

# Toksični dinoflagelati

---

**Pestić, Ana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2012**

*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:217:378819>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-24**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET**  
**BIOLOŠKI ODSJEK**

**TOKSIČNI DINOFLAGELATI**

**TOXIC DINOFLAGELLATES**

**SEMINARSKI RAD**

Ana Pesti

Preddiplomski studij Znanosti o okolišu

Mentor: prof. dr. sc. Anđelka Plenković -Moraj

Zagreb, 2012.

# SADRŽAJ

1. UVOD	2
2. TOKSI NOST	3
2.1. Paraliti ko trovanje školjkama (PSP)	3
2.2. Neurotoksi no trovanje školjkama (NSP)	5
2.3. Dijareti no trovanje školjkama (DSP)	6
2.4. Ciguatera trovanje ribom	7
3. TOKSI NI DINOFLAGELATI	10
4. POTENCIJALNA PRIMJENA TOKSINA	13
5. LITERATURA	14
6. SAŽETAK	15
7. SUMMARY	15

## 1. Uvod

Dinoflagelati su jednostanični eukariotski mikroorganizmi. Dinoflagelati su slobodni plivaju i fitoplanktonski organizmi koji imaju koji se pokreću sa dva međusobno okomito položena bičeva. Uglavnom su oklopljeni celuloznom okloptom, no postoje i neoklopljeni oblici. Najčešće se razmnožavaju binarnom diobom. Dinoflagelati su vrsta koja je prilagođena različitim staništima: od pelagičkih do bentonskih staništa, od umjerenih do toplih mora, od usana do slatke vode. U različitim staništima mogu preživjeti kao plankton, pri vršenju za podlogu, u pijesku, koraljima ili na površini makroalga. Prema prehrani dijele se na autotrofe, heterotrofe i miksotrofe. U nepovoljnim uvjetima mogu proizvesti mirujuće ciste koje mogu dulje vrijeme preživjeti u sedimentima, a u povoljnijim uvjetima naglo se razvijaju te uzrokuju cvjetanje mora.

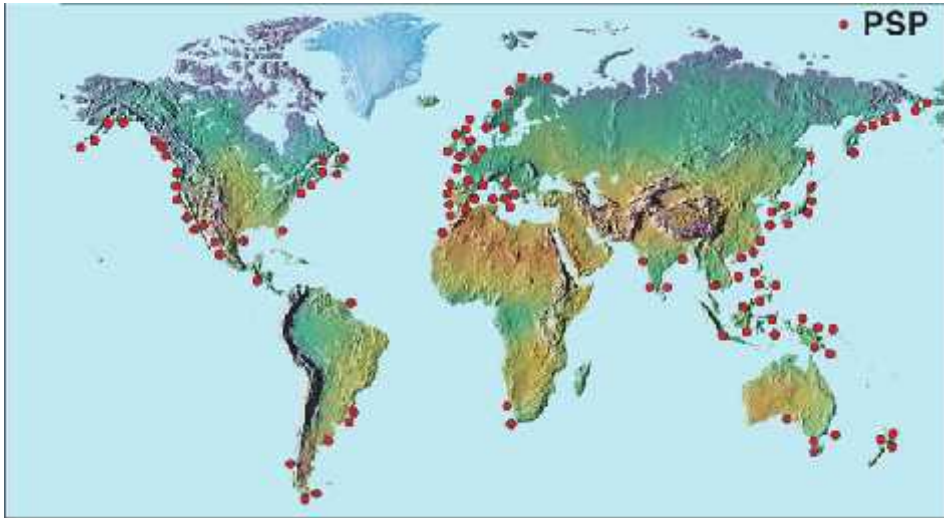
Vrlo su važni primarni producenti, imaju važnu ulogu u stvaranju kisika i primarnoj produkciji u morima, ali su i glavni uzročnici cvjetanja mora. Cvjetanje mora je pojava povremenog eksplozivnog razmnožavanja i rasta fitoplanktonskih organizama. Neke vrste dinoflagelata stvaraju masivan toksičan ili netoksičan cvjetanje mora (poznato kao „crvene plime“). Naziv "crvena plima" potječe od crvene boje morske vode tijekom ovog procesa, iako je "crvena plima" može biti smeđa, zelena ili čak bezbojna. Poznato je da mnoge vrste dinoflagelata proizvode razne prirodne toksine. Ti toksini mogu biti veoma toksični te mogu djelovati na druge organizme i u vrlo malim količinama. U oceanima toksične cvatnje dinoflagelata dovodi do negativnih utjecaja na ljudsko zdravlje, ribarstva i mnoge druge priobalne resurse. Najdramatičniji u slučaju dinoflagelata na okoliš javlja u priobalnim vodama. Tijekom nekoliko posljednjih desetljeća mnoga područja svijeta su zabilježila porast toksičnih cvatnji. Širenju toksičnih dinoflagelata pridonose balastne vode u kojima se nalaze ciste.

## 2. Toksi nost

Cvjetanje se javlja u regijama u koje su privremeno bogate nutrijentima (N, P, Fe). Do porasta nutrijenata dolazi prilikom upwellinga kada se sa morskog dna dolazi do podizanja nutrijenata prema površini ili donosima sa kopna. Kada su u cvatu, ove toksi ne vrste, mogu izazvati masovna uginu a raznih morskih organizama. Toksini se mogu brzo prenositi kroz hranidbeni lanac te se tako neizravno utje u na ljude koji konzumiraju ribe i školjke. Neki toksini koje stvaraju dinoflagelati utje u na ionske kanale na membranama stanica kroz koje ioni prolaze (saksitoksin, brevetoksin, ciguatoksin, maitotoksin), a drugi inhibiraju proteine (okadai na kiselina, pektenotoksini, dinopsistoksini, yessotoksin). Toksini su vrlo raznolika skupina spojeva, bez okusa i mirisa, vrlo stabilni, razli itog stupnja toksi nosti, opasni u vrlo malim koli inama.

### 2.1. Paraliti ko trovanje školjkama (PSP)

Paraliti ko trovanje je izazvano morskim toksinima, a prate ga neurološki i gastrointestinalni simptomi. Do trovanja paraliti kim toksinima (saksotoksin i neosaksotoksin su naj eš i) dolazi konzumiranjem kontaminirane hrane (školjke, puževi, rakovi, ribe). Toksine proizvode razni dinoflagelati: *Alexandrium catenella*, *A. cohorticula*, *A. fundyense*, *A. fraterculus*, *A. leei*, *A. minutum*, *A. tamarense*, *A. andersonii*, *A. ostenfeldii*, *A. tamiyavanichii*, *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense* var. *Compressum*. Rod *Alexandrium* je najrasprostranjeniji i najbrojniji proizvo a saksitoksina u svijetu, uzrokuje cvatnje u subarti kim, umjerenim i tropskim morima (slika 1). Pet do 30 minuta dolazi do pojave trnaca što prelazi u utrnulost koja se proteže na lice i vrat, u umjerenim slu ajevima. U težim slu ajevima ti simptomi se šire na ekstremitete popra eno poteško ama u disanju, javljaju se poteško e u gutanju te je mogu gubitak govora. U vrlo teškim slu ajevima unutar 12 sati dolazi do potpune paralize i smrti zbog nemogu nosti disanja. Kod blažih slu ajeva nakon 12 sati dolazi do postupnog oporavka osobe, a kroz nekoliko dana simptomi se povuku. Drugi prisutni simptomi su glavobolja, vrtoglavica, mu nina, povra anje i brza bol. Ljudi su najosjetljiviji na saksotoksin, smrtonosna doza je 1 do 4 mg ovisno o starosti i fizi kom stanju osobe. (<http://www.whoi.edu/redtide/impacts/human-health>).



Sl. 1. rasprostranjenost PSP-a u svijetu

Toksini koji su odgovorni za PSP nazivaju se parališki toksini. Osnovna struktura PSP toksina je 3,4-propinoperhidropurine triciklički sustav; (Wang, 2008). Strukturno se mogu podijeliti u dvije velike skupine: slični saksitoksinu i slični neosaksitoksinu. Dalje se dijele prema prisutnosti 11-O-sulfata ili N-sulfata, odsutnosti karbamoidne grupe te prema kisiku na 13 C atomu.

Saksitoksin ( $C_{10}H_{19}N_7O_4$ ) je neurotoksin izoliran iz *Gonyaulax catenella* (slika 2). Saksitoksin se apsorbira u probavnom traktu. Saksitoksin inhibira propusnost  $Na^+$  iona kroz membranu vežu i se na receptorsko mjesto. Time  $Na^+$  ioni ne mogu proći kroz membranu živanih stanica, što utječe na transmisiju signala duž živaca. Onemogućuje normalno funkcioniranje stanice, to vodi u paralizu, a može izazvati i smrt. Vrlo je stabilan u kiselim uvjetima. Jako je nestabilan u lužnatoj okolini, pogotovo u prisutnosti kisika.



Sl.2. struktura saksitoksina i neosaksitoksina

Neosaksitoksin je neurotoksični alkaloid. Neosaksitoksin je analog saksitoksina, opisan je kao 1-N-hidroksi-saksitoksin. Nije toliko stabilan u kiselim uvjetima kao saksitoksin. Formula je  $C_{10}H_{17}N_7O_5$ . Od ostalih toksina tu su: goniautoksin-I, goniautoksin-II, goniautoksin-III, goniautoksin-IV, goniautoksin-V, goniautoksin-VI, goniautoksin-VII, goniautoksin-VIII. Goniautoksin-I i njegov stereoizomer goniautoksin-IV su najnestabilniji među PSP toksinima. Goniautoksin-V je glavni toksin tropskog dinoflagelata *P. bahamense* var. *Compress*, opisan je kao karbamoid-N-sulfat neosaksitoksina; (Bhakuni & Rawat, 2005).

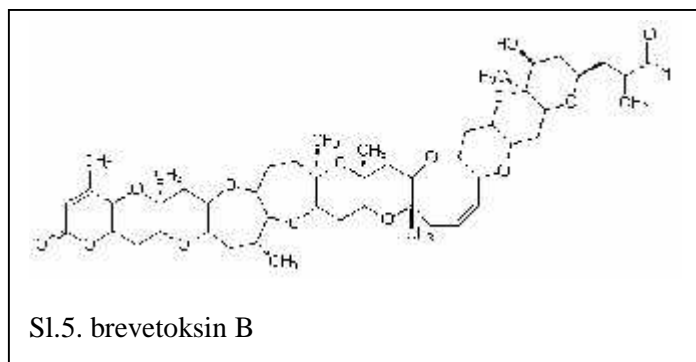
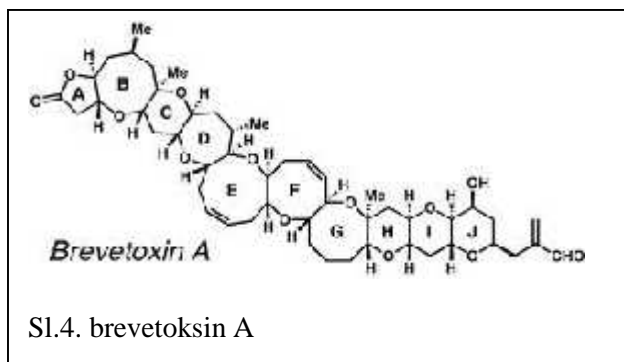
## 2.2. Neurotoksično trovanje školjkama (NSP)

Trovanje izaziva blaži gastroenteritis s neurološkim simptomima slični PSP). Toksini koji izazivaju trovanje su brevetoksini, a stvaraju ih *Karenia brevis*, *K. papilonacea*, *K. selliformis*, *K. bicuneiformis*, *K. Concordia*, *Gymnodinium breve*. Do trovanja može doći i kroz uzimanje hrane te inhalacijom aerosoliziranih toksina. Inhalacija aerosoliziranih toksina izaziva iritaciju dišnih putova kod ljudi i drugih sisavaca. Budući da je *G. breve* relativno krhki organizam, može se vrlo lako slomiti djelovanjem valova duž obala, a pritom otpušta toksine (slika 3). Udisanjem takvih aerosola dolazi do konjunktivne iritacije, ispunjenja nosne šupljine sluzi, neproduktivnog kašlja, bronhokonstrukcije, iritacije oči. Drugi simptomi su vrtoglavica, gubitak perifernog vida, osip na koži, trnci u ustima, jeziku i grlu, povraćanje, osjećaj promijene temperature toplo/hladno. Simptomi se javljaju unutar 36 sati, a ovo trovanje nije smrtonosno za ljude; (<http://www.who.edu/redtide/impacts/human-health>).



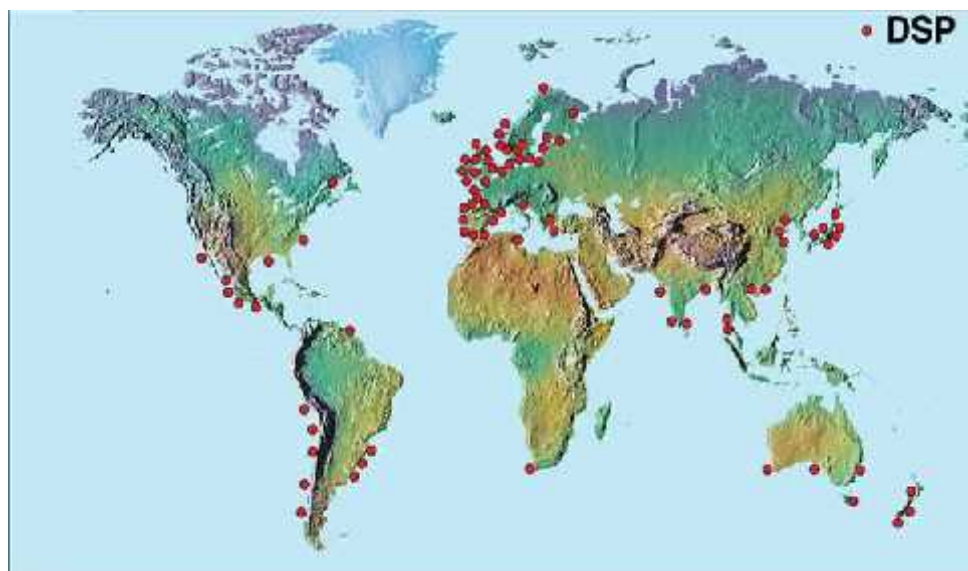
Slika 3. rasprostranjenost NSP-a u svijetu

Iz dinoflagelata izolirana je grupa neurotoksina koji se zovu brevetoksini. Brevetoksini u policiklički eteri koji imaju strukturu u obliku ljestvi. Na temelju osnovne strukture dijele se na brevetoksin A i brevetoksin B; (Wang, 2008). Brevetoksin se veže na kanale kroz koje  $\text{Na}^+$  ioni ulaze u stanicu, drži ih otvorene te se povećava unos natrija u stanicu. To dovodi do smetnji normalnih neuroloških procesa. Od izoliranih toksina, brevetoksin-A (slika 4) je najjači. Molekulska formula je  $\text{C}_{49}\text{H}_{70}\text{O}_{13}$ . Drugi toksini su brevetoksin-B (GB-2, slika 5), brevetoksin-C, GB-3, GB-5, GB-6 i GB-7. Brevetoksin-B, brevetoksin-C i brevetoksin-3 se sastoje od 11 eterskih prstenova i razlikuju se samo prema substituentima na C-39; (Bhakuni & Rawat, 2005).



### 2.3. Dijareti no trovanje školjkama (DSP)

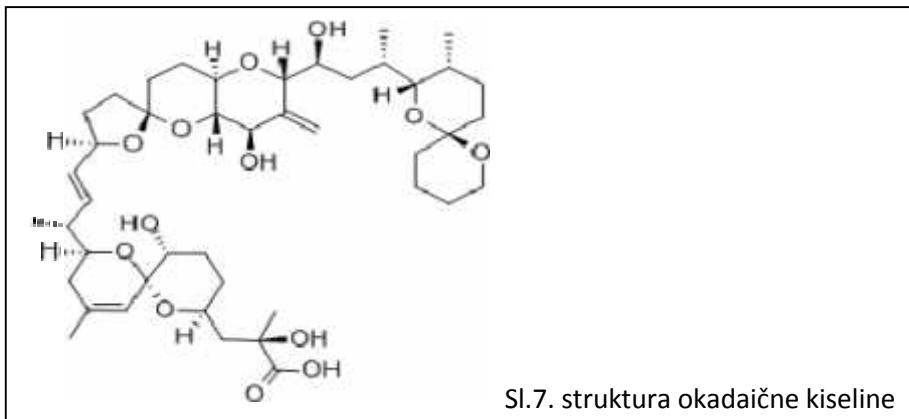
DSP (slika 6) je bolest probavnog sustava bez neuroloških manifestacija. Izaziva ju konzumacija kontaminirane hrane, a toksini koji izazivaju trovanje su okadai na kiselina, dinopsistoksini, yessotoksin i pektenotoksini. Organizmi koji ih stvaraju su marinski dinoflagelati: *Dinophysis acuta*, *D. caudate*, *D. fortii*, *D. norvegica*, *D. mitra*, *D. rotundata*, *D. sacculus*, *D. fortii*, *D. miles*, *D. norvegica*, *tripos*, *Prorocentrum lima*, *P. arenarium*, *P. belizeanum*, *P. cassubicum*, *P. concavum*, *P. faustiae*, *P. hoffmannianum*, *P. maculosum*, *Protoceratium reticulatum*, *Coolia sp.*, *Protoperidium oceanicum*, *P. pellucidum*, *Phalacroma rotundatum*. Simptomi se javljaju od 30 minuta do 12 sati nakon konzumiranja. Naj eš i simptom je proljev u 92% slu ajeva, zatim mu nina u 80%, povra anje u 79%, bolovi u trbuhu u 53% i groznica u 10% slu ajeva. Do potpunog oporavka dolazi nakon 3 dana, ak i u težim slu ajevima; (<http://www.who.edu/redtide/impacts/human-health>).



Sl.6. rasprostranjenost DSP-a u svijetu

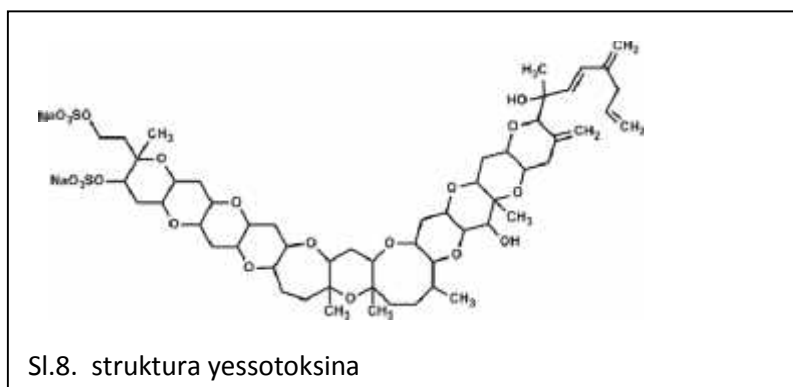
Okadai nu kiselinu (slika 7) stvaraju *Prorocentrum lima* i *Dinophysis spp.* Molekularna formula je  $C_{44}H_{68}O_{13}$ . Okadai na kiselina je složeni derivat C 38 masne kiseline. Ona je lipofilna. Mo an je inhibitor proteina fosfataza 1 i 2A u stanicama sisavaca. Izaziva proljev inhibiraju i proteine koji kontroliraju izlu ivanje natrija u crijevnim stanicama.





Tako er su izolirani pektenotoksini i dinopsistoksini. Pektenotoksini su grupa polieterskih toksina, toplinski su stabilni, ali se lako mogu uništiti u vrlo bazi nim uvjetima, tako er su labilni u kiselim uvjetima. Dinopsistoksini su lipofilni i termostabilni polieteri. Oni su analozi okadaicne kiseline, po strukturi oni su (35S)- metilokadaicna kiselina (Bhakuni & Rawat, 2005).

Yessotoksin (YTX, slika 8) je disulfatni polietar lipofilni toksin. Stvara derivate 45-hidroksi YTX (45-OH-YTX), 45,46,47-trinor YTX, homo YTX i 45-hidroksihomo YTX. Molekulska formula je  $C_{55}H_{80}Na_2O_{21}S_2$ . Strukturno je povezan sa brevetoksinima i ciguatoksinom. Može izazvati dvostruki porast kalcija u neuronima cerebeluma. Izaziva motornu diskordanciju zbog kortikalnih promjena cerebeluma. (Wang, 2008).



#### 2.4. Ciguatera trovanje ribom (CFP)

Ovo trovanje (slika 9) izaziva gastrointestinalne, neurološke i kardiovaskularne simptome kod ljudi. Simptomi se javljaju nekoliko sati nakon konzumiranja kontaminirane ribe. Prvo se javljaju gastrointestinalni simptomi (proljevanje, povraćanje i bol u trbuhu), slijede ih neurološke disfunkcije (osjećaj promijene temperature toplo/hladno, bol u mišićima, anksioznost, vrtoglavica, ukočenost i bockanje u ustima). Od kardiovaskularnih simptoma javljaju se niski krvni tlak i bradikardija. Paraliza i smrt su zabilježene, ali simptomi su uglavnom manje ozbiljni. Akutna fatalnost, obično zbog zatajenja dišnog sustava, cirkulatornog kolapsa ili

aritmije, kre e se od 0,1% do 12% prijavljenih slu ajeva. Oporavak može trajati tjednima, mjesecima ili i godinama, ovisno o fizi kom stanju osobe.

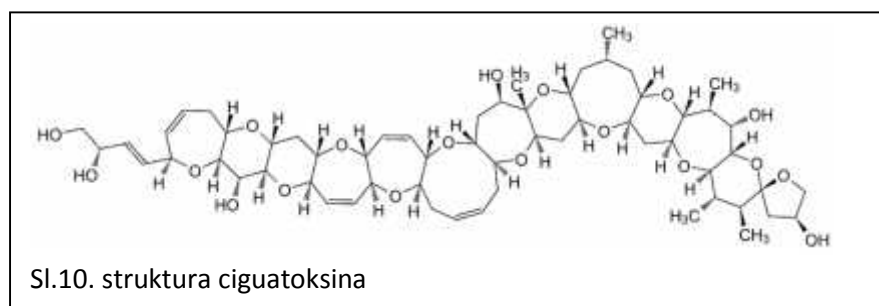
(<http://www.who.edu/redtide/impacts/human-health>)



Sl.9. rasprostranjenost CFP-a u svijetu

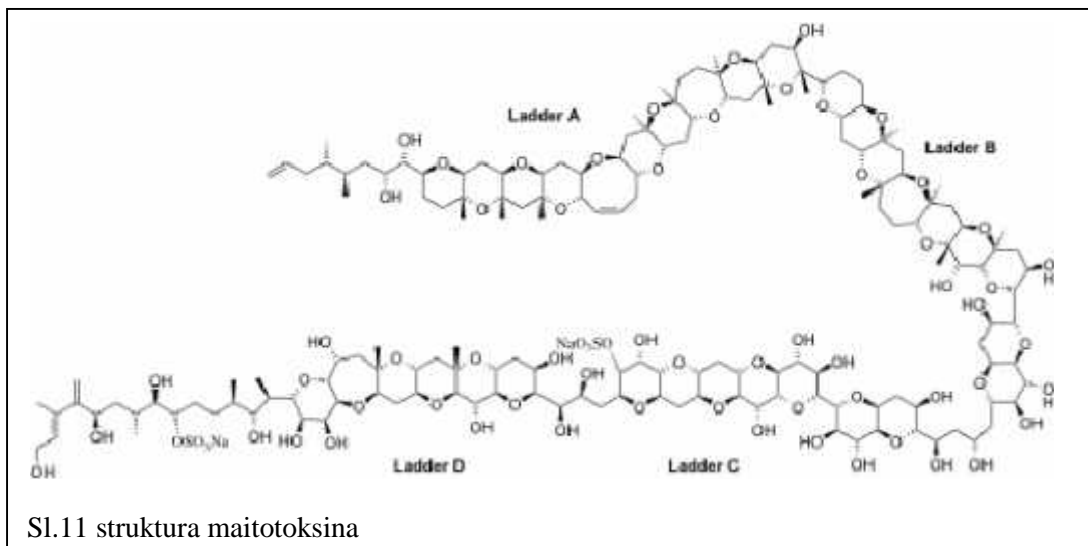
Toksini povezani sa ciguaterom su ciguatoksin, maitotoksin, palitoksin, gambierol. Vrste koje ih proizvode su: *Gambierdiscus toxicus*, *Prorocentrum spp.*, *P. lima*, *P. concavum*, *P. Hoffmannianum*, *P. mexicanum*, *P. rhathytum*, *Gymnodinium sangieneum*, *Gonyaulax polyedra*, *Ostreopsis spp.*, *O. lenticularis*, *O. Siamensis*.

Ciguatoksin i maitotoksin su jedni od najsmrtonosnijih poznatih substanca, a izolirani su iz *Gambierdiscus toxicus*. Letalna doza ciguatoksina je 0.45  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , a maitotoksina 0.15  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Ciguatoksin ima formulu  $\text{C}_{60}\text{H}_{86}\text{O}_{19}$ , je lipidna topljiva molekula (slika 10). On se na membrani stanica veže za kanale natrija te ih drži otvorene. Time se pove ava unos natrijevih iona u stanicu. Izaziva dugotrajne simptome koji ukazuju na blokadu živaca ili ošte enja koja zahtijevaju regeneraciju živ anog tkiva.



Sl.10. struktura ciguatoksina

Maitotoksin je jedna od najve ih i najkompliciranijih neproteinskih, nepolisaharidnih molekula koju proizvodi neki organizam (slika 11). Veže se na kanale kalcija te ih drži otvorene, što pove ava unos  $\text{Ca}^{2+}$  iona kroz membranu u stanicu. Maitotoksin je topljiv u vodi, a formula mu je  $\text{C}_{165}\text{H}_{258}\text{Na}_2\text{O}_{67}\text{S}_2$ . Ima polieterski kostur koji se sastoji od 32 eterska prstena, 28 hidroksilal, 21 metilne grupe i 2 sulfatna estera. Jedna polovica molekule (fragment A) je hidrofilna, dok je druga polovica (fragment B) je hidrofobna.

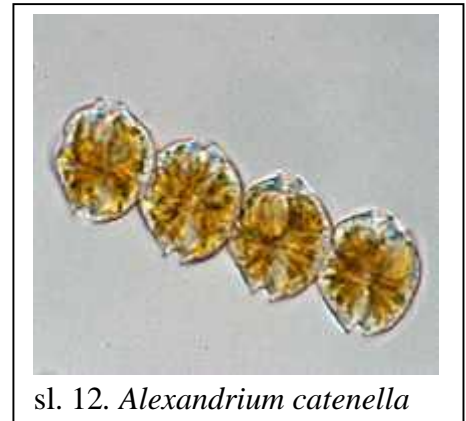


Gambierol, polieterski spoj koji ima kostur u obliku ljestvi, po emu podsjeća na ciguatoksin. Molekulska formula je  $C_{43}H_{64}O_{11}$ . Iz kulture *G. toxicus* izolirane su gambierienske kiseline A-D, koje imaju jako fungicidno djelovanje; (Bhakuni & Rawat, 2005).

Palitoksin je velika kompleksna molekula sa lipofilnim i hidrofilnim regijama. Palitoksin otvara neselektivni kationski kanal na membrani što rezultira depolarizacijom membrane, dolazi do istjecanja  $K^+$  iona i pritjecanje  $Na^+$  iona. Tako se uništava ionski gradijent koji je bitan za većinu stanica. Molekulska formula je  $C_{129}H_{223}N_3O_{54}$ . Proizvodi ga dinoflagelat *Ostreopsis ovata*. (Wang, 2008).

### 3. Toksi ni dinoflagelati

*Alexandrium catenella* (slika 12) je marinski, planktonski dinoflagelat. Povezan je sa toksi nim cvjetanjem u hladnim obalnim regijama.. *A. catenella* pojavljuje se u tipni nim kretkim lancima od 2, 4 ili 8 stanica. Stanice su 20-48  $\mu\text{m}$  duga ke i 18-32  $\mu\text{m}$  široke. Javlja se uglavnom u hladnim obalnim vodama, ve inom u Tihom oceanu. Populacije su zabilježene od Kalifornije do Aljaske, ile, Argentina, Japan, Australija. Proizvodi jake PSP toksine: saksitoksini i goniautoksini. (<http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>).



sl. 12. *Alexandrium catenella*



sl.13. *Alexandrium tamarense*

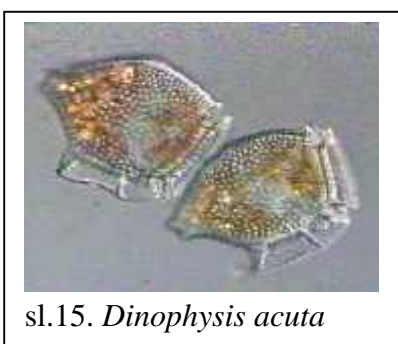
*Alexandrium tamarense* (slika 13) je marinski, planktonski dinoflagelat. Stanice su male do srednje veli ine, gotovo sferi ne, nešto duže nego ši re. Duljina stanica je 22-51  $\mu\text{m}$ , a transdijametarna širina 17-44  $\mu\text{m}$ . *A. tamarense* je široko rasprostranjeni obalni i estuarski dinoflagelat, koji se uglavnom nalazi u hladnim do hladno-umjrenim vodama sjeverne Amerike, Europe i Japana. Vrsta je na ena i u toplijim vodama Australije. Proizvodi goniautoksine (GTX I, II, III, IV i V), neosaksitoksin (NSTX) and saksitoksin (SXT).

(<http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>)

*Alexandrium minutum* (slika 14) je marinski, planktonski dinoflagelat, koji se veže uz toksi nu cvatnju uz obalna podru ja. Stanice su male, gotovo sferi ne. Duljina stanica je 15-30  $\mu\text{m}$ , a transdijametarna širina 13-24  $\mu\text{m}$ . Populacije su zabilježene u Aleksandriji (Egipat), Italiji, vodama sjevernog Jadrana, Turskoj, Španjolskoj, Portugalu, Francuskoj, južnoj Australiji, isto noj obali SAD-a. Proizvodi goniautoksine (GTX): GTX1, GTX2, GTX3 i GTX4. (<http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>).



sl.14. *Alexandrium minutum*



sl.15. *Dinophysis acuta*

*Dinophysis acuta* (slika 15) je marinski, planktonski dinoflagelat. Stanice *D. acuta* su velike i robusne, te su me u najve im vrstama u rodu *Dinophysis*. Rasponi veli ine stanice: 54-94  $\mu\text{m}$  u dužini i 43-60  $\mu\text{m}$  u dorsoventralnoj širini. Od

toksina proizvodi okada i nu kiselinu i dinopsistoksin-1. *Dinophysis acuta* je široko rasprostranjen u hladnim i umjerenim vodama širom svijeta. (<http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>).

*Dinophysis fortii* (slika 16) je marinski, planktonski dinoflagelat. To je oceanska i neriti ka vrsta. Stanice su velike i duga ke, duljina je 56-83  $\mu\text{m}$ , a dorzoventralna širina 43-58  $\mu\text{m}$ . rasprostranjena je širom svijeta u hladnim vodama, ali je isto na ena u subtropskim i tropskim vodama. *Dinophysis fortii* proizvodi okada i nu kiselinu, dinopsistoksin-1,

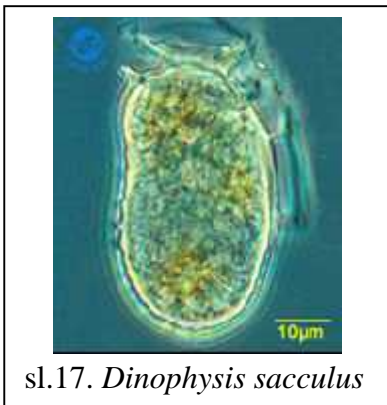


sl.16. *Dinophysis fortii*

dinopsistoksin-2.

(<http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>)

*Dinophysis sacculus* (slika 17) je marinski, planktonski dinoflagelat. Stanice su duga ke i ovalne sa zaobljenim krajem. Stanice su široke 20-40  $\mu\text{m}$ , a duga ke 40-60  $\mu\text{m}$ . Raširen je u hladnim i umjerenim vodama. Uglavnom je zabilježen u Mediteranskom moru uz nekoliko slujeva u Atlantiku uz europsku obalu. Stvara okada i nu kiselinu i povezana je sa



sl.17. *Dinophysis sacculus*

slujevima DSP-a u Europi. (<http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>).

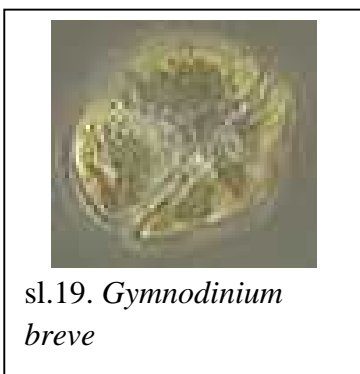
*Gambierdiscus toxicus* (slika 18) je marinski benti ki dinoflagelat. Ova toksi na vrsta je prona ena na površini sme e alge. Stanice su velike, okruglog do elipsoidnog oblika, te anteriorno-posteriorno spljoštene. Duljina iznosi 24-60  $\mu\text{m}$ , a transdijametar 42-140  $\mu\text{m}$ . Stanice *G. toxicus* su



sl.18. *Gambierdiscus toxicus*

esto na ene kao epifiti na makroalgama i mrtvim koraljima. Prona ene su u Tihom i

Indijskom oceanu, te kod Djevi anskih otoka. Ova vrsta proizvodi: ciguatoksin, maitotoksin i gambieri nu kiselinu. (<http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>).

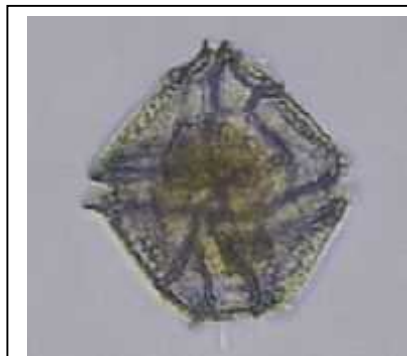


sl.19. *Gymnodinium breve*

*Gymnodinium breve* (slika 19) je planktonski, marinski dinoflagelat. To je oceanska vrsta, iako su zabilježene i u estuarijima. Stanice su male i dorzo-ventralno spljoštene. Stanice su široke 20-40  $\mu\text{m}$ , nešto su šire nego dulje, a debljina iznosi 10-15  $\mu\text{m}$ . Borave u toplim i tropskim vodama, uglavnom u Meksi kom zaljevu. Tako er su

zapažene u zapadnom Atlantiku, Španjolskoj, Grčkoj, Japanu, Novom Zelandu. Ova vrsta proizvodi brevetoksine. (<http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>)

*Lingulodinium polyedrum* (slika 20) je vrsta morskog dinoflagelata. Stanice su uglate, peterokutne i poliedarskog oblika. Duljina im iznosi 40-54  $\mu\text{m}$ , a 37-53  $\mu\text{m}$  širina. Široko je rasprostranjena u toplim i sutropskim vodama obalnog područja.



sl.20. *Lingulodinium polyedrum*



sl.21. *Ostreopsis ovata*

Smrtonosne crvene plime su zabilježena u južnoj Kaliforniji, kao i u Jadranskom moru. *L. polyedrum* proizvodi saksitoksin koji uzrokuje PSP. (<http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>).

*Ostreopsis ovata* (slika 21) je morski bentički dinoflagelat. Otkriven je u Tihom oceanu. Stanice su u obliku suza. *Ostreopsis ovata* je najmanja vrsta u ovom rodu.

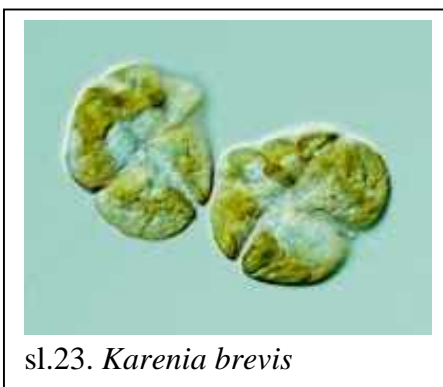
Dorzoventralni promjer je 47-55  $\mu\text{m}$  a transdijametar je 27-35  $\mu\text{m}$ . Toksin koji ova vrsta proizvodi je palitoksin regije u kojima se javlja je tropski dio Tihog oceana, u Karipskom moru te u Tirenskom moru. (<http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>).

*Protoceratium reticulatum* (slika 22) Gotovo sve zabilježene pojave su u obalnim područjima ili estuarijima. Javlja se u pojedinačnim stanicama koje su ovalnog oblika, a ponekad postanu pomalo poligonalne. Stanice su dugačke 28-53  $\mu\text{m}$ , a široke 25-45  $\mu\text{m}$ . Široko su rasprostranjene u tropskim i umjerenim područjima, ljeti su



sl.22. *Protoceratium reticulatum*

u one i u subborealnim lokacijama. Zabilježene su u sjevernom i južnom Atlantiku, sjevernom i južnom Tihom oceanu i morima povezanim sa Indijskim oceanom. Ovaj dinoflagelat proizvodi yessotoksin. ([http://www.sms.si.edu/irlspec/Protoc\\_reticu.htm](http://www.sms.si.edu/irlspec/Protoc_reticu.htm)).



sl.23. *Karenia brevis*

*Karenia brevis* (slika 23) je neritička obalna vrsta koja se ne razmnožava u estuarijima. Stanice su gotovo kvadratičnog oblika sa zaobljenim rubovima. Velikina stanice je u rasponu od

18 do 45  $\mu\text{m}$  u duljinu, približno isto u širinu, a debljina je 10-15  $\mu\text{m}$ . Javlja se u području Meksikog zaljeva. Stvara brevetoksine.

([http://www.sms.si.edu/irlspec/Kareni\\_brevis.htm](http://www.sms.si.edu/irlspec/Kareni_brevis.htm)).

#### **4. Potencijalna primjena toksina**

Dinoflagelati proizvode jedne od najvećih i složenijih poliketida koji su identificirani. Ovi spojevi imaju raznolik raspon biološke aktivnosti uključujući i citotoksičnu, antitumorsku, antibiotičku, antifungalnu, imunosupresorsku i neurotoksičnu aktivnost. Ne postoje cjepiva protiv dinoflagelatnih toksina, ali se ona pokušavaju pronaći. Saksotoksin i spojevi povezani s njim smatraju se sigurnim, uključujući i dugodjelujuće anestetice. Okadaicna kiselina smatra se dobrim modelom neurotoksina za analizu terapijskog djelovanja atipičnih antipsihotika u liječenju kognitivnih oštećenja, neuropatoloških promjena kod šizofrenije i drugih neurodegenerativnih bolesti. Zbog svoje aktivnosti kao inhibitora proteina fotofaze 2A okadaicna kiselina se koristi u istraživanjima mehanizma kako konjugirana linolna kiselina može djelovati kao antitumorsko sredstvo na stanice raka dojke. Pectenotoksini su citotoksični protiv nekoliko linija ljudskih karcinoma. Gambierične kiseline A-D imaju jako fungicidno djelovanje. (<http://tur-www1.massey.ac.nz/~ychisti/DinoF.pdf>)

## 5. Literatura:

- Wang D.-Z. Neurotoxins from Marine Dinoflagellates: A Brief Review. *Marine Drugs*. 2008; 6(2):349-371
- D.S. Bhakuni, D.S. Rawat: Bioactive Marine Natural Products, Springer, New Delhi, India, 2005
- <http://tur-www1.massey.ac.nz/~ychisti/DinoF.pdf>
- <http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/harmfulalgalblooms.htm>
- <http://botany.si.edu/references/dinoflag/taxa.htm>
- <http://botany.si.edu/references/dinoflag/intro.htm>
- <http://www.whoi.edu/redtide/impacts/human-health>
- <http://www.whoi.edu/redtide/page.do?pid=14899&tid=542&cid=47588&c=3>



## 6. Sažetak

Dinoflagelati su fitoplanktonski organizmi. Prilagođeni su različitim staništima: od pelagičkih do bentonskih staništa, od umjerenih do toplih mora, od ušća do slatke vode. Važni su primarni producenti, ali su i glavni uzročnici cvjetanja mora. Mnoge vrste dinoflagelata stvaraju različite toksine. Neke vrste uzrokuju toksična ili netoksična cvjetanja mora (poznatije kao „crvene plime“). Toksini koje stvaraju mogu biti veoma toksični te djeluju i u vrlo malim količinama, brzo se mogu prenositi kroz hranidbeni lanac te se tako utječu na ljude. Trovanja toksinima mogu rezultirati probavnim smetnjama, neurološkim oštećenjima ili i smrti u najtežim slučajevima. Cvatnje toksičnih dinoflagelata osim utjecaja na morski ekosustav (uzrokuju masovni pomor riba, ptica, morskih sisavaca) stvaraju i socioekonomske probleme jer negativno utječu na ribolov i marikulturu. Dinoflagelati izazivaju razna trovanja kao što su paralično trovanje školjkama, neurotoksično trovanje školjkama, dijaretično trovanje školjkama, ciguatera trovanje ribom; a toksini koji ih uzrokuju su saksitoksin, brevetoksin, ciguatoksin, maitotoksin, okadaicna kiselina, pektenotoksini, dinopsistoksini, yessotoksin. Zbog utjecaja na sigurnost morske hrane, bioaktivnosti, potencijalnih medicinskih i drugih primjena dinoflagelatni toksini su vrlo interesantni za istraživanja.

## 7. Summary

Dinoflagellates are phytoplanktonic organisms. They are adapted to a variety of habitats: from pelagic to benthic, from temperate to tropical seas, and from estuaries to freshwater. Many dinoflagellate species can produce various toxins. Some dinoflagellate species form massive toxic or non-toxic harmful algal blooms (commonly known as “red tides”). Dinoflagellates are important marine primary producers, but also the major causative agents of harmful algal blooms. These toxins can be extremely toxic and many of them are effective at far lower dosages, toxins can be quickly carried up the food chain and indirectly passed onto humans. The poisoning can result in gastrointestinal illness, permanent neurological damage, or even death. Harmful algal blooms, except for the effects on the marine ecosystem (causing mass mortality of fish, birds, marine mammals) they produce also socioeconomic problems that adversely affect the fishing and mariculture. Dinoflagellates cause: paralytic shellfish poisoning, neurotoxic shellfish poisoning, diarrhetic shellfish poisoning, ciguatera fish poisoning, and toxins that cause them are saxitoxin, brevetoxin, ciguatoxin, maitotoxin, okadaic acid, pectenotoxins, dinophysistoxins, yessotoxin. Because of their bioactivity,

influence on safety of seafood, and potential medical and other applications Dinoflagellate toxins are of increasing interest in researches.