



Istraživački rad za natjecanje iz biologije

5.ožujka, 2014.

---

Vladimir Novak

---

Mentor:  
prof. Emica Pandurić

---

## **UTJECAJ UMJETNOGA GNOJIVA NA RAZVOJ SLATKOVODNOG EKOSUSTAVA ALGI**

---

Vladimir Novak

Privatna umjetnička gimnazija s pravom javnosti, Tuškanac 77, 10000 Zagreb  
**info@pug.hr**  
01/4834-137  
**Zagreb**

---

Pregledano



Agencija za odgoj i obrazovanje



Istraživački rad za natjecanje iz biologije

5.ožujka, 2014.

---

III. razred

---

# UTJECAJ UMJETNOGA GNOJIVA NA RAZVOJ SLATKOVODNOG EKOSUSTAVA ALGI

---



Agencija za odgoj i obrazovanje

## SADRŽAJ

<u>1. UVOD</u> .....	1
1.1. Općenito o algama.....	1
1.2. Gnojivo.....	2
<u>2. OBRAZLOŽENJE</u>	
<u>TEME</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1. Obrazloženje problema.....	3
2.2. Cilj istraživanja.....	4
<u>3. MATERIJAL I METODE</u>	
<u>RADA</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1. Materijal.....	5
3.2. Pribor.....	5
3.3. Metode rada.....	6
<u>4.</u>	
<u>REZULTATI</u> .....	<b>Error!</b>
<b>r! Bookmark not defined.</b>	
4.1. Analiza rezultata kemijske analize vode.....	9
4.2. Grafički prikaz rezultata.....	13
4.3. Analiza morfološkog izgleda vode.....	16
<u>5.</u>	
<u>RASPRAVA</u> .....	<b>Error!</b>
<b>r! Bookmark not defined.</b>	
<u>6.</u>	
<u>ZAKLJUČCI</u> .....	<b>Error!</b>
<b>r! Bookmark not defined.</b>	
<u>7.</u>	
<u>SAŽETAK</u> .....	<b>Error!</b>
<b>r! Bookmark not defined.</b>	
<u>8. POPIS</u>	
<u>LITERATURE</u> .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	

## 1.UVOD

Protistologija je grana biologije koja se bavi proučavanjem jednostaničnih, eukariotskih organizama *Protista ili Protoktista* (Avila i sur., 1995).

### 1.1. Općenito o algama

Alge pripadaju carstvu protoktista. U to carstvo ulazi oko 35 000 vrsta eukariotskih organizama (Dolenec i Rusak, 2011).

Alge su autotrofni protoktisti nalik biljkama. One su autotrofni eukariotski organizmi jednostanične ili jednostavne višestanične građe, koje najvećim dijelom žive u vodi (Dolenec i Rusak, 2011).

Većina algi su uglavnom morske alge u oceanima, a manji dio čine slatkovodne alge.

Alge su različitih veličina, od sićušna pikoplanktona koji se mora 1.000 puta povećati da bismo ga mogli vidjeti, pa sve do gigantskih trava u oceanima koje imaju i do 50 m dužine (Avila i sur., 1995).

Alge su biljni organizmi bez korijena, lišća ili cvjetova. Njihovo nediferencirano tijelo se naziva steljka.

Same alge su heterogena skupina organizama i među njima postoje bitne razlike. Te su razlike prisutne u građi njihovih rasplodnih stanica, vrsti klorofila i vrsti pričuvnih tvari koje skladište u svojim stanicama. Osnovne skupine algi su: bičšaši, kremenjašice, zelene alge, smeđe alge te crvene alge (Dolenec i Rusak, 2011).

Skupinu bičšaša čine zeleni bičšaši (predstavnik: zelena euglena) i svijetleći bičšaši (*Noctiluca miliaris*). Kremenjašice (Diatomeae) su brojna skupina s velikim brojem vrsta algi stoga su među najvećim proizvođačima kisika na Zemlji.

Zelene alge (Chlorophyta) većinom žive u slatkim vodama ili vlažnim staništima. Manji dio zelenih algi prebiva u oceanima. One su uglavnom višestanični organizmi, iako među njima ima i jednostaničnih oblika koji žive pojedinačno i u kolonijama. Među najpoznatije jednostanične alge koje žive pojedinačno pripadaju klamidomonas, kišna alga i jadranski klobučić. Najpoznatije jednostanične zelene alge koje žive u kolonijama pripadaju slatkovodne alge volvoks i morska mrižica. Među najpoznatije višestanične zelene alge ubrajamo spirogiru, kaulerpu, morsku salatu, kladoforu i parožine (Bogut i sur., 2014).

## 1.2. Gnojivo

Gnojivo je mješavina tvari koja se koristi u poljoprivredi ili vrtlarstvu za poboljšanje rasta biljki. Gnojivo može biti prirodno ili umjetno. Umjetno gnojivo je proizvod kemijske industrije. Sastav gnojiva čine tri glavna biogena elementa: dušik, fosfor i kalij. Organske kemijske tvari, kao što su soli dušika i fosfora, pogoduju rastu slatkovodnih algi (Jungić i sur., 2013). Umjetna gnojiva imaju veliku primjenu u poljoprivredi.

Umjetna su gnojiva topljiva u vodi te od njihove ukupne količine u tlu veći dio iskoriste biljke. Dušik je najvažniji nutrijent koji se koristi za ishranu bilja (Mengel i sur., 2006).

U prirodi se javlja u obliku dva izotopa  $^{14}\text{N}$  – 99,62 % i  $^{15}\text{N}$  – 0,38 %, dok se njegova najveća količina javlja u atmosferi u obliku elementarnog plina  $\text{N}_2$ . U atmosferi se također može javiti u obliku dušičnog oksida i vrlo maloj količini u obliku amonijaka. Ciklus dušika je uvjetovan različitim fizikalnim, kemijskim i biološkim procesima (Follett i Hattfield, 2001., Galloway, 1998.). Nitratni ioni, kao anioni, nemaju sposobnost vezanja na adsorpcijski kompleks tla te su zbog toga podložni ispiranju u dublje slojeve tla i podzemnu vodu (Mkandawire, 2008., Wendland i sur., 2005.)

Oborine utječu na brzinu procjeđivanja nitrata i procese razgradnje gnojiva, te se s povećanjem oborina povećava i koncentracija dušika u podzemnim vodama. Rozemeijer i sur. (2009.) su utvrdili da koncentracije nitrata u podzemnim vodama variraju između 55% i 153% od prosječne koncentracije uslijed varijacija u količini oborina.

## 2. OBRAZLOŽENJE TEME

### 2.1. Obrazloženje problema

Slatkovodni ekosustav pogodan je za istraživanje različitih vanjskih utjecaja na razvoj slatkovodnih vrsta algi. Alge su fotosintetski autotrofni organizmi (Dolenec i Rusak, 2011).

Fotosinteza je proces u kojem se energija sunčeva zračenja pretvara u kemijsku energiju.

Fotosinteza se obavlja u biljkama, algama i u nekim bakterijama. To su organizmi koji u svojim stanicama imaju klorofil i obično su zelene boje. Proces fotosinteze se odvija u kloroplastima, u citoplazmi stanica. Pogonska energija u procesu fotosinteze je svjetlosna energija. U reakciju ulaze voda i ugljični dioksid, a fotosintezom nastaju ugljikohidrati i kisik (Dolenec i Rusak, 2011).

Proces fotosinteze prikazan kemijskom jednadžbom:  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Alge, kao autotrofni fotosintetski organizmi, fiksiraju ugljični dioksid, a proizvode kisik i organsku tvar. Stoga alge imaju značajnu ulogu u hranidbenom lancu vodenih ekosustava (Bogut i sur., 2014).

Vodeni ekosustavi se često nalaze u blizini poljoprivredno obradivih površina tretiranih s umjetnim dušičnim gnojivima. Sastav gnojiva čine u dušik, fosfor i kalij. Organske kemijske tvari, kao što su soli dušika i fosfora, pogoduju rastu slatkovodnih algi. Zbog svog sastava, umjetna gnojiva pospješuju rast algi.

Da bi se ustanovila opskrbljenost tla biljnih hranivima, na organiziranim poljoprivrednim dobrima provodi se kemijska analiza uzoraka tla. Na osnovi rezultata analize utvrđuje se količina biljnih hraniva koje valja dodati ispitivanoj obradivoj površini. Događa se da pojedinačni proizvođači u seoskim i prigradskim kućanstvima ne raspolažu podacima o sastavu tla te da zbog neznanja rabe umjetna gnojiva u količini većoj od potrebne (Jungić i sur., 2013). Neiskorišteni dio tih gnojiva vodeni tokovi prenose u okoliš pa ga na taj način onečišćuju. Na taj se način mogu onečistiti i izvori pitke vode. Zato se redovito provodi kemijska i biološka analiza pitke vode.

Otjecanje umjetnog gnojiva pospješuje rast algi u zagađenim vodama. Prilikom razgradnje odumrlih algi troši se kisik te voda ostaje bez kisika. Dolazi do eutrofikacije i zbog toga se narušavaju životni uvjeti ostalih pripadnika tog ekosustava (Kajgana, 1999).

Korištenjem umjetnog gnojiva i ispiranjem tla koje je tretirano tim gnojivom, dolazi do zagađenja voda na području na kojem je primijenjeno umjetno gnojivo. To je ozbiljan

ekološki problem, zbog pojave eutrofikacije, koja remeti ravnotežu tog ekosustava. Stoga je potrebno pravilno primjenjivati umjetno gnojivo kako se ne bi zagadio okoliš zbog povećane koncentracije umjetnih gnojiva. Kako bi se spriječio taj problem potrebno je redovito analizirati sastav tla poljoprivrednih zemljišta i koristiti dušično gnojivo samo u dozvoljenoj koncentraciji koju određuje sastav tla. Također je potrebno provoditi i kemijsku analizu vode u ekosustavu.

Analitičke metode omogućuju mjerenje vrlo malih koncentracija onečišćivača vode. Time se može procijeniti njihov utjecaj na okoliš.

Pojačana upotreba umjetnih gnojiva na poljoprivrednim površinama može dovesti do visokih koncentracija sastojaka umjetnog gnojiva u okolišu. To se prvenstveno odnosi na prisustvo dušikovih spojeva (nitrata, nitrita i amonijevih iona) i fosfata, koji se mogu naći i u podzemnim i površinskim vodama u okolini zagađenog poljoprivrednog područja (Senta i sur., 2010).

Kako bi se odredila kvaliteta vode ispituju se već spomenuti indikatori zagađenosti vode (nitrati, amonijevi ioni, nitriti i fosfati), te se određuje tvrdoća vode i njena pH vrijednosti (Filipović i sur., 2013).

Poznavanje vrste i koncentracije zagađenja vode značajno je u provođenju mjera zaštite okoliša. Na osnovu nalaza analize vode može se zaključiti o izvoru zagađenja te odlučiti o potrebnim mjerama i aktivnostima u zaštiti okoliša.

## **2.2. Cilj istraživanja**

Cilj ovog rada je promatrati utjecaj umjetnog gnojiva na rast slatkovodnih algi. Također je cilj dobiti sve mjerljive vrijednosti postotka kisika, nitrata, nitrita, amonijevih iona, pH i tvrdoće vode prije i nakon dodatka dušičnih gnojiva. Ovaj rad treba dokazati direktnu povezanost dušičnih gnojiva i rasta algi, kao i potvrditi povezanost povećanog rasta zelenih algi s povećanom proizvodnjom kisika u ekosustavu. Pretpostavlja se da umjetno gnojivo potiče rast slatkovodnih algi i utječe na promjenu postotka kisika u vodi. Pretpostavka ili hipoteza ovoga rada je da će dodatak umjetnog dušičnog gnojiva u model slatkovodnog ekosustava algi uzrokovati povećanje rasta zelenih algi, što će povećati i ukupnu proizvodnju kisika u ekosustavu. Prema tome zavisna varijabla ili zavisni parametar hipoteze na koji ne možemo utjecati već ga možemo samo mjeriti je proizvodnja kisika u modelu slatkovodnog ekosustava algi. Nezavisni parametar ili varijabla ove hipoteze je koncentracija dušičnog gnojiva koje se dodaje u model slatkovodnog ekosustava algi.

### 3. MATERIJAL I METODE RADA

#### 3.1. Materijali

Za izvođenje ovog istraživačkog rada potrebni su slijedeći materijali:

1. Zelene nitaste alge
2. Cijanobakterije

#### 3.2. Pribor

1. Akvarij- 50L ( 2 komada)
2. Šljunak
3. Voda
4. Vaga
5. Žlica
6. Umjetno gnojivo – *Fertina P*
7. Komplet za kemijsko testiranje vode
8. Termometar
9. Uređaj za mjerenje kisika –oksimetar *Disolved Oxygen Meter HI9146*
10. Tablica za upisivanje uzoraka i nalaza
11. Fotoaparat
12. Naljepnice

Promatrali smo dva modela slatkovodna ekosustava. Njih su činila dva akvarija sa slatkom vodom. U jednom smo pratili utjecaj umjetnog gnojiva na rast algi, a drugi ekosustav je bio kontrola.

Sastav umjetnog gnojiva *FERTINA P - za povrće* (preuzeto s deklaracije o proizvodu)

- NPK 10-5-4+B, Cu, Fe, Mn, Zn
- Dušik (N) 10 %
- Fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 5 %
- Kalij (K<sub>2</sub>O) 4 %
- Bor (B) 0,2 %
- Bakar (Cu) 0,002 %
- Željezo (Fe) 0,02 %
- Mangan (Mn) 0,01 %
- Cink (Zn) 0,02 %



### 3.3. Metode rada

Izvagali smo po 20 g zelenih nitastih algi i stavili ih u svaki akvarij. Na površinu 10 cm \* 10 cm nasadili smo šljunak s modrozelenim algama i u kontrolni i u eksperimentalni akvarij.

Pratili smo količinu algi koja u istom vremenskom periodu, od 9 dana, poraste u svakom od akvarija. Također, u oba akvarija pratili smo slijedeće parametre: temperaturu vode, kiselost vode te koncentraciju nitrata, nitrita, amonij, fosfata i kisika u vodi te tvrdoću vode.

Za dokazivanje nitrata, nitrita, amonija i fosfata koristili smo Komplet za kemijsko testiranje vode. Prilikom korištenja Kompleta za kemijsko testiranje, primijenili smo Upute za sigurno rukovanje.

#### Određivanje nitrata

Bočicu iz Kompleta za kemijsko testiranje vode smo do oznake napunili s uzorkom vode. Dodali smo 2 odmjerne žličice (koje su pričvršćene za čep reagensa) reagensa 1.

Čepom smo zatvorili bočicu i mućkali sadržaj dok se prah u potpunosti nije otopio.

Otvorili smo bočicu i dodali 1 odmjernu žličicu reagensa 2. Čepom smo zatvorili bočicu i mućkali jednu minutu.

Bočicu smo ostavili da odstoji 10 minuta. Nakon što smo otvorili bočicu, usporedili smo boju uzorka vode sa skalom boja za ovu analizu. U tu svrhu položili smo bočicu na okruglo bijelo polje koje okružuje obojani kvadrat. Zatim smo pogledali odozgo u bočicu i usporedili obojani uzorak vode s okolnim obojanim poljem (*Slika 1*). Određena koncentracija napisana je ispod obojanog polja u mg/L za ono polje koje ima istu boju kao i obojeni uzorak vode.

#### Određivanje amonijevih iona

Bočicu iz Kompleta za kemijsko testiranje vode smo do oznake napunili s uzorkom vode.

Dodali smo 10 kapi reagensa 1. Lagano vrteći dno bočice pomiješali smo uzorak s reagensom.

Otvorili smo bočicu i dodali 1 odmjernu žličicu reagensa 2. Čepom smo zatvorili bočicu i mućkali dok se prah nije otopio. Bočicu smo ostavili da odstoji 5 minuta.

Otvorili smo bočicu i dodali 15 kapi reagensa 3. Lagano vrteći dno bočice pomiješali smo uzorak s reagensom. Bočicu smo ostavili da odstoji 7 minuta. Nakon što smo otvorili bočicu, usporedili smo boju uzorka vode sa skalom boja za ovu analizu. U tu svrhu položili smo bočicu na okruglo bijelo polje koje okružuje obojani kvadrat. Zatim smo pogledali odozgo u bočicu i usporedili obojani uzorak vode s okolnim obojanim poljem (*Slika 1*).

#### Određivanje nitrita

Bočicu iz Kompleta za kemijsko testiranje vode smo do oznake napunili s uzorkom vode.

Dodali smo 2 odmjerne žličice (koje su pričvršćene za čep reagensa) reagensa 1.

Bočicu smo ostavili da odstoji 3 minute. Nakon što smo otvorili bočicu, usporedili smo boju uzorka vode sa skalom boja za ovu analizu. U tu svrhu položili smo bočicu na okruglo bijelo polje koje okružuje obojani kvadrat. Zatim smo pogledali odozgo u bočicu i usporedili obojani uzorak vode s okolnim obojanim poljem (*Slika 1*).

#### Određivanje fosfata

Bočicu iz Kompleta za kemijsko testiranje vode smo do oznake napunili s uzorkom vode. Dodali smo 10 kapi reagensa 1i vrtili dno bočice dok se uzorak i reagens nisu pomiješali. Dodali smo 1 kap reagensa 2i vrtili dno bočice dok se uzorak i reagens nisu pomiješali. Bočicu smo ostavili da odstoji 5 minuta. Nakon što smo otvorili bočicu, usporedili smo boju uzorka vode sa skalom boja za ovu analizu. U tu svrhu položili smo bočicu na okruglo bijelo polje koje okružuje obojani kvadrat. Zatim smo pogledali odozgo u bočicu i usporedili obojani uzorak vode s okolnim obojanim poljem (*Slika 1*).

#### Određivanje pH vrijednosti

Bočicu iz Kompleta za kemijsko testiranje vode smo do oznake napunili s uzorkom vode. Dodali smo 3 kapi otopine reagensa. Vrtite smo dno bočice dok uzorak i reagens nisu pomiješali. Nakon što smo otvorili bočicu, usporedili smo boju uzorka vode sa skalom boja za ovu analizu. U tu svrhu položili smo bočicu na okruglo bijelo polje koje okružuje obojani kvadrat. Zatim smo pogledali odozgo u bočicu i usporedili obojani uzorak vode s okolnim obojanim poljem (*Slika 1*).

#### Određivanje tvrdoće vode

Bočicu iz Kompleta za kemijsko testiranje vode smo do oznake napunili s uzorkom vode. Dodali smo otopinu reagensa kap po kap (pri tome držeći bočicu s reagensom okomito) i vrtili dno bočice konstantno, kako bismo osigurali temeljito miješanje s uzorkom vode. Brojali smo kapi dok se sve jače ružičasto obojenje nije pretvorilo u plavo. Ukupna tvrdoća u stupnjevima Njemačke tvrdoće (°d) jednaka je broju kapi otopine reagensa koja je bila potrebna za promjenu boje.

#### Određivanje sadržaja kisika

Kisik smo mjerili uređajem za mjerenje kisika - oksimetrom.

Izmjerene parametre upisivali smo se u *Tablicu za upisivanje uzoraka i nalaza*.

Izgled promatranih akvarija fotografski smo dokumentirali svakih 48 sati tijekom slijedećih 9 dana trajanja ispitivanja. Svakih 48 sati smo vizualno uspoređivali razlike između sadržaja pojedinih akvarija. Zapažanja o izgledu njihovog sadržaja smo bilježili zapisivanjem u *Tablicu za upisivanje uzoraka i nalaza*. Dobivene podatke računalno smo obradili te grafički prikazali uz pomoć Microsoft Excel programa.



Slika 1: Određivanje koncentracije ispitivanih parametara

## 4. REZULTATI

### 4.1. Analiza rezultata kemijske analize vode

Ispitivanja smo vršili u dva akvarija.

Jedan je akvarij bio KONTROLA, drugi akvarij je sadržavao umjetno gnojivo (TEST 1).

Izmjerali smo ukupnu masu zelenih nitastih algi. Ta je ukupna masa iznosila 40 g.

U svaki akvarij smo stavili po 20 g zelenih nitastih algi.

Prije dodavanja umjetnog gnojiva u drugi akvarij, provjerili smo ispitivane parametre u oba akvarija. Tada su oba akvarija imala isti sadržaj. Time smo saznali početne vrijednosti promatranih parametar u oba akvarija.

Termometrom smo izmjerili temperaturu vode u oba akvarija. Temperatura vode je u oba akvarija bila ista i iznosila je 21,3° C.

Koristeći Komplet za kemijsko testiranje vode izmjerili smo kiselost vode u oba akvarija. Kiselost vode u oba akvarija je bila ista i iznosila je 7.5.

Koristeći Komplet za kemijsko testiranje vode izmjerili smo koncentraciju nitrata u oba akvarija. Koncentracija nitrata u oba akvarija bila je ista i iznosila je 10 mg/L.

Koristeći Komplet za kemijsko testiranje vode izmjerili smo koncentraciju nitrita u oba akvarija. Koncentracija nitrita u oba akvarija bila je ista i iznosila je 0.02 mg/L.

Koristeći Komplet za kemijsko testiranje vode izmjerili smo koncentraciju amonija u oba akvarija. Koncentracija amonija u oba akvarija bila je ista i iznosila je 0.05 mg/L.

Koristeći Komplet za kemijsko testiranje vode izmjerili smo koncentraciju fosfata u oba akvarija. Koncentracija fosfata u oba akvarija bila je ista i iznosila je 0.5 mg/L.

Koristeći Komplet za kemijsko testiranje vode odredili smo tvrdoću vode u oba akvarija. Tvrdoća vode u oba akvarija je bila ista i iznosila je 18 °d (stupnjeva Njemačke tvrdoće).

Oksimetrom smo izmjerili sadržaj kisika, koji je u oba akvarija iznosio 43.1%.

Sve izmjerene parametre smo zabilježili (*Tablica 1*).

*Tablica 1a: Tablični prikaz učinjenih mjerenja 13.01.2014. (prije dodavanja umjetnog gnojiva)*

PARAMETAR	KONTROLA	TEST 1
Temperatura (t)	20 °C	20 °C
Koncentracija nitrata	10 mg/L	10 mg/L
Koncentracija nitrita	0.02 mg/L	0.02 mg/L
Koncentracija amonija	0.05 mg/L	0.05 mg/L
Koncentracija fosfata	0.5 mg/L	0.5 mg/L
Kiselost (pH)	7.5	7.5
Tvrdoća vode	18 °d	18 °d
Kisik	43.1%	43.1%
Izgled vode	Bistra	Bistra

Nakon što smo zabilježili početne vrijednosti u oba akvarija u trenutku kad su se oni imali isti sadržaj, u drugi smo akvarij (TEST1) dodali 90 ml umjetnog gnojiva.

Slijedeću analizu smo učinili 48 sati nakon dodavanja umjetnog gnojiva (*Tablica 1b*). U promatranim akvarijima nismo uočili promjene u vrijednostima nitrata, nitrita, amonija, fosfata, pH vrijednosti i tvrdoći vode u odnosu na vrijednosti tih parametara prije dodavanja umjetnog gnojiva u akvarij *Test 1*.

No, u oba akvarija došlo je do porasta postotka kisika u vodi ( *Kontrola: 59.7%, Test 1: 66.1%*). Također, uočili smo razliku u izgledu vode u promatranim akvarijima. U oba akvarija voda je bila lagano замуćена u odnosu na izgled prije 48 sati. U akvariju s umjetnim gnojivom (*Test 1*) je poraslo nešto više algi nego u akvariju bez umjetnog gnojiva.

*Tablica 1b: Tablični prikaz učinjenih mjerenja 15.01.2014. (48h nakon dodavanja 90 ml umjetnog gnojiva)*

PARAMETAR	KONTROLA	TEST 1
Temperatura (t)	19 °C	19 °C
Koncentracija nitrata	10 mg/L	10 mg/L
Koncentracija nitrita	0.02 mg/L	0.02 mg/L
Koncentracija amonija	1 mg/L	1 mg/L
Koncentracija fosfata	0.5 mg/L	0.5 mg/L
Kiselost (pH)	7.0 - 7.5	7.0 - 7.5
Tvrdoća vode	15°d	15 °d
Kisik	59.7%	66.1%
Izgled vode	Blago замуćена	Blago замуćена

Slijedeću analizu smo učinili 96 sati nakon dodavanja umjetnog gnojiva, tj. peti dan trajanja pokusa (*Tablica 1c*). U promatranim akvarijima nismo uočili promjene u vrijednostima nitrata, nitrita, amonija. Došlo je do promjene vrijednosti fosfata (Kontrola: 1.2 mg/L, a akvarij s umjetnim gnojivom *Test 1*: > 6 mg/L). pH vrijednost se promijenila u akvariju koji je bio kontrola i iznosila je 8. U akvariju s umjetnim gnojivom pH vrijednost se nije promijenila u odnosu na početak i iznosila je 7.5. Tvrdoća vode bila je smanjena u oba akvarija (kontrola: 14°d), ali izraženije u akvariju *Test 1*, gdje je iznosila 12°d. Postotak kisika je porastao u odnosu na početak pokusa, ali i u odnosu na prethodno mjerenje (prije 48 sati) i iznosio je za Kontrolu: 64%, za *Test 1*: 65.3%

U oba akvarija voda je bila jače zamućena u odnosu na izgled prije 48 sati, a značajno zamućenija u odnosu na izgled prvog dana pokusa. U akvariju s umjetnim gnojivom (*Test 1*) je poraslo značajno više algi nego u akvariju bez umjetnog gnojiva, u odnosu na početak pokusa.

*Tablica 1c: Tablični prikaz učinjenih mjerenja 17.01.2014. (5 dana nakon dodavanja 90 ml umjetnog gnojiva)*

PARAMETAR	KONTROLA	TEST 1
Temperatura (t)	21°C	21°C
Koncentracija nitrata	10 mg/L	10 mg/L
Koncentracija nitrita	0.03 mg/L	0.03 mg/L
Koncentracija amonija	0.2 mg/L	0.2 - 1 mg/L
Koncentracija fosfata	1.2 mg/L	> 6 mg/L
Kiselost (pH)	8	7.5
Tvrdoća vode	14°d	12°d
Kisik	64%	65.3%
Izgled	Blago zamućena	Zamućena

Slijedeću analizu smo učinili 7 dana nakon dodavanja umjetnog gnojiva (*Tablica 1d*). U promatranim akvarijima nismo uočili promjene u vrijednostima nitrata, ali su se promijenile vrijednosti nitrita, amonija i fosfata. Došlo je do promjene vrijednosti nitrita (Kontrola: 0.1, *Test 1*: 3 mg/L.) Koncentracije amonija bile su: Kontrola: 0.2, *Test 1*: 3 mg/L. Koncentracije fosfata iznosile su: Kontrola: 0.5 mg/L, *Test 1*: 3 mg/L. pH vrijednost u akvariju koji je bio kontrola iznosila je 8. U akvariju s umjetnim gnojivom pH vrijednost se smanjila i iznosila je 7. Tvrdoća vode bila je smanjena u odnosu na početak pokusa, ali istovjetna prethodnom mjerenju (Kontrola: 14°d, *Test 1*: 12°d). Postotak kisika je porastao u odnosu na početak

pokusa, ali i u odnosu na prethodno mjerenje (prije 48 sati) i iznosio je za Kontrolu: 114.6%, za *Test 1*: 117.2%. U oba akvarija voda je bila jače zamućenija u odnosu na izgled prije 48 sati, a značajno zamućenija u odnosu na izgled prvog dana pokusa. U akvariju s umjetnim gnojivom (*Test 1*) je poraslo značajno više algi nego u akvariju bez umjetnog gnojiva, u odnosu na početak pokusa.

*Tablica 1d: Tablični prikaz učinjenih mjerenja 19.01.2014. (7 dana nakon dodavanja 90 ml umjetnog gnojiva)*

PARAMETAR	KONTROLA	TEST 1
Temperatura (t)	20°C	20°C
Koncentracija nitrata	10 mg/L	10 mg/L
Koncentracija nitrita	0.1 mg/L	0.5 mg/L
Koncentracija amonija	0.2 mg/L	3 mg/L
Koncentracija fosfata	0.5 mg/L	3 mg/L
Kiselost (pH)	8	7
Tvrdoća vode	14 °d	12°d
Kisik	114.6%	117.2%
Izgled	Zamućena	Značajno zamućena

Slijedeću analizu smo učinili 9 dana nakon dodavanja umjetnog gnojiva (*Tablica 1e*). U promatranim akvarijima nismo uočili promjene u vrijednostima nitrata, ali su se promijenile vrijednosti nitrita, amonija i fosfata. Došlo je do promjene vrijednosti nitrita (Kontrola: 0.1, *Test 1*: 0.5 mg/L). Koncentracije amonijevih iona bile su iste u oba promatrana akvarija i iznosile su: 0.05 mg/L. Koncentracije fosfata iznosile su: Kontrola: 0.5 mg/L, *Test 1*: 6 mg/L, pH vrijednost u akvariju koji je bio kontrola iznosila je 7.5. U akvariju s umjetnim gnojivom pH vrijednost se smanjila i iznosila je 6.5. Tvrdoća vode bila je smanjena u odnosu na početak pokusa i u odnosu na prethodno mjerenje (Kontrola: 12°d, *Test 1*: 11°d). Postotak kisika je porastao je u odnosu na početak pokusa, ali se smanjio u odnosu na prethodno mjerenje (prije 48 sati) i iznosio je za Kontrolu: 101.5%, za *Test 1*: 117.7%.

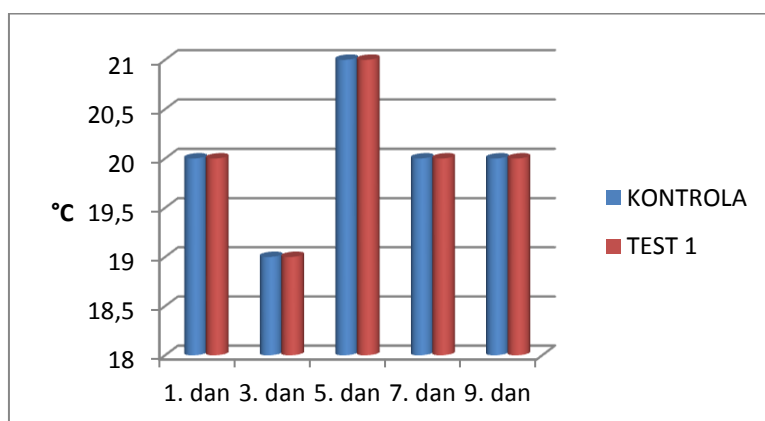
U oba akvarija voda je bila jače zamućenija u odnosu na izgled prije 48 sati, a značajno zamućenija u odnosu na izgled prvog dana pokusa. U akvariju s umjetnim gnojivom (*Test 1*) je poraslo značajno više algi nego u akvariju bez umjetnog gnojiva, u odnosu na početak pokusa.

Tablica 1e: Tablični prikaz učinjenih mjerenja 21.01.2014. (9 dana nakon dodavanja 90 ml umjetnog gnojiva)

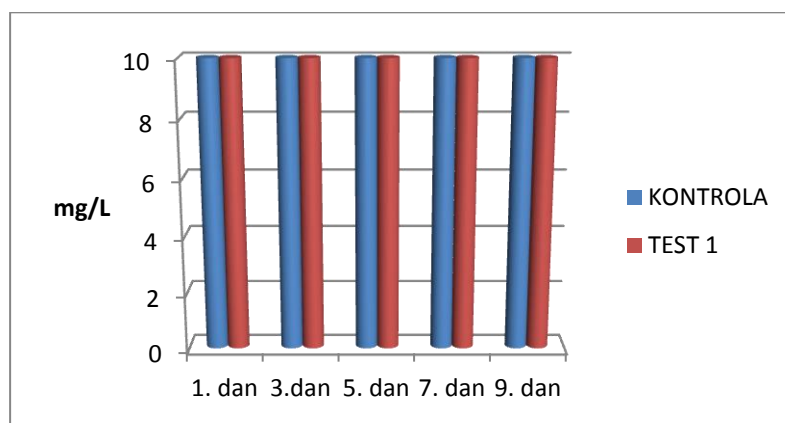
PARAMETAR	KONTROLA	TEST 1
Temperatura (t)	20°C	20°C
Koncentracija nitrata	10 mg/L	10 mg/L
Koncentracija nitrita	0.1 mg/L	0.5 mg/L
Koncentracija amonija	0.05 mg/L	0.05 mg/L
Koncentracija fosfata	0.5 mg/L	> 6 mg/L
Kiselost (pH)	7.5	6.5
Tvrdoća vode	12°d	11°d
Kisik	101.5%	111.7%
Izgled	Značajno zamućena	Vrlo jako zamućena

## 4.2. Grafički prikaz rezultata

Promjene promatranih parametara (temperatura vode, koncentracije nitrata, nitrita, amonijevih iona, fosfata te kiselost, tvrdoća vode i postotak kisika) u vremenskom intervalu od 9 dana grafički su prikazani na grafovima *Graf 1 - Graf 8*.

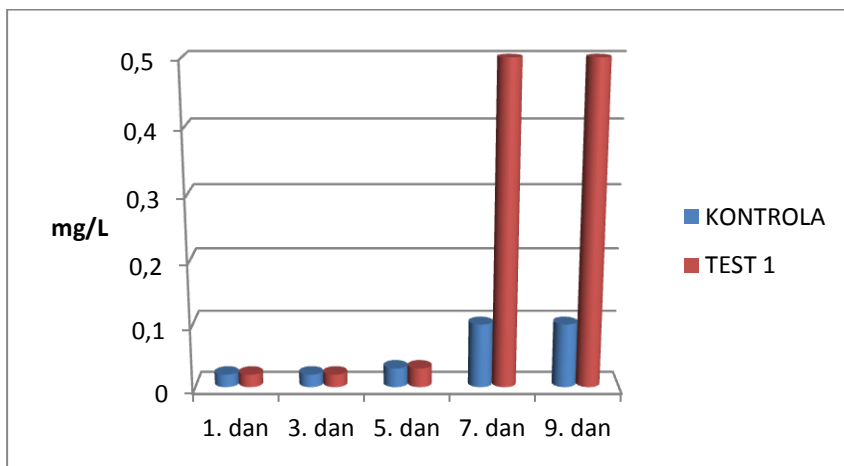


Graf 1. Promjena temperature (°C) u vremenskom intervalu (dani)

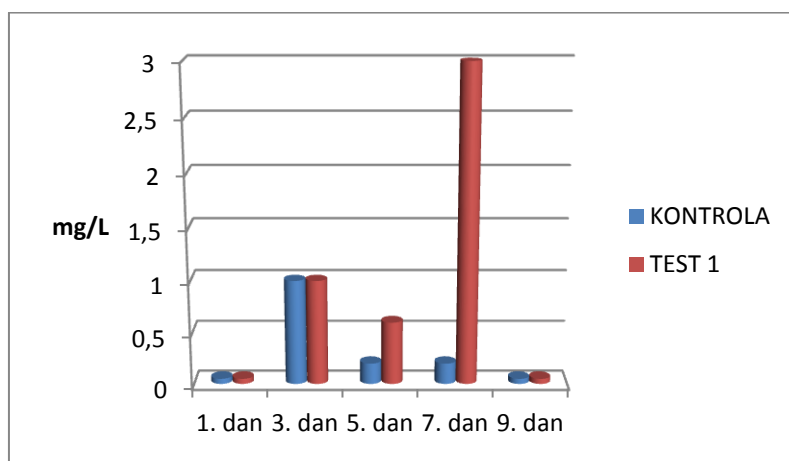


Graf 2. Promjena koncentracija nitrata (mg/L) u vremenskom intervalu (dani)

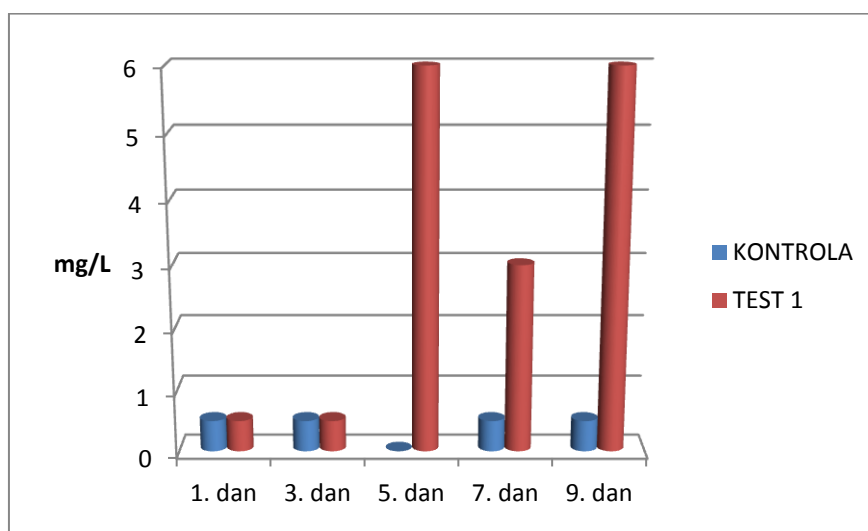




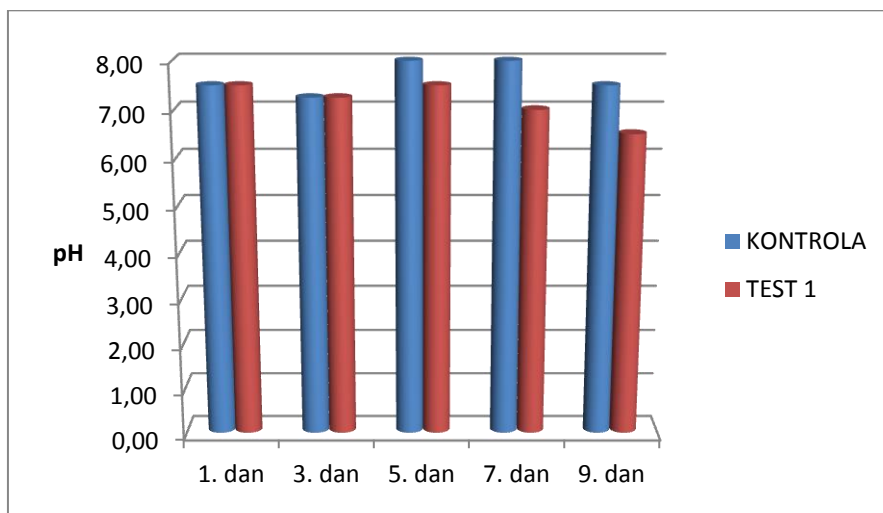
Graf 3. Promjena koncentracija nitrita (mg/L) u vremenskom intervalu istraživanja (dani)



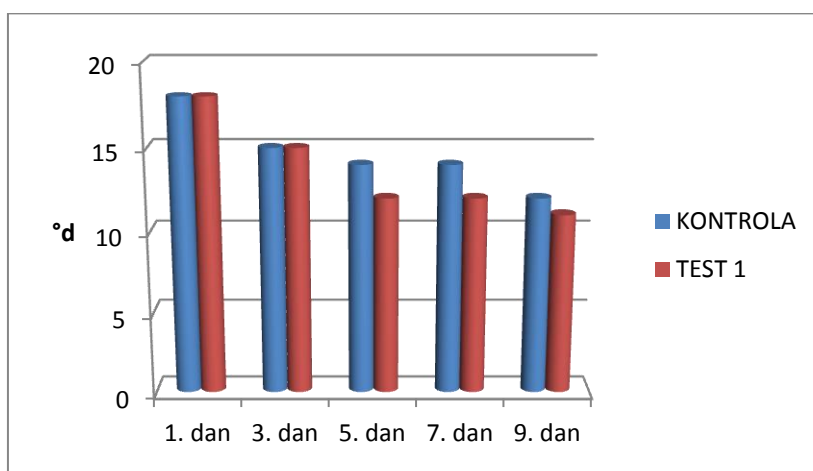
Graf 4. Promjena koncentracija amonijevih iona (mg/L) u vremenskom intervalu (dani)



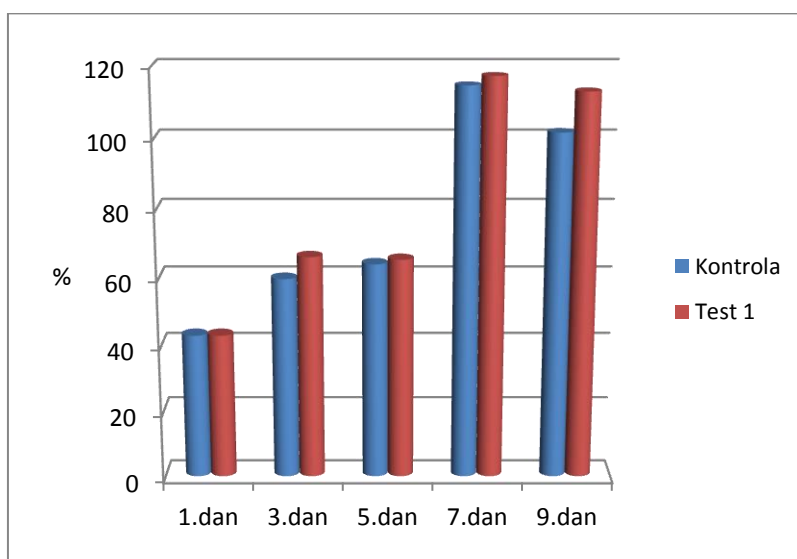
Graf 5. Promjena koncentracija fosfata (mg/L) u vremenskom intervalu (dani)



Graf 6. Promjena kiselosti (pH) u vremenskom intervalu (dani)



Graf 7. Promjena tvrdoća vode (°d) u vremenskom intervalu (dani)



Graf 8. Promjena postotka kisika (%) u vremenskom intervalu (dani)

### 4.3. Analiza morfološkog izgleda vode

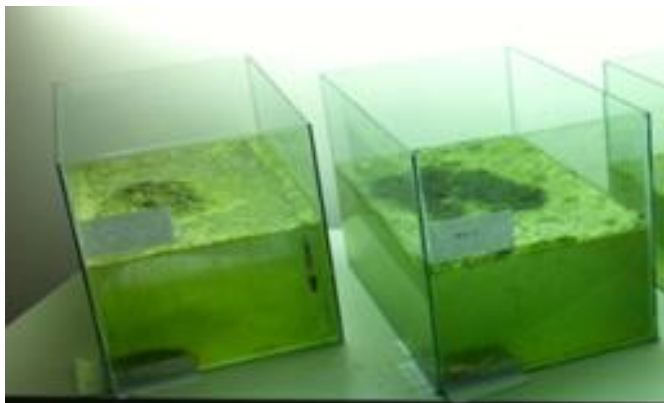
Osim u kemijskom sastavu, tijekom trajanja pokusa, uočena je i razlika u izgledu vode u promatranim akvarijima (tablica 1 a-e).

U oba akvarija voda je bila zamućenija u odnosu na izgled vode na početku promatranja. Zamućenje se pojačavalo prilikom svakog slijedećeg promatranja, koje se događalo svakih 48 sati. U akvariju s umjetnim gnojivom (Test 1) je poraslo značajno više algi nego u akvariju bez umjetnog gnojiva, u odnosu na početak pokusa, a voda je bila zamućenija u odnosu na Kontrolu.

Slike 2 i 3 pokazuju promjenu izgleda vode u promatranim akvarijima. Na slikama je vidljivo da se prozirnost vode promijenila te da je došlo do promjene količine zelenih nitastih algi. Promjena je snimljena devetog dana promatranja.



*Slika 2: Izgled akvarija na početku pokusa, prije dodavanja gnojiva*



*Slika 3: Izgled akvarija 9. Dan od početka pokusa*

## RASPRAVA

Ispitivanjem kemijskog sastava vode ustanovili smo da postoje razlike izmjerenih parametara u odnosu na njihove vrijednosti s početka pokusa. Razlike su prisutne kada se analiziraju promatrani parametri (nitrati, nitriti, amonij, fosfati, pH, postotak kisika, tvrdoća vode) tijekom trajanja pokusa kako za svaki promatrani akvarij, tako i između promatranih akvarija. Također, vizualno je ustanovljen porast, tj. veća količina algi u odnosu na početak pokusa. To ukazuje da je slatkovodni sustav pogodan za razvoj algi. Ovakvo opažanje je bilo očekivano, jer su uvjeti za razvoj algi, koji uključuju svjetlo i sobnu temperaturu (oko 20 °C) bili optimalni (Chen i sur, 2012). Razlike u vrijednostima ispitivanih parametara su posljedica biokemijskih procesa u promatranim akvarijima. To se odnosi na rast (povećanje količine zelenih algi) i na proces fotosinteze. Alge, kao fotosintetski organizmi, fotosintezom proizvode kisik (Dolenec i Rusak, 2011). Ta činjenica objašnjava porast izmjerenog postotka kisika u promatranim akvarijima. U akvariju u koji je dodano umjetno gnojivo (Test 1) uočen je veći porast količine algi u odnosu na Kontrolu. Umjetno gnojivo zbog svog kemijskog sastava koje uključuje nitrata i fosfate pogoduje razvoju algi (Jungić i sur. 2013). Posljedično, u tom se akvariju (Test 1) odvijao najintenzivniji proces fotosinteze, pa je i postotak kisika u tom akvariju bio veći. Porast postotka kisika uočen je u prva tri mjerenja, a u posljednjem mjerenju uočen je trend opadanja postotka kisika u vodi. Ta činjenica ukazuje da je potrošnja kisika nadvladala proizvodnju kisika, što govori u prilog procesu truljenja algi. Prilikom umiranja algi, za njihovu razgradnju potrebna je kisik, čime se smanjuje sadržaj kisika u vodi. Zbog prisustva umjetnog gnojiva, uočen je niži pH u akvariju koji je sadržavao umjetno gnojivo (Test 1). Taj se nalaz može objasniti kemijskom reakcijom nitrata i fosfata s vodom, pri čemu dolazi do nastajanja kiselina, što snižava pH vrijednost (Dolenec i Rusak, 2011). Tvrdoća vode se tijekom provođenja pokusa smanjivala u oba akvarija. U akvariju u kojem je bio intenzivniji rast algi (Test 1) tvrdoća vode je bila niža u odnosu na Kontrolu. Prisutnost kemijskih tvari iz gnojiva nije bila jasno dokazana, što može ukazivati na neosjetljivost kemikalija iz seta na koncentracije.

## 5. ZAKLJUČCI

Rezultati promatranja kemijskog sastava i zglada promatranih akvarija tijekom vremenskog razdoblja od 9 dana nakon postavljanja pokusa pokazuju da dodatak umjetnog gnojiva pogoduje rastu algi. Prisutnost algi utječe na sadržaj kisika u vodi. Raspadanjem algi troši se kisik i njegova se prisutnost u vodi smanjuje. Objašnjenje takvih rezultata bi bio proces eutrofikacije. Povećanim razvojem algi dolazi i do povećanja koncentracije nitrita što se može vidjeti na *Grafu 3*. Nakon dodatka dušičnog gnojiva zapaža se porast i amonijevih iona, što se može vidjeti na *Grafu 4*. Obzirom da je sastav dušičnog gnojiva koje je dodano u ekosustav N:P:K može se zapaziti i rast fosfatnih iona na *Grafu 5*. Sveukupni porast kisika je praćen sve većim razvojem algi nakon dodatka gnojiva što pokazuje *Graf 8*. Dobiveni rezultati ukazuju na potvrdu prvotno postavljene hipoteze da dodatak dušičnog gnojiva pospješuje rast algi i da s povećanjem rasta dolazi do povećanja produkcije kisika u ekosustavu. Također je ovim radom dokazan i početni stadij eutrofikacije, odnosno stanje smanjenog postotka kisika u modelu ekosustava zbog prekomjernog razvitka algi i njihovog odumiranja.

## 6. SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je promatrati utjecaj umjetnog gnojiva na rast zelenih slatkovodnih algi i promjene u kemijskom sastavu vode.

Promatrali smo dva slatkovodna ekosustava. Njih su činila dva akvarija sa slatkom vodom i 20 g zelenih nitastih algi.

U jednom smo pratili utjecaj umjetnog gnojiva na rast algi, a drugi model ekosustava je bio kontrola. On je po svom sastavu bio istovjetan drugom sustavu, te nije sadržavao umjetno gnojivo.

Pratili smo količinu algi koja u istom vremenskom periodu od 9 dana poraste u svakom od akvarija. Također, u oba akvarija pratili smo slijedeće parametre: temperaturu vode, postotak kisika, tvrdoću, kiselost vode te koncentraciju nitrata, nitrita, amonija i fosfata u vodi.

Za određivanje vrijednosti nitrata, nitrita, amonija i fosfata te kiselosti i tvrdoće vode koristili smo reagense iz Kompleta za kemijsko testiranje.

Kisik smo mjerili uređajem za mjerenje kisika. Rezultati promatranja kemijskog sastava i izgleda vode u oba akvarija tijekom razdoblja od 9 dana nakon postavljanja pokusa pokazuju da umjetno gnojivo potiče rast slatkovodnih algi.

Pod utjecajem umjetnog gnojiva došlo je promjene kemijskog sastava vode, koji pogoduje rastu algi. Prisutnost algi utječe na postotak kisika u vodi. Truljenjem algi smanjuje se postotak kisika u vodi.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Bogut I., Futivić I, Špoljarević M, Bakarić A. 2014. Autotrofni protoktisti, U Novoselić D. (ur.), Biologija 1: Udžbenik iz biologije za drugi razred gimnazije. Alfa, Zagreb, str. 32-44.
2. Chen S-Y., Pan L-Y. i sur, 2012. The effects of temperature on the growth of and ammonia uptake by marine microalgae. *Botanical Studies* 53: 125-133.
3. Đakovac T., 2005. Eutrofikacija, U Bertoša M., Matijašić R.(ur.). Istarska enciklopedija (953-6036-83-5). Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, str. 214.
4. Dolenc Z., Rusak G. 2011. Carstvo protoktista, U Mezga T. (ur.), Živi svijet 2: Udžbenik iz biologije za drugi razred gimnazije. Profil, Zagreb, str. 46-77.
5. Jambrović F. 2013. Onečišćenje, zaštita i stanje kvalitete vode za piće Međimurske županije. Stručni rad. UDK 504: 628(497.524)
6. Jungić D., Husnjak S. i sur. 2013. Mineralni dušik u tlu i procjednoj vodi u uvjetima intenzivne ratarske proizvodnje na lokaciji Vinokovščak. *Agronomski glasnik*, Vol. 75, No.2-3: 97-106.
7. Kajgana Lj. 2010. Stresno stanje u gojidbi riba - uzroci i posljedice. *Croatian Journal of Fisheries*, Vol.57 No.1: 37-41.
8. Meštrov M., Draganović Z. 2014. Utjecaj čovjeka na prirodu, U Matekalo-Draganović J. (ur.), Ekologija: Udžbenik biologije u četvrtom razredu gimnazije i u srednjim strukovnim školama. Školska knjiga, Zagreb, str. 45-66.
9. Senta A., Ratz A. i sur. 2010. Praćenje koncentracije nitrata u vodi koprivničkog vodovoda. *Sigurnost*, Vol 52 No 4: 359-365