l}$ do $500 \mu\text{g/l}$ pa parameter standardna deviacija dolžin 2 beleži negativna razpona velikosti (-1,6) in (-0,3), sledi mu širina snopa 1. Pozitivne razpone vrednosti za koncentracije pa beležita svetlost kolobarja 1 (0,2 - 0,9 - 0,4) in svetlost kolobarja 3 (0,1 - 0,5 - 0,7) v območju koncentracij $5 \mu\text{g/l}$ do 5 mg/l .



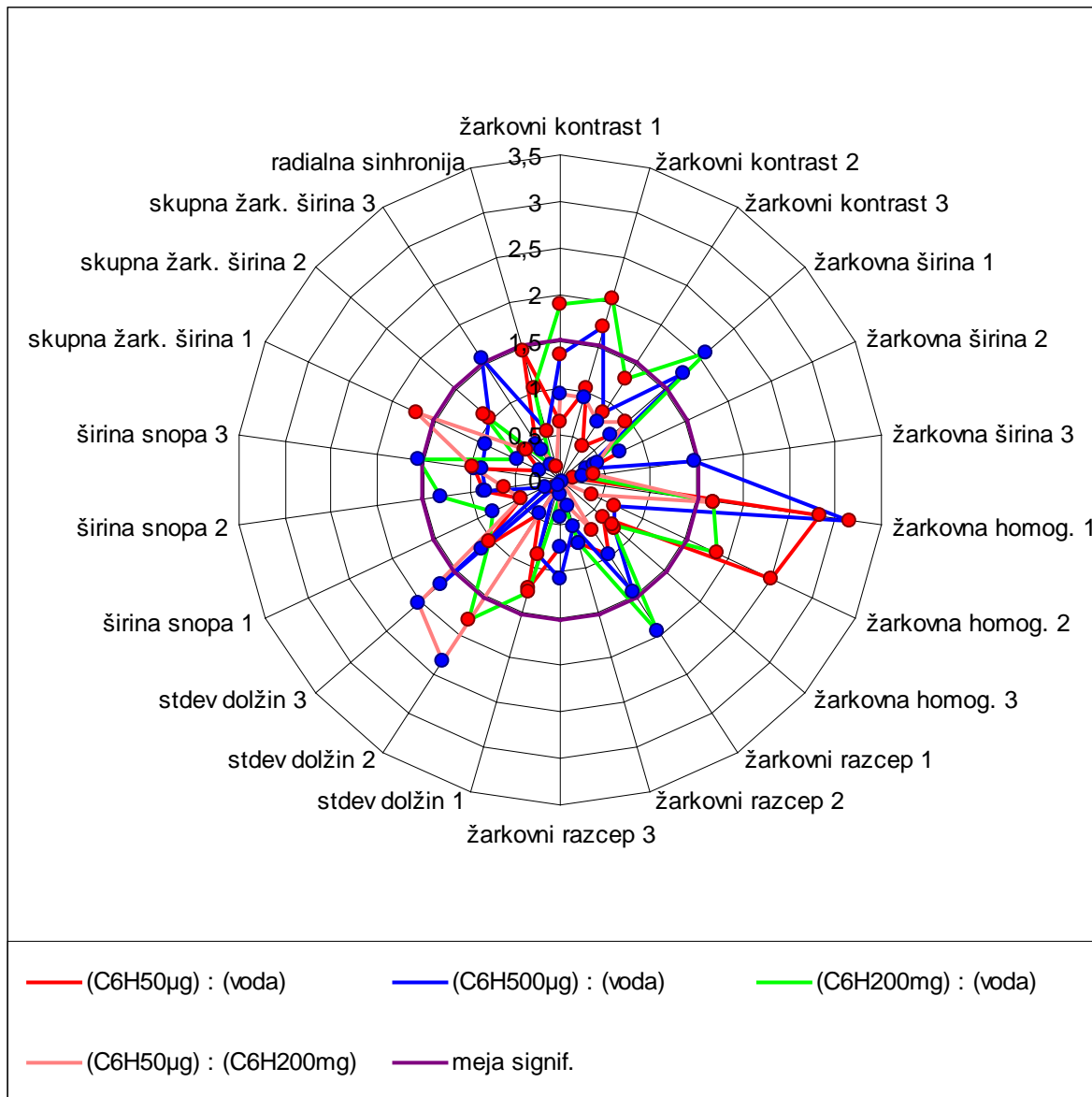
Grafikon 35: Benzen C_6H_6 primerjava parov vzorcev 1. serija, svetlostni parametri.



Grafikon 36: Benzen C₆H₆ primerjava parov vzorcev 2. serija, svetlostni parametri.



Grafikon 37: Benzen C₆H₆ primerjava parov vzorcev 1. serija, strukturni parametri.



Grafikon 38: Benzen C₆H₆ primerjava parov vzorcev 2. serija, strukturni parametri.

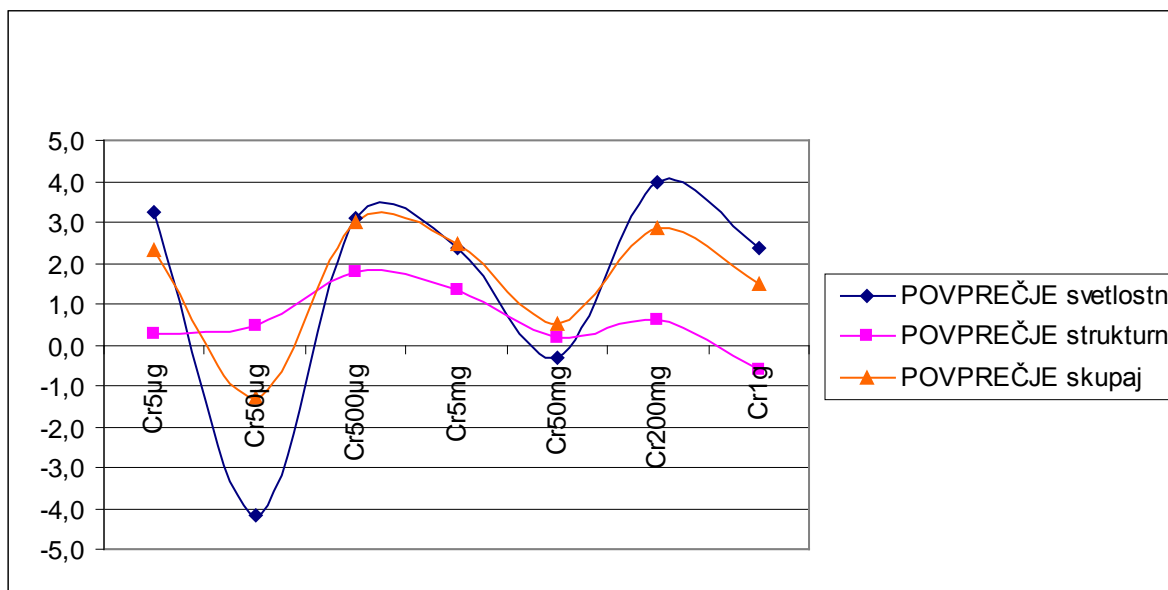
3.3 VREDNOTENJE PO POSAMEZNIH PARAMETRIH

Iskali smo zvezne funkcije blizu premice s čim večjim razponom med točkami, ki jih določa neka koncentracija na abscisi in vrednost določenega parametra na ordinati, v našem primeru razlika števila točk. S takšno funkcijo bi lahko namreč povratno določili neko neznano koncentracijo oziroma snov v raztopini. Parametri so opisani po lestvici, na kateri najvišje mesto zaseda parameter, ki zadosti zgornjemu kriteriju na največjem območju koncentracij ali pa izkazuje nominalno največje razpone. V kriteriju smo upoštevali maksimalno dovoljeno vrednost koncentracije (MDK) spojin določenih v pravilniku, navedeni pa so tudi pozitivni ali negativni razponi v določenem območju.

3.3.1 Kalijev dikromat

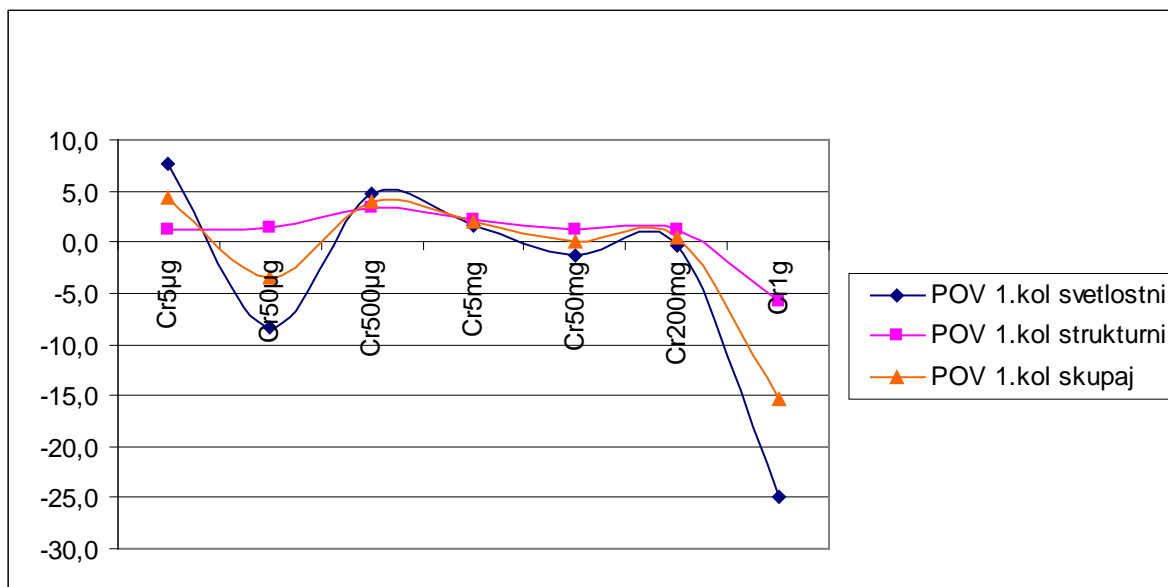
MDK 50 µg/l

1. Maksimalna svetlost v območju 50 µg/l do 1g/l, razponi: 2 - 2 - 3 - 6 - 13.
2. Žarkovna širina 2 v območju 5 µg/l do 500 µg/l, razpona: 8 - 3.
3. Povprečje strukturnih parametrov v območju 5 µg/l do 500 µg/l, razpona: 0,2 - 1,3.
4. Širina snopa 2 v območju 5 µg/l do 500 µg/l, razpona: (-1) – (-7).
5. Dolžina žarka 3 v območju 50 µg/l do 5 mg/l, razpona: 8 - 6.
6. Žarkovni razcep 3 v območju 50 µg/l do 5 mg/l, razpona: (-7) – (-5).
7. Žarkovna homogenost 1 v območju 50 µg/l do 5 mg/l, razpona: (-7) – (-3).



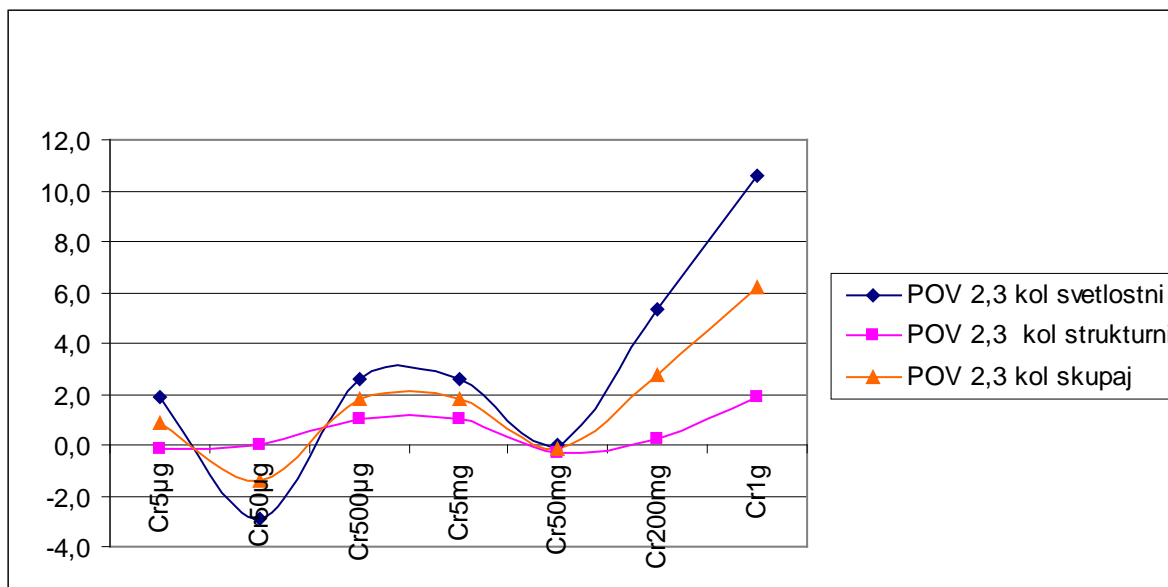
Grafikon 39: Kalijev dikromat; Skupno povprečje vseh parametrov.

5µg - 50µg	50µg - 500µg	500µg - 5mg	5mg - 50mg	50mg - 200mg	200mg - 1g	
-16,0	13,0	-3,0	-3,0	1,0	-24,7	1.kol svetlostni
0,3	2,0	-1,3	-0,9	0,0	-7,1	1.kol strukturni
-7,9	7,5	-2,1	-1,9	0,5	-15,9	1.kol skupaj

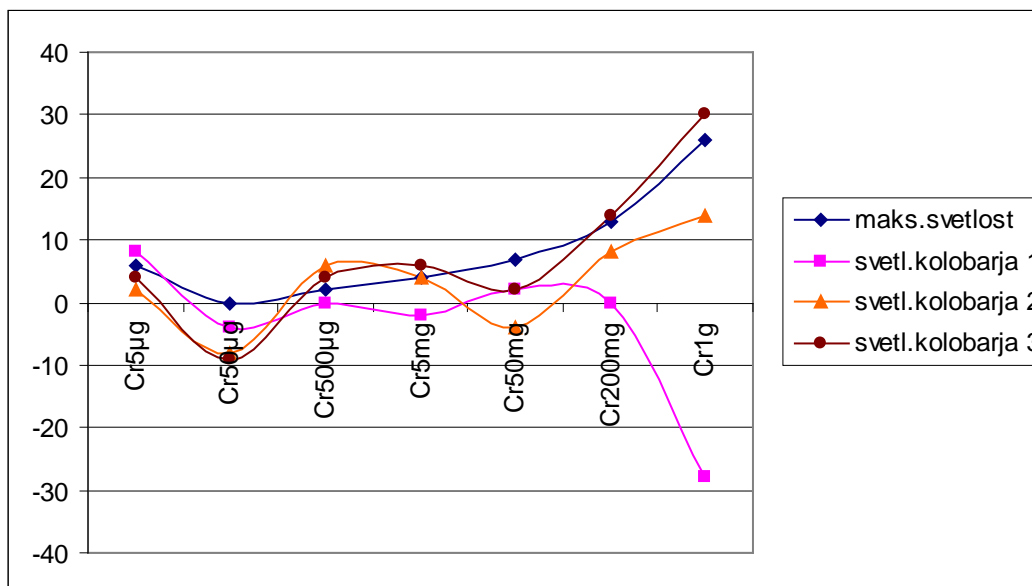


Grafikon 40: Kalijev dikromat; Povprečje parametrov prvega kolobarja.

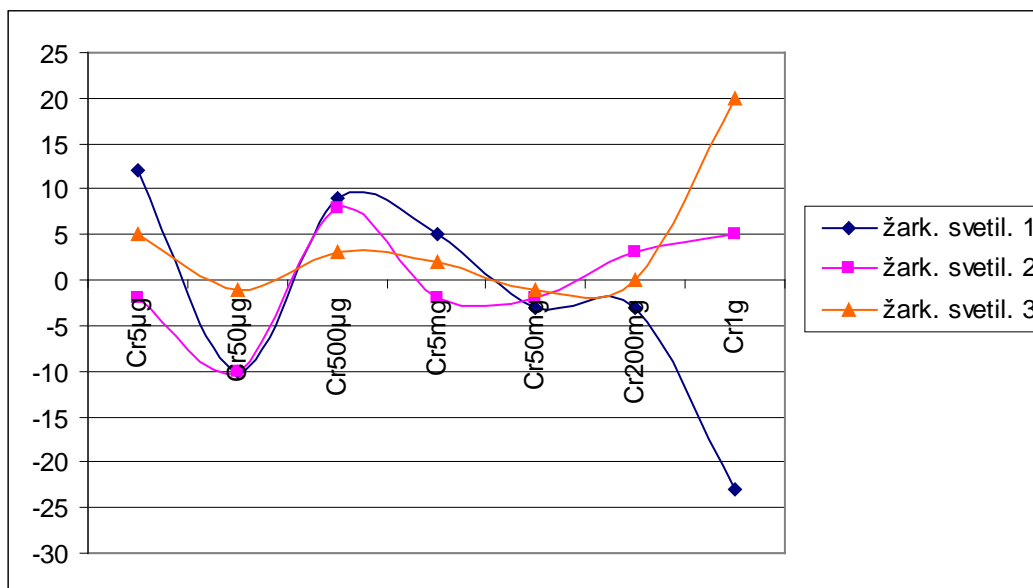
5µg - 50µg	50µg - 500µg	500µg - 5mg	5mg - 50mg	50mg - 200mg	200mg - 1g	
-4,8	5,5	0,0	-2,6	5,3	5,3	2,3 kol svetlostni
0,1	1,0	0,0	-1,3	0,6	1,6	2,3 kol strukturni
-2,3	3,3	0,0	-2,0	3,0	3,5	2,3 kol skupaj



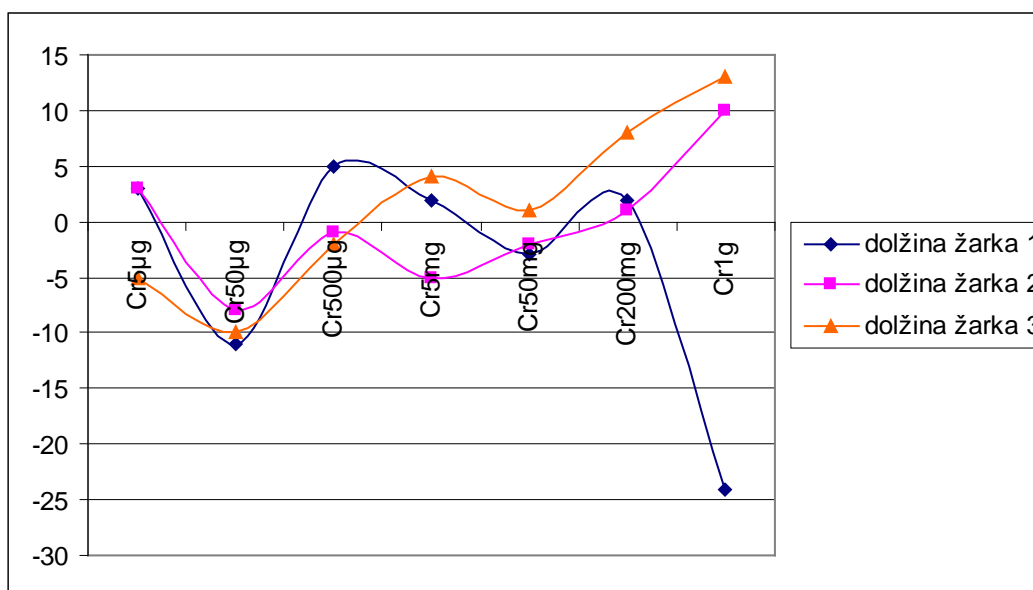
Grafikon 41: Kalijev dikromat; Povprečje parametrov v drugem in tretjem kolobarju.



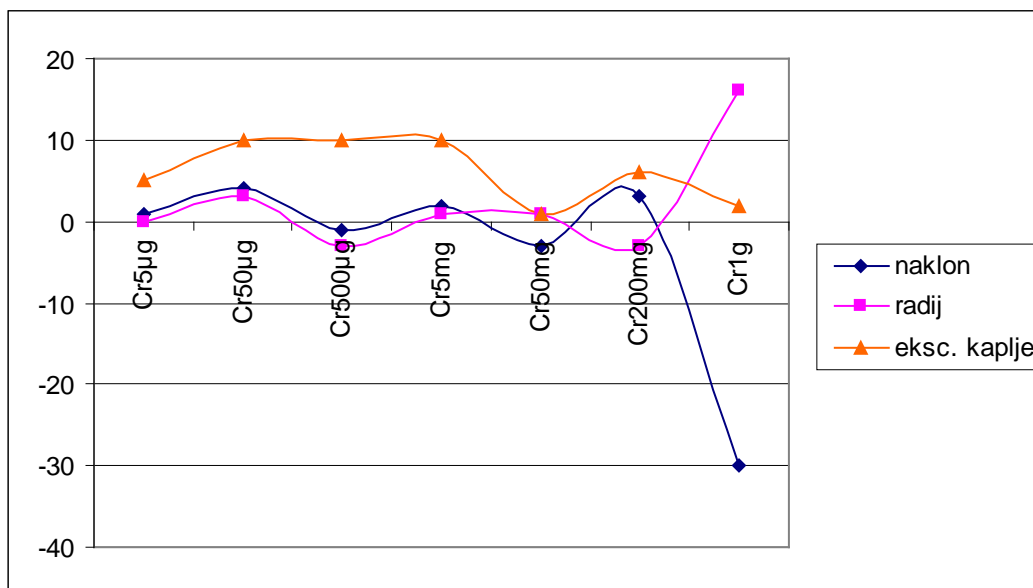
Grafikon 42: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.



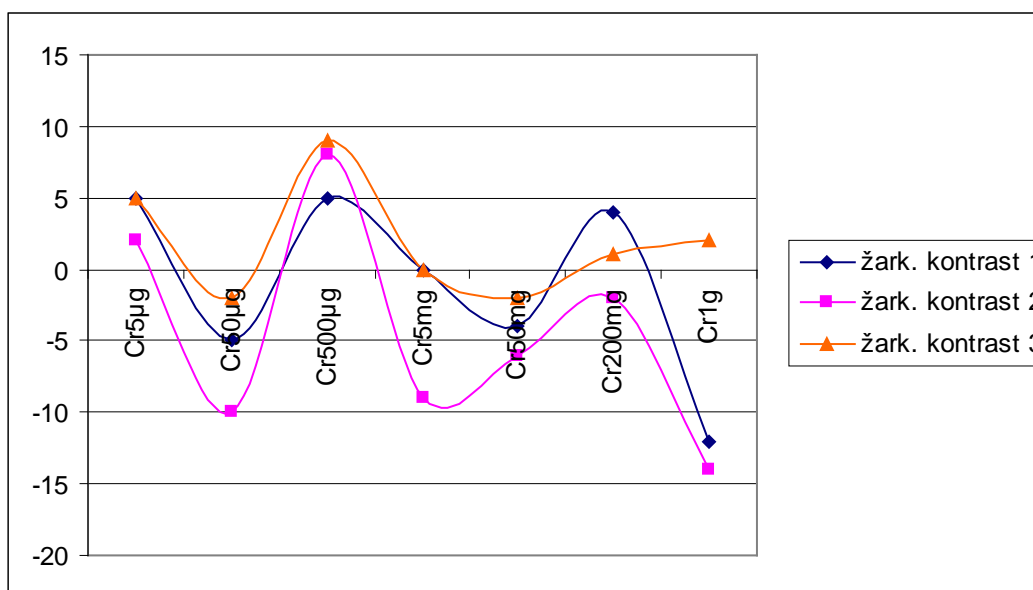
Grafikon 43: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.



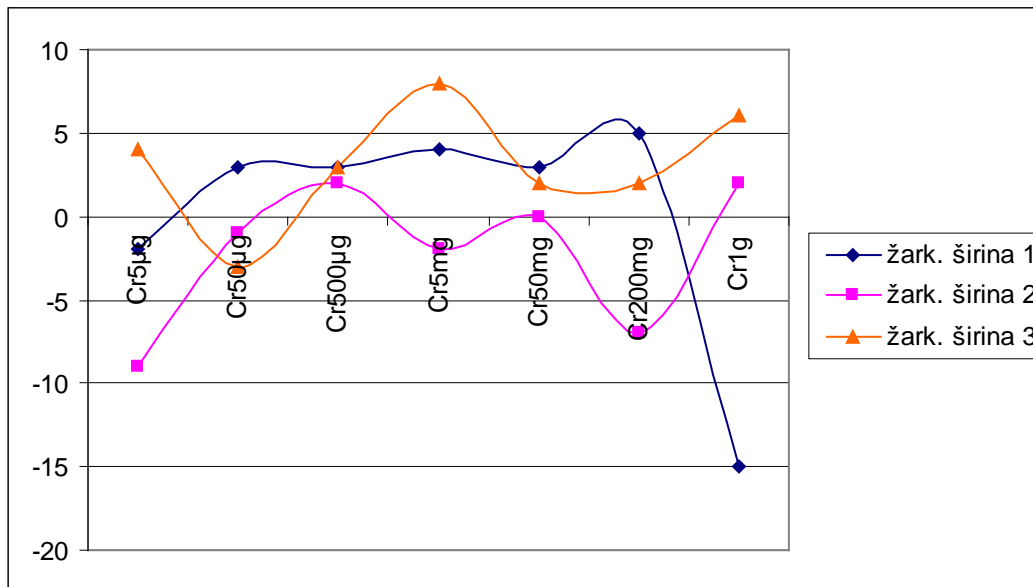
Grafikon 44: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.



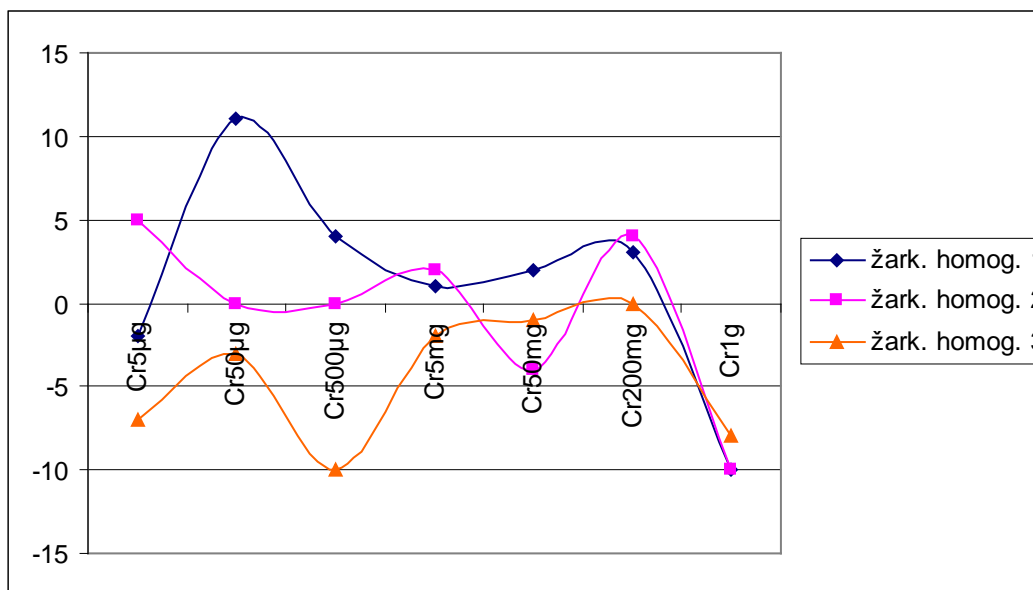
Grafikon 45: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.



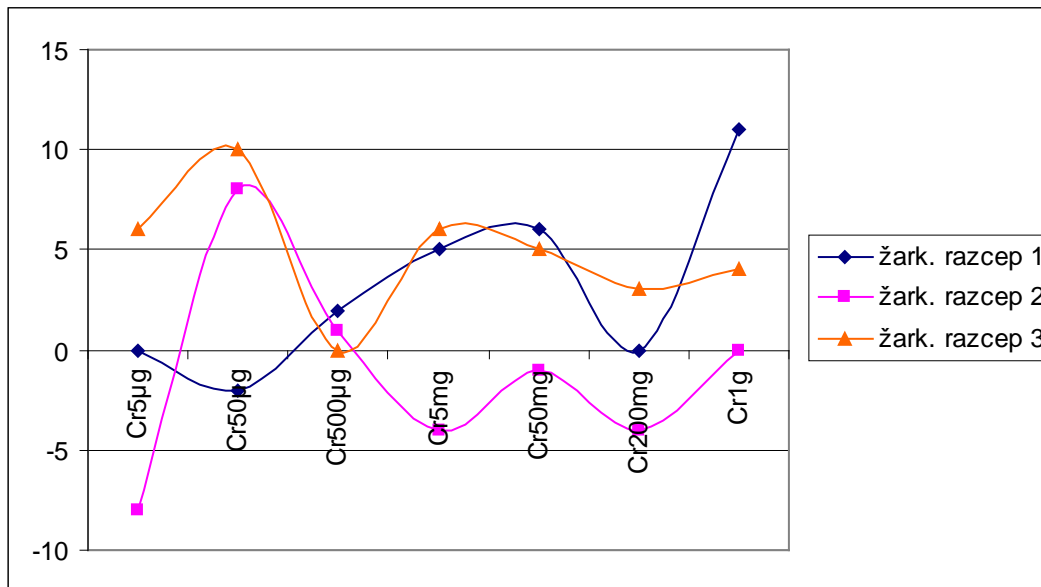
Grafikon 46: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.



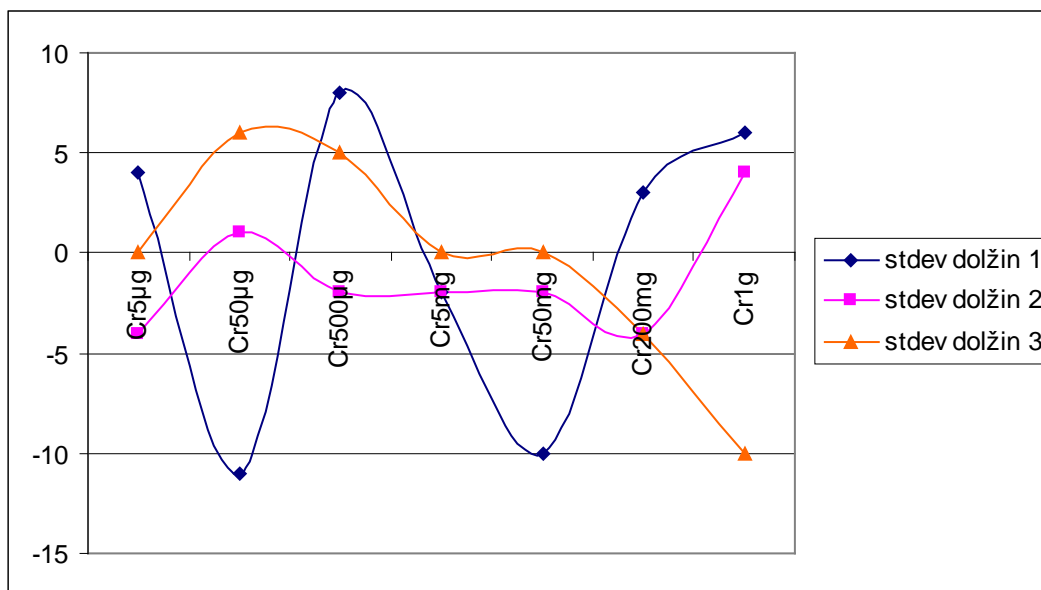
Grafikon 47: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.



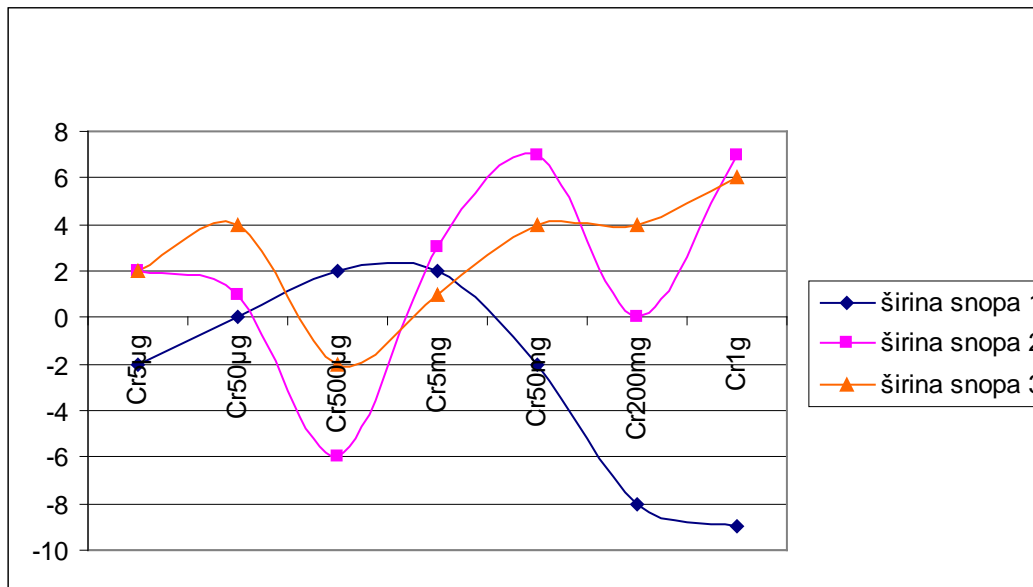
Grafikon 48: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.



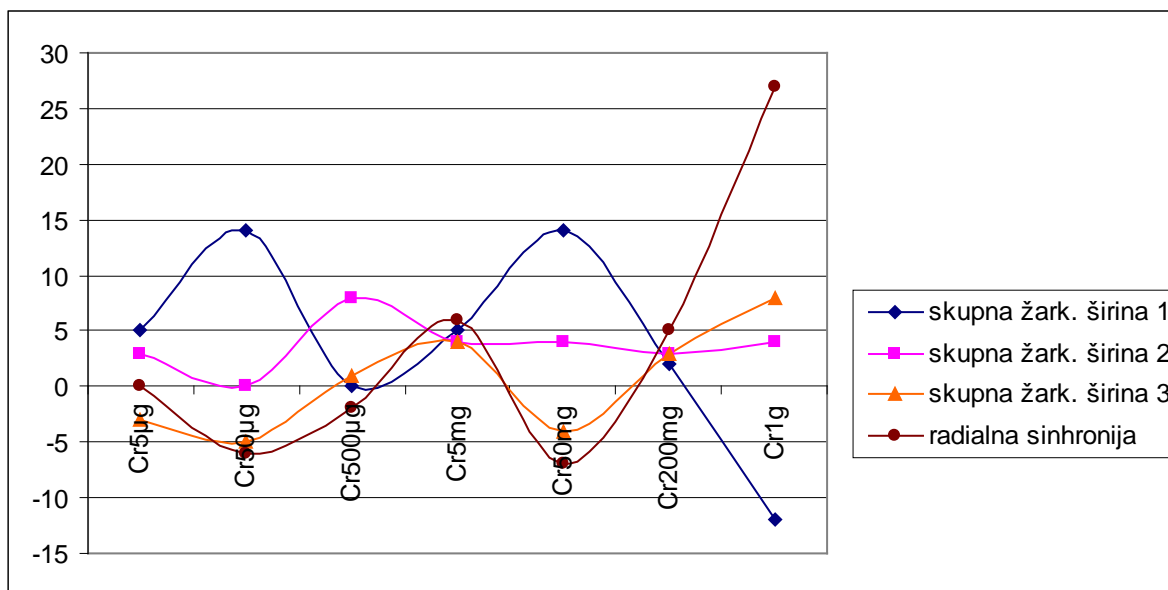
Grafikon 49: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.



Grafikon 50: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.



Grafikon 51: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.

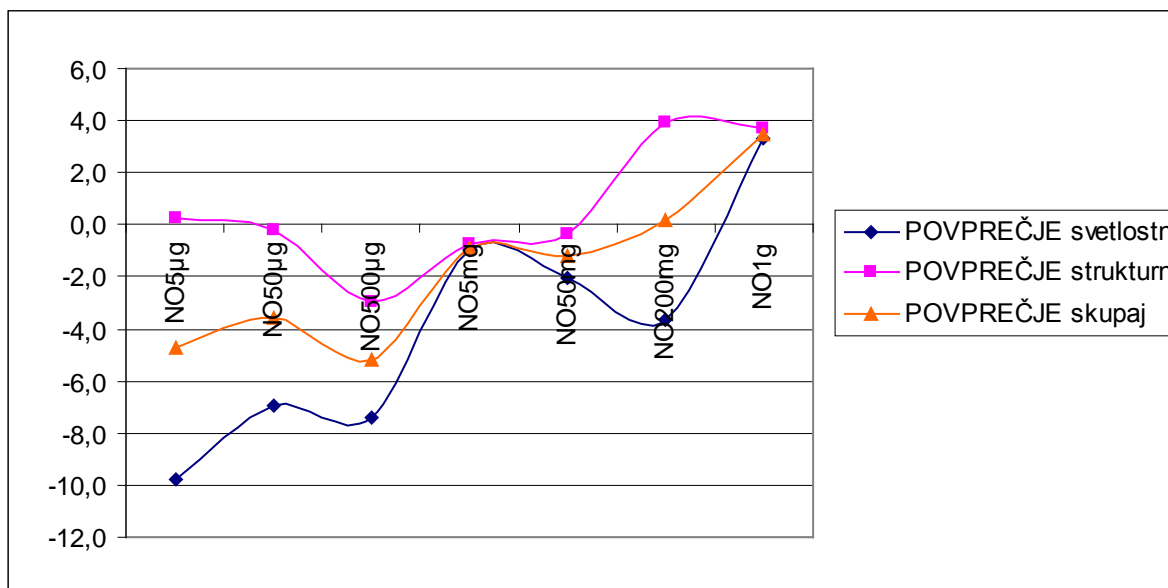


Grafikon 52: Kalijev dikromat; Posamezni parametri.

3.3.2 Natrijev nitrat

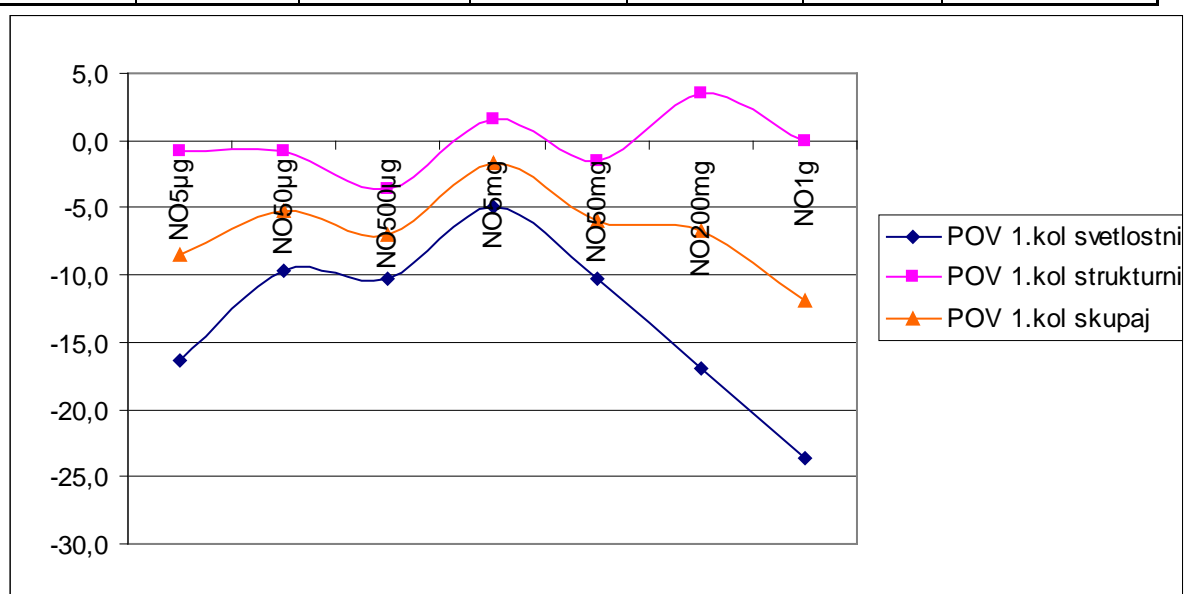
MDK 50 mg/l

1. Svetlost kolobarja 2 v območju od 50 $\mu\text{g/l}$ do 1g/l, razponi: 4 - 10 - 6 - 6 -18.
2. Maksimalna svetlost v območju od 500 $\mu\text{g/l}$ do 1g/l, razponi: 17 - 6 - 6 - 13.
3. Žarkovna širina 2 v območju od 5 mg/l do 1g/l, razponi: 7 -14 - 2 - 10.
4. Žarkovna svetilnost 3 v območju od 50 $\mu\text{g/l}$ do 1g/l, razponi: 2 - 1 - 4 - 1 - 26.
5. Dolžina žarka 3 v območju od 50 $\mu\text{g/l}$ do 1g/l, razponi: 8 - 11 - 6 - 7.
6. Svetlost kolobarja 3 v območju od 50 $\mu\text{g/l}$ do 1g/l, razponi: 21 - 1 - 10 - 8.
7. Radij v območju od 50 $\mu\text{g/l}$ do 1g/l, razponi: (-4) - (-10) - (-8) - (-4).
8. Skupna žarkovna širina 2 v območju od 500 $\mu\text{g/l}$ do 200 mg/l, razponi: 5 - 6 - 13.
9. Povprečje strukturnih parametrov v območju od 500 $\mu\text{g/l}$ do 200 mg/l, razponi: 2,2 - 0,4 - 4,3.



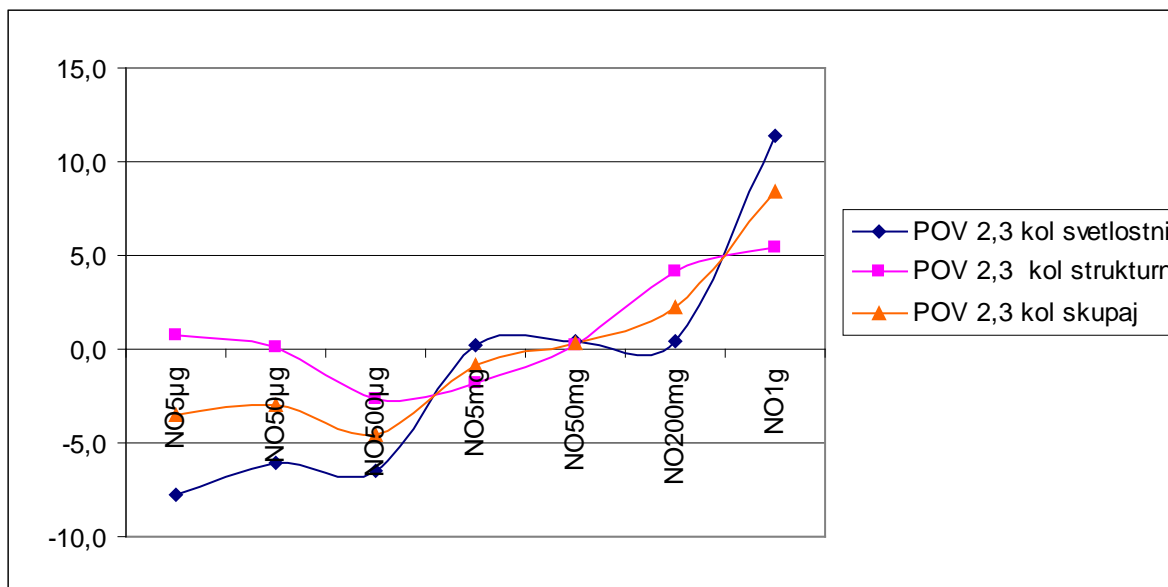
Grafikon 53: Natrijev nitrat; Skupno povprečje vseh parametrov.

5µg - 50µg	50µg - 500µg	500µg - 5mg	5mg - 50mg	50mg - 200mg	200mg - 1g	
6,7	-0,7	5,3	-5,3	-6,7	-6,7	1.kol svetlostni
0,0	-2,9	5,1	-3,1	5,1	-3,6	1.kol strukturni
3,3	-1,8	5,2	-4,2	-0,8	-5,1	1.kol skupaj

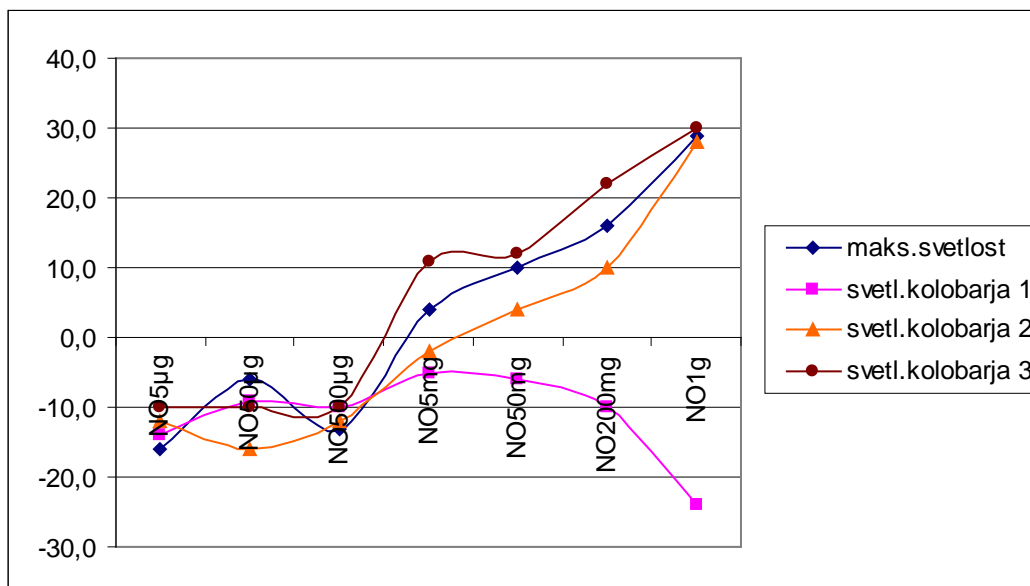


Grafikon 54: Natrijev nitrat; Povprečje parametrov prvega kolobarja.

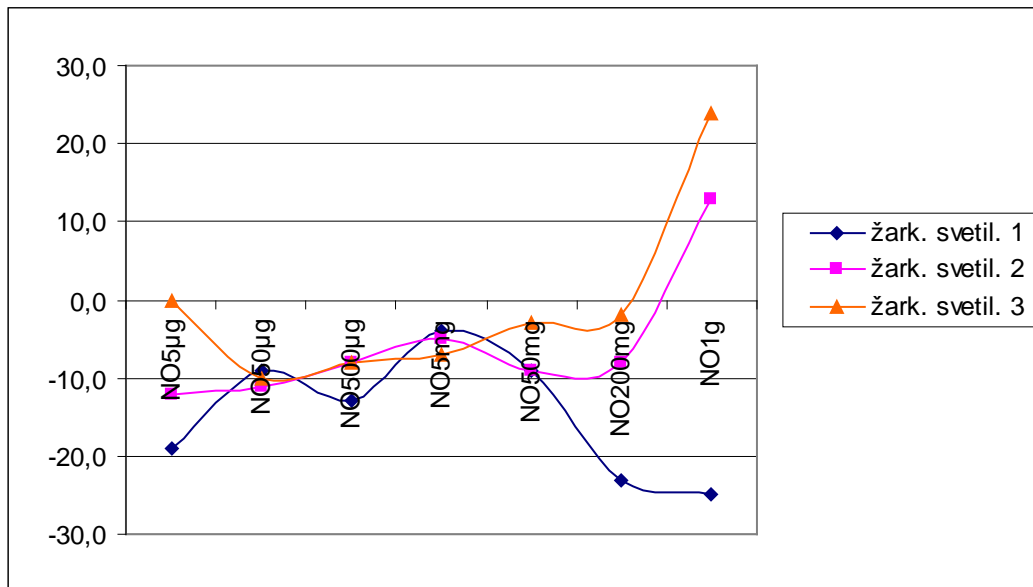
5µg - 50µg	50µg - 500µg	500µg - 5mg	5mg - 50mg	50mg - 200mg	200mg - 1g	
1,7	-0,4	6,7	0,2	0,0	11,0	2,3 kol svetlostni
-0,7	-2,7	0,9	2,0	3,9	1,3	2,3 kol strukturni
0,5	-1,6	3,8	1,1	2,0	6,1	2,3 kol skupaj



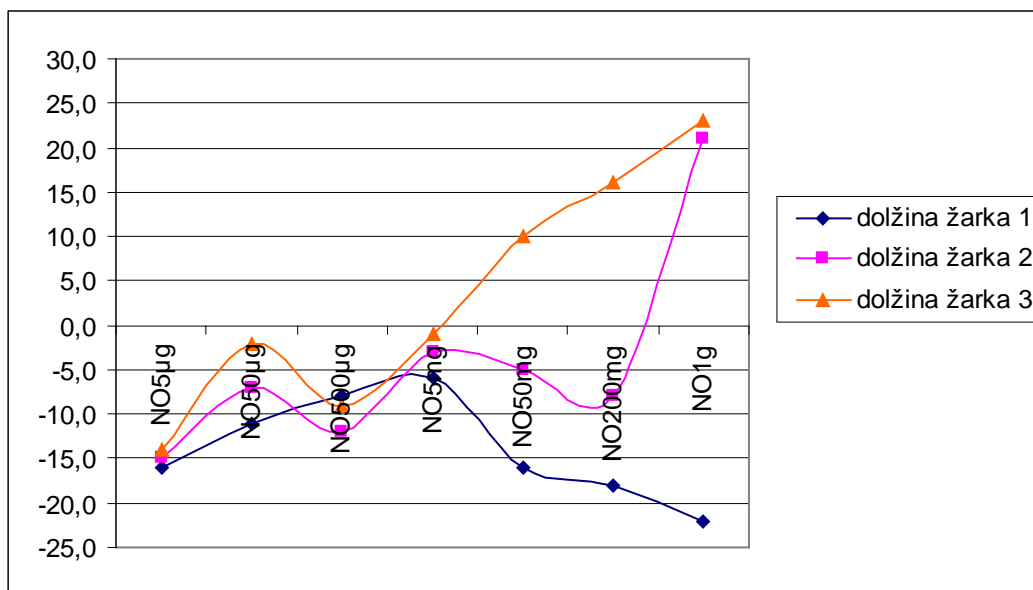
Grafikon 55: Natrijev nitrat; Povpreče parametrov v drugem in tretjem kolobarju.



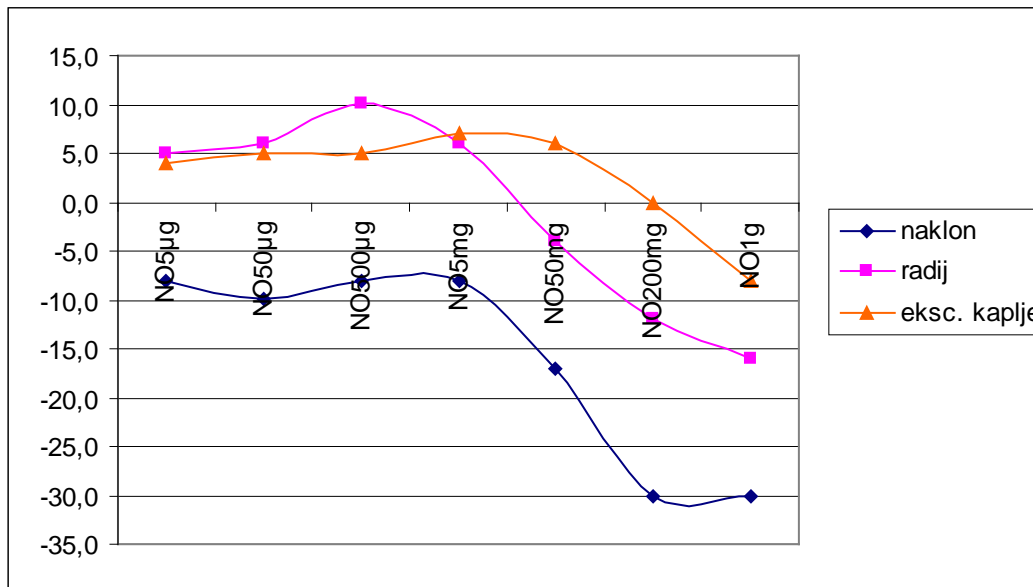
Grafikon 56: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.



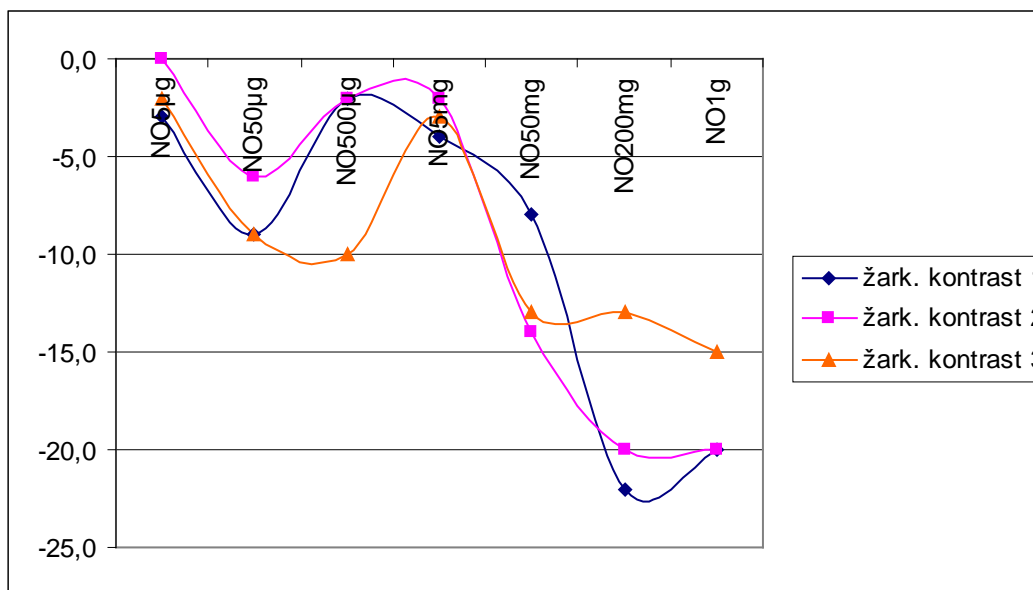
Grafikon 57: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.



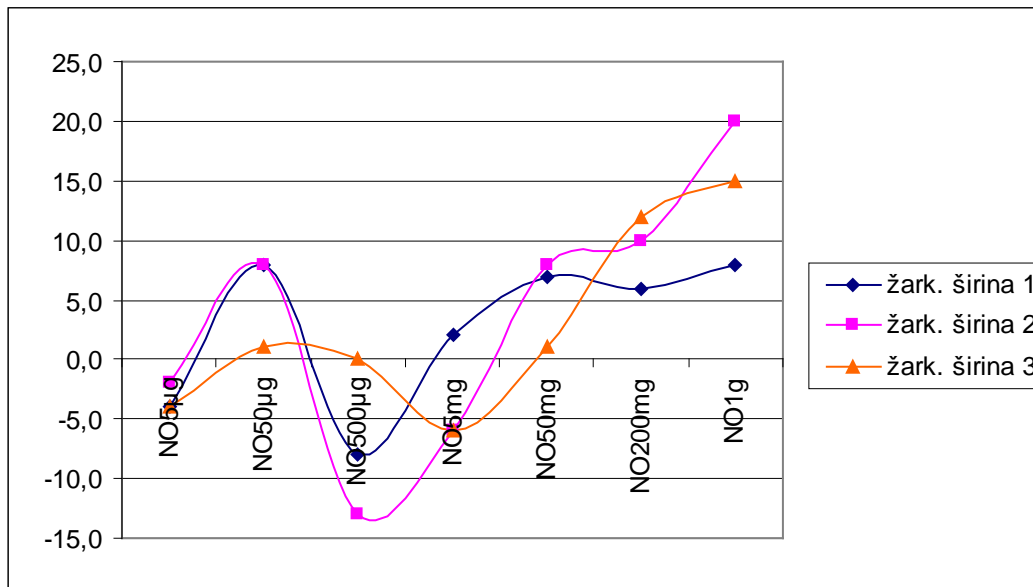
Grafikon 58: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.



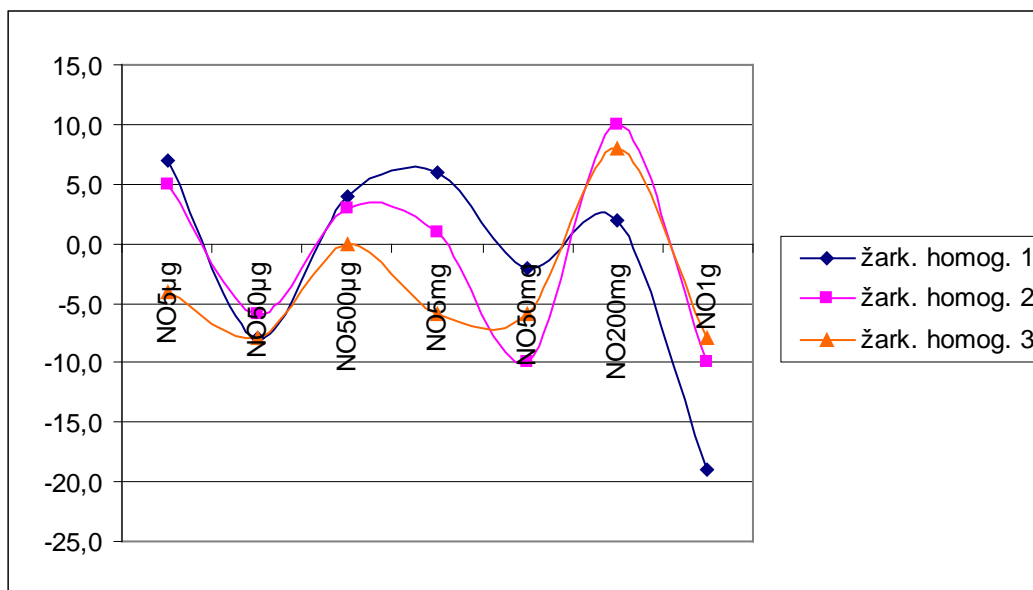
Grafikon 59: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.



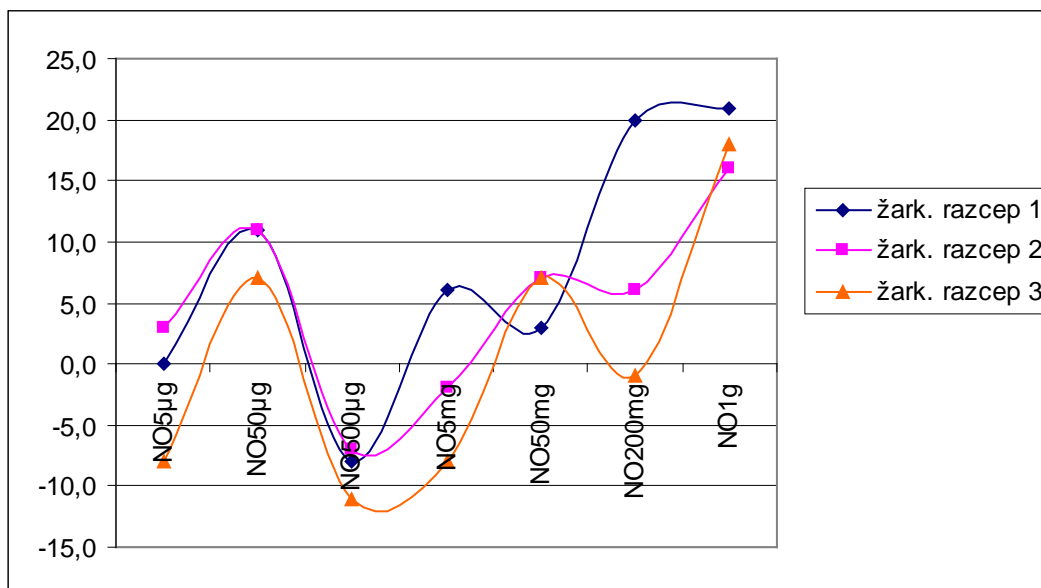
Grafikon 60: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.



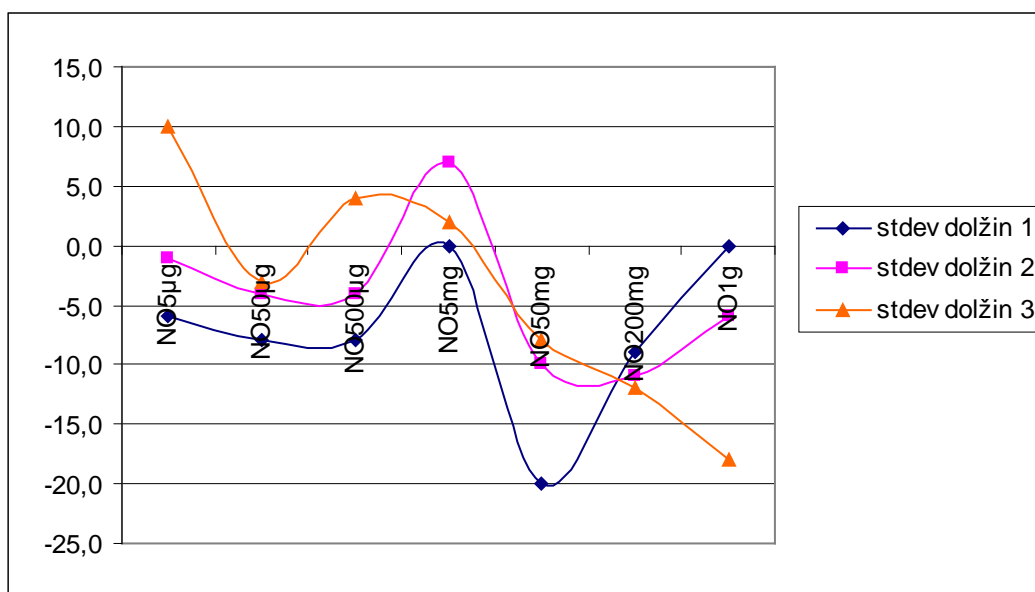
Grafikon 61: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.



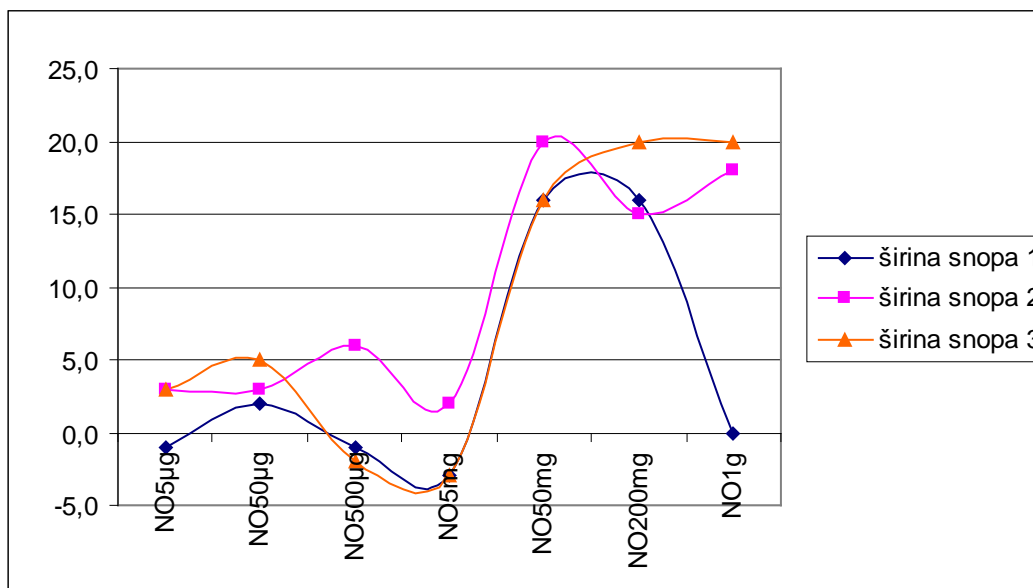
Grafikon 62: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.



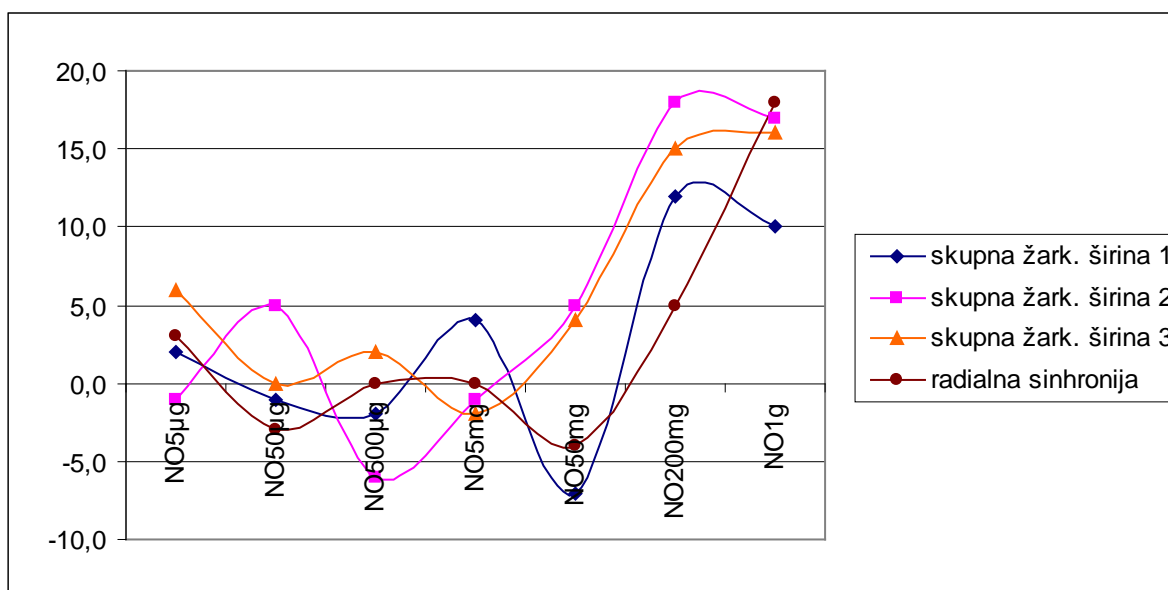
Grafikon 63: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.



Grafikon 64: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.



Grafikon 65: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.

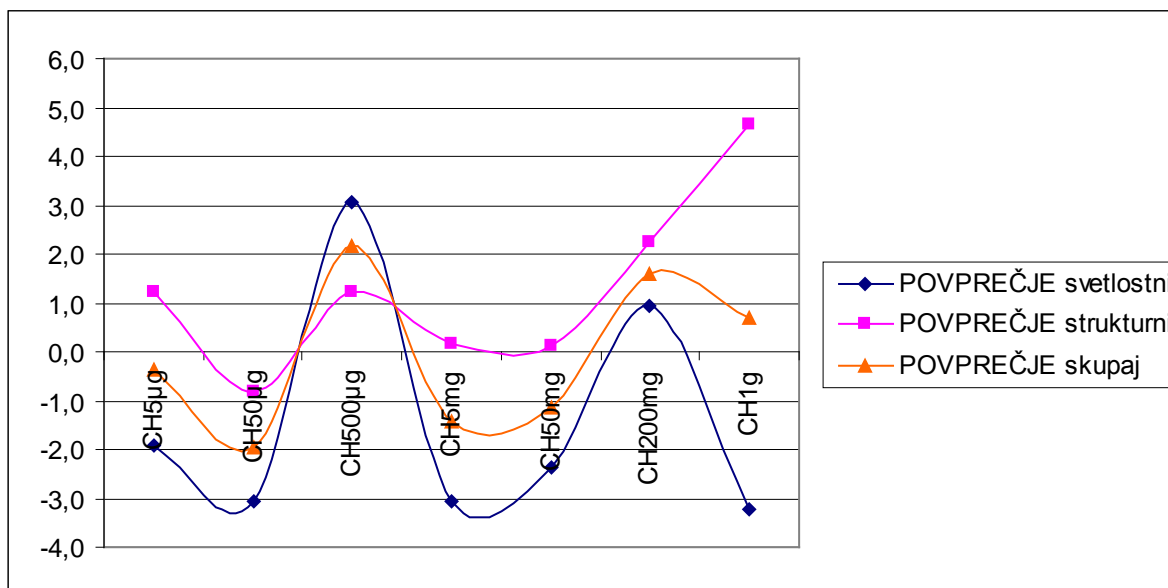


Grafikon 66: Natrijev nitrat; Posamezni parametri.

3.3.3 Saharoza

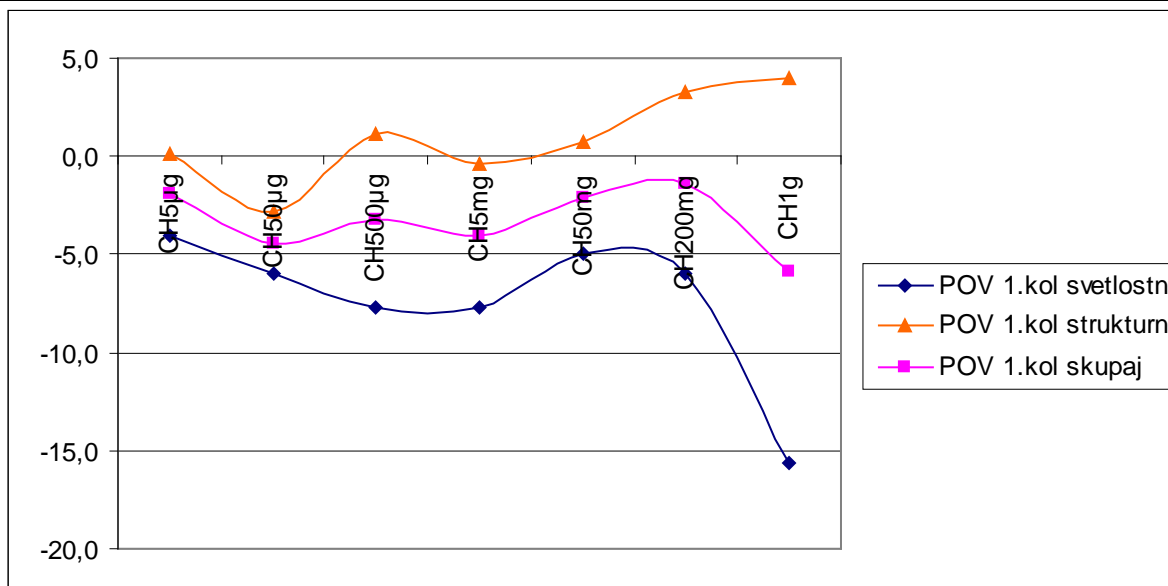
MDK ni predpisana

1. Žarkovna širina 1 v območju od 50 µg/l do 1 g/l, razponi: 8 -1 - 5 – 1 – 9.
2. Skupna žarkovna širina 3 v območju od 5 mg/l do 1 g/l, razponi: 8 – 3 – 14.
3. Žarkovni razcep v območju od 5 mg/l do 1 g/l, razponi: 9 – 3 – 8.
4. Žarkovna homogenost 2 v območju od 50 µg/l do 50 mg/l, razponi: 7 – 4 – 2.
5. Širina snopa 2 v območju od 50 mg/l do 1 g/l, razpona: 13 – 7.
6. Svetlost kolobarja 3 v območju od 50 mg/l do 1 g/l, razpona: 12 – 7.
7. Povprečje strukturnih parametrov v območju od 50 mg/l do 1 g/l, razpona: 2,1 - 2,4.



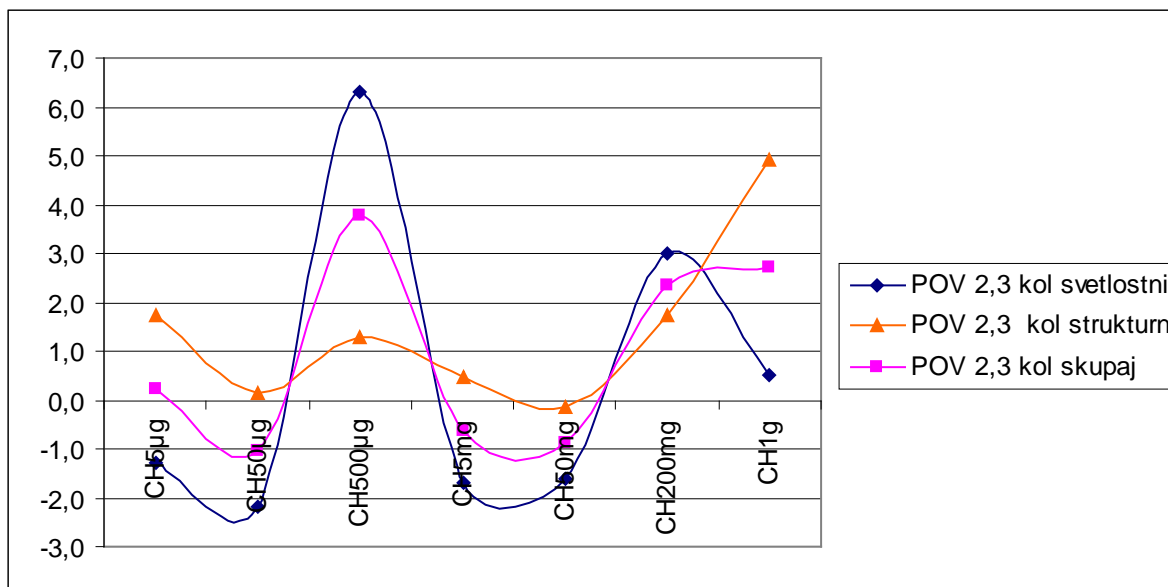
Grafikon 67: Saharoza; Skupno povprečje vseh parametrov.

5µg - 50µg	50µg - 500µg	500µg - 5mg	5mg - 50mg	50mg - 200mg	200mg - 1g	
-2,0	-1,7	0,0	2,7	-1,0	-9,7	1.kol svetlostni
-3,0	4,0	-1,6	1,1	2,6	0,7	1.kol strukturni
-2,5	1,2	-0,8	1,9	0,8	-4,5	1.kol skupaj

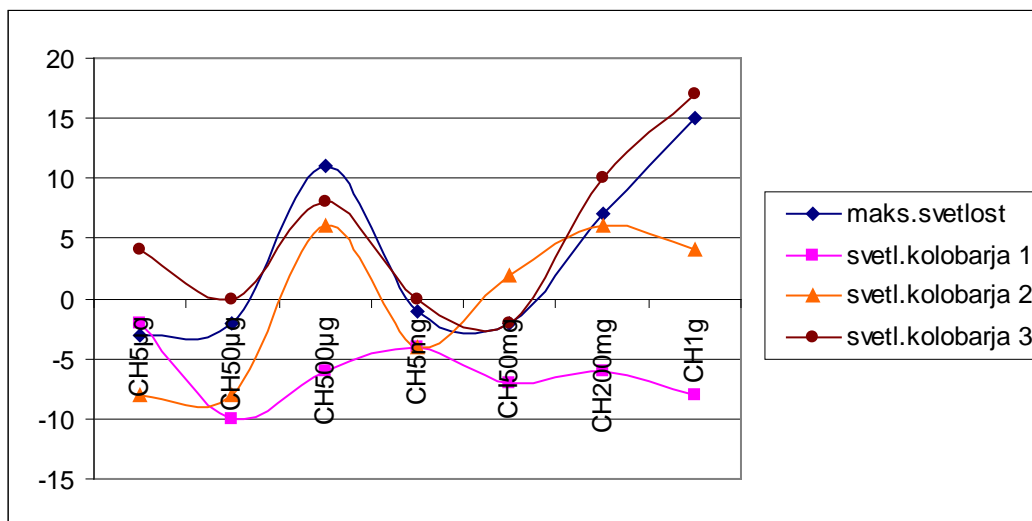


Grafikon 68: Saharoza; Povprečje parametrov prvega kolobarja.

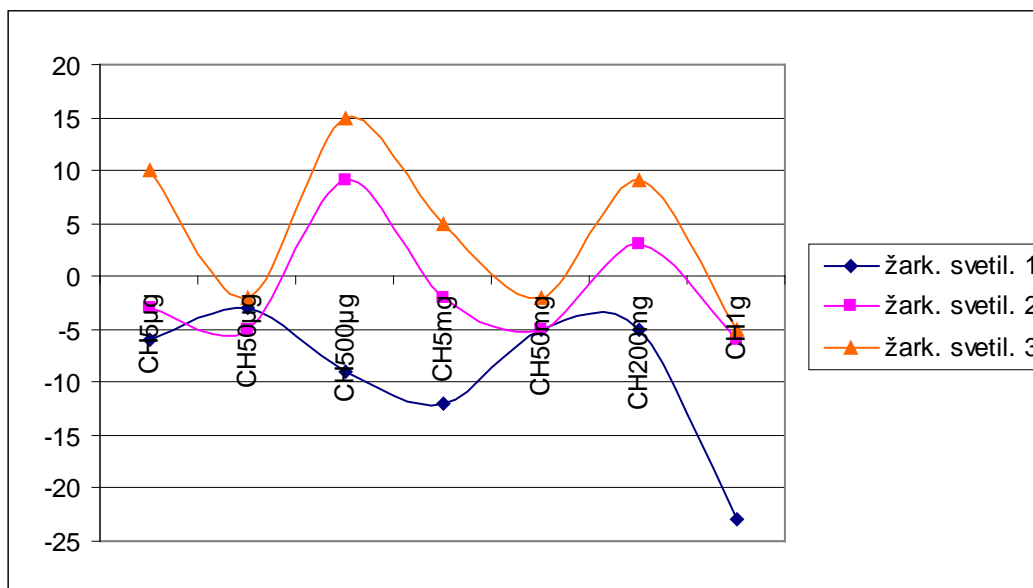
5µg - 50µg	50µg - 500µg	500µg - 5mg	5mg - 50mg	50mg - 200mg	200mg - 1g	
-0,9	8,5	-8,0	0,1	4,6	-2,5	2,3 kol svetlostni
-1,6	1,1	-0,8	-0,6	1,9	3,2	2,3 kol strukturni
-1,3	4,8	-4,4	-0,3	3,2	0,4	2,3 kol skupaj



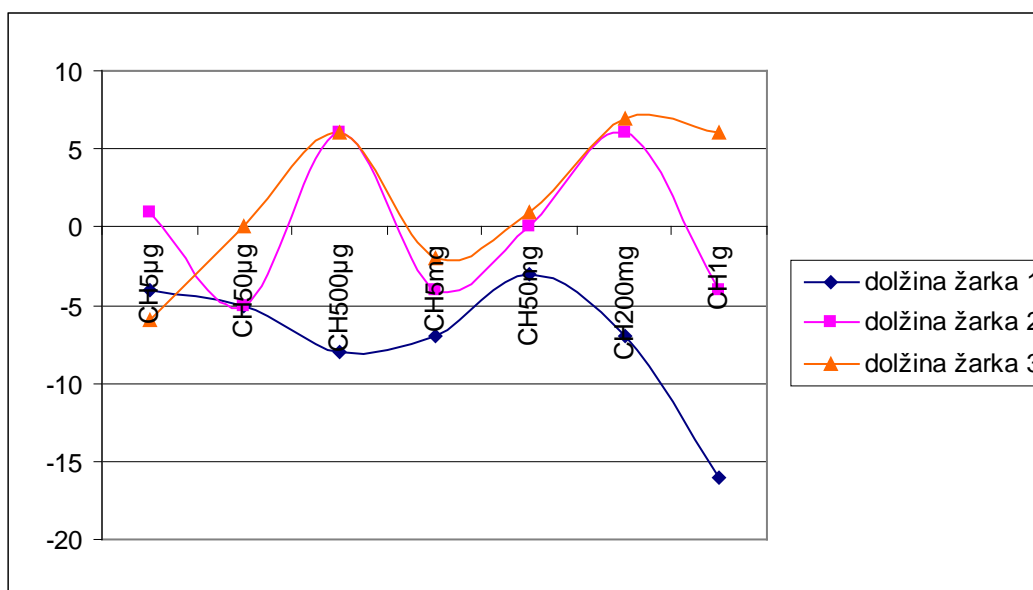
Grafikon 69: Saharoz; Povprečje parametrov v drugem in tretjem kolobarju.



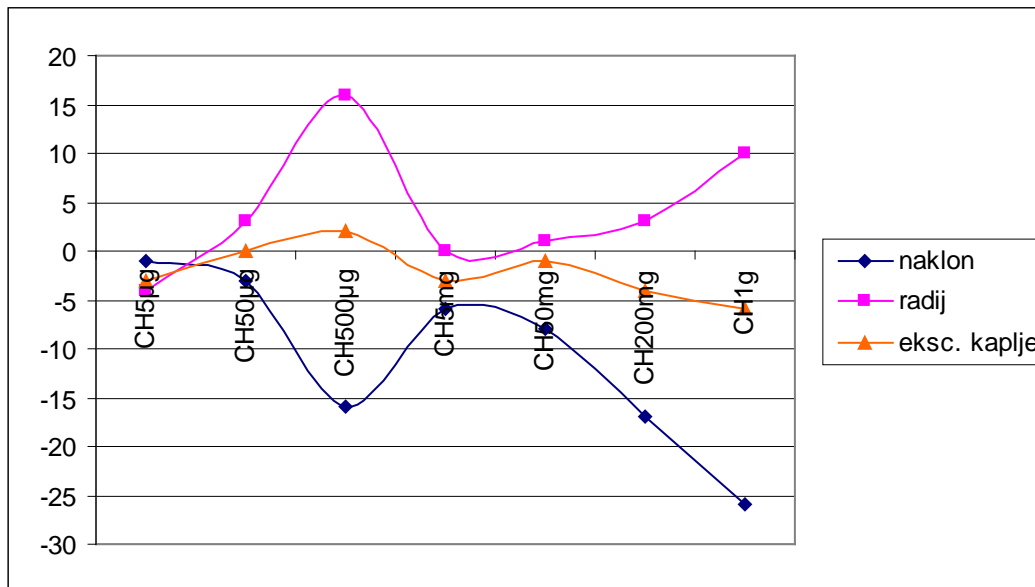
Grafikon 70: Saharoz; Posamezni parametri.



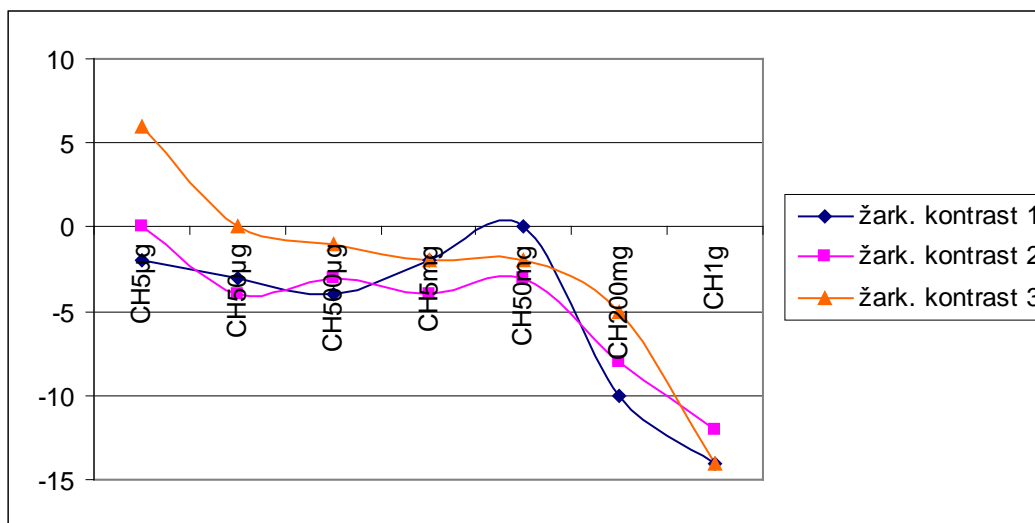
Grafikon 71: Saharoza; Posamezni parametri.



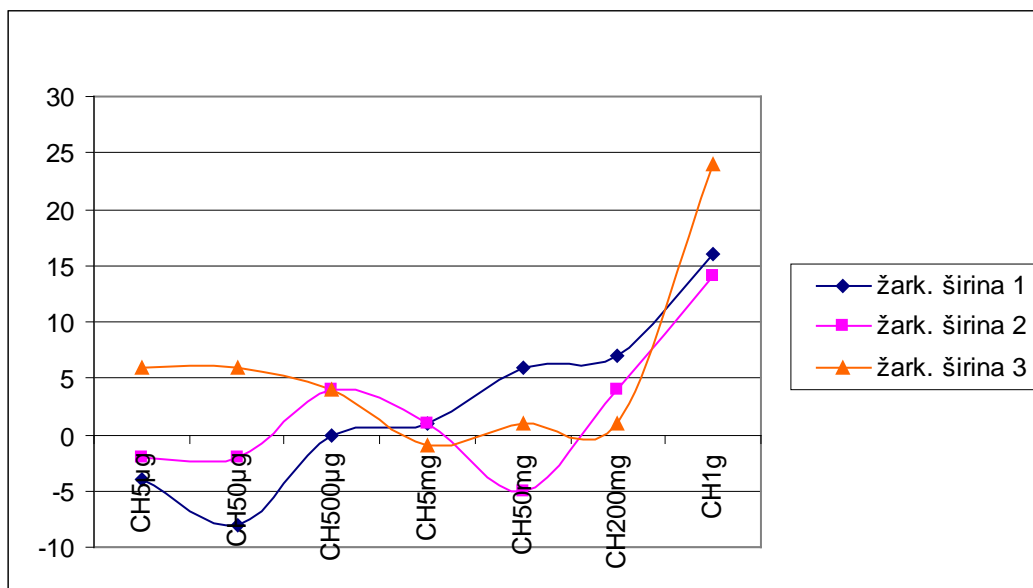
Grafikon 72: Saharoza; Posamezni parametri.



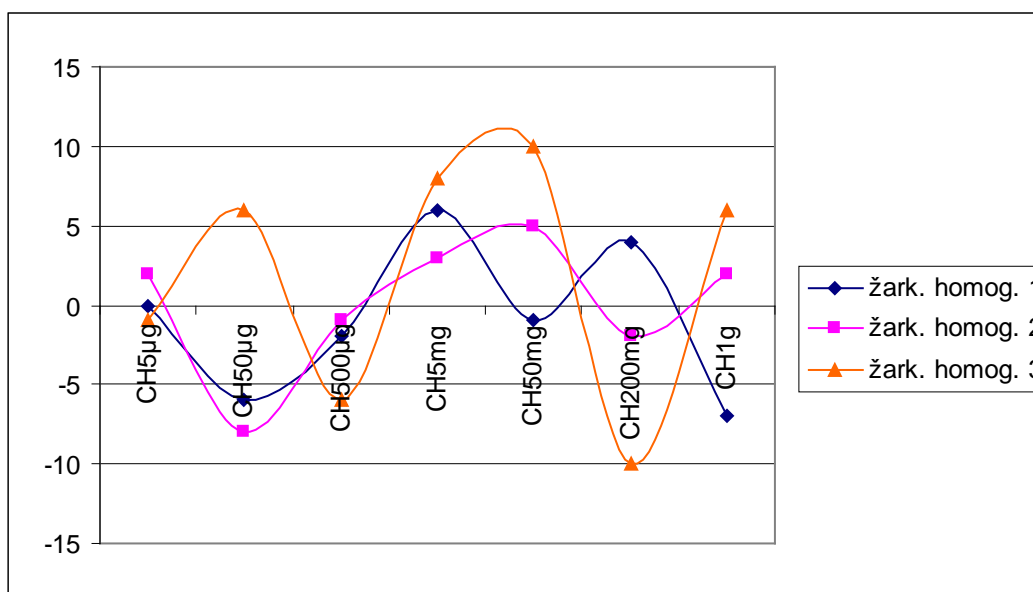
Grafikon 73: Saharoza; Posamezni parametri.



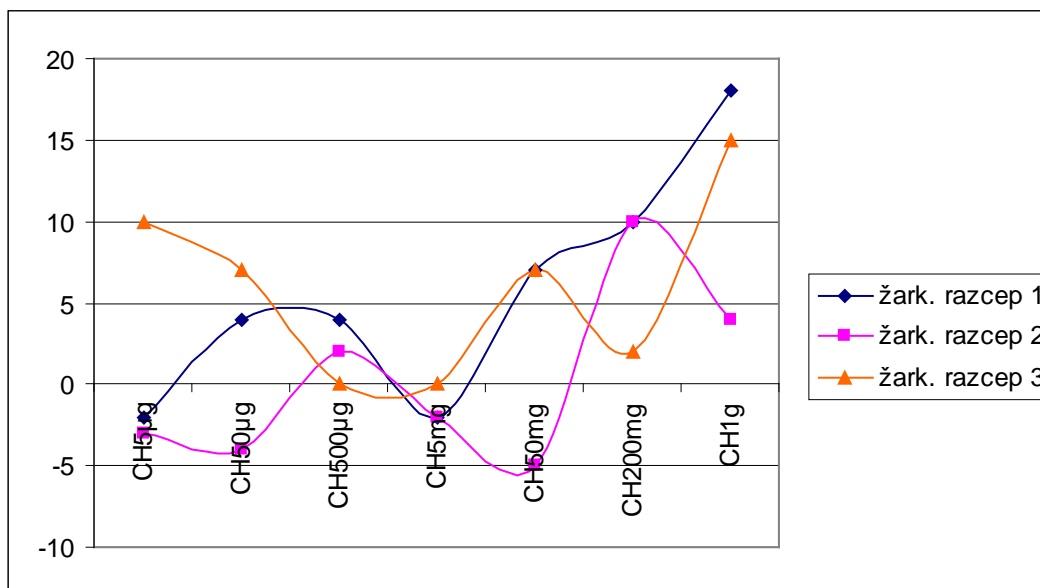
Grafikon 74: Saharoza; Posamezni parametri.



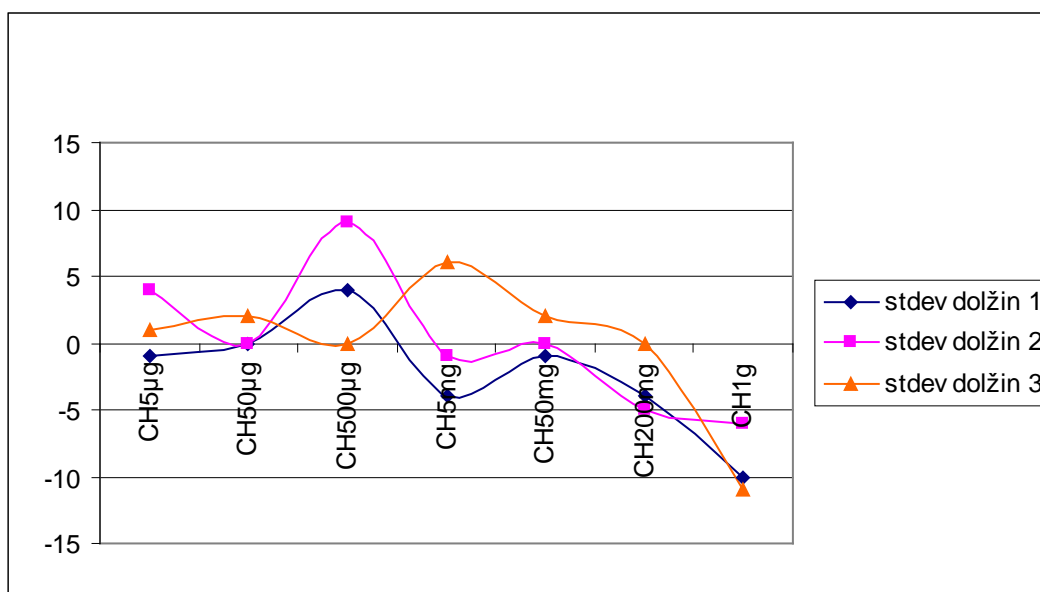
Grafikon 75: Saharoza; Posamezni parametri.



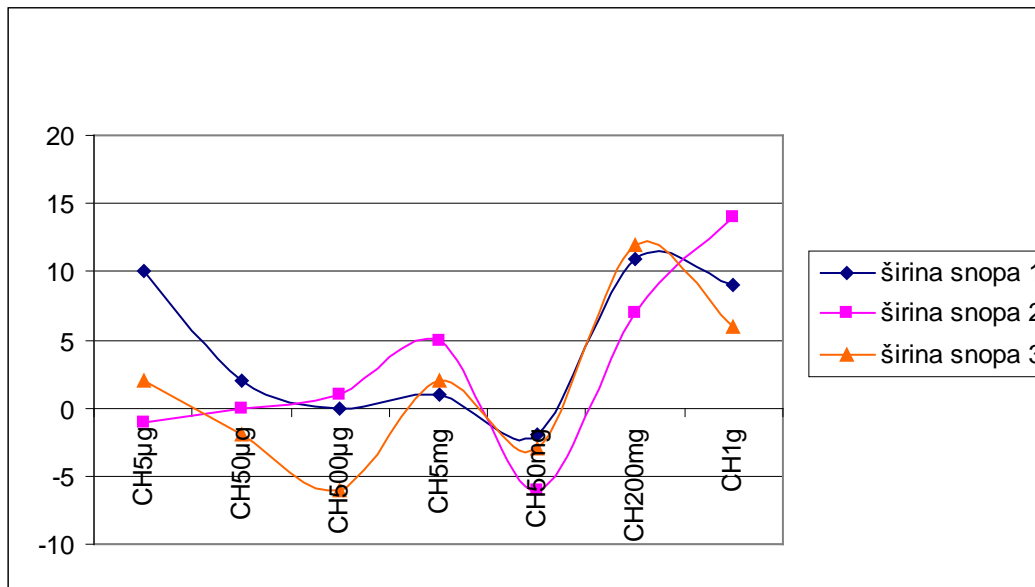
Grafikon 76: Saharoza; Posamezni parametri.



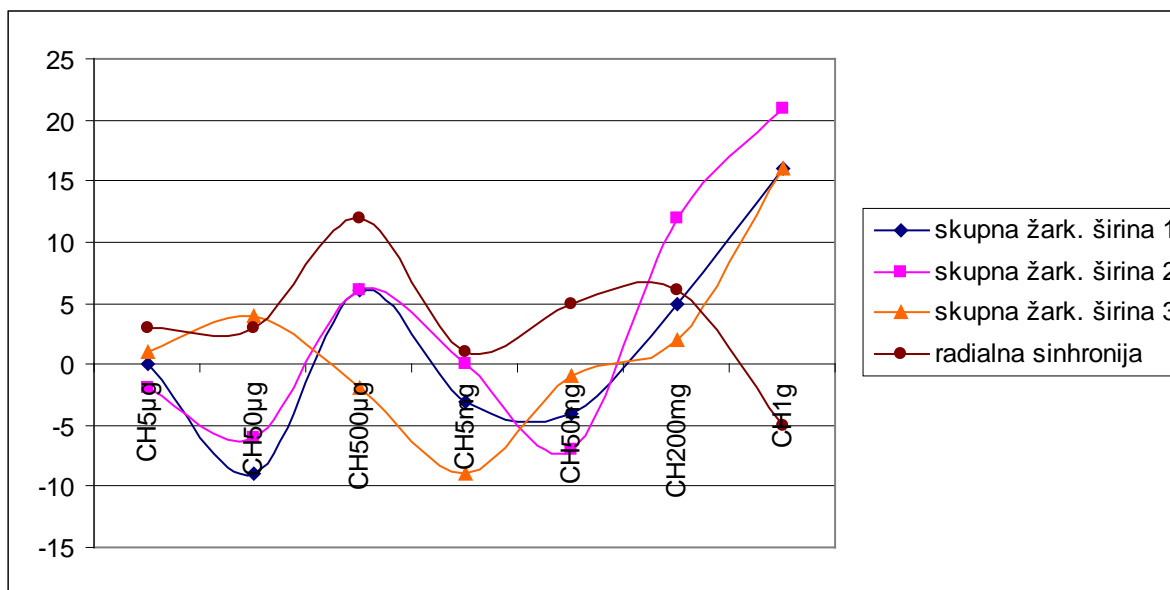
Grafikon 77: Saharoza; Posamezni parametri.



Grafikon 78: Saharoza; Posamezni parametri.



Grafikon 79: Saharoza; Posamezni parametri.

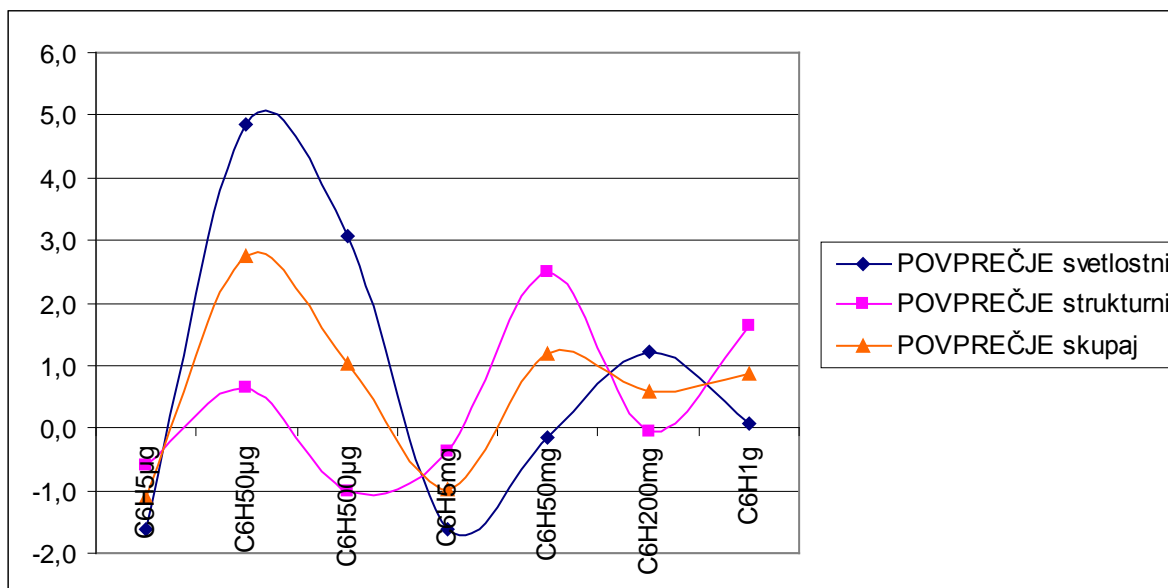


Grafikon 80: Saharoza; Posamezni parametri.

3.3.4 Benzen

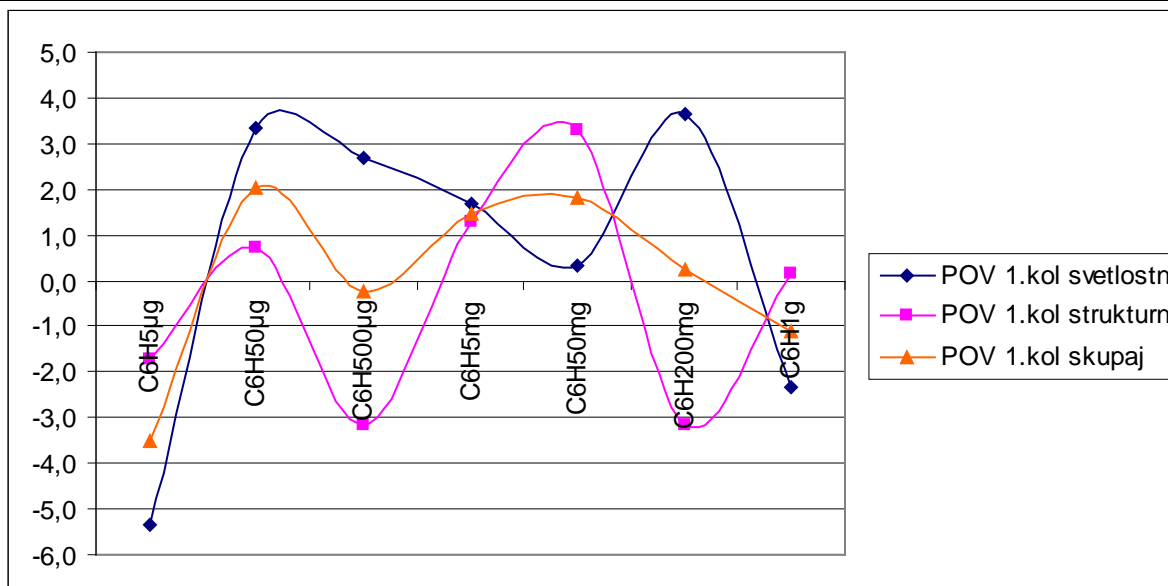
MDK 1 μ g/l

1. Žarkovna homogenost v območju od 500 μ g/l do 1g/l, razponi: (-8) - (-5) - (-1) - (-2).
2. Širina snopa 2 v območju od 5 μ g/l do 50 mg/l, razponi: (-9) - (-2) - (-8).
3. Standarda deviacija dolžin 2 v območju od 5 μ g/l do 50 mg/l, razponi: 5 - 4 - 2.
4. Širina snopa 3 v območju od 5 μ g/l do 50 mg/l, razponi: (-2) - (-3) - (-7).
5. Žarkovni razcep v območju 1 od 5 μ g/l do 500 μ g/l, razpona: (-8) - (-13).
6. Žarkovna širina 1 v območju 1 od 5 μ g/l do 500 μ g/l, razpona: (-12) - (-6).
7. Povprečje svetlostnih parametrov v območju od 50 μ g/l do 5 mg/l, razpona: (-1,8) - (-4,7).
8. Skupno povprečje parametrov v območju od 50 μ g/l do 5 mg/l, razpona: (-1,7) - (-2,0).



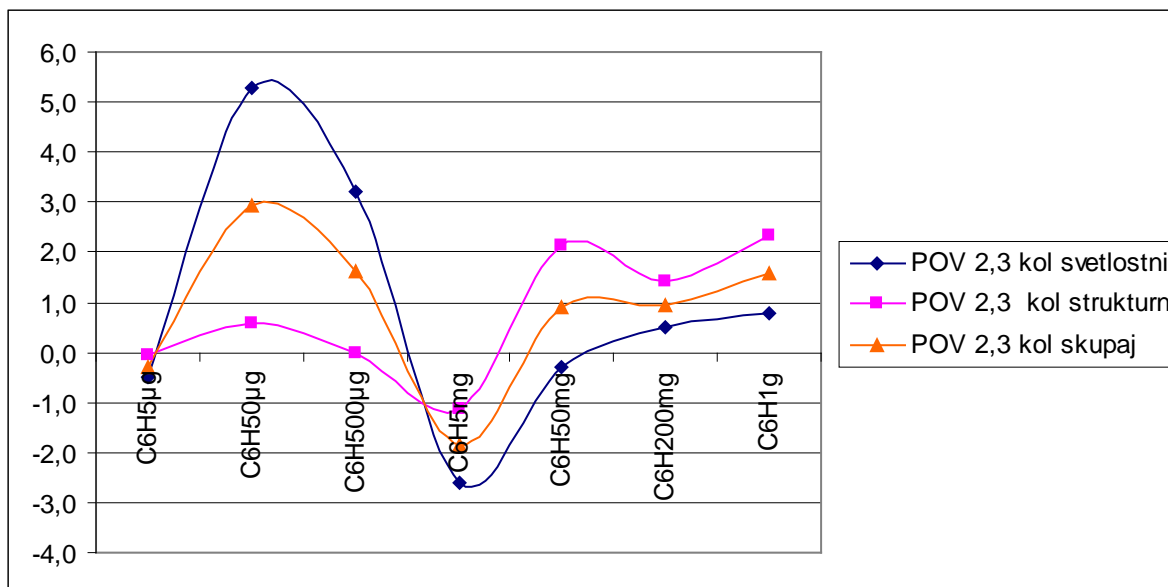
Grafikon 81: Benzen; Skupno povprečje vseh parametrov.

5µg - 50µg	50µg - 500µg	500µg - 5mg	5mg - 50mg	50mg - 200mg	200mg - 1g	
8,7	-0,7	-1,0	-1,3	3,3	-6,0	1.kol svetlostni
2,4	-3,9	4,4	2,0	-6,4	3,3	1.kol strukturni
5,5	-2,3	1,7	0,3	-1,5	-1,4	1.kol skupaj

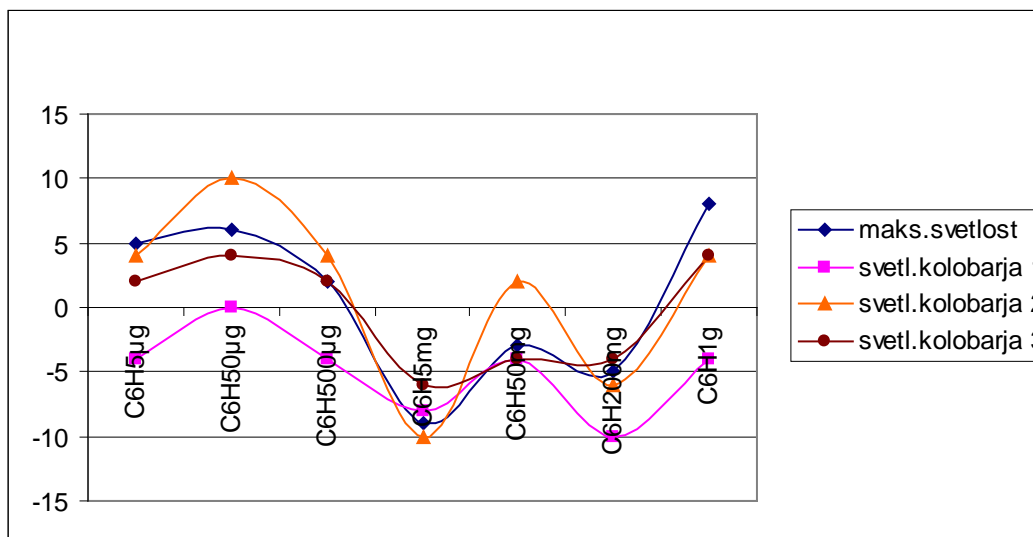


Grafikon 82: Benzen; Povprečje parametrov prvega kolobarja.

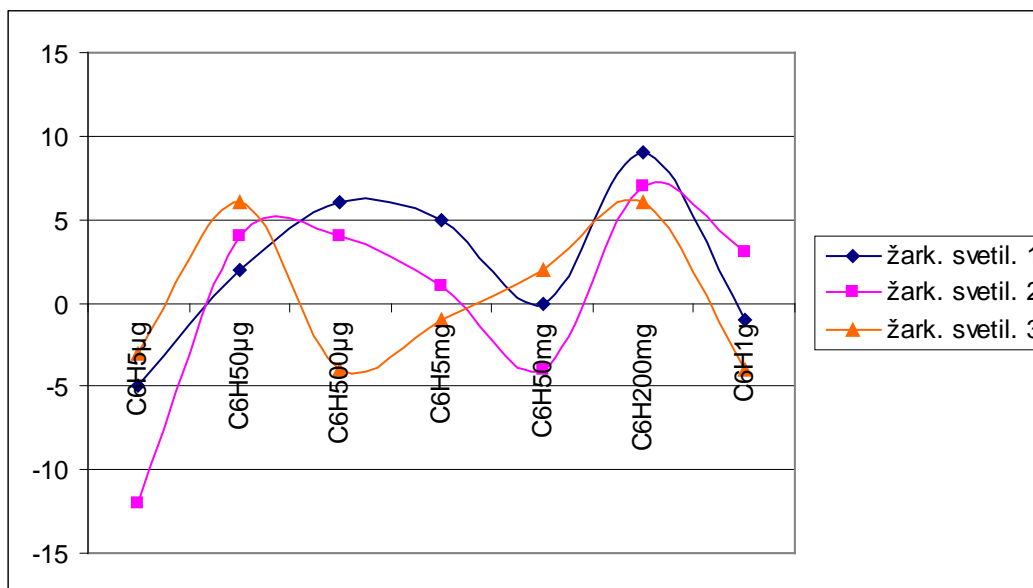
5µg - 50µg	50µg - 500µg	500µg - 5mg	5mg - 50mg	50mg - 200mg	200mg - 1g	
5,8	-2,1	-5,8	2,3	0,8	0,3	2,3 kol svetlostni
0,7	-0,6	-1,1	3,3	-0,7	0,9	2,3 kol strukturni
3,2	-1,4	-3,5	2,8	0,0	0,6	2,3 kol skupaj



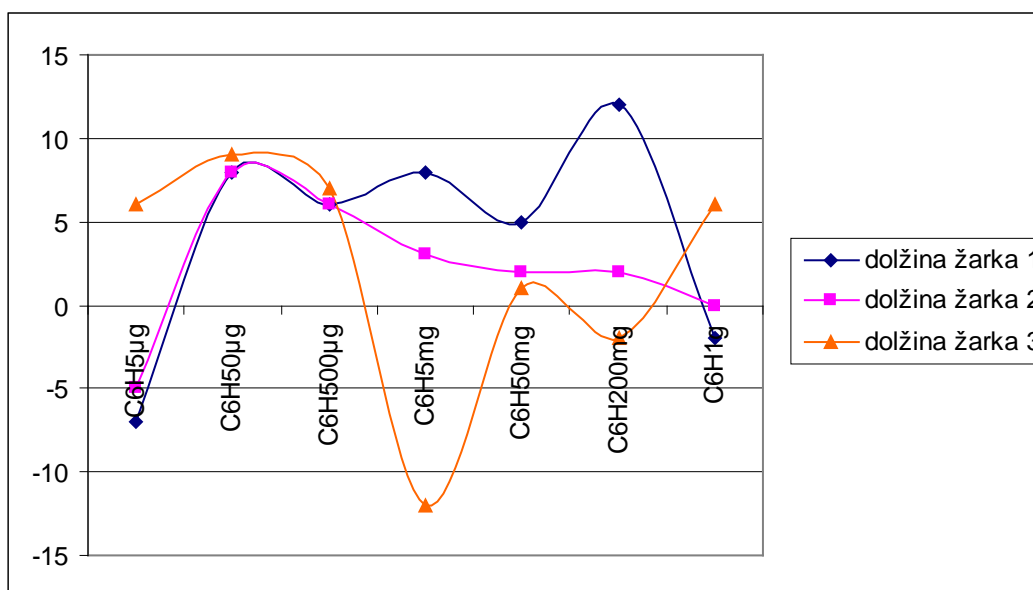
Grafikon 83: Benzen; Povprečje parametrov v drugem in tretjem kolobarju.



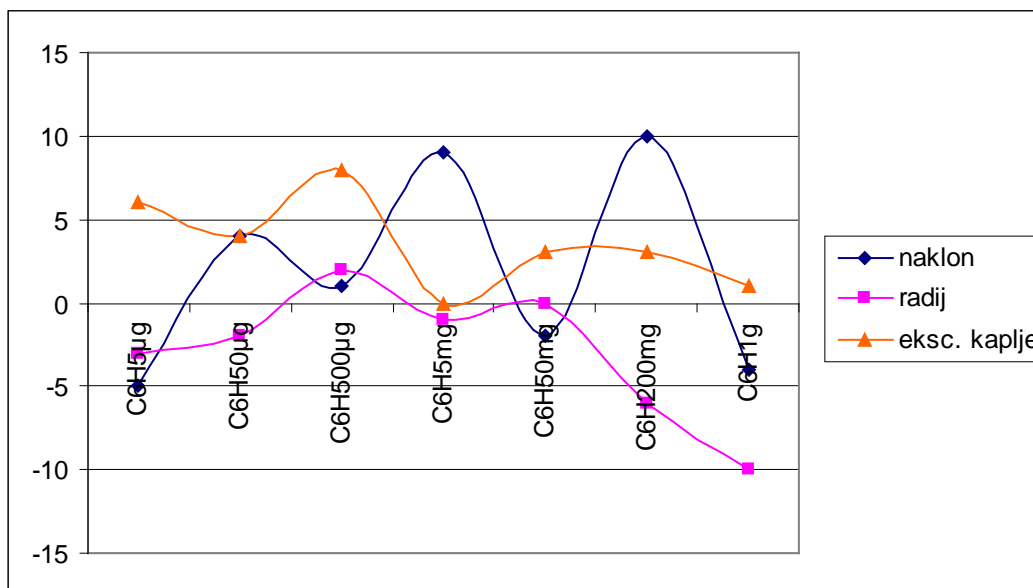
Grafikon 84: Benzen; Posamezni parametri.



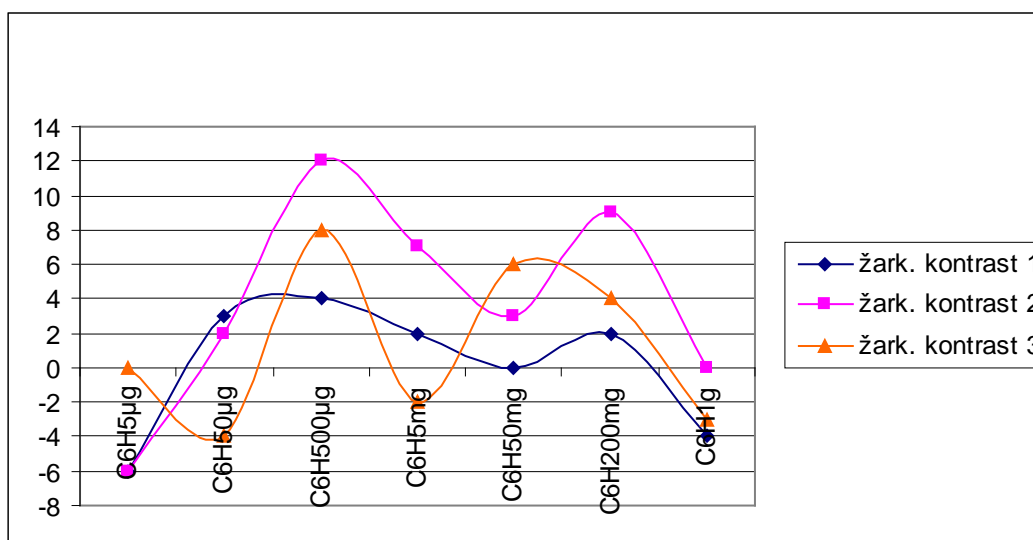
Grafikon 85: Benzen; Posamezni parametri.



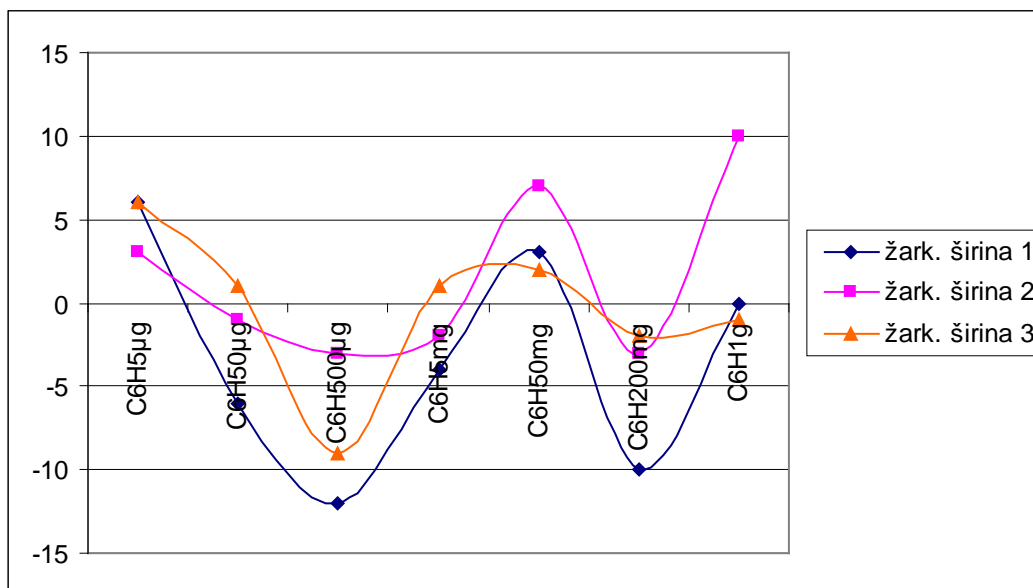
Grafikon 86: Benzen; Posamezni parametri.



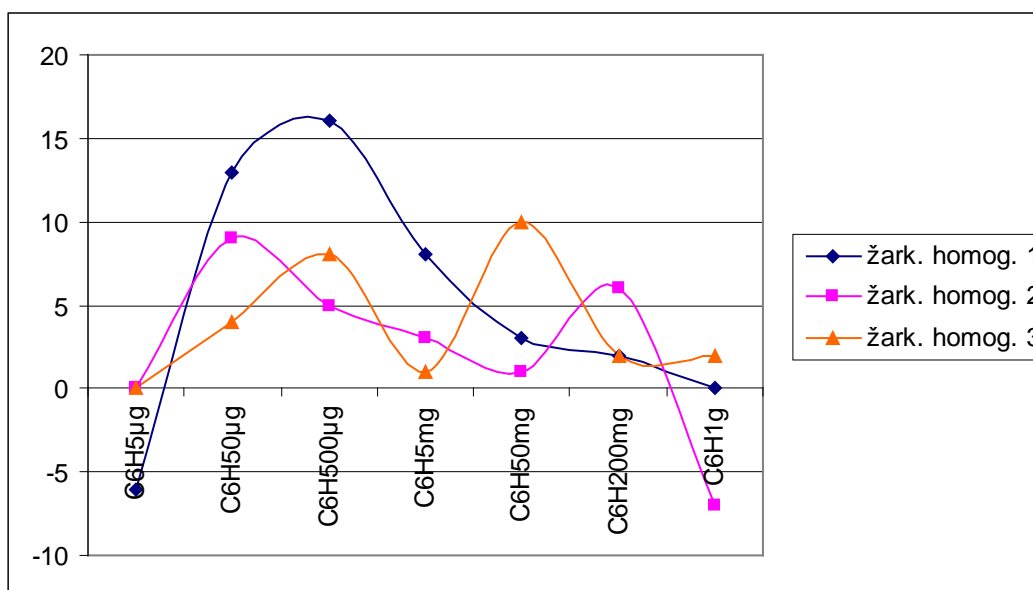
Grafikon 87: Benzen; Posamezni parametri.



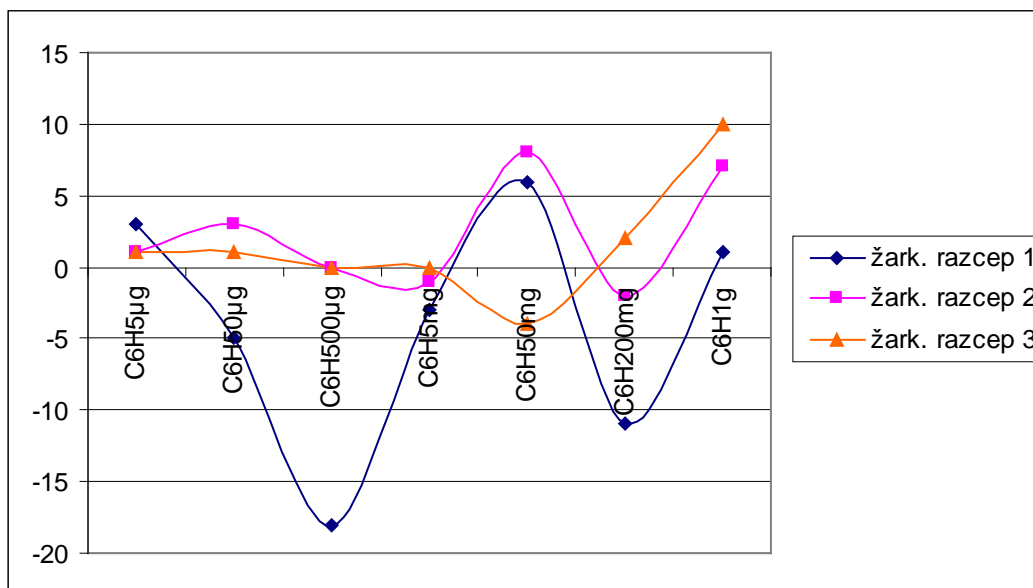
Grafikon 88: Benzen; Posamezni parametri.



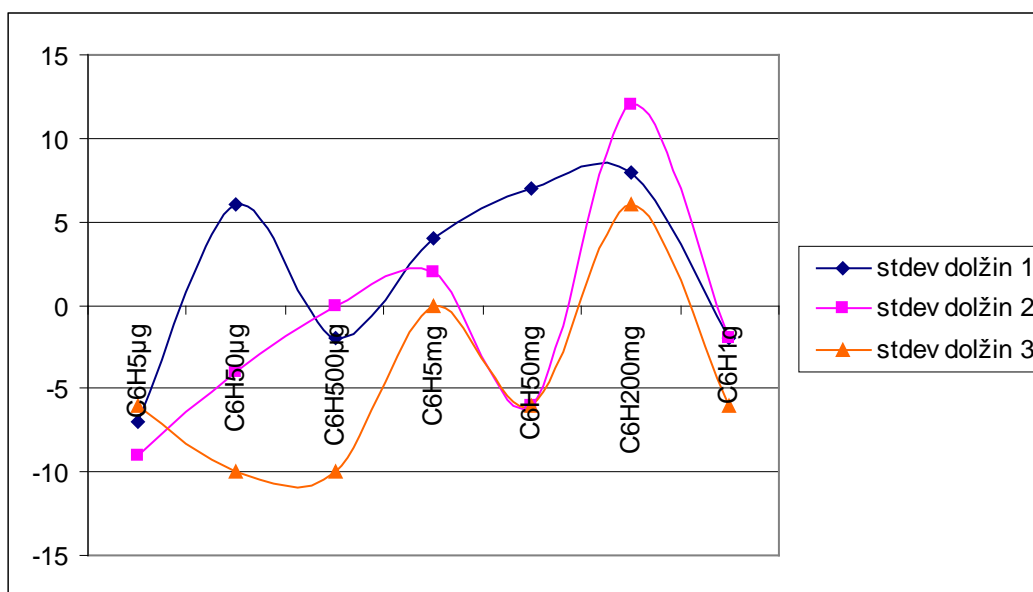
Grafikon 89: Benzen; Posamezni parametri.



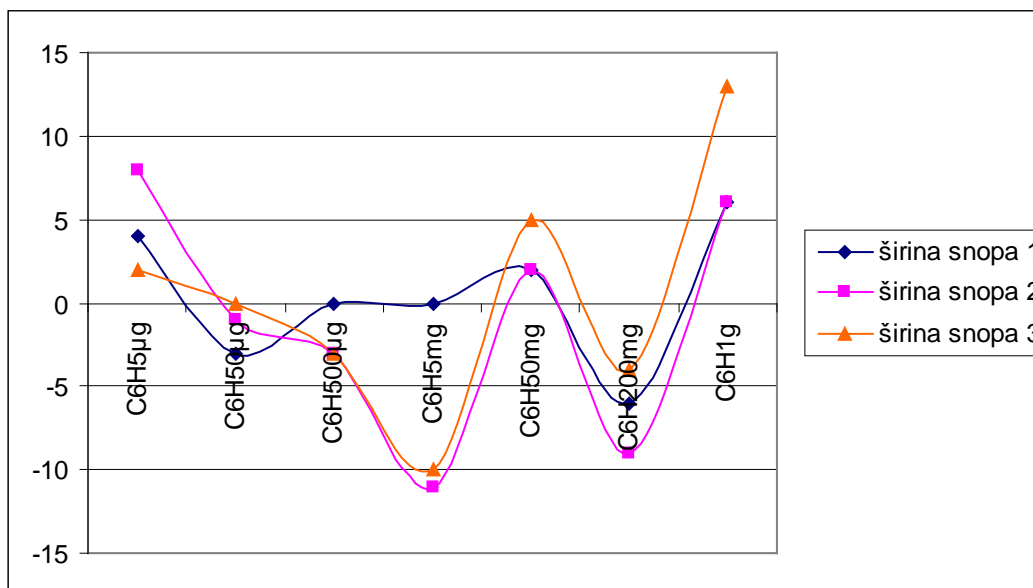
Grafikon 90: Benzen; Posamezni parametri.



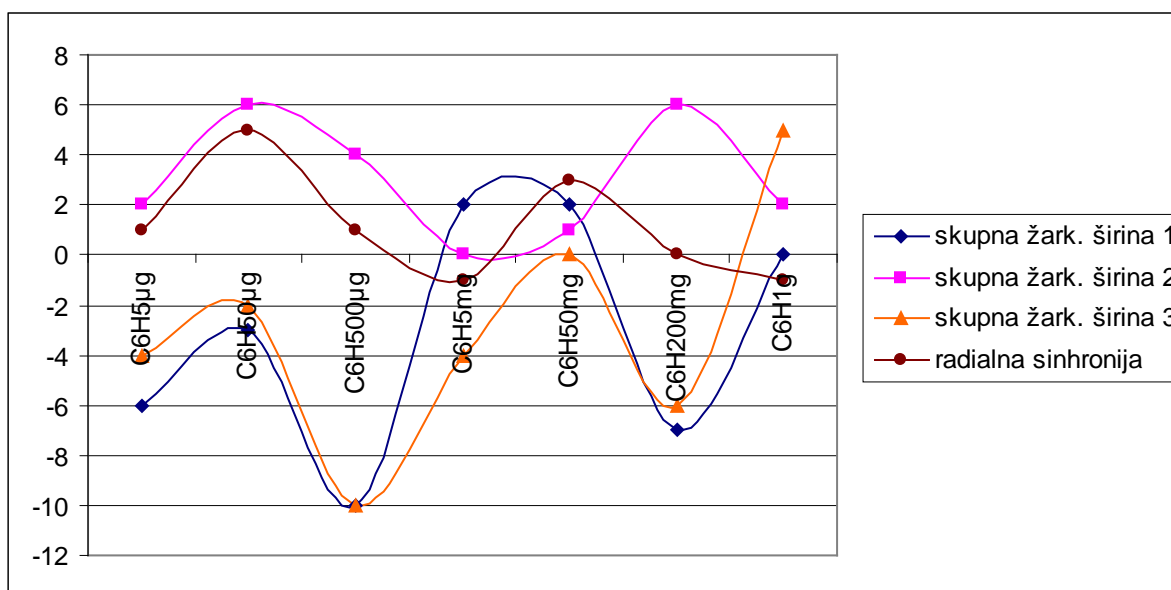
Grafikon 91: Benzen; Posamezni parametri.



Grafikon 92: Benzen; Posamezni parametri.



Grafikon 93: Benzen; Posamezni parametri.



Grafikon 94: Benzen; Posamezni parametri.

4. ZAKLJUČEK

Z metodo digitalne elektrofotografije smo poizkušali najti specifične karakteristike, v okviru parametrov za analizo korone kapljice vode, za štiri spojine v sedmih različnih koncentracijah. Preiskovali smo koncentracije spojin kalijevega dikromata ($K_2Cr_2O_7$), natrijevega nitrata ($NaNO_3$), saharoze ($C_{12}H_{22}O_{11}$) in benzena (C_6H_6).

Glede na linearno analizo predstavljeno v poglavjih 3.2 in 3.3 lahko ocenimo, da je metoda izkazala najboljše rezultate pri raztopini natrijevega nitrata, ki je tako kot kalijev dikromat anorganska ionska spojina. Največje razpone beleži parameter svetlost kolobarja 2 v območju od 50 $\mu g/l$ do 1 g/l z razponi: 4 - 10 - 6 - 6 - 18, sledita ji maksimalna svetlost v območju od 500 $\mu g/l$ do 1 g/l z razponi: 17 - 6 - 6 - 13, ter žarkovna širina 2 v območju od 5 mg/l do 1 g/l z razponi: 7 - 14 - 2 - 10.

Zelo dobre rezultate smo dobili tudi za polarno spojino saharozo, ki jo najboljše določajo parametri žarkovna širina 1 v območju od 50 $\mu g/l$ do 1 g/l z razponi: 8 - 1 - 5 - 1 - 9, skupna žarkovna širina 3 v območju od 5 mg/l do 1 g/l z razponi: 8 - 3 - 14 in žarkovni razcep v območju od 5 mg/l do 1 g/l , razponi: 9 - 3 - 8. Zanimivo izkazujeta nepolarni benzen in kalijev dikromat podobne končne rezultate, s tem da je benzen pri splošni analizi indeksa razlike po parih, indeksa razlike po vzorcih, koreliranosti po vzorcih in vplivnosti vzorcev beležil precej močan raztros vrednosti parametrov, kar kaže na nestabilnost same raztopine in s tem tudi manjšo signifikanco rezultatov. Kalijev dikromat najboljše določata parametra maksimalna svetlost v območju 50 $\mu g/l$ do 1 g/l z razponi: 2 - 2 - 3 - 6 - 13 in žarkovna širina 2 v območju 5 $\mu g/l$ do 500 $\mu g/l$ z razponoma: 8 - 3. Benzen pa bi lahko določili z žarkovno homogenostjo v območju od 500 $\mu g/l$ do 1 g/l z razponi: (-8) - (-5) - (-1) - (-2), širino snopa 2 v območju od 5 $\mu g/l$ do 50 mg/l z razponi: (-9) - (-2) - (-8) in standardno deviacijo dolžin 2 v območju od 5 $\mu g/l$ do 50 mg/l z razponi: 5 - 4 - 2, kjer negativne vrednosti razponov pomenijo padanje vrednosti opisanih parametrov.

Z to raziskavo smo potrdili, da je možno z uporabo digitalne elektrofotografije razlikovati koncentracije in spojine med seboj in je primerna tako za ionske kot tudi organske spojine. Za razvoj tehnologije potrebne v praksi za določanja mejne dovoljene koncentracije snovi v vodnih virih, pa bodo potrebne še nadaljnje raziskave. Prednost metode digitalne

elektrofotografije je predvsem v njeni sposobnosti zaznavanja subtilnih polj informacij vsebovanih v vzorcih, kar nam spremeni pogled na vodo kot zgolj kemijsko strukturo in jo zajema kot celoto, ter s tem odkriva nove pojme za kakovost vodnega vira. Zanimiva so tudi opažanja ponavljanja vrednosti določenih parametrov, ki jih kažejo višje koncentracije snovi pri določeni nižji koncentraciji, značilnost se kaže v značilni obliki krivulje valovanja. Zelo prepričljivo se to odraža pri analizi vplivnosti posameznih vzorcev, kjer pri kromatu, nitratu in saharozi poleg najvišje koncentracije 1 g/l veliko vplivnost izkazujejo koncentracije 50 µg/l. Takšno valovanje je značilno tudi za hormetski efekt, opisan v uvodnem poglavju. Pri vseh preiskovanih raztopinah smo dobili zelo podobne homogene rezultate tudi pri analizi drugih parametrov, kjer imajo krivulje valovanja velikokrat celo vrhove pri enakih koncentracijah raztopin, kot tudi podobna razmerja med skupinami parametrov, zato predlagamo študijo krivulj valovanja z algoritmom za strojno učenje, nevronske mreže ali katerim podobnim orodjem, ki je sposobno prepoznati in določiti valovno funkcijo. Za nadaljnjo delo predlagamo tudi raziskave v dejanskih območjih mejnih dovoljenih vrednosti koncentracij snovi v vodi, študijo kombinacij določenih parametrov katera bi določala neko spojino, korelacijo in antikorelacijo med parametri za določanje snovi.

5. VIRI

Masaru, E. 2004. Sporočilo vode. Ljubljana, slovenska izdaja založba Sanje.

Kononenko, I., Fakulteta za računalništvo in informatiko,
<http://lkm.fri.uni-lj.si/xaigor/slo/kirlian.htm> (14. 9. 2007).

http://www.bion.si/Nove_strani/Elektrofoto.htm, Digital electrophotography (5. 9. 2007).

Pravilnik o pitni vodi. UL RS št.19/1. 3. 2004: 2155-2166.

Škarja, M., Berden, M., and Jerman, I.1998. Influence of ionic composition of water on the corona discharge around water drops, *Journal of Applied Physics* 84(5): 2436-2442.

Kmecl P., Jerman I., Škarja M. 2000. Microwave electromagnetic field affects the corona discharge pattern of water *Electro Magnetobiol.* 19(2): 135-148.

Jerman I., Berden M., Skarja M. 1999. Instrumental measurements of different homeopathic dilutions of potassium iodide in water. *Acupuncture & Electro-therapeutics Res., Int.J.* 199:24(1): 29-44.

Kmecl P., Jerman I. 2000 Biological effects of low-level environmental agents. *Medical Hypotheses* 54(5): 6885-683.