

UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
STUDIJSKI PROGRAM: BIOLOGIJA-EKOLOGIJA
PREDMET: EKOFIZIOLOGIJA

SEMINARSKI RAD

Eutrofikacija slatkovodnih i morskih ekosistema

Profesor:

Dr Danka Čaković

Student:

Teodora Vujović 1/21

Podgorica, 2022.

SADRŽAJ:

1.0 UVOD	3
2.0 TROFIČNI STATUS JEZERA	3
• OLIGOTROFNA JEZERA	6
• MEZOTROFNA JEZERA	6
• EUTROFNA JEZERA	7
3.0 EUTROFIKACIJA SLATKOVODNIH SISTEMA	8
• SKADARSKO JEZERO	8
4.0 LITERATURA	10

1.0 Uvod

Eutrofikacija je proces povećavanja količine nutrijenata u vodenom ekosistemu koje ima za posljedicu povećanje produktivnosti. Ona predstavlja prekomjeren rast vodenih biljaka, prouzrokovan viškom nitrita, nitrata i fosfata. Posljedica je manjak kiseonika u vodi koji uzrokuje uginuće riba i drugih vodenih organizama. Može nastati prirodnim i vještačkim putem: prirodna eutrofikacija je proces koji se dešava kao rezultat geološkog starenja nekog zatvorenog vodenog tijela, npr. jezera. Kulturna (antropogena) eutrofikacija je uzrokovana ljudskom interevencijom, npr. materije dospjele iz kanalizacije, poljoprivrede i industrije.

2.0 Trofični status jezera

Švedski limnolog, Einar Naumann (1919) prvi je razvio koncept trofičnosti voda. Po njemu, ovaj koncept počinje od hemizma same vode, to jeste statusa nutrijenata (azota i fosfora) koji su limitirajući faktori za primarnu produkciju. Nutrijenti, odnosno njihov sadržaj u vodi, zajedno sa faktorima kao što su temperatura i svjetlost, utiču na biomasu zajednice autotrofnih organizama, a time i na primarnu produkciju jednog ekosistema. Količina nutrijenata u vodi zavisi od pedološke podloge jezerskog basena, tako da su *edafski faktori* glavni u determinaciji veličine produkcije u nekom jezeru (Rakočević, 2009). Shodno tome jezera čiji se basen sastoji od finog sedimenta će miješanjem lako u vodu ispustiti određene količine nutrijenata putem procesa resuspenzije, dok kod kamenitih jezerskih basena nutrijenti neće moći da se talože i resuspenduju na taj način. Ovo govori o tome da su jezera sa finijim sedimentom produktivnija, posjeduju veću biomasu fitoplanktona i organske materije.

Pored toga, dubina jezera takođe ima značaja. Zato su plitka jezera generalno produktivnija od dubokih, ali samo ako su bogata mineralnim solima, što znači da je *morfometrija jezera* sekundarni faktor koji utiče na produkciju jezera. Sledeći faktor koji utiče na veličinu produkcije je *temperatura*, od koje zavisi kolikom brzinom će se odvijati metabolizam organizama koji vrše primarnu produkciju a i čitav proces kruženja materije. I *svjetlost* kao neophodan faktor za fotosintezu, to jeste providnost vode od koje će zavisi dubina trofogene zone u jezeru diktira nivo produkcije (Rakočević, 2009).

Za mjerenje trofičnosti nekog jezera u obzir se uzimaju *četiri* parametra:

1. **Koncentracija nutrijenata**- srednja godišnja koncentracija ukupnog fosfora ($\mu\text{g/l}$)
2. **Providnost vode**- mjerena Seki (Secchi) diskom
3. **Biomasa fitoplanktona**- koncentracija hlorofila *a* ($\mu\text{g/l}$)
4. **Primarna produkcija (dnevna)**- preko asimilaciju ugljenika ($\text{mg C/m}^2/\text{dan}$)

Prema OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (1982) za procjenu trofičnog statusa jezera ne koristi se veličina produkcije tog jezera, već samo parametri koji utiču na nju: količina ukupnog fosfora, hlorofil *a* i providnost vode, pa se na osnovu ova 3 parametra jezera klasifikuju u 3 grupe:

1. *Oligotrofna*
2. *Mezotrofna*
3. *Eutrofna jezera*

Trofični stepen	Prosjeak TP ($\mu\text{g/l}$)	Prosjeak hlorofila a ($\mu\text{g/l}$)	Maksimum hlorofila a ($\mu\text{g/l}$)	Prosjeak providnosti (Secchi, m)	Minimum Providnosti (Secchi, m)
Oligotrofija	<10	<2.5	<8	>6	>3
Mezotrofija	10-35	2.5-8	8-25	3-6	1.5-3
Eutrofija	>35	>8	>25	<3	<1.5

Tabela 1: Kriterijumi za trofičnu kategorizaciju voda (OECD, 1982)

Koristeći iste parametre (koncentracija hlorofila *a*, providnost vode i koncentracija ukupnog fosfora), Carlson (1977) predlaže tri trofična indeksa (TSI) na osnovu kojih se procjenjuje trofični status ekosistema (Rakočević, 2009)

TSI (HI)

TSI (TP)

TSI (SD)

HI - koncentracija hlorofila *a*

TP- ukupni fosfor

SD- providnost vode mjerena Seki diskom

TSI	Stepen trofičnosti
<40	Oligotrofija
40-50	Mezotrofija
50-80	Eutrofija
>80	Hipertrofija

Tabela 2: Vrijednosti trofičnog indeksa (TSI) i trofični stupanj koji indukuju

- **Oligotrofna jezera**

Oligotrofno jezero se odlukuje malim sadržajem hranljivih materija, pa je zbog toga siromašno fitoplanktonom. Ovakva jezera su najčešće prilično duboka. Temperatura vode je relativno niska i organizmi su prilagođeni takvim uslovima, voda je dosta providna. Dno ovakvih jezera je kamenito ili pjeskovito i karakteriše ga mala potrošnja O₂. Tipičan primjer oligotrofije je Ohridsko jezero.



Slika 1: Ohridsko jezero

- **Mezotrofna jezera**

Mezotrofno jezero je jezero koje se odlukuje srednjim sadržajem hranljivih materija, pa se prema produkciji nalaze između eutrofnih i oligotrofnih jezera. Dubina vode kod ovakvih jezera je 3-5 metara i karakteriše ih umjerena količina nutrijenata i umjerena produktivnost.



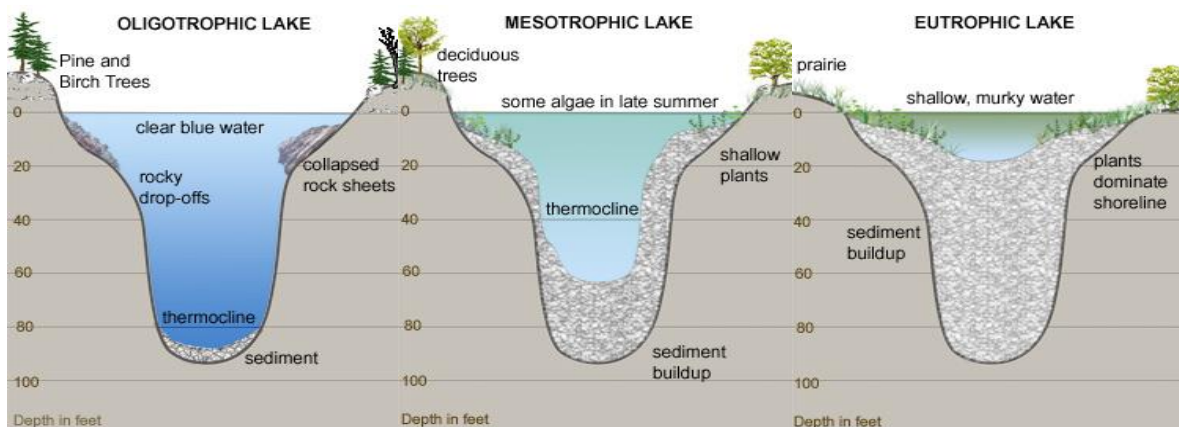
Slika 2: Bassenthwaite jezero u Engleskoj

- Eutrofna jezera

Eutrofno jezero je jezero koje se odlikuje velikim sadržajem hranjivih materija. Takva jezera nisu relativno duboka. Eutrofne jezerske basene karakteriše intenzivna produkcija fitoplanktona. U vezi s tim, dolazi do velikog taloženja organskih materija na dnu basena, za šta se koristi značajna količina kiseonika, pa ovakva jezera oskuduju njime. Česta je pojava cvjetanja vode.



Slika 3: Jezero Dora na Floridi, SAD



Slika 4: Šematski prikaz oligotrofnog, mezotrofnog i eutrofnog jezera

3.0 Eutrofikacija slatkovodnih ekosistema

- **Primjer Skadarskog jezera**

U slučaju *Skadarskog jezera* eutrofikacija je vrlo vidljiva. Posebno se izdvajaju sledeće bitne razlike: *porast odnosa ukupnog azota prema ukupnom fosforu* (TN/TP= 33 na godišnjem nivou, dok je u ranijem periodu iznosio svega 6), *porast ukupne brojnosti fitoplanktona, porast procentualnog učešća zelenih modrozelenih algi u zajednici fitoplanktona, a smanjeno učešće silikatnih algi*, koje su ranije kvantitativno dominirale u zajednici kroz cio godišnji ciklus, *povećanje brojnosti vrsta karakterističnih za eutrofne sisteme uz formiranje i vodenog cvijeta* u pojedinim momentima i smanjenje brojnosti oligotrofnih vrsta. (Marić, Rakočević, 2009)

Maksimum vrsta se javlja u ljeto pa *indeks diverziteta* raste sa povećanjem temperature sa $H=1.42$ zimi do $H=3.2$ u ljeto, a tada je i *najveća količina nutrijenata*. Manji doliv vode je prisutan ljeti pa se nutrijenti koncentruju, čemu doprinosi i povećana evaporacija. Zimi precipitacija uslovljava razrijeđenje koje dovodi do najmanje količine nutrijenata i primarne produkcije, a i temperatura je snižena.

Godišnji prosjek Hlorofila *a* je 5.9ug/l što prema OECD podjeli spada u rang mezotrofije (2.5-8ug/l). Trofični indeks TSI (TP) je niži od 40 tokom većine perioda godine što bi spadalo u nivo oligotrofije. (Rakočević, Hollert, 2005)



Slike 6 i 7: Prikaz Skadarskog jezera

4.0 Literatura

- ✚ Carlson RE (1977): A trophic state index for lakes. *Limnol Oceanogr* 22:363–369
- ✚ Drakulović Dragana (2012), Značaj fitoplanktona kao indikatora eutrofikacije u akvatorijumu Bokotorskog zaliva, Doktorska disertacija, Beograd
- ✚ Rakočević Jelena, Henner Hollert (2005): Phytoplankton Community and Chlorophyll a as Trophic State Indices of Lake Skadar (Montenegro, Balkan)
- ✚ Svetlana Antić-Mladenović (2010): *Zagađivanje i remedijacija zemljišta*, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu
- ✚ Krivokapić Slađana, Pestorić Branka, Krivokapić Marina (2017), Application of the TRIX for water quality assessment along Montenegrin coast. *Studia marina*. 29 ,47-50
- ✚ Marić Drago, Rakočević Jelena (2009), *Hidrobiologija*, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, 132-142