

Koncentracija ukupnih koliforma u površinskim vodama na području grada Zagreba

Vešligaj, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2009

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:327278>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odjel

Ivana Vešligaj

**KONCENTRACIJA UKUPNIH KOLIFORMA U
POVRŠINSKIM VODAMA NA PODRUČJU GRADA
ZAGREBA**

Diplomski rad

Zagreb, 2009.

Ovaj rad, izrađen u Botaničkom zavodu pod neposrednim vodstvom doc. dr. sc. Jasne Hrenović, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja profesor biologije i kemije.

Najljepše se zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Jasni Hrenović koja mi je svojim znanjem, idejama i korisnim savjetima nesebično pomagala tijekom izrade ovog diplomskog rada. Srdačno zahvaljujem tehničarki Renati na strpljenju, pomoći te na opskrbljivanju potrebnim sredstvima prilikom provođenja eksperimentalnog rada.

Hvala kolegici Senki na suradnji i podršci tijekom provođenja terenskog i eksperimentalnog rada.

Najljepše se zahvaljujem svojim roditeljima koji su mi omogućili studiranje i pružali podršku tijekom studija.

Hvala svim kolegicama i kolegama na razumijevanju, podršci, pomoći i zabavi tijekom studiranja.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Koncentracija ukupnih koliforma u površinskim vodama na području grada Zagreba

Ivana Vešligaj

Botanički zavod, Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Istraživanje koncentracije ukupnih koliforma u površinskim vodama na području grada Zagreba provedeno je na uzorku čiste kulture vrste *Escherichia coli* i 19 uzoraka vode prikupljenih iz jezera Botaničkog vrta, 5 maksimirskih jezera te 7 potoka grada Zagreba. Za kultivaciju ukupnih koliforma korištene su četiri hranjive podloge: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar. Uzorci su nacijepljeni na pojedine medije metodom širenja razmaza.

Određeni broj ukupnih koliforma i postotni udio *E. coli* u populaciji ukupnih koliforma u istom uzorku bio je značajno različit na različitim hranjivim podlogama. Uspoređujući podatke dobivene brojanjem izraslih kolonija koliformnih bakterija, ustanovljeno je da se koncentracije ukupnih koliforma bitno razlikuju s obzirom na lokaciju uzimanja uzoraka. Njihova najveća koncentracija utvrđena je u vodama tekućicama, što prvenstveno uključuje Vugrov potok, Vrapčak, Čnomerec i Srednjak. Niže koncentracije ukupnih koliforma utvrđene su u jezeru Botaničkog vrta, Petom maksimirskom jezeru, te u maksimirskim potocima Bliznec i Maksimirec.

Na osnovu broja ukupnih koliforma, utvrđena je i kakvoća vode prema Uredbi o klasifikaciji voda Republike Hrvatske ("Narodne novine" 77/98). U 6 od 19 ispitivanih uzoraka vode određena je V vrsta vode, dok su ostali uzorci pokazali IV vrstu voda.

(53 stranica, 56 slika, 7 tablica, 40 literaturnih navoda, jezik izvornika : hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: ukupne koliformne bakterije, hranjive podloge, površinske vode

Voditelj: Doc.dr.sc. Jasna Hrenović

Ocijenitelji: Dr.sc. Jasna Hrenović, doc.
Dr.sc. Mladen Kerovec, prof.
Dr.sc. Draginja Mrvoš-Sermek, doc.
Dr.sc. Davor Kovačević, izv.prof.
Dr.sc. Ines Radanović, doc.

Rad prihvaćen: 14. listopada 2009.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

Concentration of total coliform bacteria from surface water in area of city of Zagreb

Ivana Vešligaj

Department of Botany, Division of Biology, Faculty of Science
University of Zagreb
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Concentration of total coliform bacteria from surface water in area of city of Zagreb, was investigated on sample of clean culture of *Escherichia coli* and 19 samples of water, collected at the lake of Botanical Garden, five lakes of Maksimir and at seven brooks of Zagreb. Four commercial solid media were used for cultivation of total coliform bacteria, and they are: EC-X Gluc agar, Endo agar, m-Faecal Coliform agar and MacConkey agar. Samples was inoculated on each media with Plate Strake Method.

The referred number of total coliform bacteria and the percentage of *E.coli* in the population of total coliform in the same sample was significantly different on various media. Comparing the dana obtained from counting down overgrown colonies of coliform bacteria, was established that the concentratoin of total coliform bacteria differ according to the sample of the primary location. Their biggest concentration was determined in nonstagnant waters, which primarily includes brook of Vugrov, Vrapčak, Čnomerec and Srednjak. Lower concentration of total coliform bacteria was determined in the lake of Botanic garden, the Fifth lake of Maksimir and in the brooks of Maksimir, Bliznec and Maksimirec.

The water quality was ratified on the base of the number of total coliform bacteria and the Water classification regulation of the Republic of Croatia ("Narodne novine" 77/98). The V class of water was defined in 6 out of 19 analysed samples, whereas other samples showed the IV class of water.

(53 pages, 56 images, 7 tables, 40 references, original in: Croatian)

This research study is deposited in Central Biological Library

Key words: total coliform bacteria, solid media, surface media

Supervisor: Dr.sc. Jasna Hrenović, Asst. Prof.

Reviewers: Dr.sc. Jasna Hrenović, Asst. Prof.

Dr.sc. Mladen Kerovec, Prof.

Dr.sc. Draginja Mrvoš-Sermek, Asst. Prof.

Dr.sc. Davor Kovačević, Assoc. Prof.

Dr. sc. Ines Radanović, Asst.Prof.

The reserch study accepted: 14th October, 2009.

SADRŽAJ

1. UVOD	7
1.1. OPĆE ZNAČAJKE KOLIFORMNIH BAKTERIJA	8
1.1.1. PORODICA ENTEROBACTERIACEAE	8
1.1.2. ESCHERICHIA COLI	9
1.2. UREDBA O KLASIFIKACIJI VODA REPUBLIKE HRVATSKE	11
1.3 CILJ ISTRAŽIVANJA	13
2. MJESTO I VRIJEME ISTRAŽIVANJA	14
2.1. OPIS ISTRAŽIVANIH POSTAJA	21
2.1.1. POTOCI MEDVEDNICE	21
2.1.2. POTOCI I JEZERA PARKA MAKSIMIR.....	22
2.1.3. BOTANIČKI VRT	24
3. MATERIJALI I METODE RADA	25
3.1. PRIKUPLJANJE UZORAKA	25
3.2. ANALIZA UZORAKA	25
3.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	26
3.3.1. HRANJIVE PODLOGE.....	26
4. REZULTATI	31
5. RASPRAVA	53
6. ZAKLJUČAK	57
7. LITERATURA	58

1. UVOD

Cjelokupan život na Zemlji ovisi o raspoloživim količinama vode. Već kod starih naroda voda je bila jedan od četiri temeljna elementa života pa su i sve velike civilizacije nastale na područjima s dovoljnom količinom vode. Voda je temeljni činitelj ne samo gospodarskog i društvenog razvoja već i opstanka ljudi u pojedinim područjima (Tedeschi, 1997).

Stoljećima je kakvoća vode, a naročito podzemne, bila povoljna za sve višestruke namjene. Međutim zbog eksponencijalnog rasta stanovništva te s tim u vezi povećane proizvodnje hrane kao i industrijskih proizvoda, znatno su se povećale količine otpadne tvari i energije koje se izravno ili neizravno ispuštaju u prirodne vodne sustave. Kakvoća vode postala je isto tako bitan pokazatelj kao i količina pa je danas nužno utvrditi ne samo kolikom se vodom raspolaže, već i kakva je ta voda (Tedeschi, 1997).

Kopnene vode imaju posebno značenje za čovjekov život na zemlji. Najpovoljniji su i najjeftiniji izvor vode za opskrbu stanovništva, industrije i poljoprivrede. Istodobno kopnene su vode najčešći prijammnik upotrebljenih, otpadnih voda. Nadzor kakvoće vode prijeko je potreban, jer bi vode mogle postati ograničavajući činitelj čovjekova razvoja na zemlji (Tedeschi, 1997).

Voda je, također, vrlo povoljna okolina za život mikroorganizama. Osim mikroorganizama koji stalno postoje u vodi, poput razlagača (saprofagi) te proizvođača (producenti) nove organske tvari, u vode dospijevaju i mikroorganizmi iz probavnog sustava životinja i ljudi, ispiranjem zemljišta te s otpadnim vodama. Neki su od fekalnih mikroorganizama patogeni, tj. izazivaju bolesti kod ljudi i životinja. Mikroorganizmi fekalnog porijekla, dođu li u okoliš s drukčijim uvjetima za razmnožavanje (temperatura, koncentracija vodikovih iona, osmotski tlak, ultravioletna svjetlost, predatori...), smanjuju svoj broj. Međutim, ipak mnogi patogeni mikroorganizmi preživljavaju dovoljno dugo u vodnim sustavima, tako da mogu izazvati bolesti (Tedeschi, 1997).

Stanje kakvoće vode u mikrobiološkom smislu utvrđuje se "organizmom pokazateljem". Postojanje organizama pokazatelja u vodnom sustavu upućuje na to da se u vodi mogu nalaziti patogeni organizmi, odnosno ako nije nađen organizam pokazatelj, pretpostavlja se da voda nije onečišćena patogenim mikroorganizmima. Kao organizam pokazatelj u mnogim se zemljama primjenjuju koliformni organizmi, i to "ukupni koliformni" i "fekalni koliformni". Pod ukupnim koliformnim organizmima razumijevaju se fekalne bakterije kao *Escherichia coli* koja potječe iz probavnog sustava, ali i druge (npr. *Enterobacter*, *Providencia* i dr.).

Primjenom pokazatelja fekalni koliformi (*E. coli*) može se s više sigurnosti utvrditi da je mikrobiološka onečišćenost nastala unošenjem u vodu otpada iz probavnog sustava ljudi i životinja (Tedeschi, 1997).

1.1.OPĆE ZNAČAJKE KOLIFORMNIH BAKTERIJA

Koliformne bakterije su Gram-negativne, nesporogene, štapićaste, fakultativno anaerobne bakterije. Primarno su nepatogene i normalno obitavaju u donjem intestinalnom traktu (debelom crijevu) čovjeka i toplokrvnih životinja, gdje su odgovorne za pravilnu probavu hrane. Postaju patogeni ako dospiju u tkiva izvan probavnog sustava. Koliformne bakterije se izlučuju fekalijama, te dopijevaju u otpadne vode, a preko njih u prirodne vode recipijente otpadnih voda., te na taj način predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi koji dolaze u kontakt s vodom (Stilinović i Hrenović, 2009).

Koliformne bakterije uključuju 15 vrsta bakterija iz porodice *Enterobacteriaceae* (obuhvaća 30 rodova) koja spada u 5. grupu Bergey-evog priručnika za determinativnu bakteriologiju (fakultativno anaerobni Gram-negativni štapići). Uključuju *Escherichia coli* i srodne vrste koje normalno obitavaju u debelom crijevu kao što su vrste roda *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* (Stilinović i Hrenović, 2009).

Koliformne bakterije posjeduju sposobnost termotolerancije na povišenu temperaturu do 44, 5 °C kad svježe dospiju u okoliš-termotolerantni koliformi ili fekalni koliformi. S vremenom gube sposobnost termotolerancije i nazivaju se ukupni koliformi.60-90% ukupnih koliforma su fekalni koliformi, a 90% i više fekalnih koliforma su vrste roda *Escherichia*.

1.1.1.Porodica ENTEROBACTERIACEAE

Enterobacteriaceae su velika porodica Gram-negativnih štapićastih bakterija. Metabolički su aktivne i razgrađuju različite tvari. Mnoge vrste su pokretne i ne stvaraju spore. Neki članovi žive slobodno u prirodi uz prisutnost vode i minimalnih izvora energije. Mnogi članovi ove porodice su primarno stanovnici donjeg probavnog sustava ljudi i životinja, te čine dio fiziološke flore istoga. U ljudi koloniziraju crijeva, rodnicu, prolazno koloniziraju i kožu, a nalazimo ih u malom broju u gornjem dišnom sustavu zdravih osoba. Po svojem patofiziološkom djelovanju mogu biti primarni patogeni (ne žive slobodno u prirodni-rodovi *Salmonella* i *Shigella*), uvjetni patogeni ili oportunisti (Kučišec-Tepeš,1994).

To su bakterije duljine 2-4 μm , širine 0,4-0,6 μm , koje variraju od kokobacilnih oblika do izduženih i nitastih. Krajevi su im zaobljeni. Pokretni oblici imaju peritrihijalne flagele koje pripadaju staničnoj stijenci. Neki oblici imaju kapsulu. Mnogi sojevi sadrže ekstracelularnu staničnu tvar (sluzavu ovojnicu) (Kučišec-Tepeš, 1994).

Jednostavni uvjeti rasta uz relativnu otpornost na mnoge tvari, kao žučene soli i neke bakteriostatske boje, omogućuju primjenu selektivnih podloga koje služe kao izolacijski sustavi, te diferencijalnih kao identifikacijskih sustava. Takva podloga je na primjer, MacConkeyev agar (Kučišec-Tepeš, 1994).

1.1.2. *Escherichia coli*

Koljeno: PROTEOBACTERIA

Razred: GAMMAPROTEOBACTERIA

Red: ENTEROBACTERIALES

Porodica: ENTEROBACTERIACEAE

Rod: ESCHERICHIA

Vrsta: *Escherichia coli*

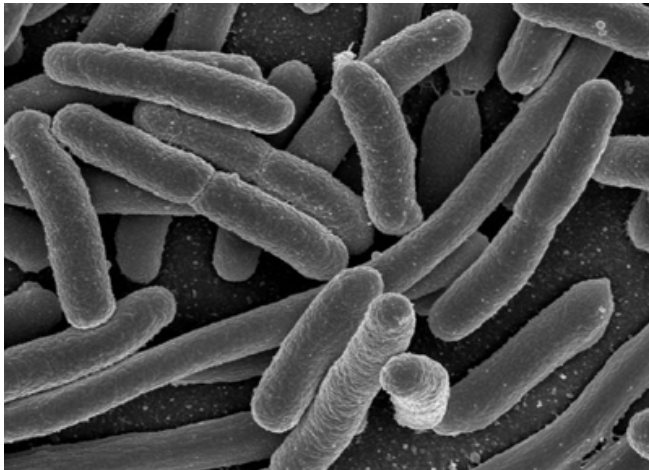
(www.eol.org)

Escherichia coli (Slika 1) je najčešći član porodice *Enterobacteriaceae*, i to kao član fiziološke flore crijeva i kao uzročnik oportunističkih infekcija. *Escherichia coli* je široko rasprostranjena u prirodi. Ime potječe od 1958. godine prema Theodoru Escherichu (njemački liječnik) koji je 1885. godine opisao te bakterije te prema grč. kólon, dio debelog crijeva. (Weisglass, 1988).

Stanice su štapićastog oblila, dužine oko 1 - 3 μm , 0,4 - 0,7 μm u promjeru. Većinom su pokretne, okružene bičevima. U vrsti *E. coli* nalazi se veliki broj raznih serotipova od kojih neke mogu izazvati bolesti kod ljudi. Bakterije se mogu lako uzgajati u laboratorijskim uvjetima, većini serotipova je optimalna temperatura za razmnožavanje oko 37 °C. Pripada prilično otpornim bakterijama, mjesecima može živjeti u vodi i zemlji, a dugo na raznim predmetima (www.zdravlje.hr). U kontaminiranim živežnim namirnicama brzo se množi. Ugiba na temperaturi od 60 °C za 15 minuta, a niske temperature dobro podnosi. Osjetljiva je na spojeve klora (Weisglass, 1988).

Escherichia coli igra u intestinalnom traktu važnu ulogu u cijepanju nekih supstancija koje organizam nije u stanju fermentirati; zatim ima sposobnost sinteze vitamina, osobito nekih iz grupe B- kompleksa (tiamin (B1), riboflavin (B2), niacin (B3), piridoksin (B6), folna kiselina) i vitamina K, kao i stvaranja antibiotskih supstancija koje koče da se patogeni i nepoželjni mikrobi ne nastane u lumenu gastrointestinalnog trakta (www.lzmk.hr). *Escherichia coli* nije uvijek ograničena na crijeva, i njezina sposobnost preživljavanja na kratak period izvan tijela je čini idealnim indikator organizmom za testiranje okolišnih uzoraka za fekalnu kontaminaciju (en.wikipedia.org).

Escherichia coli je bolji specifični indikator fekalne kontaminacije u vodi od ostalih koliformnih bakterija. To je bakterija koja fermentira laktozu na 44 °C i producira indol od triptofana. Enzimatski se razlikuje od ostalih koliforma po prisutnosti β - D -glukuronidaze dok je osnovna karakteristika koliformnih bakterija posjedovanje gena za kodiranje β - D galaktozidaze (Bonadonna i sur., 2006).



Slika 1. *Escherichia coli* (SEM)

(Foto: www.steve.gb.com)

1.2. UREDBA O KLASIFIKACIJI VODA REPUBLIKE HRVATSKE

Uredbom o klasifikaciji voda ("Narodne novine", broj 77/98) iz 1998. određuju se vrste voda koje odgovaraju uvjetima kakvoće voda u smislu njihove opće ekološke funkcije, kao i uvjetima korištenja voda za određene namjene, a odnosi se na sve površinske vode (vodotoci, prirodna jezera, akumulacije i drugo), podzemne vode i mora u pogledu zaštite od onečišćenja s kopna i otoka.

Na temelju dopuštenih graničnih vrijednosti pojedinih skupina pokazatelja, vode se svrstavaju u pet vrsta voda od I do V.

Istraživanje je temeljeno na mikrobiološkom pokazatelju (D) koji ulazi u prvu skupinu pokazatelja, a koju čine obavezni pokazatelji za ocjenu opće ekološke funkcije voda. Dopuštene granične vrijednosti pokazatelja za pojedine vrste voda određene su u Tablici 1 i odnose se samo na mikrobiološki pokazatelj :

Tablica 1. Klasifikacija voda s obzirom na mikrobiološki pokazatelj.

Skupina pokazatelja	POKAZATELJI mjerna jedinica	I VRSTA	II VRSTA	III VRSTA	IV VRSTA	V VRSTA
Mikrobiološki (D)	Broj koliformnih bakterija UK/l	$<5 \times 10^2$	$5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$	$5 \times 10^3 - 10^5$	$10^5 - 10^6$	$>10^6$
	Broj fekalnih koliforma FK/l	$<2 \times 10^2$	$2 \times 10^2 - 10^3$	$10^3 - 10^4$	$10^4 - 10^5$	$>10^5$
	Broj aerobnih bakterija BK/l	$<10^3$	$10^3 - 10^4$	$10^4 - 10^5$	$10^5 - 7,5 \times 10^6$	$>7,5 \times 10^6$

Vodama, svrstanim u vrste od I do V, prema uvjetima za korištenje voda za određene namjene odgovaraju sljedeći kriteriji:

Vrsta I. Podzemne i površinske vode koje se u svom prirodnom stanju ili nakon dezinfekcije mogu koristiti za piće ili u prehrambenoj industriji, te površinske vode koje se mogu koristiti i za uzgoj plemenitih vrsta riba (pastrve).

Vrsta II. Vode koje se u prirodnom stanju mogu koristiti za kupanje i rekreaciju, za sportove na vodi, za uzgoj drugih vrsta riba (ciprinida) ili koje se nakon odgovarajućeg pročišćavanja mogu koristiti za piće i druge namjene u industriji i sl.

Vrsta III. Vode koje se mogu koristiti u industrijama koje nemaju posebne zahtjeve za kakvoćom vode, te u poljoprivredi. To su vode koje se pročišćavaju da bi se koristile za određene namjene.

Vrsta IV. Vode koje se mogu koristiti isključivo uz pročišćavanje na područjima gdje je veliko pomanjkanje vode.

Vrsta V. Vode koje se gotovo ne mogu koristiti ni za kakve namjene, jer ne zadovoljavaju kriterije za namjene po ovoj Uredbi.

Klasifikacija voda prikazuje se numerički u tablici i grafički na zemljovidu u boji i to:

- za I. vrstu plavo,
- za II. vrstu zeleno,
- za III. vrstu žuto,
- za IV. vrstu crveno i
- za V. vrstu crno.

1.3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog diplomskog rada bio je odrediti koncentraciju ukupnih koliforma u površinskim vodama na području grada Zagreba. Na osnovu njihovog broja utvrđena je kakvoća vode prema Uredbi o klasifikaciji voda Republike Hrvatske ("Narodne novine" 77/98). Istraživanje je vršeno na 19 uzoraka prikupljenih sa različitih lokacija na području grada Zagreba, a uključivalo je uzorke voda tekućica i stajaćica. Za uzgoj koliformnih bakterija korištene su četiri hranjive podloge.

2. MJESTO I VRIJEME ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno na različitim lokacijama na području grada Zagreba gdje su prikupljeni uzorci za bakteriološku analizu. Svi uzorci su sakupljeni i obrađeni tijekom mjeseca ožujka 2009. godine.

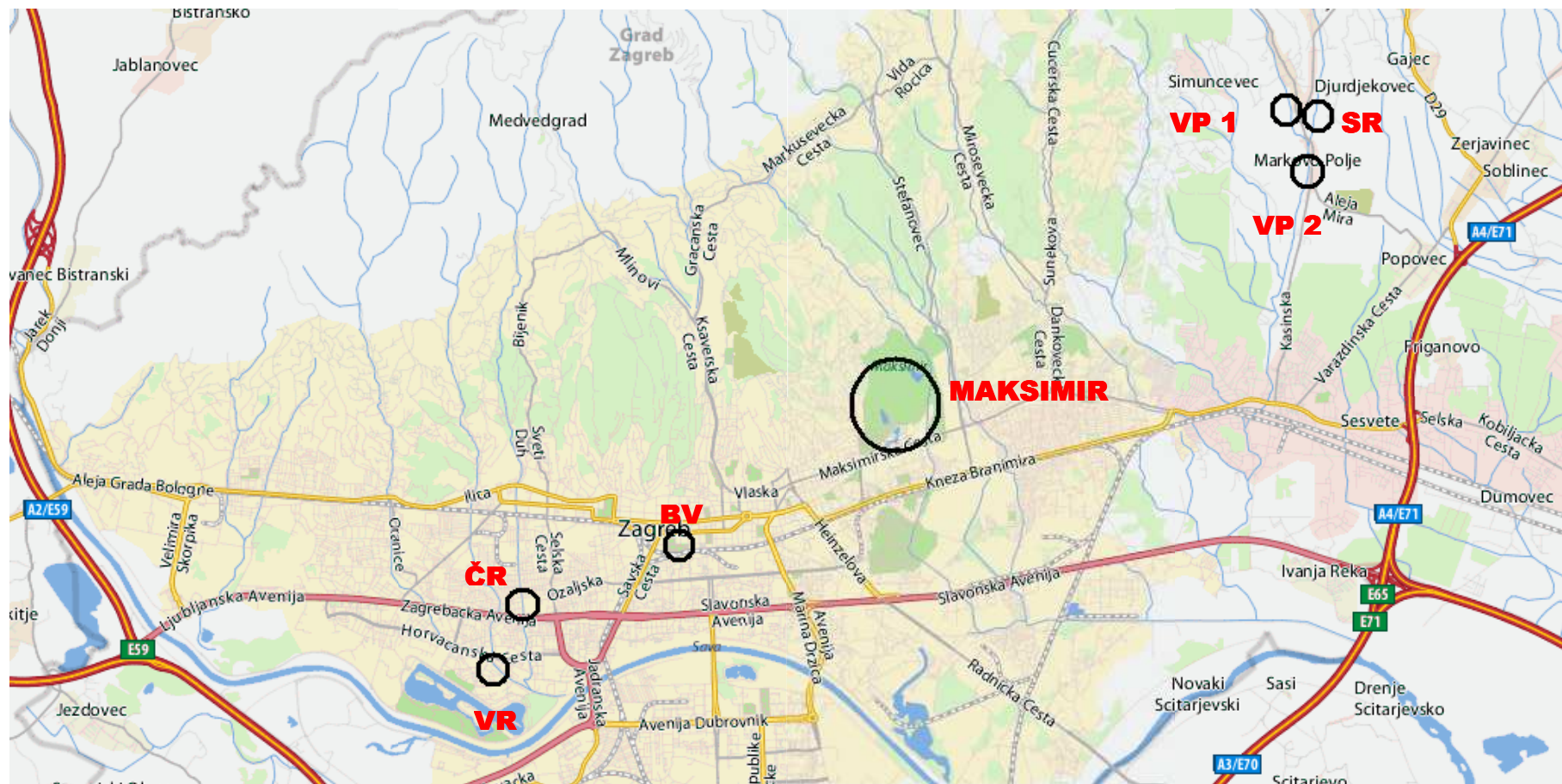
Istraživanje je provedeno na sljedećim lokacijama :

- Jezero Botaničkog vrta -1 uzorak
- Potok Srednjak – Sesvete – 1 uzorak
- Potok Vugrovec – Sesvete – 2 uzorka
- Potok Črnomerec – Jarun – 1 uzorak
- Potok Vrapčak – Jarun – 1 uzorak
- Potok Maksimirec – Park Maksimir – 1 uzorak
- Potok Bliznec – Park Maksimir – 1 uzorak
- Potok Dalijevec – Park Maksimir – 1 uzorak
- Prvo maksimirsko jezero – 2 uzorka
- Drugo maksimirsko jezero – 1 uzorak
- Treće maksimirsko jezero – 2 uzorka
- Četvrto maksimirsko jezero – 2 uzorka
- Peto maksimirsko jezero – 3 uzorka

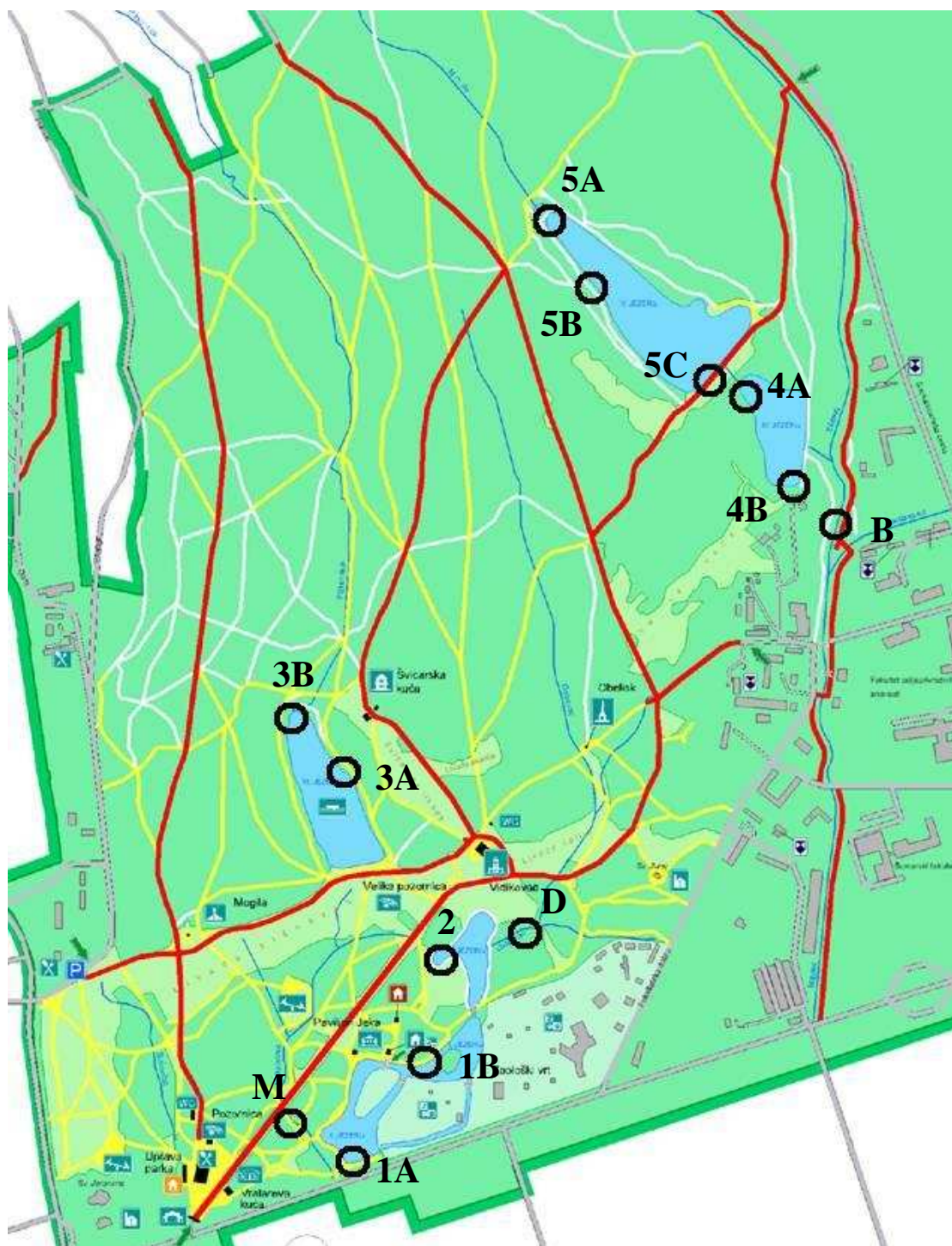
Uzorci su prikupljeni na ukupno 19 postaja. U Tablici 2 nalaze se oznake lokacija uzimanja uzoraka.

Na karti Zagreba (Slika 2) i Parka Maksimir (Slika 3) označene su lokacije svih istraživanih postaja.

Mikrobiološka ispitivanja vode vršena su i na uzorcima vode iz Save, Jaruna i Bundeke. No, ovdje će samo biti spomenuta budući da analiza nije bila pozitivna.



Slika 2. Karta Zagreba sa označenim istraživanim postajama (Foto: travel.yahoo.com)



Slika 3. Plan Parka Maksimir sa označenim istraživanim postajama

(Foto: www.park-maksimir.hr)

Tablica 2. Naziv i oznaka lokacije uzimanja uzorka.

POSTAJA	OZNAKA POSTAJE
Botanički vrt	BV
Srednjak	SR
Vugrov potok 1	VP1
Vugrov potok 2	VP2
Vrapčak	VR
Črnomerec	ČR
Bliznec	B
Maksimirec	M
Dalijevec	D
1. maksimirsko jezero A	1A
1. maksimirsko jezero B	1B
2. maksimirsko jezero	2
3. maksimirsko jezero A	3A
3. maksimirsko jezero B	3B
4. maksimirsko jezero A	4A
4. maksimirsko jezero B	4B
5. maksimirsko jezero A	5A
5. maksimirsko jezero B	5B
5. maksimirsko jezero C	5C

Sa potoka Srednjak uzet je samo jedan uzorak za mikrobiološku obradu, i to u donjem toku, prije utoka u Vugrov potok.

Potok Vugrovec istraživan je na dvije postaje. Prvo istraživačko mjesto nalazilo se približno 500 m uzvodno od utoka potoka Srednjak u Vugrovec, kod mjesta Vugrovec Donji. Nakon spajanja potoka Srednjak sa Vugrovcem, vršeno je drugo uzorkovanje vode na Vugrovom potoku.

Uzorci za mikrobiološku analizu uzeti su i na trima potocima na području parka Maksimir. Svaki potok, Maksimirec(Slika 5), Dalijevac i Bliznec(Slika 4), imao je jednu postaju uzorkovanja.

Uzorkovanje je obuhvatilo i maksimirska jezera.

Prvo jezero(Slika 6), koje je dio Zoološkog vrta, uzorkovano je na dvije postaje, na različitim krajevima jezera. Jedna se nalazila u otvorenijem dijelu jezera, a druga na suženom dijelu.

Uzorak Drugog jezera(Slika 7)uzet je prije suženja i utoka u Prvo jezero.

Treće jezero(Slika 8) je površinom veće od prethodna dva te je uzorkovano na dvije postaje- na mjestu utoka vode iz kanala , koji se nalazi na sredini jezera uz obalu, dok je druga postaja bila na krajnjem dijelu jezera.

Četvrto(Slika 9) i Peto jezero(Slika 10) su također spojeni, tj. voda iz Petog jezera utječe u Četvrto jezero. Uzorci su uzeti sa tri postaje na Petom jezeru (buduće da je ono i najveće) i to na njegovim suprotnim krajevima i u sredini.

Uzorci Četvrtog jezera uzeti su odmah kod utoka Petog jezera u Četvrto te na njegovom suprotnom kraju.

Preostala dva potoka, Vrapčak(Slika 11) i Črnomerec(Slika12), protječu kroz zapadni dio grada Zagreba. Uzorkovanje je izvršeno na području zagrebačkog naselja Srednjaci, kroz koji protječe Črnomerec, te naselja Staglišće kroz koji protječe Vrapčak. Svaki potok je uzorkovana na jednoj postaji i to prije međusobnog miješanja, tj. utoka Vrapčaka u Črnomerec.

Spomenimo da su uzorkovanja vršena na pet lokacija na području Jaruna, četiri lokacije na Bundeku te jedna lokacija na Savi. No, rezultati njihove analize neće se uzeti u obzir jer nisu bili pozitivni.



Slika 4. Potok Bliznec

(Foto: I. Vešligaj)



Slika 5. Potok Maksimirec

(Foto: www.destinacije.com)



Slika 6. Prvo maksimirsko jezero

(Foto: M. Kerovec)



Slika 7. Drugo maksimirsko jezero

(Foto: M. Kerovec)



Slika 8. Treće maksimirsko jezero

(Foto: I. Vešligaj)

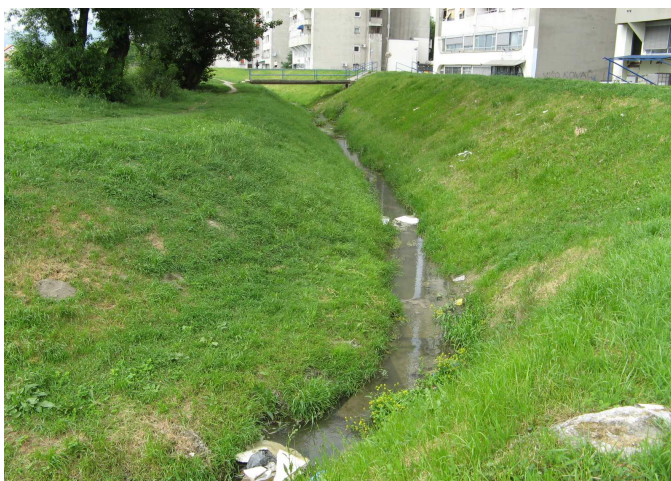


Slika 9. Četvrto maksimirsko jezero

(Foto: www.park-maksimир.hr)



Slika 10. Peto maksimirsko jezero
(Foto: I. Vešligaj)



Slika 11. Potok Črnomerec
(Foto: I. Vešligaj)



Slika 12. Potok Vrapčak
(Foto: I. Vešligaj)

2.1. OPIS ISTRAŽIVANIH POSTAJA

Sve istraživane lokacije geografski pripadaju Središnjoj Hrvatskoj i nalaze se pod utjecajem kontinentalne klime karakteristične za ove geografske širine. Kao dio Panonske nizine Središnja Hrvatska je u toku gotovo čitave zime ispunjena hladnim zrakom, a kontinentalnost se očituje u relativno malom horizontalnom gradijentu temperature, tj. vrlo su male razlike u srednjoj siječanskoj temperaturi raznih dijelova Središnje Hrvatske. Malo je drugačija situacija s rasporedom srednje srpanjske temperature, gdje također postoji malen horizontalan gradijent temperature, ali samo u nizinskom dijelu jer velike promjene unosi reljef. Što se tiče godišnjeg režima padalina u Središnjoj Hrvatskoj, kaže se da je on kontinentski: više padalina ima u toploj (travanj-rujan) nego u hladnoj polovici godine (listopad-ožujak). Upravo se u ovoj makroregiji nalazi najveća koncentracija površinskih voda i najrazgranatija mreža tekućica. To je zbog sastava zemljišta i njegovih hidrogeoloških osobina (Crkvenčić i sur., 1974).

2.1.1. Potoci Medvednice

Medvednica obiluje potocima i izvorima. Oborinske se vode brzo slijevaju, ovisno o nagibu i sastavu terena. Na škriljalcima koji su nepropusni, vode je više i javljaju se izvori, primjer je potok Bliznec koji je duboka potočna dolina. Izvori Medvednice su općenito skromnog kapaciteta, ali su mnogobrojni, što omogućuje opskrbu vodom manjih naselja, te su manjim dijelom uključeni u gradski vodoopskrbni sustav. Glavnina ih izvire iznad 750 m.n.v. i u pošumljenim područjima, pa na tim prostorima nema opasnosti od erozije o kojoj inače treba posebno voditi računa. Izdašnost izvora, a samim time i protoka u potocima uvjetovana je padalinama. Potoci Medvednice su izrazito brdskog tipa; gornji tok je strm, a donji položit (www.pp-medvednica.hr). Glavni medvednički potoci, od njih šezdesetak na južnim obroncima su: Dolje, Dubravica, Medpotoki, Vrapčak, Kustošak, Črnomerec, Kuniščak, Jelenovec, Zelengaj, Kraljevec, Kraljevečki potok, Gračanski potok, Remetski potok, Bliznec, Štefanovec, Trnava, Čučerska Reka, Goranec i Vugrov potok (www.mzopu.hr).

U ovo istraživanje uključeni su potoci: Črnomerec, Vrapčak, Bliznec, Vugrov potok i Srednjak.

Glavni tok potoka Črnomerec potječe iz nekoliko izvora smještenih malo ispod glavnog grebena Medvednice. Na svom putu niz padine Medvednice taj potok nosi ime Veliki potok. Nedaleko Lukšića u njega se ulijeva Mali potok, potočić koji izvire ispod zapadne padine Medvedgrada. Od Lukšića taj potok nosi ime Črnomerec. Na svom putu prema Savi

Črnomerec prima važnu pritoku, potok koji nosi pomiješane vode Kustošaka i Vrapčaka, a nekoliko stotina metara dalje se ulijeva u Savu.

Na zapadnom dijelu južne padine Medvednice protječe Vrapčak. Vrapčak ima posebno značenje zbog najljepšeg slapa na Medvednici Sopot . To je 9 m visoki slap u pećinastom klancu srednjeg toka potoka Vrapčaka. Skoro cijelog ljeta ovdje se može naći ugodno osvježenje, no koncem ljeta obično presuši (www.pp-medvednica.hr). Vrapčak i Kustošak pobiru sve pritoke zapadno od Črnomerca i ulijevaju se u Črnomerec.

Od posebnog značenja za grad Zagreb, zbog perivoja Maksimir, je potok Bliznec, koji izvire u najvišim predjelima Medvednice, između vrhova Sljeme 1033 m i Puntijarka 991 m, u blizini 12 m visoke stijene Šumarev grob. Potok nema jedan izvor, nego se voda sakuplja iz niza strmih jaraka (www.pp-medvednica.hr). Prolazi kroz Park Maksimir, opskrbljuje vodom Drugo i Peto jezero, a prima vodu iz Četvrtoga jezera. Ulijeva se u kanalizacijski sustav grada Zagreba.

Vugrov potok i Srednjak također izvire u predjelima Medvednice. Vugrov potok prolazi kroz područje Sesveta, gdje prima vodu potoka Srednjak, a na kraju se ulijeva u kanalizacijski sustav.

2.1.2. Potoci i jezera Parka Maksimir

Maksimirska jezera se nalaze u sklopu Parka Maksimir koji je zaštićen 1964. godine na temelju Zakona o zaštiti prirode kao objekt od izuzetne vrijednosti. Maksimirska jezera su jedan od osnovnih motiva od kojih je stvoren Park (šuma, livada, jezero) (Kerovec i sur., 2004). U parku Maksimiru je tijekom vremena formirano šest jezera od kojih danas postoje pet - Prvo, Drugo, Treće, Četvrto I Peto (www.park-maksimir.hr). Jezera su umjetnog podrijetla, a snabdijevaju se vodom iz potoka Bliznec koji utječe u Drugo i Peto jezero.

Na najjužnijem dijelu Parka, kod samog zoološkog vrta, smjestilo se Prvo jezero. Ono leži na +120 m.n.v., a obuhvaća površinu od 15120 m². Snabdijeva se vodom iz Drugog jezera (Kerovec i sur., 2004).

Drugo jezero je također smješteno kod zoološkog vrta, samo nešto sjevernije. Leži na +122 m.n.v., a njegova površina iznosi 6520 m² pa predstavlja najmanje jezero ovog jezerskog sistema. Jezero se snabdijeva vodom iz potoka Bliznec (Kerovec i sur., 2004). Voda potoka Bliznec donosi u jezero znatnu količinu suspendiranih anorganskih i organskih tvari, a u vrijeme intenzivnih kiša u jezero se ispiranjem unose i tvari sa slivnih površina. Iz Drugog jezera voda preko slapišta utječe u Prvo jezero (www.park-maksimir.hr).

Treće jezero je smješteno na +127 m.n.v. zapadno od Prvog i Drugog jezera i snabdijeva se vodom iz Petog jezera. Površina ovog jezera iznosi 20160 m² (Kerovec i sur., 2004).

Četvrto jezero smješteno je neposredno uz prirodni tok potoka Bliznec u sjeveroistočnom dijelu parka. Nalazi se na +135 m.n.v., zauzima površinu od oko 11000 m². Opskrbljuje se vodom iz Petog jezera, a voda istječe u potok Bliznec (www.park-maksimir.hr).

Peto jezero je smješteno najsjevernije, na +143 m.n.v., te predstavlja najveće jezero sadašnjeg jezerskog sistema. Njegova površina iznosi 30280 m². Jezero se snabdijeva vodom iz potoka Bliznec (Kerovec i sur., 2004).

Klimatske prilike u Parku Maksimir odgovaraju parametrima karakterističnim za umjereno klimatsko podneblje. Srednja godišnja temperatura istraživanog područja varira od 9 °C – 11 °C. Temperatura zraka kreće se od maksimalno 38 °C tijekom ljetnih mjeseci do minimalno – 20 °C tijekom zimskih mjeseci. Relativno visoka vlaga zraka zadržava se u hladnijoj polovici godine. Relativno niska vlaga zraka zadržava se tijekom ljetnih mjeseci, u tzv. vegetacijskom periodu (Kerovec i sur., 2004).

Maksimirska jezera spadaju u skupinu plitkih jezera umjerenog klimatskog područja. Polimiktičkog su tipa jer do miješanja stupca vode dolazi nekoliko puta godišnje.

Osim potoka Bliznec mogu se izdvojiti još četiri potoka, koji sudjeluju u opskrbi jezera vodom, ali su to potoci periodična karaktera pa je njihovo značenje u odnosu na Bliznec zanemarivo malo. To su: Maksimirec, Dalijevec, Piškornica te Mirni Dol. Potoci Piškornica i Mirni Dol u vrijeme istraživanja su bili presušili.

Potok Dalijevec izvire u parku Maksimir, a ulijeva se u Drugo jezero. Slivno područje potoka Dalijevec iznosi oko 43 ha. Sa stanovišta opskrbe jezera, ne pruža mogućnost značajnijih protoka posebno u sušnom razdoblju.

Potok Maksimirec nalazi se uz krajnji zapadni dio parka Maksimir, a obuhvaća oborinski sliv od svega 22 ha. Periodičnog je karaktera i u ljetnom razdoblju redovito presušuje. S obzirom da protječe kroz naseljeno područje, vode tog vodotoka su zagađene i ne mogu se koristiti za opskrbu (prihranjivanje) jezera (www.park-maksimir.hr).

2.1.3. Botanički vrt

Botanički vrt utemeljio je 1889. godine prof. Heinz. Vrt je od samih početaka pripadao Sveučilištu te je to Vrtu odredilo prvu i osnovnu namjenu da služi sveučilišnoj nastavi i znanstvenom radu iako je već u ona davna vremena imao funkciju gradskog perivoja.

Sastoji se od arboretuma, cvjetnog partera, staklenika, kamenjara i jezera. Postoje dva umjetna jezera, jedno je kraj drugoga, a jedno je veće od drugog. U njima je bogat biljni, ali i životinjski život. Osim lopoča i lokvanja, u njima su i ribe, žabe i kornjače, pa se svake dvije godine sa dna mora čistiti mulj i nečistoće.

Zbog svoje velike obrazovne, kulturno-povijesne i turističke vrijednosti, te sveukupnog značenja za grad Zagreb i Republiku Hrvatsku, Botanički vrt PMF-a je od 1971. godine zakonom zaštićen kao spomenik prirode i kulture (spomenik vrtne arhitekture).



Slika 13. Jezero Botaničkog vrta

(Foto: www.destinacije.com)

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. PRIKUPLJANJE UZORAKA

Uzorci vode svih 19 istraživanih postaja sakupljeni su u sterilne Winklerove bočice zapremine 250 ml nakon čega su pohranjeni u hladioniku na 4 °C do same obrade. Bakteriološka analiza izvršena je u roku od 12 sati nakon uzorkovanja. U potocima je sa vodom prikupljeno i nešto sedimenta, a ukoliko je bilo moguće, sediment je prikupljen i u jezerima. Uzorci vode uzimani u jezerima, većinom su uključivali samo površinski sloj uz obalu.

Materijali koji su bili potrebni za terenski dio rada uključivali su označene sterilne bočice, gumene rukavice te mali hladnjak.

3.2. ANALIZA UZORAKA

Mikrobiološka istraživanja uzoraka sakupljenih na terenu vršena su u laboratoriju Botaničkog zavoda Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Svaki uzorak vode je nakon homogeniziranja razrijeđen u 0,3% NaCl metodom decimalnih razrjeđenja (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) na svaku vrstu hranjive podloge. Uzorci su nacijepljeni po 0,1 mL samo jedan puta, bez ponavljanja. Nacijepljen je i uzorak čiste kulture *E. coli* na svaku podlogu.

Uzorci vode nacijepljeni su, metodom širenja razmaza (Plate Streak Method), na četiri različite hranjive podloge: EC-X Gluc agar, Endo agar, m-Faecal Coliform agar i MacConkey agar.

Metoda širenja razmaza provodi se tako da se na skrućenu hranjivu podlogu u Petrijevoj zdjelici odpipetira određeni volumen uzorka i raširi po podlozi prije flambiranim Drygalskim štapićem. Sve se radilo vrlo blizu plamena plamenika kako bi uvjeti bili što je moguće više sterilni.

Nacijepljene podloge inkubirane su u termostatu 48 sati na $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Nakon inkubacije, izbrojane su porasle kolonije koliformnih bakterija te kolonije *E. coli* i napravljena je statistička obrada podataka.

Za laboratorijski dio rada bile su potrebne:

Petrijeve zdjelice sa hranjivim podlogama (EC-X Gluc agar, Endo agar, m-Faecal Coliform agar i MacConkey agar), flambirani Drygalski štapić (stakleni štapić svinut pod 90°), otopina

etanola, plamenik, epruvete (u kojima su pravljena razrjeđenja), automatske pipete, inkubator (termostat) te automatski brojač kolonija.

3.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Kako bi se izbjegle greške u izražavanju, budući da nikada nije sigurna pretpostavka da je iz svake pojedinačne žive (vijabilne) stanice porasla jedna kolonija mikroorganizama, broj poraslih kolonija izražava se kao broj jedinica koje stvaraju kolonije (engl. Colony Forming Units, CFU). Izračunavanje CFU bakterija vrši se na osnovu broja poraslih kolonija na Petrijevim pločama, uzimanjem u obzir volumen uzorka naci jepljen na ploču iz određenog razrjeđenja prema formuli:

$$\text{CFU} = \frac{\text{broj poraslih kolonija}}{\text{volumen inokuluma}} \times \text{recipročna vrijednost razrjeđenja uzorka}$$

Za račun se uzimaju samo one ploče na kojima je poraslo više od 10 i manje od 300 kolonija (brojive ploče). Ukoliko je u jednoj seriji dobiveno više brojivih ploča, konačni broj CFU biti će srednja vrijednost brojivih ploča. Broj bakterija izražen je kao broj kolonija (CFU) po jednom mL uzorka. Kao pozitivna kontrola u istraživanju je korištena čista kultura *E. coli* DSM 498. Broj izraslih kolonija *E. coli* izražava se kao postotak od ukupnih koliformnih bakterija.

3.3.1. Hranjive podloge

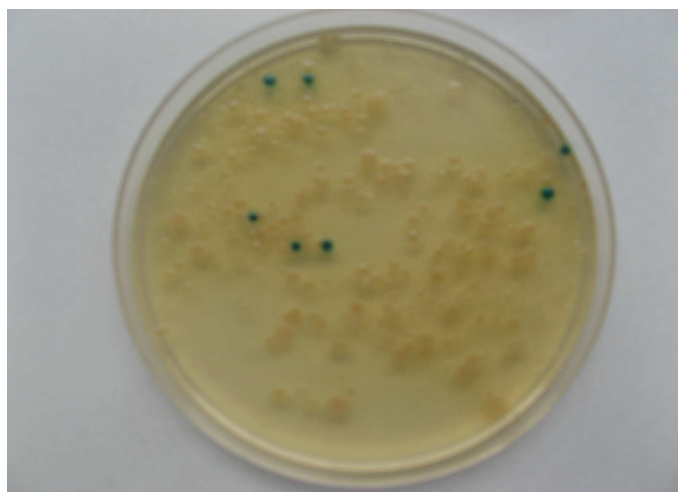
Hranjivi mediji su otopine kemijskih spojeva koji omogućuju rast i razmnožavanje određenih vrsta ili grupa bakterija. Podloge moraju sadržavati izvore potrebnih kemijskih elemenata, za sintezu dijelova bakterijske stanice, te izvore energije, kako bi se životni ciklus odvijao.

Koliformne bakterije se relativno brzo i lako dokazuju u laboratoriju klasičnim metodama kultivacije. Za njihov uzgoj prednost se daje ponajprije krutim hranjivim podlogama. Prisutnost koliformnih bakterija u vodi, vrlo se pouzdano dokazuje na selektivnim podlogama. Pri tome je inhibiran rast drugih bakterija, prvenstveno Gram-pozitivnih. Podloge su i diferencijalne, kako bi se istovremeno moglo detektirati i razlikovati *E. coli* od ostalih koliformnih bakterija.

U ovom istraživanju korištene su četiri različite hranjive podloge za uzgoj koliformnih bakterija.

a) EC-X-GLUC AGAR

EC-X Gluc agar je visoko selektivna diferencijalna kromogena podloga za uzgoj koliformnih bakterija te za izravnu identifikaciju *E. coli*. Medij (Tablica 3) sadrži žučne soli za potpunu inhibiciju Gram-pozitivnih bakterija i X-GLUC (5-bromo-4-kloro-3-indolyl β -D-glukuronid), za detekciju β -glukuronidaze. Od svih bakterija iz porodice *Enterobacteriaceae* samo *Escherichia coli* zajedno sa nekim sojevima roda *Salmonella* i *Shigella* je β -glukuronidaza pozitivna. Takve kolonije na podlozi će biti plave ili zeleno-plave boje (Slika 14). β -glukuronidaza negativne bakterije rastu kao žućkaste kolonije (www.microtradeuk.com).



Slika 14. Tipične plave kolonije *E. coli* i žućkaste kolonije ostalih koliformnih bakterija porasle na EC X-GLUC agaru (Foto: I. Vešligaj)

Tablica 3. Sastav EC-X GLUC agara (Biolife, Italija)

Trypton	20,0 g
Ekstrakt kvasca	5,0 g
NaCl	5,0 g
Na ₂ HPO ₄	5,0 g
K ₂ HPO ₄	1,5 g
Triptofan	1,0 g
X-GLUC	0,06 g
Žučne soli	1,5 g
Agar	12,0 g
Destilirana voda	1000 mL
pH = 7,0 ±0,2	

b) ENDO AGAR

Endo agar (Tablica 4) je selektivna podloga za uzgoj koliformnih bakterija. Na-sulfit i bazični fuksin inhibiraju rast Gram-pozitivnih bakterija. Bakterije koje intenzivno fermentiraju laktozu kao međuprodukt stvaraju acetaldehid koji se fiksira pomoću Na-sulfita, a reakcija s bazičnim fuksinom daje metalni sjaj zbog reduciranog fuksina (Stilinović i Hrenović, 2008). Kolonije fekalne koliformne bakterije vrste *E. coli* na Endo agaru su crvene karakterističnog metalno - zlatnog sjaja (Slika 15), a kolonije ostalih koliforma su roza do crveno obojene.

Tablica 4. Sastav Endo agara
(Biolife, Italija)



Slika 15. Kolonije *E. coli* zlatnog metalnog sjaja i roze kolonije ostalih koliformnih bakterija porasle na Endo agaru
(Foto: R. Horvat)

Tripton	10,0 g
Laktoza	10,0 g
KH ₂ PO ₄	3,5 g
Na ₂ SO ₃	2,5 g
Bazični fuksin	0,4 g
Agar	15,0 g
Destilirana voda	1000 mL
pH = 7,5 ± 0,2	

c) m-FAECAL COLIFORM AGAR

m-Faecal Coliform agar (m-FC agar) (Tablica 5) je selektivna podloga za izolaciju fekalnih koliforma. Fekalni koliformi rastu u plavim kolonijama, a drugi organizmi, čiji je rast dozvoljen kraj žučnih soli, rastu u žućkastim kolonijama (Slika16)(www.biolifeit.com).



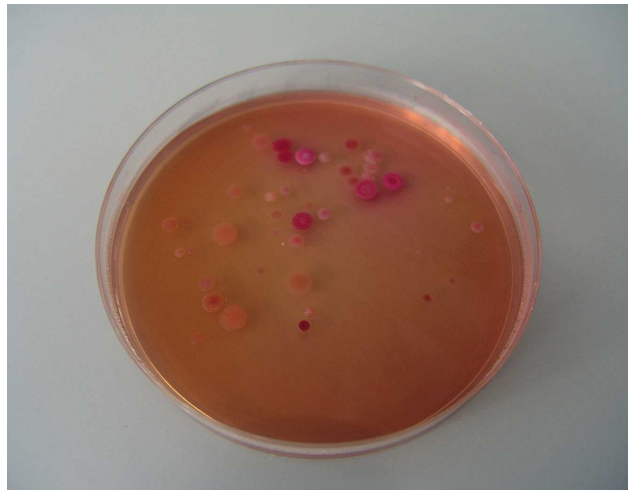
Slika 16. Tipične plave kolonije *E.coli* i žućkaste kolonije ostalih koliformnih bakterija porasle na m-FC agaru (Foto: R. Horvat)

Tablica 5. Sastav m-FC agara (Biolife, Italija)

Triptoza	10,0 g
Peptocomplex	5,0 g
Ekstrakt kvasca	3,0 g
NaCl	5,0 g
Laktoza	12,5 g
Žučne soli	1,5 g
Anilin blue	0,1 g
Agar	13,0 g
Rozalična kiselina	1,0 g
Destilirana voda	1000 mL
pH = 7,4 ± 0,2	

d) MACCONCEY AGAR

MacConkey agar (Tablica 6) je selektivna podloga koja omogućava rast pripadnika porodice *Enterobacteriaceae*, a rast Gram-pozitivnih bakterija inhibiran je žučnim solima i kristal violetom. Kao izvor ugljikohidrata nalazi se laktoza, a fermentacija laktoze uzrokuje zakiseljavanje medija s popratnom precipitacijom žučnih soli i apsorpcijom neutralnog crvenila. Bakterije rastu kao kolonije različitih nijansi crvene do žute boje ovisno o tome pokazuju li jaku ili slabu fermentaciju. Kolonije *Escherichia coli* rastu kao kolonije crvene boje s crvenom zonom precipitacije, a kolonije drugih koliformnih bakterija su roze boje (Slika 17). Eventualno porasle kolonije bakterija roda *Salmonella* i *Shigella* su prozirne.



Slika 17. Tipične crvene kolonije *E. coli* i roze kolonije ostalih koliformnih bakterija porasle na MacConkey agaru (Foto: R. Horvat)

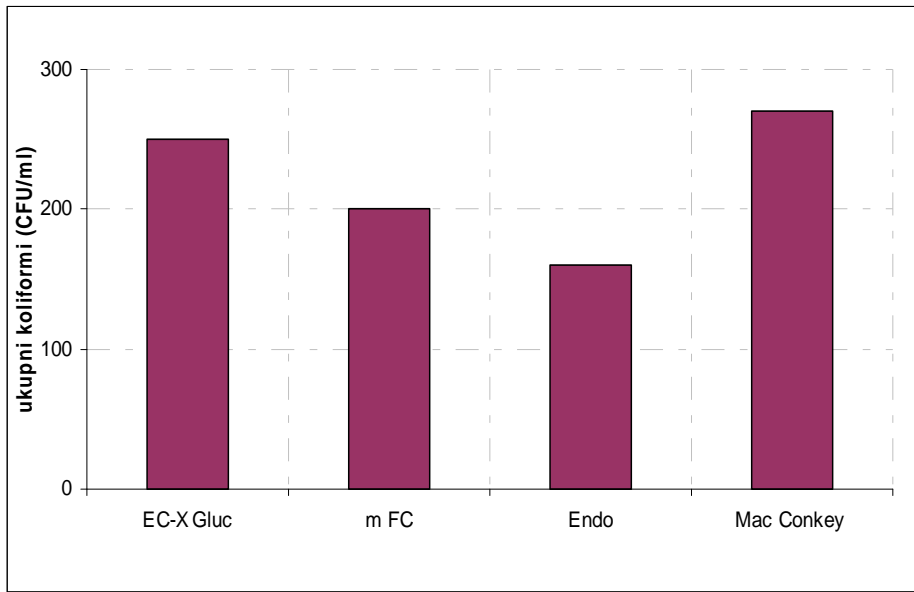
Tablica 6. Sastav MacConkey agara (Biolife, Italija)

Pankreasni digest želatine	17,0 g
Peptocomplex	3,0 g
Laktoza	10,0 g
Žučne soli	1,5 g
NaCl	5,0 g
Neutralno crvenilo	0,03 g
Kristal violet	0,001 g
Agar	13,5 g
Destilirana voda	1000 mL
pH = 7,1 ± 0,2	

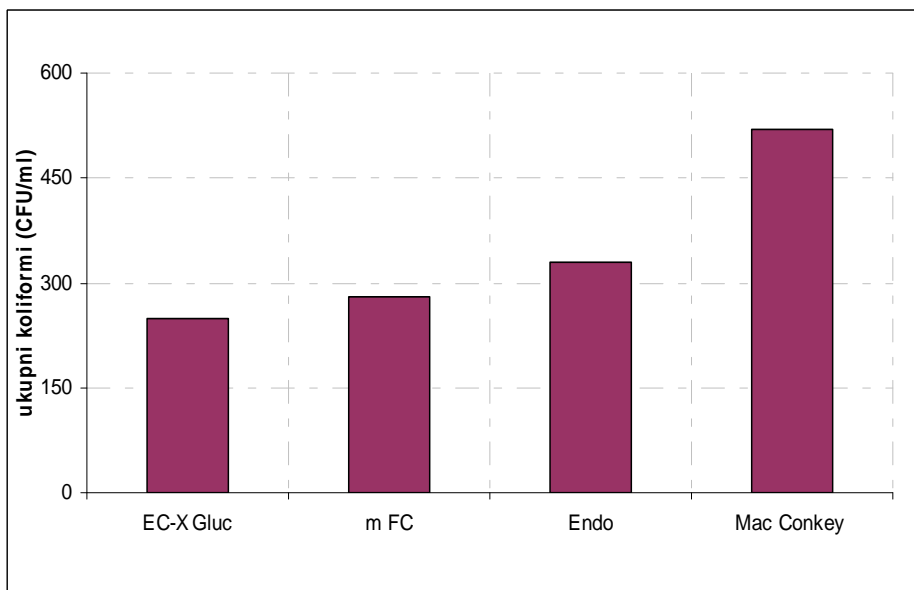
4. REZULTATI

Rezultati istraživanja koncentracije ukupnih koliforma dobiveni su na temelju analize 19 uzoraka površinskih voda sa različitih područja grada Zagreba i uzroku čiste kulture *E. coli*. Kolonije izraslih koliformnih bakterija izbrojane su, te je na temelju toga izračunat CFU.

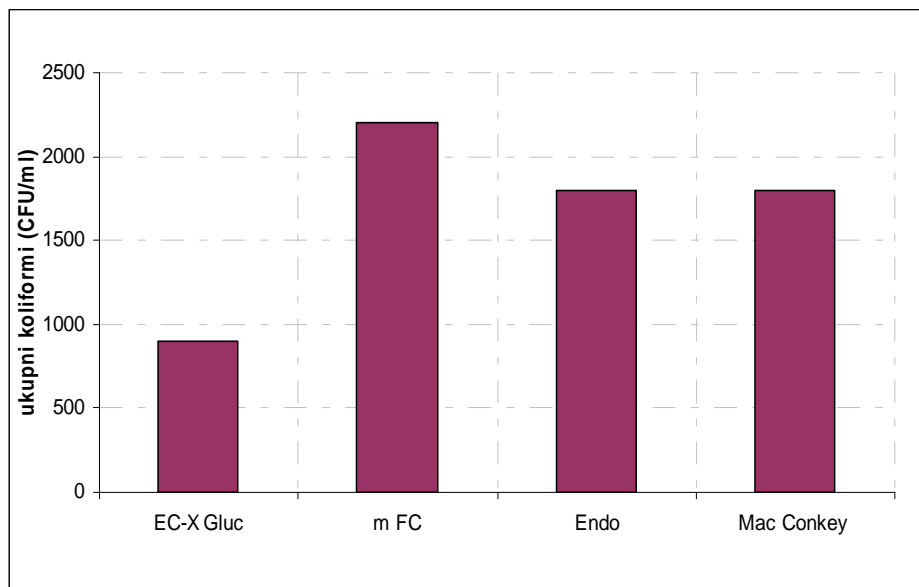
Slijedi grafički prikaz rezultata:



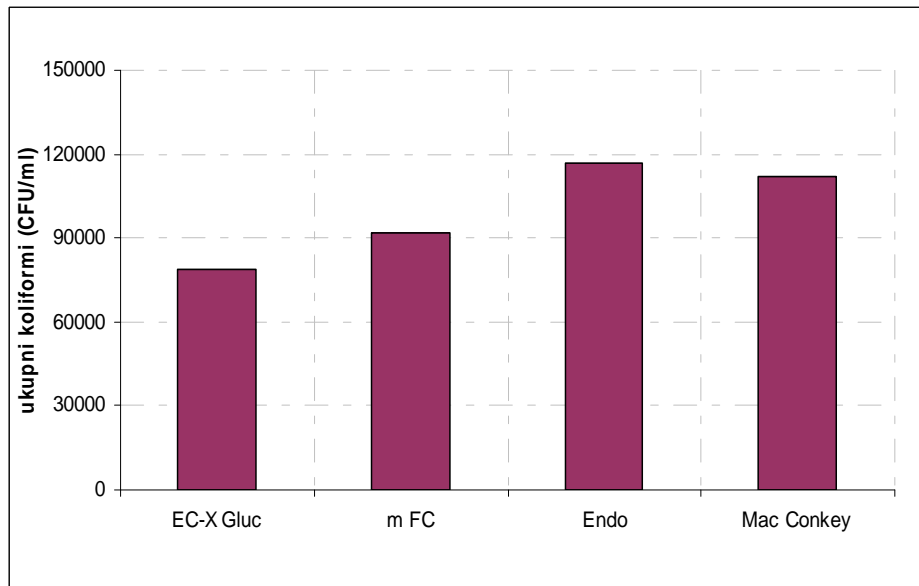
Slika 18. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem čiste kulture *E. coli* na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



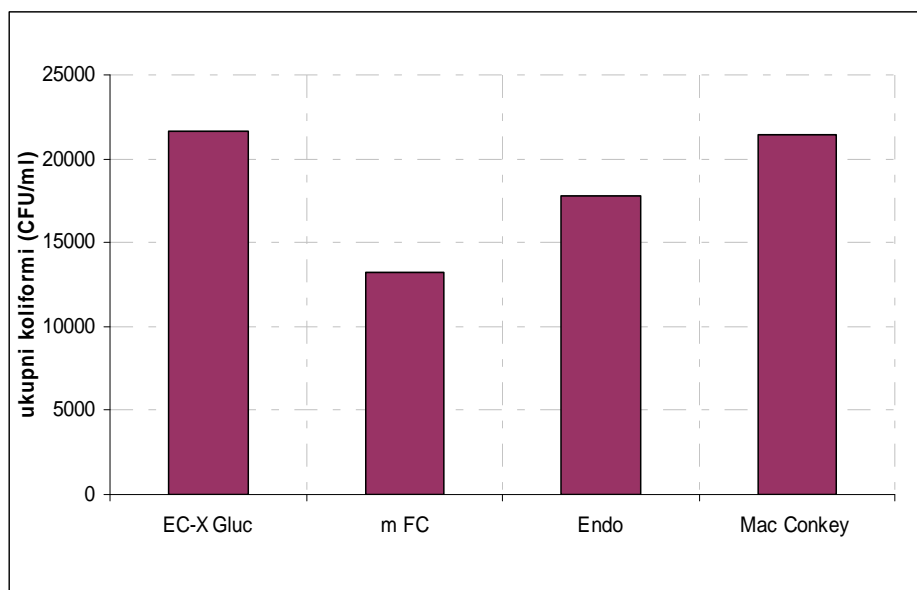
Slika 19. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz Botaničkog vrta na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



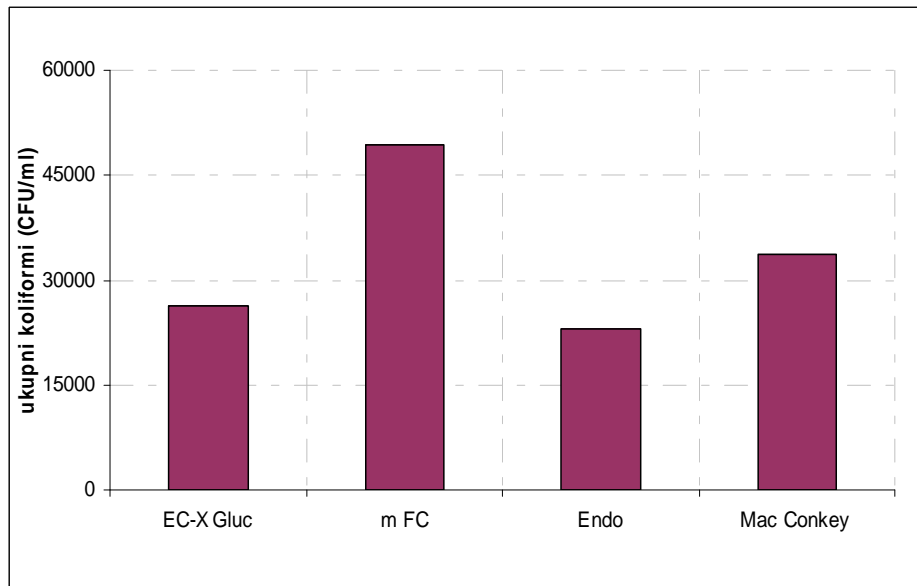
Slika 20. Broj ukupnih koliforma dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz potoka Srednjak na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



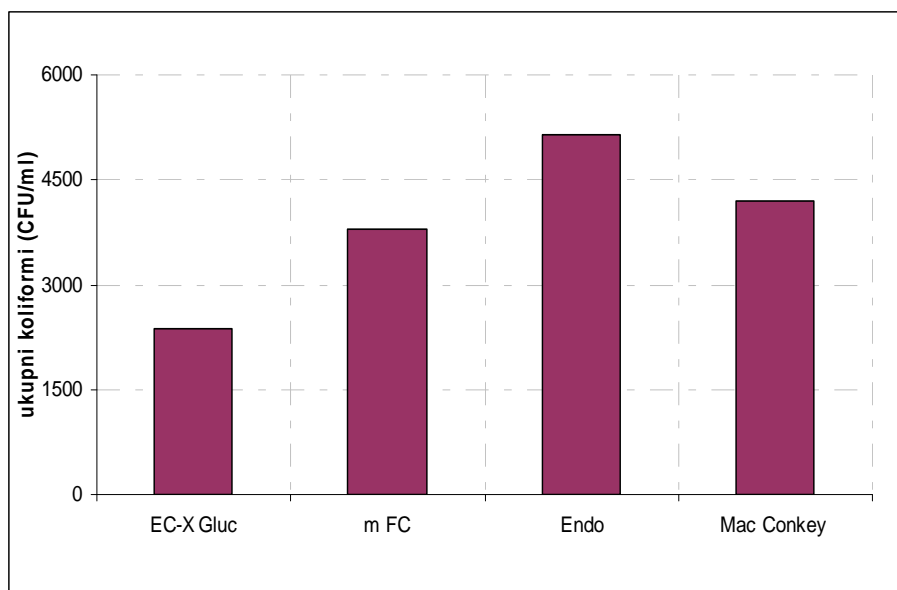
Slika 21. Broj ukupnih koliforma dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz Vugrovog potoka 1 na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



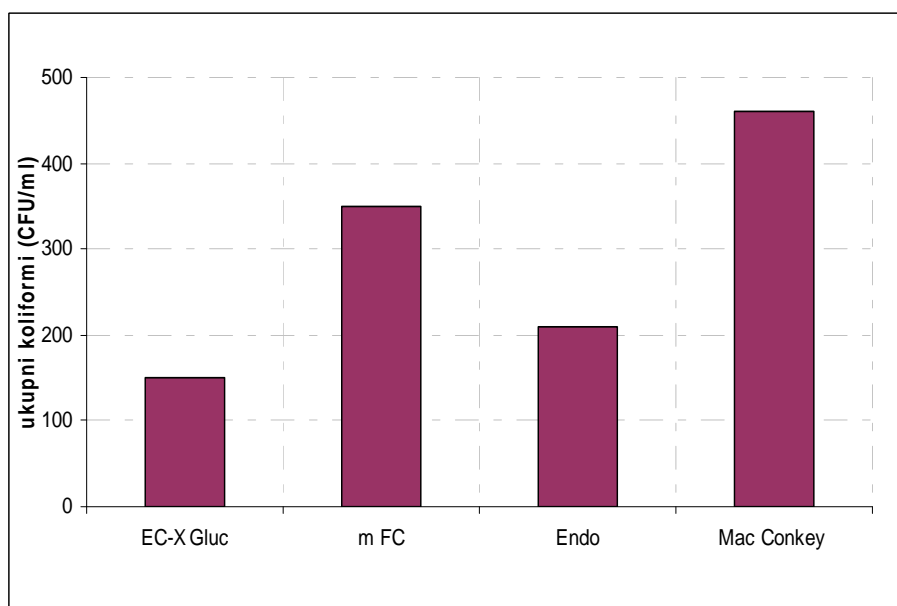
Slika 22. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz Vugrovog potoka 2 na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



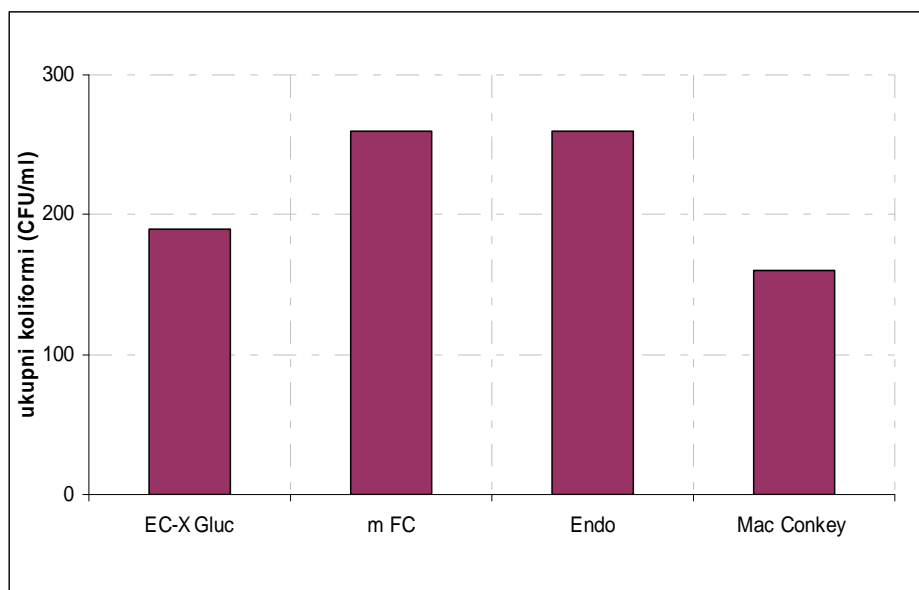
Slika 23. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz potoka Vrapčak na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



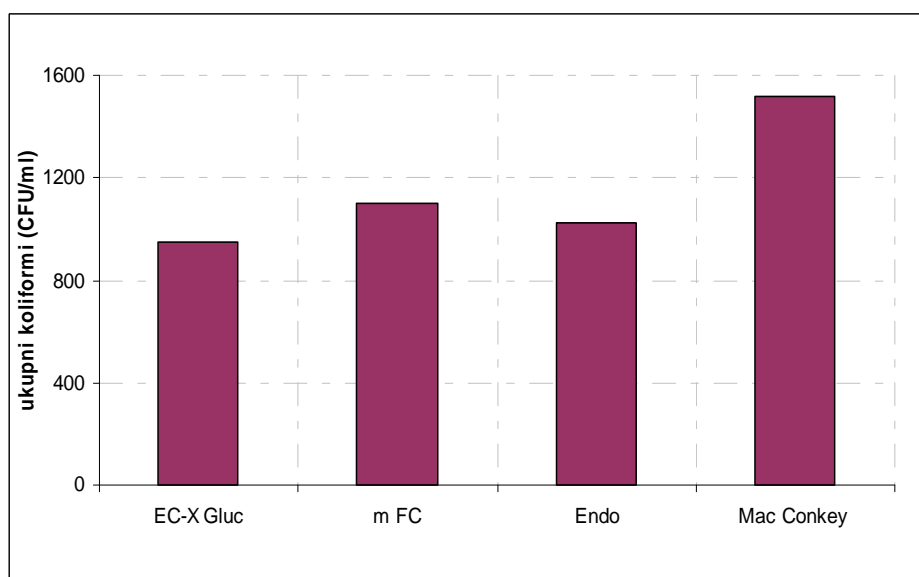
Slika 24. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz potoka Črnomerec na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



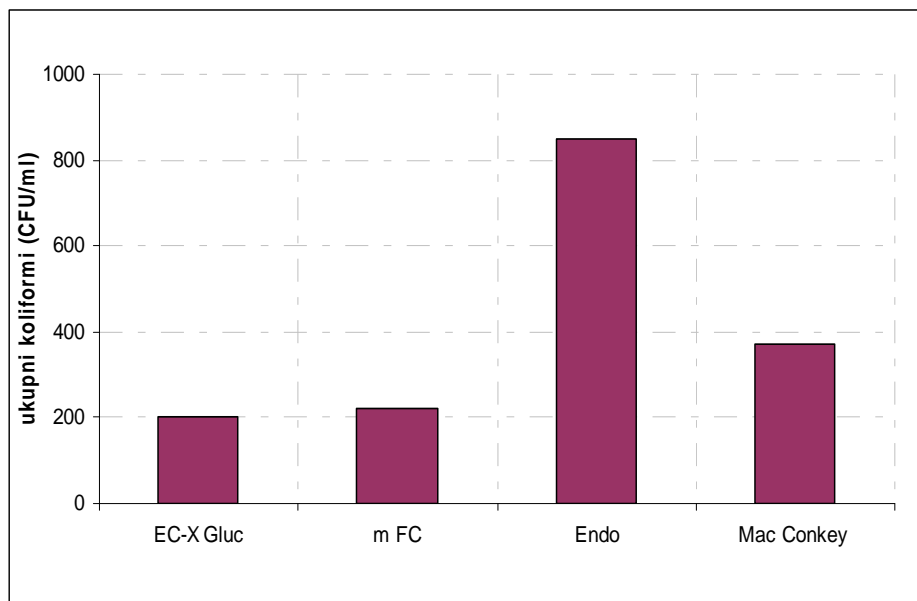
Slika 25. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz potoka Bliznec na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



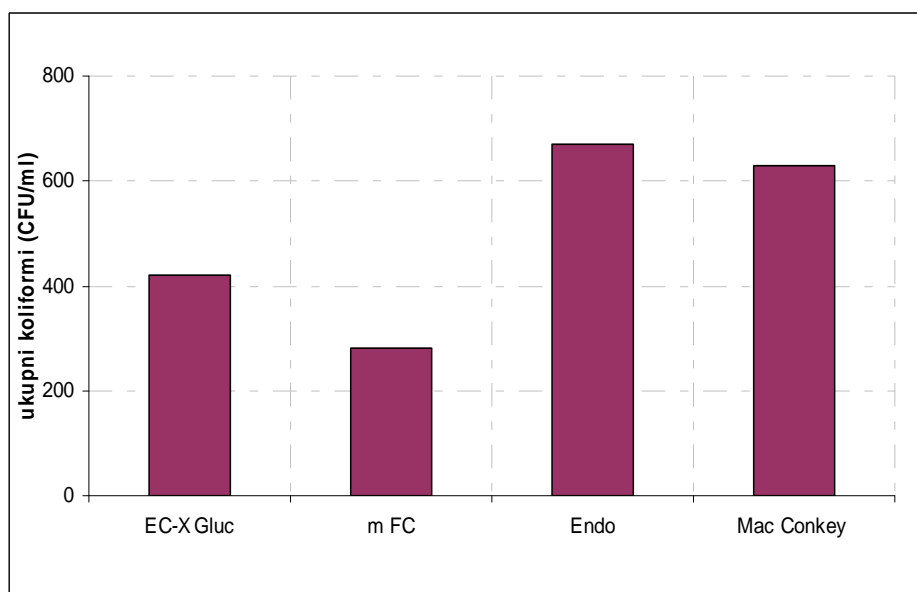
Slika 26. Broj ukupnih koliforma dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz potoka Maksimirec na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



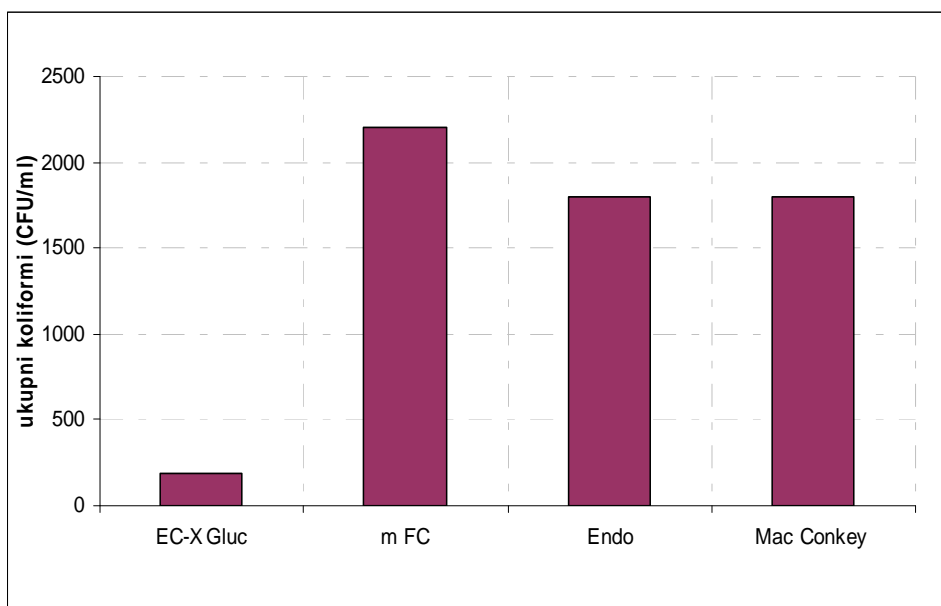
Slika 27. Broj ukupnih koliforma dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz potoka Dalijevec na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



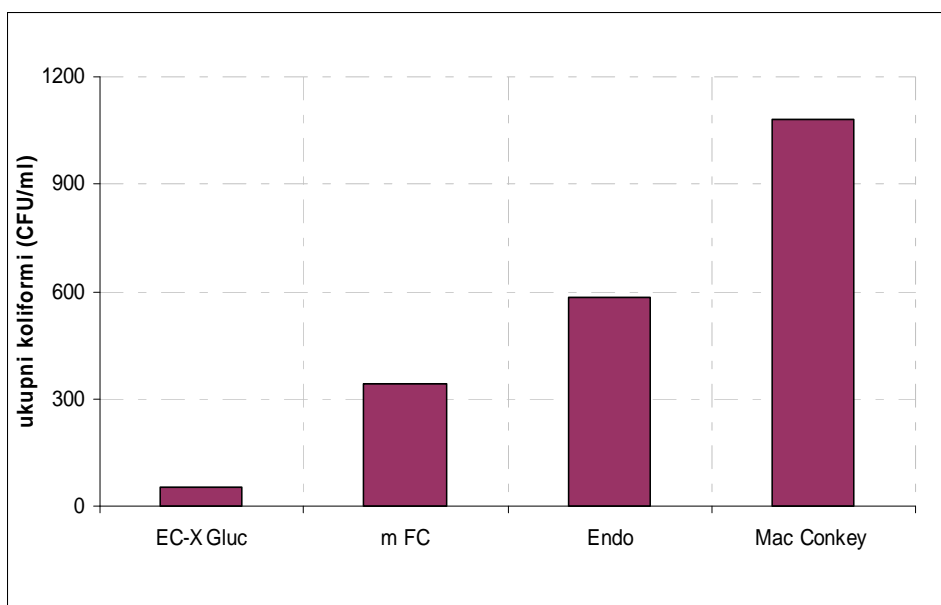
Slika 28. Broj ukupnih koliforma dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz Prvog jezera (postaja A) na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



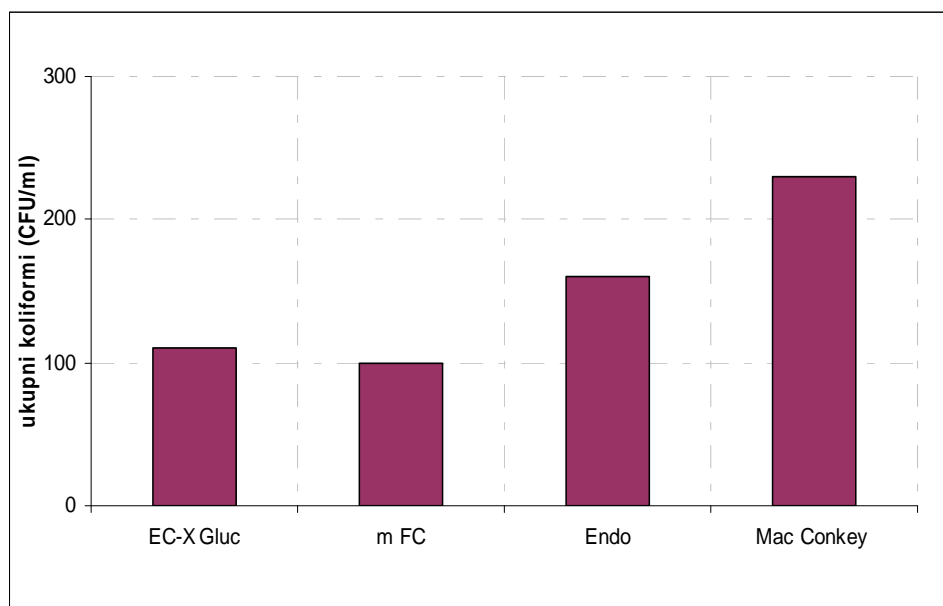
Slika 29. Broj ukupnih koliforma dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz Prvog jezera (postaja B) na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



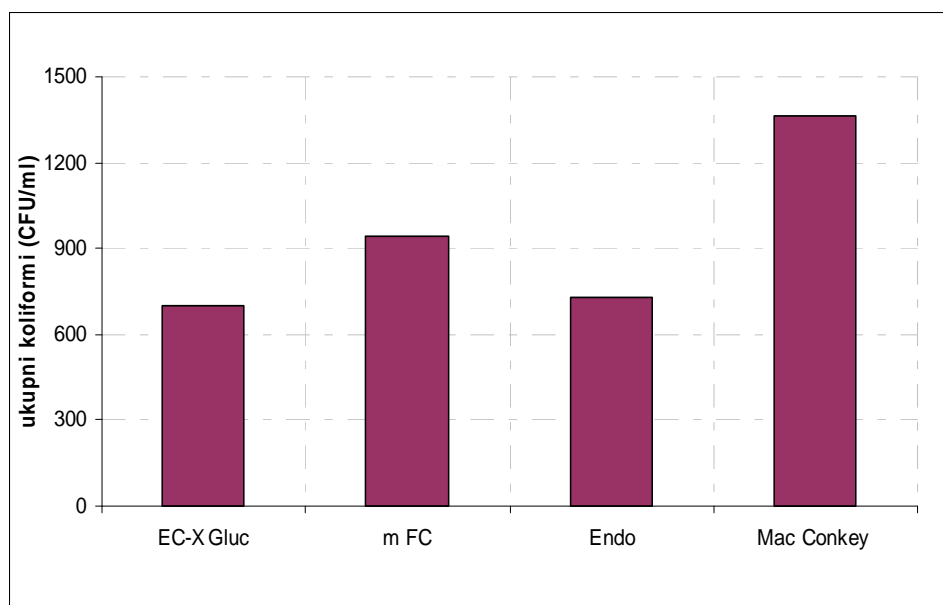
Slika 30. Broj ukupnih koliforma dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Drugog jezera na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



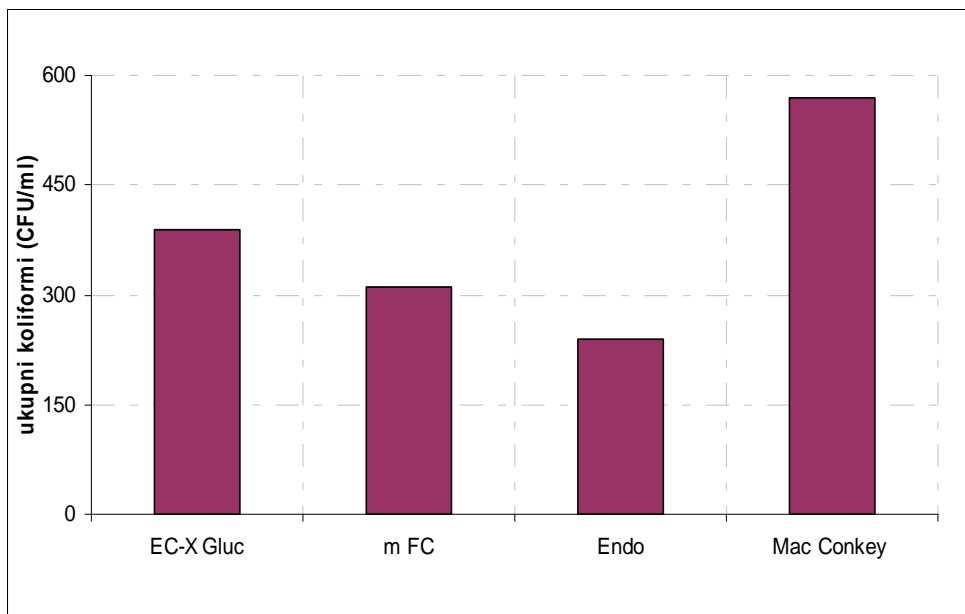
Slika 31. Broj ukupnih koliforma dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Trećeg jezera (postaja A) na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



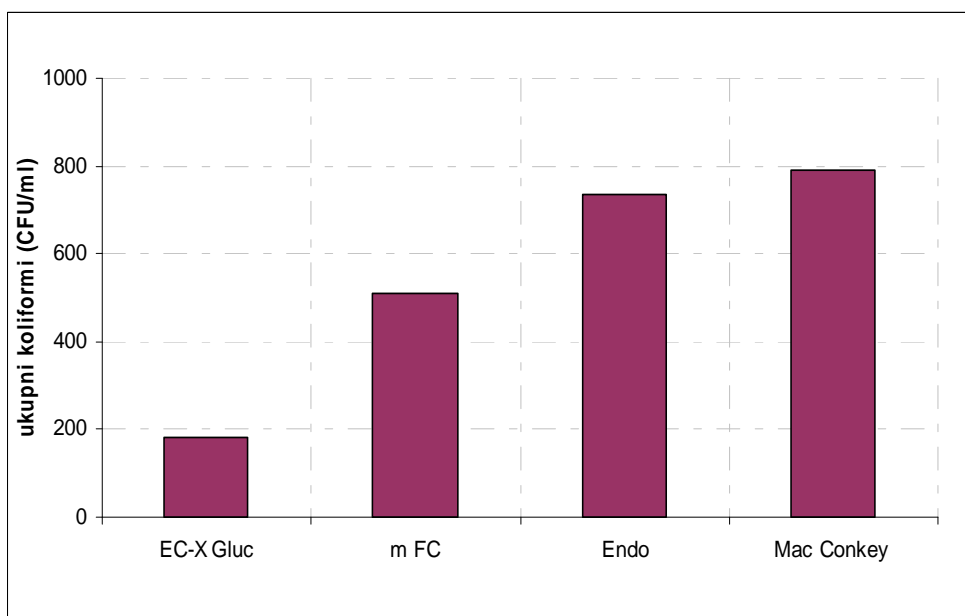
Slika 32. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz Trećeg jezera (postaja B) na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



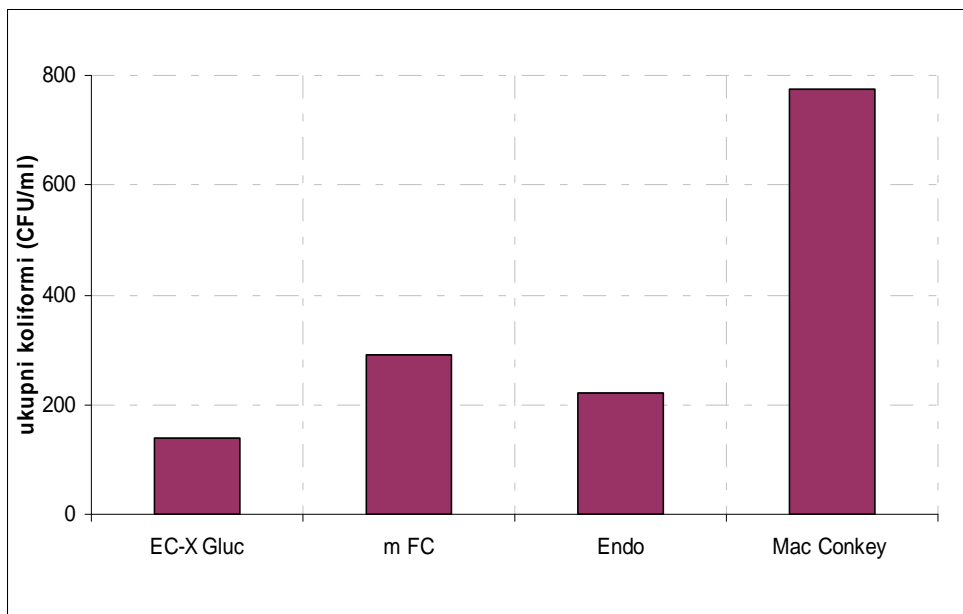
Slika 33. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz Četvrtog jezera (postaja A) na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



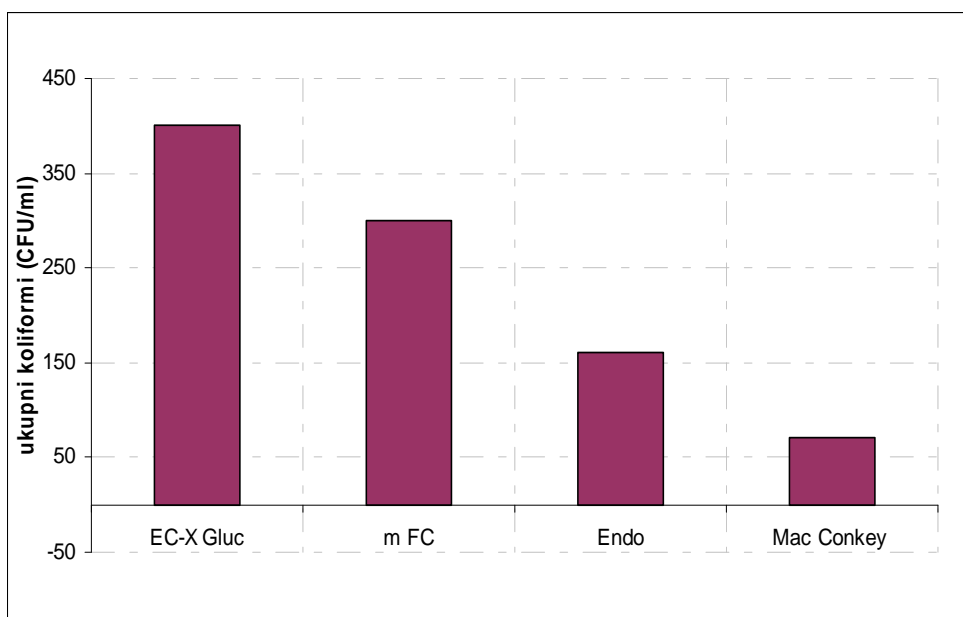
Slika 34. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz Četvrtog jezera (postaja B) na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



Slika 35. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz Petog jezera (postaja A) na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



Slika 36. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz Petog jezera (postaja B) na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



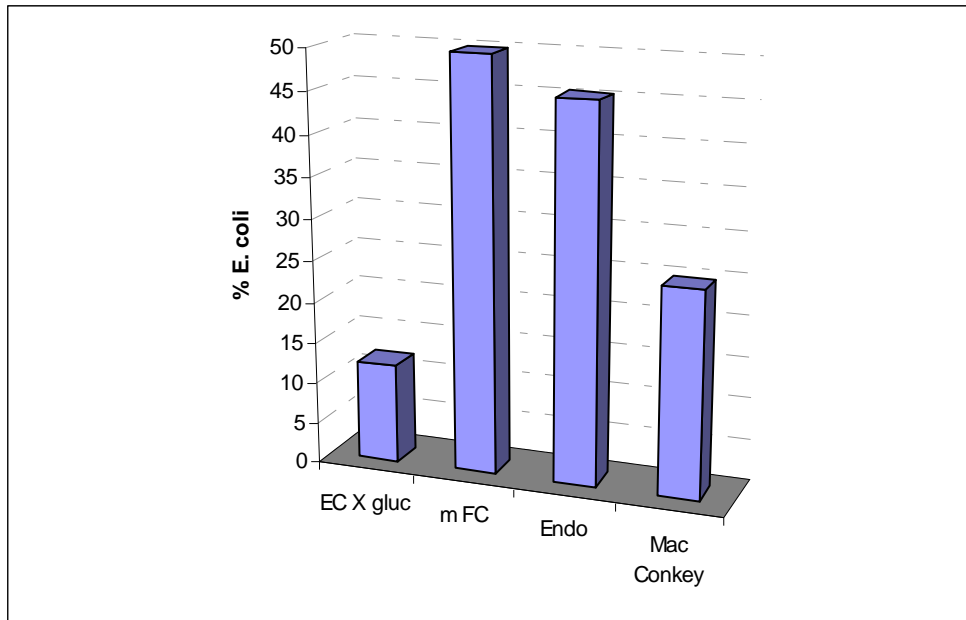
Slika 37. Broj ukupnih koliforma dobiven nacjepljivanjem uzorka vode iz Petog jezera (postaja C) na različite hranjive podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar

Iz grafičkih prikaza pojedinačnih uzoraka, vidljivo je da se vrijednosti ukupnih koliforma razlikuju za svaku hranjivu podlogu, bez zakonitosti. Analizirajući, na primjer, uzorak vode iz Botaničkog vrta (Slika 19) može se reći da su najveće vrijednosti ukupnih koliforma određene uzgojem na MacConkey agaru. Zatim slijede Endo agar, pa m-FC te EC-X Gluc agar. Analizom grafičkog prikaza uzorka vode iz potoka Vrapčak (Slika 23), dobivamo drugačije rezultate-najviše kolonija izraslo je m-FC agaru, potom slijede MacConkey, EC-X Gluc i Endo agar.

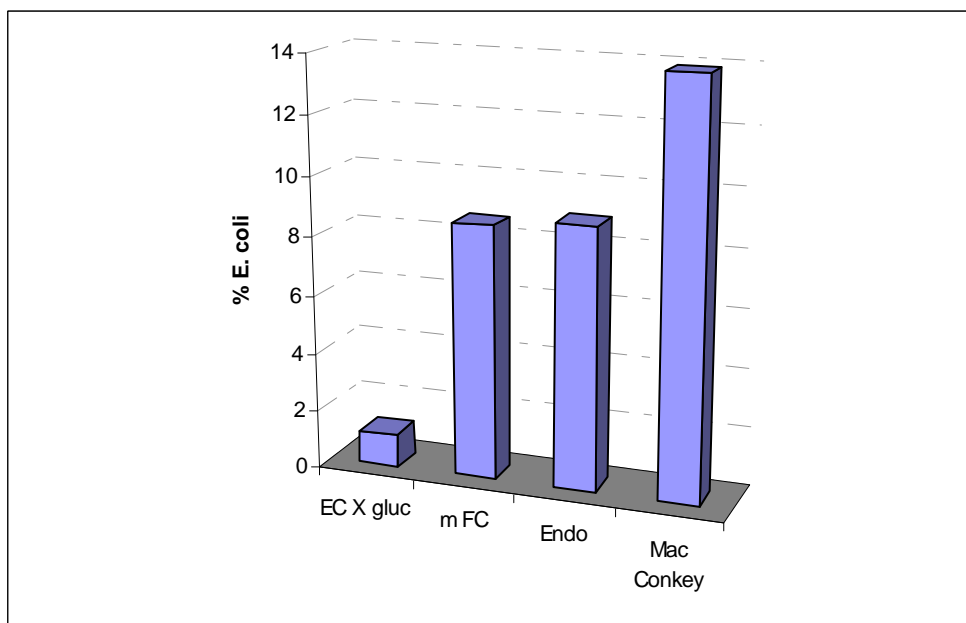
Ako usporedimo rezultate svih 19 uzoraka vode i uzorka *E. coli*, podloga na kojoj je u najviše slučajeva izraslo najviše kolonija je MacConkey agar. Od 20 naciyepljenih uzoraka, 10 uzoraka je pokazalo najbolje rezultate na MacConkey agaru, tj. na njemu je izraslo najviše kolonija koliformnih bakterija. Podloga na kojoj je u najviše slučajeva, čak 12, izraslo najmanje kolonija je EC-X Gluc agar. Endo agar i m-FC agar daju rezultate prema kojima ih možemo svrstati između MacConkey i EC-X Gluc agara.

Graf koji doseže najveće brojčane vrijednosti poraslih kolonija ukupnih koliforma, je graf uzorka Vugrovog potoka sa postaje 2. Suprotno tome, uzorak Trećeg maksimirskog jezera sa postaje B daje najniže vrijednosti poraslih kolonija ukupnih koliforma.

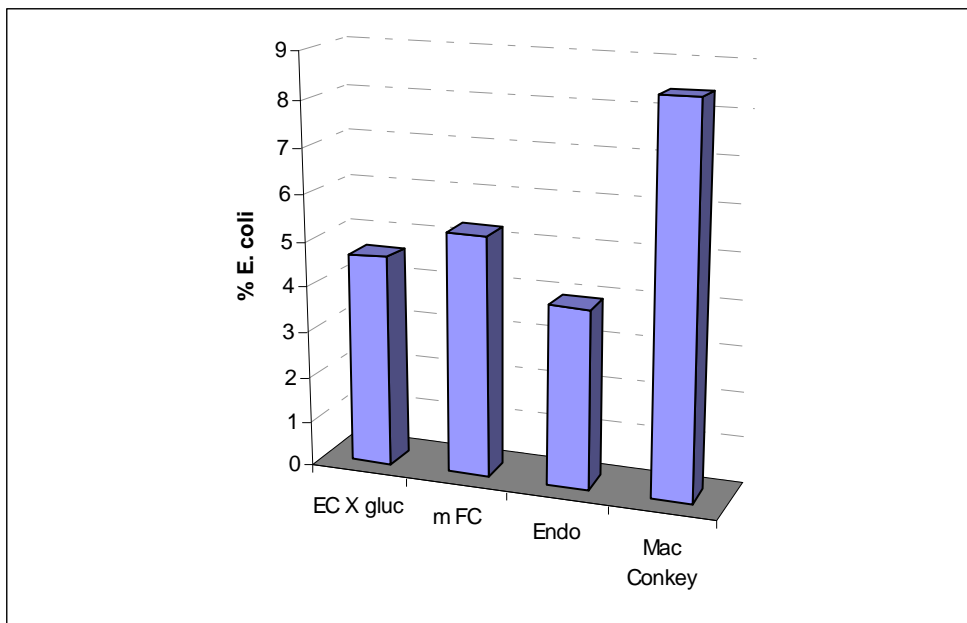
Na hranjivim podlogama su između ostalog izrasle i kolonije vrste *E. coli* koje su posebno izbrojane te je njihov broj izražen kao postotak od ukupnih koliforma. Slijedi grafički prikaz dobivenih rezultata:



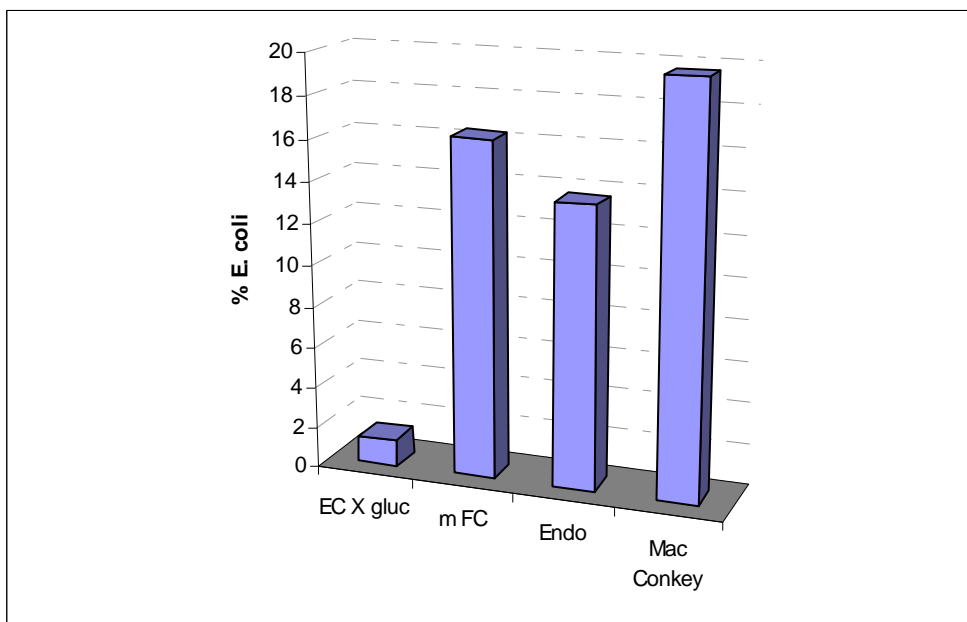
Slika 38. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz jezera Botaničkog vrta na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



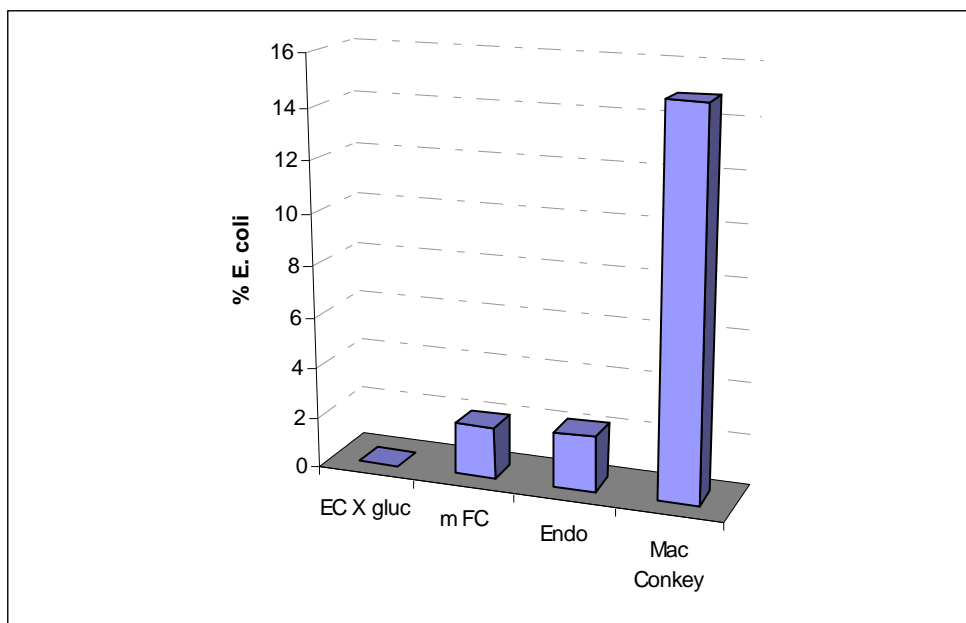
Slika 39. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz potoka Srednjak na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



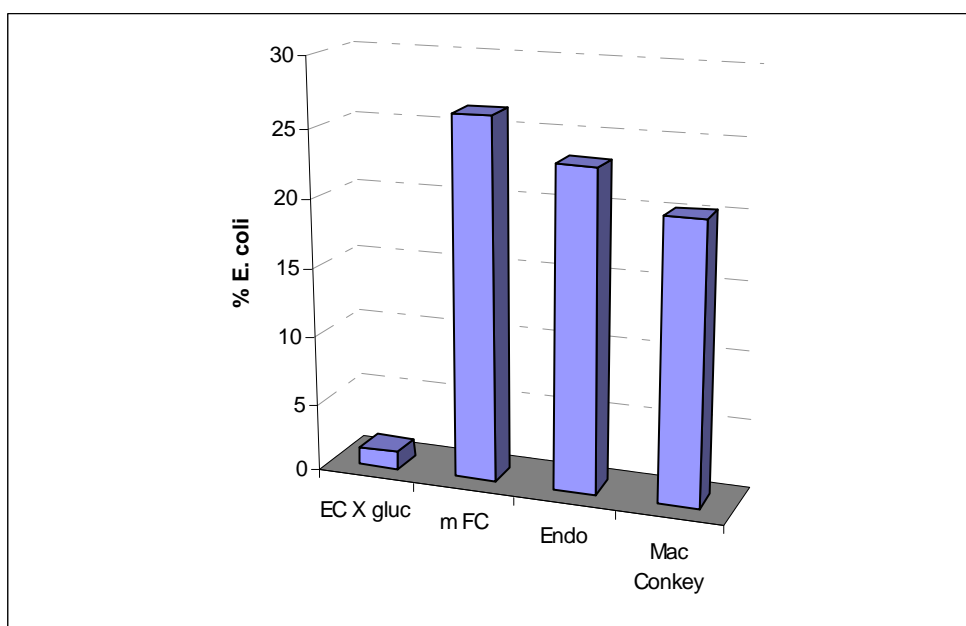
Slika 40. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Vugrovog potoka (postaja 1) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



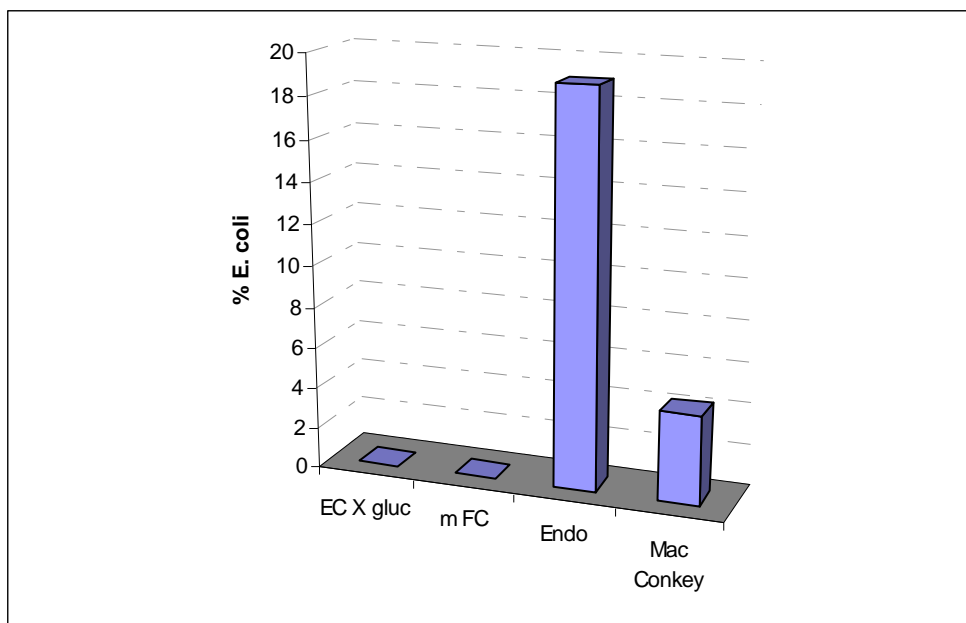
Slika 41. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Vugrovog potoka (postaja 2) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



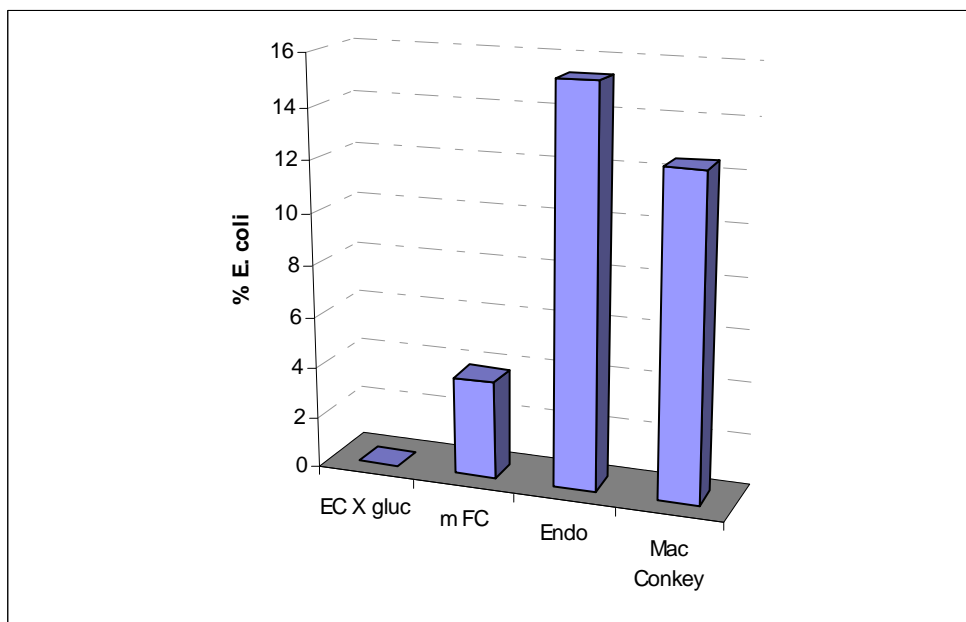
Slika 42. Postotak vrste *E. coli* dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz potoka Vrapčak na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



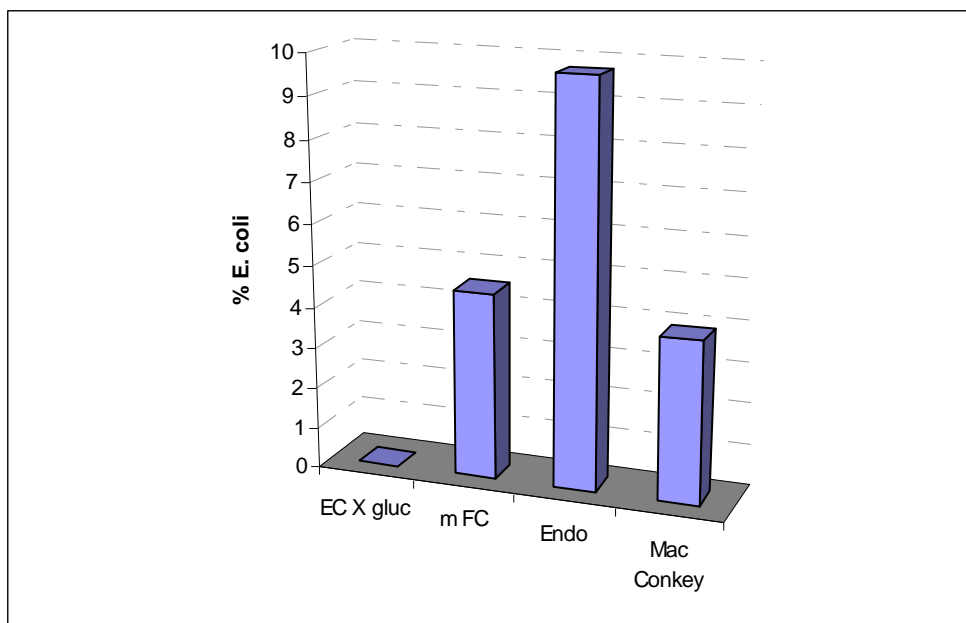
Slika 43. Postotak vrste *E. coli* dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz potoka Črnomerec na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



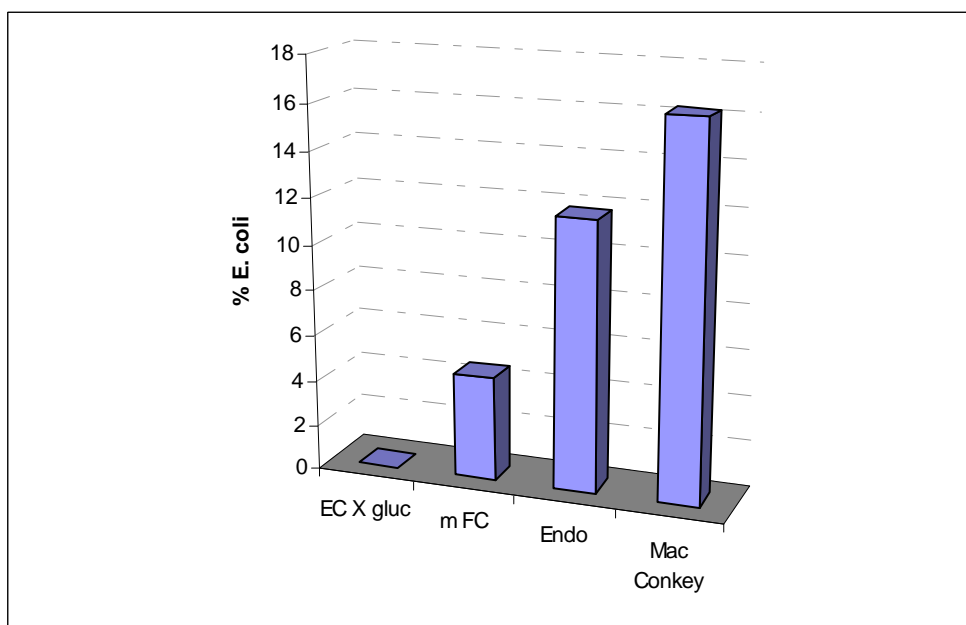
Slika 44. Postotak vrste *E. coli* dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz potoka Bliznec na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



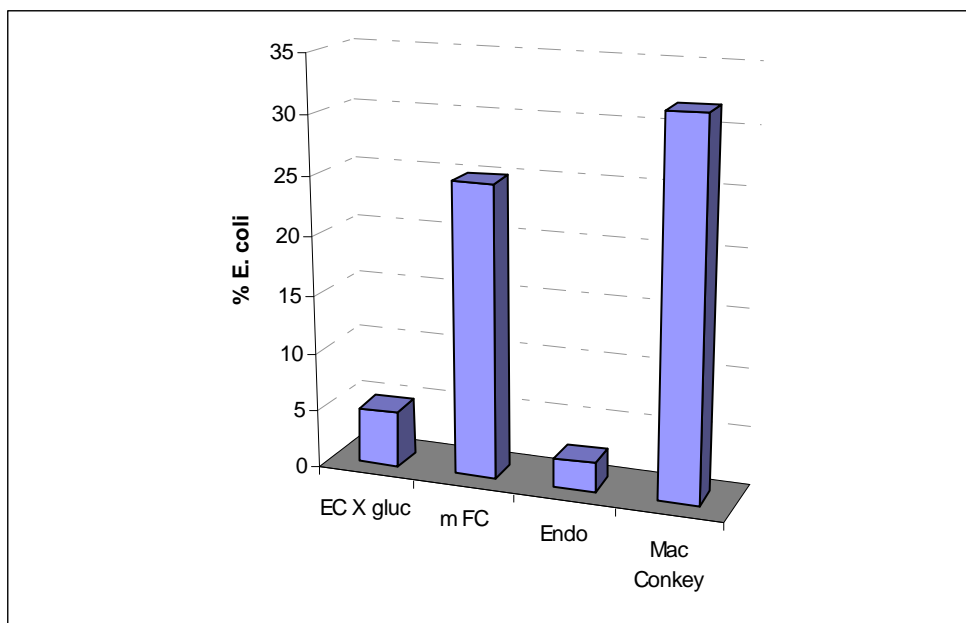
Slika 45. Postotak vrste *E. coli* dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz potoka Maksimirec na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



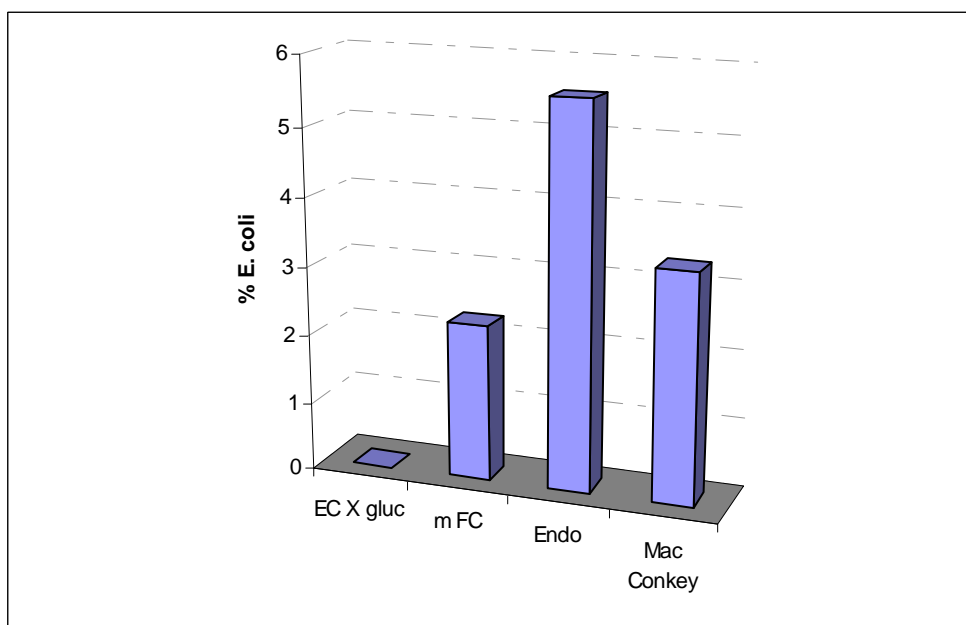
Slika 46. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz potoka Dalijevec na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



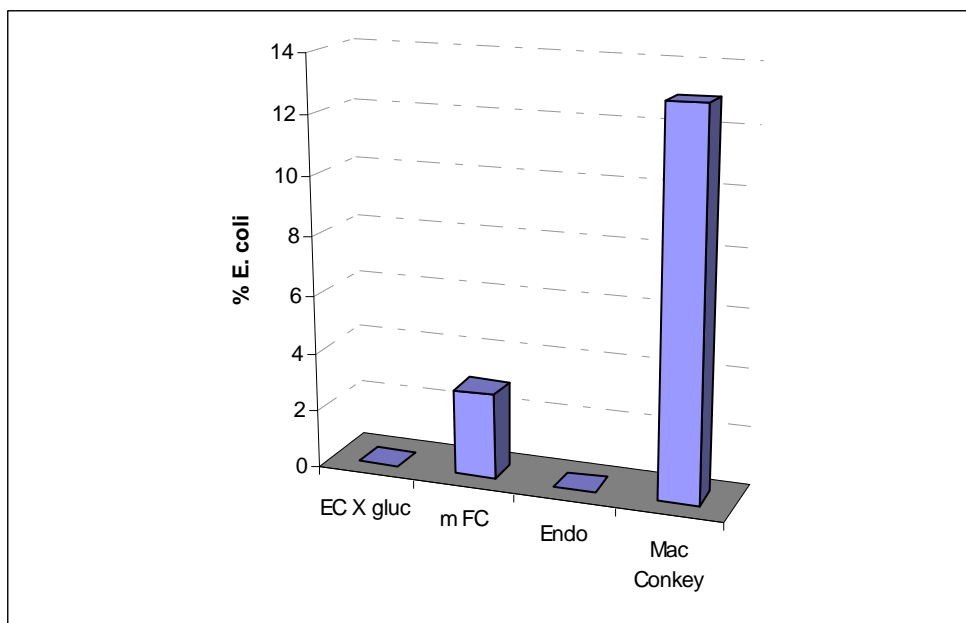
Slika 47. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Prvog jezera (postaja A) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



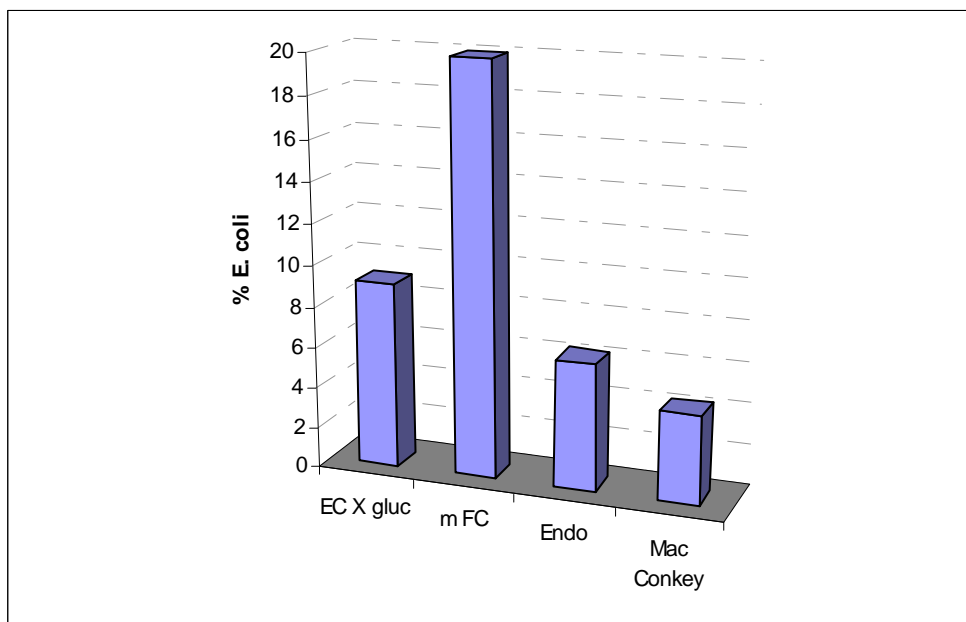
Slika 48. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Prvog jezera (postaja B) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



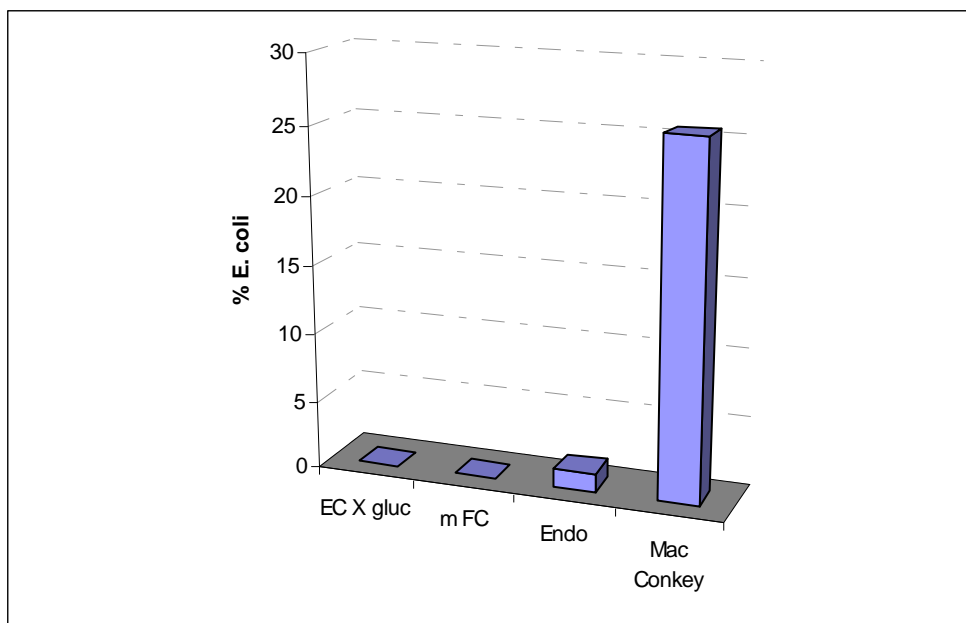
Slika 49. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Drugog jezera na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



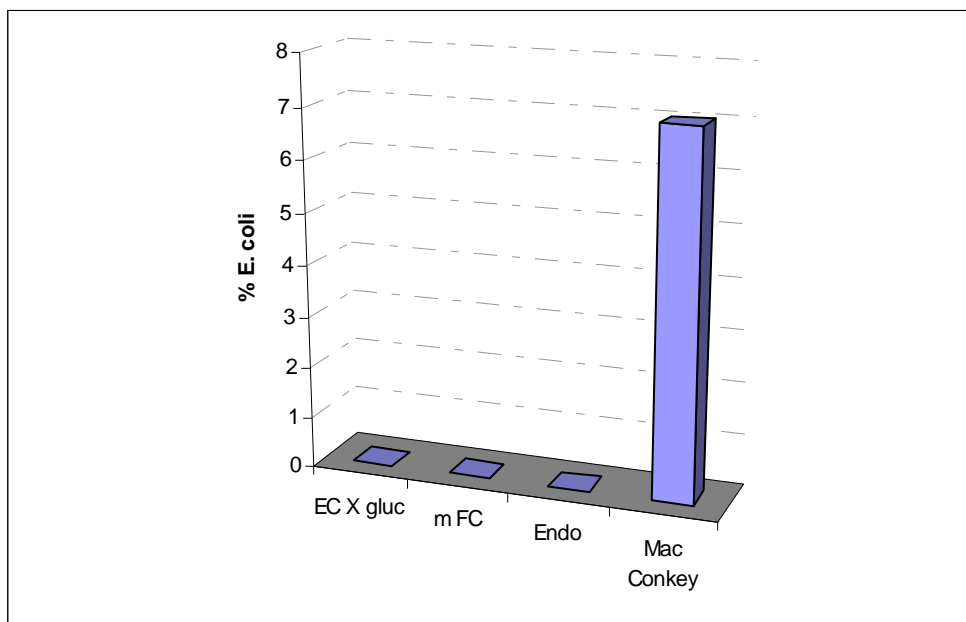
Slika 50. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Trećeg jezera (postaja A) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



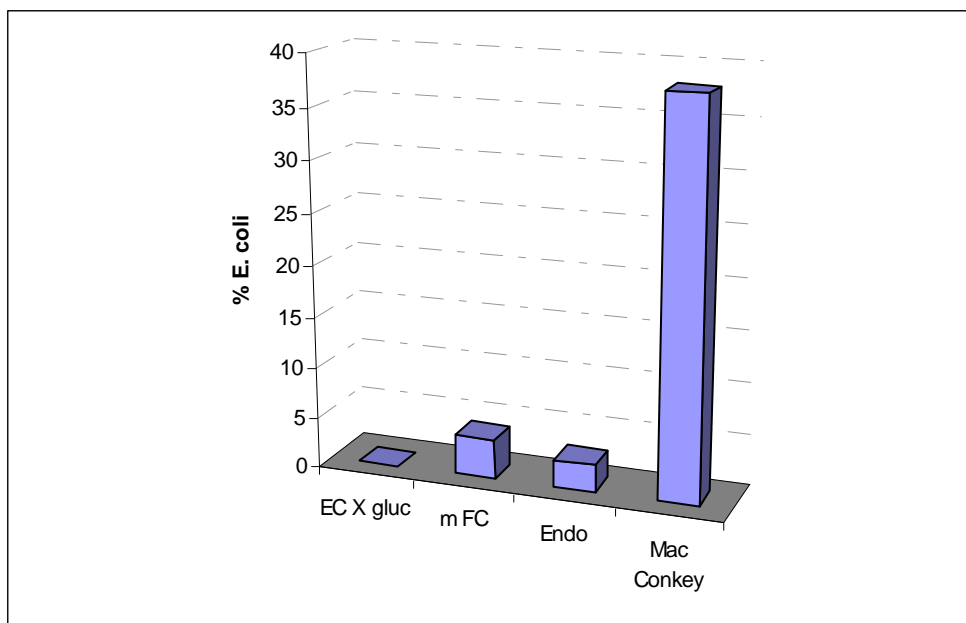
Slika 51. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Trećeg jezera (postaja B) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



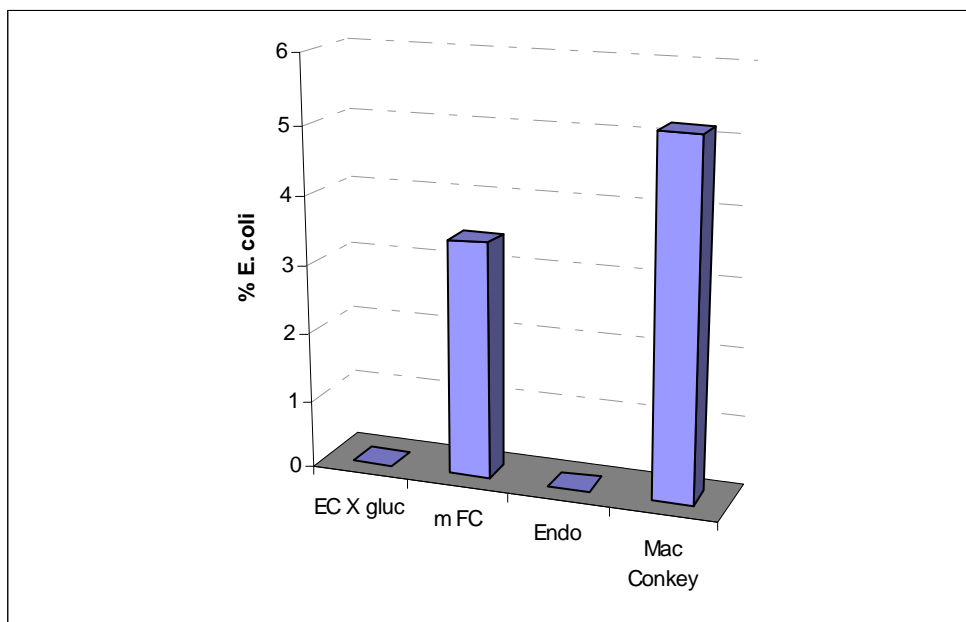
Slika 52. Postotak vrste *E. coli* dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz Četvrtog jezera (postaja A) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



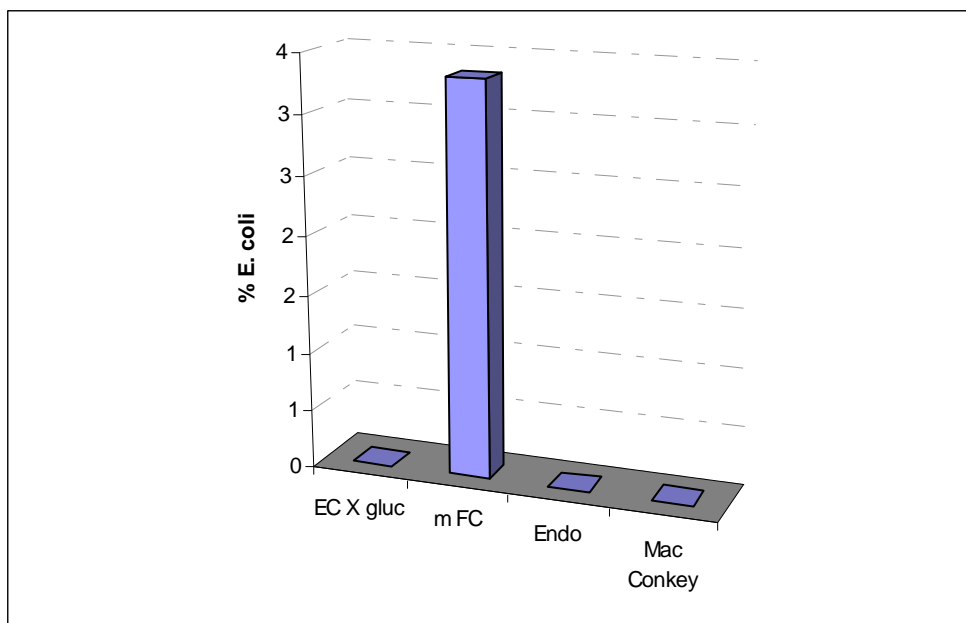
Slika 53. Postotak vrste *E. coli* dobiven nacepljivanjem uzorka vode iz Četvrtog jezera (postaja B) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



Slika 54. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Petog jezera (postaja A) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



Slika 55. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Petog jezera (postaja B) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar



Slika 56. Postotak vrste *E. coli* dobiven naciepljivanjem uzorka vode iz Petog jezera (postaja C) na četiri različite podloge za izolaciju ukupnih koliforma: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar

Iz drugog dijela prikazanih rezultata vidljivo je da je vrsta korištene komercijalne hranjive podloge imala važnu ulogu u određivanju vrste *E. coli* u uzorku. Svaki uzorak, naime, pokazuje drugačije vrijednosti broja izraslih kolonija *E. coli* na pojedinom agaru, te se također ne uočava pravilnost koja bi vrijedila za sve.

Najveći postotak *E. coli* zabilježen je uzgojem na MacConkey agaru, nakon čega slijede redom m-Faecal Coliform agar, Endo agar te EC-X Gluc agar. Dakle, podloga na kojoj je izraslo najviše kolonija *E. coli* je MacConkey agar.

Postoje uzorci gdje na pojedinim podlogama nisu izrasle kolonije *E. coli*. Prvenstveno se to odnosi na EC-X Gluc agar, koji u čak 12 uzoraka nije dao pozitivne rezultate na prisutnost *E. coli*. Tu, također u četiri slučaja zakazuje Endo agar, u tri slučaja m-FC agar a MacConkey samo u jednom uzorku.

Nadalje, iz grafičkih prikaza možemo očitati kako je najveći postotak *E. coli* uočen u uzorku Botaničkog vrta (Slika 38), dok je najmanji postotak *E. coli* u uzorku Petog jezera sa postaje C (Slika 56).

Tablica 7. Prosječna brojnost ukupnih koliforma, postotak koeficijenta varijacije (CV) broja ukupnih koliforma i postotka *E. coli*, prosječni postotak *E. coli* te kvaliteta vode određena kultivacijom na četiri različite hranjive podloge: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar

Uzorak	Prosječna brojnost ukupnih koliforma CFU/ ml	Ukupni koliformi CV (%)	% <i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> CV (%)	Kvaliteta vode
<i>E. coli</i> 498	220	23	100	0	
BV	345	35	33	54	IV
SR	1675	33	9	65	V
VP1	18513	21	6	36	V
VP2	100000	18	13	63	V
VR	33067	35	5	143	V
ČR	3884	30	20	63	V
B	293	48	5	154	IV
M	218	23	8	91	IV
D	1149	22	5	88	V
1A	410	74	10	89	IV
1B	500	37	15	91	IV
2	1498	60	4	83	V
3A	514	85	7	155	IV
3B	150	40	8	71	IV
4A	934	33	10	187	IV
4B	378	38	3	200	IV
5A	555	50	15	161	IV
5B	356	80	4	120	IV
5C	233	63	1	200	IV

5. RASPRAVA

Istraživanje koncentracije ukupnih koliforma u površinskim vodama na području grada Zagreba uključilo je ispitivanje 19 uzoraka vode. Za kultivaciju ukupnih koliforma korištene su četiri hranjive podloge: EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar.

Mikrobiološke analize uzoraka vode dokazale su prisutnost fekalnih koliforma na svim istraživanim postajama, posebno u potocima koji protječu kroz naseljena područja. Istraživanje je uključilo četiri komercijalna kruta medija za izolaciju ukupnih koliformnih bakterija na kojima je koliformne bakterije lako identificirati bez potrebe za daljnjim biokemijskim testovima za potvrdnu identifikaciju. S obzirom na rezultate dobivene na pojedinim hranjivim podlogama izračunata je prosječna tj. srednja vrijednost broja ukupnih koliforma za svaki uzorak. Rezultati određivanja broja ukupnih koliformnih bakterija na različitim hranjivim podlogama (EC X Gluc agar, m-Faecal Coliform agar, Endo agar i MacConkey agar) prikazani su grafički (Slika 18-37). Dobivene su različite vrijednosti za pojedine uzorke, od prosječno 150 kolonija/mL do čak 100 000 kolonija/mL (Tablica 7).

Izračunat je i postotni udio vrste *E. coli* u populaciji ukupnih koliforma, što je također prikazano grafički (Slika 38-56). Iz Tablice 7 možemo vidjeti kako je postotak *E. coli* u odnosu na ukupne koliforme, najveći u uzorku vode iz Botaničkog vrta., te iznosi 33%, a slijedi uzorak vode iz potoka Črnomerec sa 20% *E. coli*. Prvo maksimirsko jezero (postaja B) i Peto jezero (postaja A) dijele postotak , a iza njih slijedi Vugrov potok (postaja 2). Analizom ostalih uzoraka i njihovih udjela *E. coli* u ukupnim koliformima, ne primjećuje se neka pravilnost u kretanju postotaka između uzoraka stajaćih i tekućih voda.

Prema podacima iz Tablice 7 vidi se kako je najveća prosječna brojnost ukupnih koliforma u Vugrovom potoku (postaja 2), zatim slijede redom potoci Vrapčak, Vugrov potok (postaja 1), Črnomerec i Srednjak. Visoko šesto mjesto od ukupno 19 uzoraka zauzima Drugo maksimirsko jezero. S obzirom na visoku koncentraciju ukupnih koliforma, navedeni lokaliteti svrstani su u V vrstu voda prema Uredbi o klasifikaciji voda Republike Hrvatske (Narodne novine, 1998). Nadalje, prema podacima iz Tablice 7 slijede lokacije koje pripadaju IV vrsti voda, što znači da ujedno sadrže manju koncentraciju ukupnih koliforma. One redom glase : potok Dalijevec, Četvrto jezero (postaja A), Peto jezero (postaja A), Treće jezero (postaja A), Prvo jezero (postaja B), Prvo jezero (postaja A), Četvrto jezero (postaja B), Peto

jezero (postaja B), Botanički vrt, potok Bliznec, Peto jezero (postaja C), potok Maksimirec i na zadnjem mjestu nalazi se Treće jezero (postaja B).

S obzirom na ove činjenice, vidljivo je da je najveća koncentracija ukupnih koliforma nađena u uzorcima voda tekućica, tj. u potocima koji protječu kroz naselja na području grada Zagreba. Najviše ukupnih koliforma dobiveno je analizom uzorka vode iz Vugrovog potoka (postaja 2) koji se nalazi na istoku grada Zagreba, prema Sesvetama. Taj podatak ne začuđuje ako uzmemo u obzir da se u kanalizacijski sustav grada Zagreba ulijevaju podsljemenski Vugrov potok s Trnavom i Rijekom, ali i Bliznec sa Štefanovcem (Deduš i sur.,2001). Vugrov potok bio je uzorkovan na još jednoj uzvodnoj lokaciji (VP1), prije utoka potoka Srednjak u Vugrov potok. Uzorci VP1 i SR, analizom su također pokazali visoku prisutnost ukupnih koliforma. Ipak, lokacija VP1 pokazuje veću koncentraciju ukupnih koliforma od potoka Srednjak, budući da je u tom dijelu Vugrov potok manji, uži, ima manji protok vode, a područje kroz koje protječe je gusto naseljeno. Spomenimo kako je predložen projekt optimalizacije kanalizacijskog sustava Zagreb, čime bi se spomenuti potoci izdvojili iz kanalizacijskog sustava (Deduš i sur.,2001.).

Visoku koncentraciju ukupnih koliforma pokazali su i uzorci vode sa lokacija na zapadnom dijelu grada Zagreba, a uključivali su potoke Vrapčak i Črnomerec. Obradom uzoraka svih prethodno spomenutih lokacija određena je V vrsta voda. To su vode koje se ne mogu koristiti ni za kakvu namjenu, jer ne zadovoljavaju kriterije Uredbe. Dobiveni podaci su za očekivati, budući da se radi o potocima koji prolaze kroz naseljena područja grada, te se ne može isključiti činjenica da se u njih izlijevaju kućanske otpadne vode. To su vode koje su iskorištene u kućanstvima, a sustavom kanala se ispuštaju u vodne sustave. U kućanskim otpadnim vodama ima puno mikroorganizama, naročito bakterija i virusa. S obzirom na postojanje mikroorganizama fekalnog porijekla u otpadnoj vodi, nalaze se i patogeni mikroorganizmi. Primjenom pokazatelja „fekalni koliformi“ utvrđeno je da je mikrobiološka onečišćenost nastala unošenjem u vodu otpada iz probavnog sustava ljudi i životinja (Tedeshi, 1997).

Današnje stanje izgrađenosti kanalizacijskog sustava ne zadovoljava izgrađenost grada u cjelini. Efekt urbanizacije, koji su svakim danom sve veći, vrlo se brzo ogledaju u količinama oborinskih voda koje ulaze u kanalizacijski sustav, te zajedno sa svim ostalim otpadnim vodama grada Zagreba putuju kanalizacijskim kolektorima i sabirnim kanalima prema glavnom odvodnom kolektoru GOK-u i rijeci Savi (Deduš i sur., 2001).

Preostale proučavane lokacije uključuju maksimirska jezera i potoke u sklopu Parka Maksimir. U V skupinu vrsta voda sa ovog proučavanog područja ulazi jedino Drugo

maksimirsko jezero, dok sva ostala jezera i potoci pripadaju IV vrsti voda. Uz vodene ptice (labudovi, divlje patke) koje obitavaju u istraživanim jezerima, zagađeni potok Bliznec koji napaja jezera, sasvim sigurno ima znatan utjecaj na prisutnost koliformnih bakterija u njima. U usporedbi sa studijom Detaljni istražni radovi u svezi ispitivanja kakvoće voda u Maksimirskim jezerima (Kerovec i sur., 2004), potok Bliznec tada je klasificiran u III i IV vrstu voda prema broju ukupnih koliforma. No, ovim istraživanjem utvrđena je zasigurno IV vrsta vode, što znači da je zagađenost vodenog toka porasla, tj. da je prisutna veća koncentracija fekalnih koliforma u potoku.

Već je prije navedeno kako su koliformne bakterije pouzdani sanitarni indikatori fekalnih zagađenja, a također i indikatori dotoka hranjivih tvari koje potiču procese eutrofikacije u vodama stajaćicama i tekućicama. Provedene analize dokazale su prisutnost ukupnih koliforma u svim uzorcima, što potvrđuje da se radi o recentnim fekalnim zagađenjima jezera i potoka.

Svakako najčešća i najznačajnija vrsta koliformnih bakterija za ovo istraživanje bila je *E. coli*. Na temelju rezultata srednje vrijednosti postotka *E. coli* evidentno je da je ona nađena u svim uzorcima, ali nema neke pravilnosti s obzirom na potoke ili jezera. Zanimljivo je da je upravo najveći postotak *E. coli* iz uzorka jezera Botaničkog vrta. Naime, u njemu obitavaju kornjače i ribe, a to je jezero ujedno i najmanje od preostalih istraživanih.

Potok Črnomerec također sadrži visok postotak *E. coli*, što se može protumačiti prvenstveno prisutnošću kanalizacijskih otpadnih voda. Budući da je Prvo maksimirsko jezero dio Zoološkog vrta, u kojem žive mnoge ptice i ribe, ono se nalazi na trećem mjestu prema postotku udjela *E. coli*.

U Tablici 7 prikazani su i koeficijenti varijacije opaženih rezultata. Kultivacijom istog uzorka na različitim podlogama koeficijent varijacije broja ukupnih koliforma iznosi od 18 do 85%. Postotni udio *E. coli* unutar populacije ukupnih koliforma pokazuje znatno viši koeficijent varijacije od 36 do čak 200%.

Na kraju, ne može se isključiti mogućnost dobivanja drugačijih rezultata broja ukupnih koliforma i vrste vode da se sa svih lokaliteta moglo uzeti i sedimenta, a ne samo „zagrepsti“ po površini vode, ili da se sakupljanje uzoraka obavilo u neko drugo godišnje doma.

Kako je već prije navedeno, analizom uzoraka vode sa Jaruna, Save i Bundeka nisu dobiveni nikakvi rezultati. Naime, naciepljivanjem bistrih uzoraka vode na različite hranjive podloge, nisu narasle nikakve kolonije, pa tako nije ni utvrđeno postojanje ukupnih koliforma

u tim vodama. S obzirom na to, može se pretpostaviti da je broj kolonija ukupnih koliforma manji od 10/mL, budući da ni pri najmanjem razrjeđenju, na podlozi nisu izrasle kolonije.

Istraživanje je, dakle, pokazalo da je na čitavom području grada Zagreba prisutno veće ili manje onečišćenje površinskih voda. To je zagađenje posljedica ispuštanja otpadnih voda izravno ili neizravno u okoliš. Nedostatak iskustva i znanja, a ponekad i novca, uzrok su pogoršanja kakvoće voda. U svrhu poboljšanja kvalitete voda, trebalo bi prvenstveno djelovati na ekološku svijest stanovništva. Također, planiranje i gospodarenje prostorom omogućava razboritu zaštitu okoliša. Stalnim motrenjem stanja okoliša, kao i izvora onečišćenja, moguće je donositi upravljačke odluke o učinkovitosti predviđenih mjera zaštite te potrebu uvođenja dodatnih postupaka za poboljšanje i očuvanje kakvoće voda. Gospodarske i financijske mjere u neposrednoj su vezi sa stanjem okoliša. Očuvanje čistog okoliša zahtijeva ponekad visoke troškove za izgradnju, pogon i održavanje objekata za nadzor ispuštene otpadne tvari. No, ako sagledamo moguće posljedice onečišćenja voda na zdravlje ljudi (pojava bolesti, ponekad epidemija...) i na samu prirodu (izobličenosť krajolika, smanjenje biološke raznolikosti, mogućnosť korišćenja okoliša za razonodu i sportove...), ulaganja u zaštitu i poboljšanje kakvoće voda, ne bi smjela biti upitna (Tedeshi, 1997).

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu istraživana je koncentracija ukupnih koliforma iz uzoraka površinskih voda sa različitih lokacija na području grada Zagreba. Ispitivanje je vršeno kultivacijom ukupnih koliforma na četiri komercijalne krute hranjive podloge (EC X-Gluc, Mac Conkey, Endo i m-Faecal Coliform agara).

Na temelju provedenog istraživanja i dobivenih rezultata može se zaključiti :

- koncentracija ukupnih koliforma bitno je različita s obzirom na lokaciju uzimanja uzorka
- najveća koncentracija ukupnih koliforma na području grada Zagreba, utvrđena je u vodama tekućicama. To se prvenstveno odnosi na Vugrov potok, Vrapčak, Črnomerec i Srednjak
- koncentracija ukupnih koliforma je veća na lokacijama koje su pod konstantnim utjecajem otpadnih voda iz domaćinstava
- u 6 od 19 ispitivanih uzoraka, prema broju ukupnih koliforma, utvrđena je V vrsta vode
- preostalim uzorcima utvrđena je IV vrsta vode

Istraživane površinske vode na području grada Zagreba nalaze se pod konstantnim utjecajem znatnih, kroničnih, fekalnih onečišćenja koja u njih donose prvenstveno kućanske otpadne vode, ali i životinje koje obitavaju u njihovoj sferi. S mikrobiološkog stajališta sasvim je izvjesno da to direktno utječe na sanitarnu kvalitetu površinskih voda.

Rezultati ovog rada pokazali su da je kvaliteta zagrebačkih površinskih voda vrlo niska, što je vrlo poražavajuća činjenica.

7. LITERATURA

Bonadonna, L., Cataldo, C., Semproni, M. (2006): Comparison of methods and confirmation tests for the recovery *Escherichia coli* in water. *Desalination* **213**: 18-23.

Crkvenčić, I., Dugački, Z., Jelen, I., Malić, A., Riđanović, J., Roglić, J., Šegota T., Žuljić, S. (1974): *Geografija Središnje Hrvatske*. Školska knjiga, Zagreb.

Kerovec, M., Meštrov, M., Stilinović, B., Mrakovčić, M., Plenković-Moraj, A., Hršak, V., Ternjej, I., Mihaljević, Z., Gottstein Matočec, S., Popijač, A., Mustafić, P., Žganec, K., Previšić, A., Gligora, M., Kralj, K., Bartovsky, V., Horvat, R., Vajdić, S. (2004): *Detaljni istražni radovi u svezi ispitivanja kakvoće voda u maksimirskim jezerima*. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Kučišec-Tepeš, N. (1994): *Specijalna bakteriologija i odabrana poglavlja iz opće i specijalne mikologije*. Školska knjiga, Zagreb.

Stilinović, B. i Hrenović, J. (2009) : *Bakteriološki praktikum*. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Tedeschi, S. (1997): *Zaštita voda*. Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb.

Weisglass, H. (1988): *Medicinska bakteriologija*. Jumena – jugoslavenska medicinska naklada, Zagreb.

Deduš, B. i Rogulja, V. (2001) : GOK u Projektu optimalizacije kanalizacijskog sustava Zagreb (POKS). *GRAĐEVINAR* 53 (2001) 4: 242, 244

Narodne novine (1998): *Uredba o klasifikaciji voda Republike Hrvatske*. Br. 77.

Hrenović, J. i Šimunović, S. (2009): *Podobnost komercijalnih krutih hranjivih podloga za izolaciju ukupnih koliformnih bakterija iz površinskih voda Hrvatske vode*, u tisku

Korištene web stranice :

<http://en.wikipedia.org>

<http://travel.yahoo.com>

<http://www.park-maksimir.hr>

<http://www.pp-medvednica.hr>

<http://www.destinacije.com>

<http://www.voda.hr>

<http://narodne-novine.nn.hr>

<http://www.biol.pmf.hr>

<http://www.zdravlje.hr>

<http://www.eol.org>

<http://www.steve.gb.com>

<http://www.biolifeit.com>

<http://www.microtradeuk.com>

<http://www.lzmk.hr>