

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije

VAJE IZ MORSKE BOTANIKE

Izr. prof. dr. Patricija Mozetič, Asist. dr. Peter Glasnović

DRUGO UČNO GRADIVO

74 strani

Varstvo Narave, magistrski program

PRVA IZDAJA

Koper, 2018

KAZALO VSEBIN

KAZALO VSEBIN	2
KAZALO SLIK.....	4
KAZALO PREGLEDNIC.....	6
UVOD.....	7
MAKROALGE	15
Deblo RHODOPHYTA (rdeče alge)	15
Razred Bangiophyceae	20
Red Bangiales	20
Družina Bangiaceae	20
Razred Florideophyceae	22
Red Corallinales	22
Družina Corallinaceae.....	23
Red Peyssonneliales	24
Družina Peyssonneliaceae	24
Red Hapalidiales	24
Družina Hapalidiaceae	24
Red Hildenbrandiales.....	24
Družina Hildenbrandiaceae	24
Red Ceramiales.....	26
Družina Ceramiaceae.....	26
Družina Rhodomelaceae	28
Družina Delesseriaceae	30
Red Gelidiales	30
Družina Gelidiaceae.....	30
Red Gigartinales.....	31
Družina Gigartinaceae	31
Družina Rhabdoniaceae.....	32
Družina Sebdeniaceae	32
Red Rhodymeniales	32
Družina Rhodymeniacea.....	33
Družina Lomentariaceae.....	33
Red Nemaliales	34
Družina Helminthocladiaceae	34
Družina Bonnemaisoniaceae	35

Deblo OCHROPHYTA (fotosintetski stramenopili) [syn. Heterokontophyta (raznobičkaste alge)] ...	36
Razred Phaeophyceae (rjave alge)	36
Red Dictyotales.....	37
Red Fucales	39
Red Cutleriales.....	42
Red Sphacelariales.....	42
Red Ectocarpales	43
Red Ralfsiales.....	44
Deblo CHLOROPHYTA (zelene alge).....	45
Razred Cladophorophyceae	47
Razred Bryopsidophyceae	48
Razred Dasycladophyceae	53
Razred Ulvophyceae	54
MIKROALGE	55
Razred Bacillariophyceae (diatomeje, kremenaste alge) (Priloga 1-3)	56
Deblo DINOFLAGELLATA (dinoflagelati, oklepni bičkarji) (Priloga 4-6)	61
Razred Coccolithophyceae (kokolitoforidi) (Priloga 7)	64
LITERATURA.....	74

KAZALO SLIK

Slika 1: Oceanska območja proste vode – pelagial (pelagic) in morskega dna - bental.....	8
Slika 2: Profil litorala v Tržaškem zalivu.....	9
Slika 3: Organizacija sistema živih bitij.	10
Slika 4: Življenjski cikel porfire <i>Porphyra</i> sp.	20
Slika 5: <i>Wrangelia penicillata</i>	26
Slika 6: <i>Ceramium</i> sp.	26
Slika 7: Življenjski cikel polisifonie <i>Polysiphonia</i> sp.	28
Slika 8: <i>Gelidium</i> sp. (levo) in <i>Gelidium cristatum</i> (desno).....	30
Slika 10: <i>Pterocladia capillacea</i>	31
Slika 11: <i>Gigartina acicularis</i>	31
Slika 12: <i>Catenella caespitosa</i>	32
Slika 13: <i>Nemalion helminthoides</i>	34
Slika 14: <i>Dictyota cyanoloma</i> (levo) in <i>Dictyota dyctiopteris</i> (desno).....	37
Slika 16: <i>Dictyota linearis</i>	37
Slika 17: <i>Dictyopteris polypodioides</i>	38
Slika 18: <i>Padina pavonica</i>	38
Slika 19: <i>Fucus virsoides</i>	39
Slika 20: <i>Cystoseira</i> sp.	41
Slika 21: <i>Cystoseira compressa</i> (levo) in <i>Cystoseira</i> sp. (desno).....	41
Slika 23: <i>Cutleria multifida</i>	42
Slika 24: <i>Halopteris scoparia</i>	42
Slika 25: <i>Petalonia fascia</i>	43
Slika 26: <i>Scytosiphon</i> sp.....	43
Slika 27: <i>Codium vermilara</i>	49
Slika 28: Življenjski cikel pacifiškega kodija <i>Codium fragile</i>	49
Slika 29: <i>Caulerpa taxifolia</i>	51
Slika 30: <i>Caulerpa cylindracea</i>	51
Slika 31: <i>Acetabularia mediterranea</i>	53
Slika 32: Življenjski cikel morskega dežnička <i>Acetabularia acetabulum</i>	53
Slika 33: Življenjski cikel morske solate <i>Ulva lactuca</i>	54
Slika 34: Različna usmerjenost oz. pogledi diatomejske frustule;.....	57
Slika 35: Zgradba frustule ali »škatlice« v stranskem pogledu (girdle view);.....	57
Slika 36: Primeri zgradbe frustule različnih diatomejskih vrst z uporabo vrstičnega elektronskega mikroskopa.	58
Slika 37: Različne oblike centričnih diatomej; pogled valve view (levo) in girdle view (desno).....	59
Slika 38: Penatne diatomeje brez rafe (zgoraj) in z rafo (spodaj); pogled valve view (levo) in girdle view (desno).	59
Slika 39: Nekaj primerov penatnih (zgoraj) in centričnih diatomej (spodaj) iz Tržaškega zaliva.	60
Slika 40: Splošna zgradba dinoflagelatne celice	62
Slika 41: Primeri različne delitve celice s prečno brazdo pri golih dinoflagelatih in položaji prečnega bička.	62
Slika 42: Nekaj primerov golih (prvi z leve) in oklepni (ostali trije) predstavniki dinoflagelatov Tržaškega zaliva.	63

Slika 43: Različne oblike kalcitnih ploščic – kokolitov kot taksonomski znak pri kokolitoforidih iz Arabskega morja.....	64
Slika 44: Morfološka raznolikost najbolj pogostih taksonomskih skupin med nanoflagelati.	66

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pregled fotosintetskih pigmentov, rezervnih snovi in zgradbe celične stene po različnih skupinah alg.....	13
Preglednica 2: Značilnosti posameznih razredov in redov rdečih alg.	17

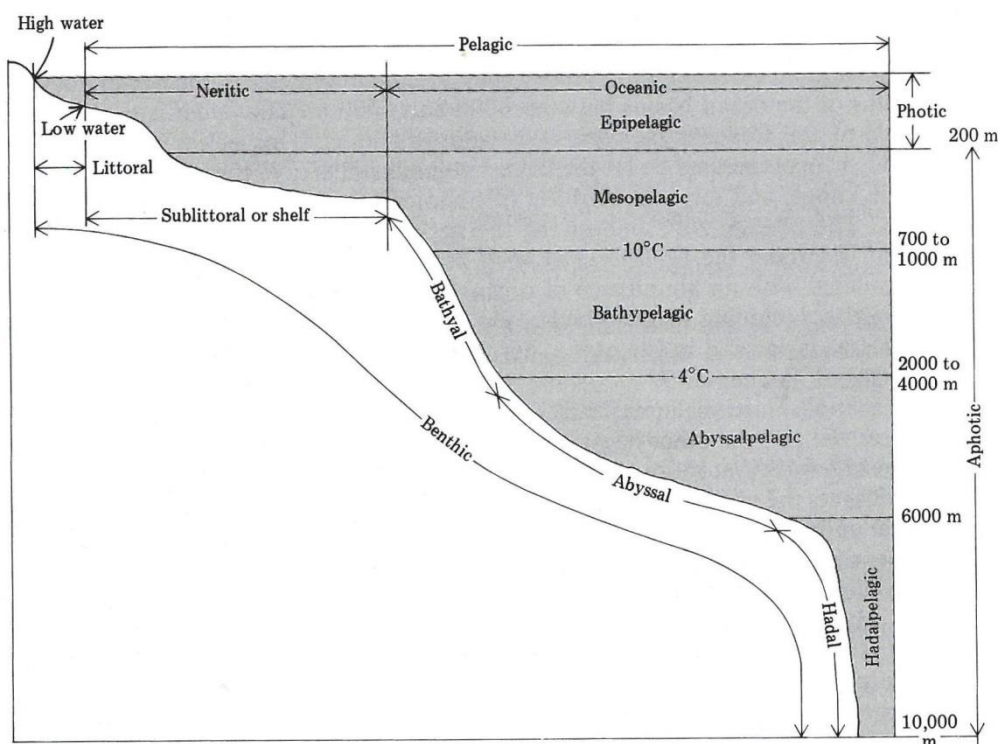
UVOD

V okviru predmeta Morska botanika je predvidenih 15 ur laboratorijskih in 5 ur terenskih vaj.

Cilj teh vaj je:

- spoznati glavne taksonomske skupine alg in njihove značilnosti,
- spoznati raznolikost makroalg in morskih trav slovenskega morja oz. Tržaškega zaliva,
- spoznati habitate makroalg in morskih trav slovenskega morja oz. Tržaškega zaliva,
- spoznati metodologijo vzorčenja prepoznati glavne skupine mikroalg, s poudarkom na fitoplanktonu.

Morska botanika obravnava morske fotoavtotrofne organizme. Ti organizmi se v morskem okolju pojavljajo v odvisnosti od razpoložljive svetlobe in podlage. V odprtih oceanskih voda se evfotska cona (včasih tudi fotska), v kateri uspevajo fotoavtotrofni organizmi, razteza največ do globine 200 m (Sl. 1), kjer je delež vpadne svetlobe lahko tudi manjši (0,1 do 0,01 %) od kompenzacijske globine – globina 1 % vpadne svetlobe, ki pragmatično označuje spodnjo mejo evfotske cone. V obalnih morjih pa je prodiranje svetlobe mnogo manjše – v grobem do 1 ali največ 50 m. Vendar je tako v odprtem oceanu kot obalnem morju pojevanje svetlobe z globino zelo veliko, saj že do globine 10 m upade pribl. 80 % razpoložljive svetlobe. Med avtotrofnimi organizmi, ki uspevajo najgloblje, so rdeče alge. Vrste teh alg so bile najdene na globini 268 m na Bahamskih otokih (Littler & Littler, 1984). Spodnja meja uspevanja semenk je določena z njihovo vrstno specifično globino kompenzacijske točke, ki ustreza 1 % vpadne svetlobe. V najbolj čistih vodah Sredozemskega morja je ta meja na globini 40-50 m.



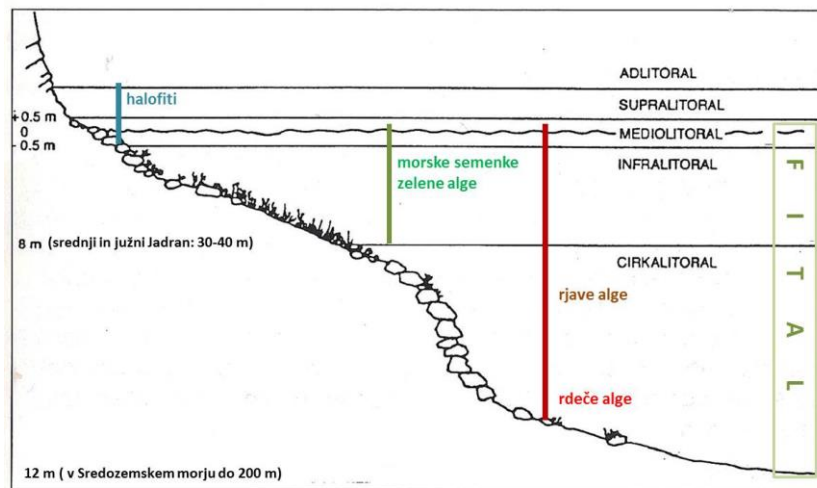
Slika 1: Oceanska območja proste vode – pelagial (pelagic) in morskega dna - bental. Fotoavtotrofni organizmi naseljujejo evfotsko cono (photic na sliki), ki obsega najbolj zgornji del proste vode v odprtem oceanu (oceanic) in obalnem morju (neritic) – epipelagial (epipelagic) ter dno obalnega območja ali litoral (littoral). (Vir: Hedgpeth, J. (ed.) (1957) v Nybakken, J. W. (1988))

Med morske fotoavtotrofne organizme prištevamo številne večcelične in enocelične predstavnike, ki jih glede na organizacijo celice delimo na prokariote in evkariote. Pri vajah iz morske botanike bomo obravnavali predvsem makroalge (v angleških virih jih pogosto navajajo kot SEaweeds) in morske trave, eno vajo bomo namenili spoznavanju raznolikosti mikroalg, predvsem predstavnikom ekološke skupine fitoplanktona.

Slovensko morje je del Tržaškega zaliva, ki je v skrajnem severnem delu Jadranskega in hkrati tudi Sredozemskega morja in ima zaradi svoje lege specifične lastnosti. Na fizikalne in kemične lastnosti morja v Tržaškem zalivu vplivajo vremenske razmere, pritoki rek in izmenjava vodnih mas z južnim Jadranom (Malačič & Petelin, 2001). Temperatura in slanost morja sezonsko nihata. Razpon temperature na površini je od okoli 6 °C februarja do okoli 26 °C avgusta, v pridnenem sloju pa med 6 in 20 °C (Malačič *et al.*, 2006). Površinska slanost, na katero najbolj vplivajo sladkovodni pritoki, je v razponu med 28,0 in 38,5.

Obalnemu delu morja pravimo litoral. Delu litorala, kjer uspevajo bentoški avtotrofi, pravimo fital (Sl. 2). Zaradi fizikalno – kemičnih lastnosti morske vode, fital v Tržaškem zalivu dosega

največjo globino 12 m. Ker je v severnem Jadranu plimovanje izrazitejše (90 cm) od ostalega Sredozemlja (20 - 30 cm), je tukaj bistveno bolj razvit mediolitoralni pas, ki zaradi ekstremnih pogojev predstavlja zelo zanimivo in edinstveno življenjsko okolje (Sl. 2).

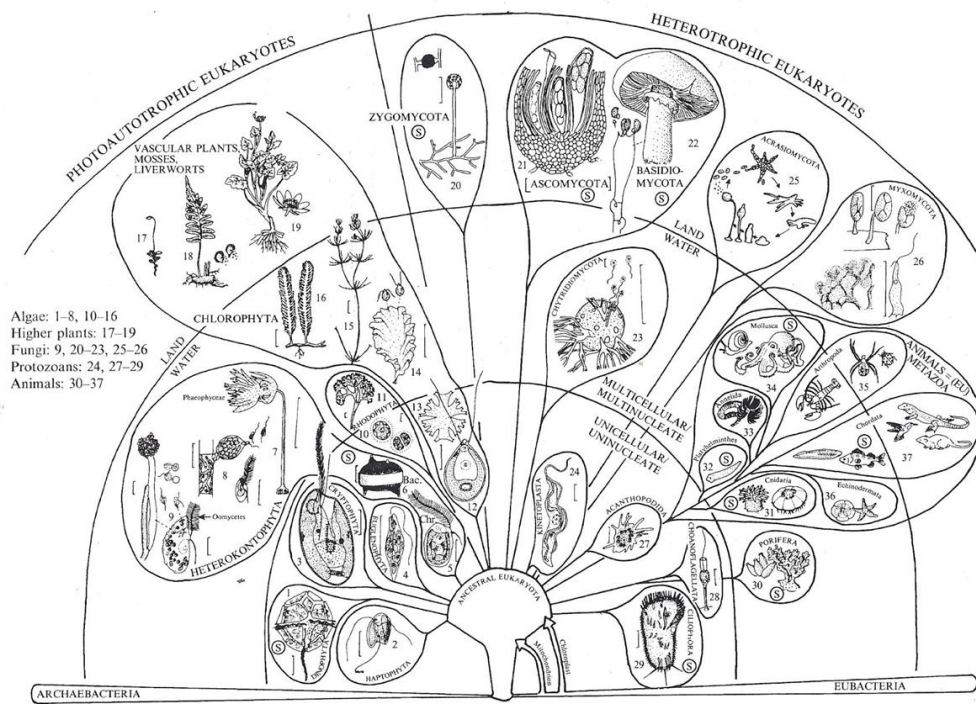


Slika 2: Profil litorala v Tržaškem zalivu. (Povzeto po Battelli, 2000)

Uspevanje morskih makroalg in morskih semenk je odvisna od podlage, na katero so pritrjene oz. ukoreninjene. V severnem Jadranu najdemo tako trdo kot mehko podlago. Trda podlaga je lahko naravna ali umetna. V severnem Jadranu sta glavna naravna gradnika dve sedimentni kamnini, ki se razlikujeta po fizikalnih in kemičnih lastnostih. V Slovenskem delu je najbolj pogost fliš, ki ga sestavljajo peščenjaki in lapor. Večji del hrvaške obale in manjši del slovenske (Izola) in italijanske (območje med Barkovljami pri Trstu in Devinom) pa sestavljajo apnenci. K umetni trdni podlagi lahko štejemo zidove, pomole, valobrane, plovila in priveze, ki lahko predstavljajo rastišča za različne avtotrofne organizme.

Mehko podlago delimo na usedline sivih glin in mulja – predvsem v manjših obalnih zalivih (estuarij Dragonje, območje Strunjanskih solin, plitvine pri Ankaranu, zaliv Svetega Jerneja), ter detritno dno v obalnem pasu, ki ni pod neposrednim sladkovodnim vplivom – organski sediment in školjčni detrit na peščenem ali muljastem sedimentu.

Sistematika alg je zapletena in v mnogih segmentih še ne povsem pojasnjena. Tradicionalna klasifikacija sloni na biokemičnih lastnostih, morfoloških značilnostih, citologiji in značilnosti življenjskih ciklov. Pri vajah iz Morske botanike sledimo sistematiki, ki jo upoštevajo van den Hoek *et al.* (1995; Sl. 3) in Graham *et al.* (2009) in digitalna baza Algaebase (www.algaebase.org), ki služi tudi kot referenca za pravilnost vrstnih imen.



Slika 3: Organizacija sistema živih bitij. (Vir: van den Hoek et al. (1995))

Povzetek: ORGANIZACIJSKI NIVOJI PRI ALGAH

Mikroalge

monadni (bičkasti, flagelatni) organizacijski nivo – običkane celice, pogosto brez stene, lahko združene v kolonije, *v nadaljevanju: običkane lahko le spolne celice.*

kokalni organizacijski nivo – neobičkane celice.

ameboidni organizacijski nivo – gole celice s psevdopodiji.

kapsalni (palmeloidni) organizacijski nivo – neobičkane celice, brez sten, v galertastih kolonijah.

Makroalge

trihalni (nitasti) organizacijski nivo – celice tvorijo nitaste, ploščate ali razrasle kolonije brez delitve dela.

sifonalni organizacijski nivo – steljko tvori ena sama mnogojedrna (polienergidna) celica. Gametangiji in sporangiji lahko ločeni s prečno steno.

sifonokladalni organizacijski nivo – večcelična nitasta steljka, celice polienergidne (večjedrne).

parenhimatski organizacijski nivo – prostorsko razrasle steljke, delitve dela med celicami – oblikovanje tkiv (krovno, mehansko, rastno,...) in organov (rizoidi, kavloidi, filoidi).

Povzetek: RAZMNOŽEVANJE in ŽIVLJENJSKI CIKLI

Nespolno

- Vegetativno

- mitotična, večcelična razmnoževalna enota, fragmentacija, razraščanje

- Nespolno (v ožjem pomenu besede)

Spore (troci) – nastajajo v sporangijah – iz njih se razvije nov organizem

Mejoza → mejospore (n) → gametofit

Mitotična → mitospore ($2n, n$)

Spolno

Dve (n) gameti se združita v ($2n$) zigoto

– mitotična → sporofit ($2n$)

– mejoza → gametofit (n)

Zigota lahko postane trajna (zigocista, zigospora)

Glede na razlike med gametami

- Izogamija (gameti morfološko enaki)
- Anizogamija (gameti morfološko različni, enako gibljivi)
- Oogamija (ženska gameta - jajčna celica; moška gameta - spermatozoid, spermacija)
- Ni jasnih mej med sporami in gametami, lahko jih proizvajajo iste celice

Življenjski cikli

- Haplontni cikel: ena (n) vegetativna faza
- Diplontni cikel: ena ($2n$) vegetativna faza
- Izomorfni haplodiplontni cikel: dve izomorfni (n in $2n$) generaciji
- Heteromorfni haplodiplontni cikel: dve heteromorfni (n in $2n$) generaciji

Preglednica 1: Pregled fotosintetskih pigmentov, rezervnih snovi in zgradbe celične stene po različnih skupinah alg

Takson	Fotosintetski pigmenti	Rezervne snovi	Celična stena
Cyanobacteria	Klorofil a (pri Prochlorophyta tudi b) Fikocianini Alofikocianin Fikoeritrin β -karoten Ksantofili	Cianoficejski škrob (podoben glikogenu in amilopektinu)	Kot pri Gram-bakterijah, pogosto obdana s polipeptidnim mukoznim ovojem
Glaucophyta	Klorofil a Fikocianini Alofikocianin Fikoeritrin β -karoten Ksantofili	Škrob	Celulozna
Euglenophyta	Klorofil a, b β -karoten Ksantofili	Paramilon (podoben škrobu)	Beljakovinska pelikula pod celično membrano
Cryptophyta	Klorofil a, c Fikocianini Alofikocianin Fikoeritrin α, β -karoten Ksantofili	Škrob	Beljakovinska pelikula pod celično membrano
Haptophyta	Klorofil a, c β -karoten Ksantofili	Hzizolaminarin	Apnenčaste luske
Dinophyta	Klorofil a, c β -karoten Ksantofili	Škrob	Celulozne plošče v veziklih pod celično membrano
Ochrophyta (diatomeje, zlatorumene alge, rjave alge)	Klorofil a, c β -karoten Ksantofili	Hzizolaminarin, lipidi	Lahko gola; pri nekaterih s silikatnimi /organskimi ploščami; lahko tudi celuloza in alginat
Rhodophyta	Klorofil a Fikocianini Alofikocianin Fikoeritrin α, β -karoten Ksantofili	Floridejski škrob (zrnca raztresena po citoplazmi)	Celuloza, sulfatirani polisaharidi; pri nekaterih kalcificirana
Chlorophyta	Klorofil a, b β -karoten Ksantofili	Škrob (v kloroplastih)	Celuloza ter drugi polimeri; s ploščami, gola ali kalcificirana

Glede na morfološko zgradbo je Battelli (2013) makroalge tržaškega zaliva razdelil v 6 skupin:

- skupina **trakastih alg**: v to skupino je uvrstil alge z debelo trakasto pokončno steljko,
- skupina **skorjastih alg**: steljke teh alg so trdno pritrjene na podlago v obliki tanke prevleke,
- skupina **polnovaljastih alg**: steljka je sestavljena iz osrednjega dela in iz skorjastega dela,
- skupina **nitastih alg**: v to skupino je vključil vse alge z nežno nitasto steljko sestavljeno iz (a) enoserijskih razraslih nitk, (b) enoserijskih nerazraslih nitk ter (c) večserijskih razraslih nitk,
- skupina **cevkastih alg**: skupino sestavljajo vrste s steljko iz enega sloja celic v obliki votle cevke,
- skupina **listastih alg**: skupino sestavljajo vrste s steljko v obliki širokega lista.

MAKROALGE

Deblo RHODOPHYTA (rdeče alge)

- Pestrost: 4000 – 6000 vrst (nekatero oceno med 2500 in 20000),
- 3% (150 vrst) sladkovodnih,
- Tržaški zaliv: okoli 280 vrst,
- predvsem morske, največja pestrost v tropskih morjih,
- pogosto rastejo kot obligatni epifiti,
- prisotnost fikobilinov omogoča absorpcijo drugih valovnih dolžin svetlobe, kar omogoča fotosintezo tudi v večjih globinah.
- **Pigmenti:** klorofil *a* (redkeje klorofil *d*), alfa in beta karoten, ksantofili (lutein in zeksantin), fikobilini (fikocian in fikoeritrin).
- **Rezervna snov:** floridejski škrob (podoben glikogenu – nastaja v citoplazmi, kjer se nahaja v obliki prostih zrn), olja.
- **Celična stena:** zgrajena iz neurejene, rahle mreže celuloznih fibril, napolnjene z amorfnim matriksom – EMC (*extracellular matrix*) – sestavljen iz polisaharida galaktana in mukusa.

EMC prevladuje nad celulozo – manj čvrsta celična stena v primerjavi z drugimi algami. To omogoča 1) razmnoževanje z neobičnimi celicami (ameboidno premikanje); 2) izmenjavo jedrnih in citoplazemskih informacij med celicami; 3) celjenje poškodovanih delov steljke; 4) veliko povečanje dolžine in volumna celicvečplastna, znotraj celulozna, zunaj pektinska.

Celična stena (v ECM) je pogosto inkrustrirana s CaCO_3 in MgCO_3 , kar daje steni togost.

Pri nekaterih taksonih (npr. *Mazzaella*) je celična stena prekrita z netopno proteinsko kutikulo, ki ji daje trdnost. Značilen mavričast videz površine steljke.

- Beljakovinski čepi med celicami – edinstvene strukture, značilne za rdeče alge. Čep iz beljakovinskega materiala je naložen v poro/prehod med dvema celicama.

- Ni aktivnih gibljivih oblik - odsotnost bičkov (flagellum).
- Organizacijski nivo: kokalni, trihalni.
- Razmnoževanje: nespolno – preko aplanospor, spolno – oogamija, značilno trifazni življenjski cikel.

Preglednica 2: Značilnosti posameznih razredov in redov rdečih alg. Povzeto po van den Hoek et al. (1995).

Characters	<u>Thallus</u>	<u>Pit plugs</u>	<u>Tetrasporangium</u>	<u>Auxiliary cell</u>	<u>Carpogonium,</u>	<u>Life cycle</u>
	Uniaxial or cental filament type- consists only of a main axis and the short shoots that arise from it. Multiaxial or fountain type – thallus consist of several or many main axes, together with the short shoots associated with them.	Pit connections and pit plugs are unique and distinctive features of red algae. A plug of proteinaceous material deposited in a pore (pit) between adjacent cells, the cell resulting from incomplete wall formation during cell division.	Meiosporangium that produces four naked, haploid meiospores. Four types: Cruciate tetrasporangia, Cruciate decussate tetrasporangia, Zonate tetrasporangia, Tetraedrale tetrasporangia. On sporophyte	A cell rich in cytoplasm into which the diploid zygotic nucleus itself, or a diploid nucleus produced after one or several divisions of the zygotic nucleus is injected. The auxiliary cell gives rise to the gonimocarp – group of gonimoblasts, filaments of diploid cells that produces carpospores.	with its protuberance Trychogine, represents the female gametangium. Is an oogonium, mostly consisting of a swollen basal portion (containing the female nucleus) and an elongate, colorless tip (the trychogine)with which the male gamete (spermatium) fuses. On gametophyte	
Class Bangiophyceae						
<i>Porphyridiales</i>						
<i>Rhodochaetales</i>						
<i>Erythropeltidaes</i>						
<i>Bangiales</i>	Multicellular thalli, multiseriate unbranched filaments or blades in the gametophyte phase, and branched uniseriate filaments in the	Absent in blades and multiseriate filaments. Occur in branched filaments (without	Absent		Almost indistinguishable from vegetative cells, without trichogynes.	Diplohaplontic and heteromorphic <i>Conchocelis</i> sporophyte phase Asexual reproduction

	sporophyte phase	cap membrane, with one layered plug cap)				via monospores.
Class Florideophyceae						
<i>Acrochaetiales</i>						
<i>Palmariales</i>						
<i>Nemaliales</i>	Cylindrical od slightly flattened thalli, branched. More or less gelatinous Multiaxial construction	Cap membranes Two layered cap plugs	Cruciate	Absent	Borne on specialized carpogonial branches.	Heteromorphic
<i>Batrachospermales</i>						
<i>Corallinales</i>	Macroscopic and calcareous – cell wall impregnated with calcite Prostrate crusts or erect bushy plants	Without cap membrane Two layered cap plugs Outer layer conspicuously domed	Zonate, formed in conceptacles	Cells bearing the carpogonial branches function as auxiliary cells	Each carpogonium is the end cell of a two-celled carpogonial branch born by auxiliary cell	Diplohaplontic and isomorphic
<i>Gelidiales</i>	Macroscopic and cartilaginous Cylindrical or flattened Often pinnate Internal structure uniaxial – determinate lateral branches thet combine to form a compact pseudoparenchymatous tissue	Cap membranes One layered cap plugs	Cruciate	Present, in the form of branched 'nutritive' filaments	Borne at the end of a three-celled carpogonial branch - the other two cells, and even the carpogonium itself, bear ordinary laterals containing vegetative cells	Diplohaplontic and isomorphic

<i>Gigartinales</i>	Very varied – frondose, crustose forms Internal structure of the frondose forms – uniaxial or multiaxial	Cap membrane Without plug caps	Cruciate or zonate	Present before the carpogonium has been fertilized	At the end of specialized carpogonial branches	Diplohaplontic, isomorphic or heteromorphic
<i>Rhodomeniales</i>	Erect Some blade –like (dichotomously branched), other cylindrical, often hollow Internally – multiaxial, pseudoparenchymatous structure	Cap membranes Without plug caps	Tetrahedral, sometimes cruciate	Present before the carpogonium has been fertilized	Is the terminal cell of a specialized, three- or four-celled carpogonial branch	Diplohaplontic, isomorphic
<i>Ceramiales</i>	Elegant, branched blades, tufted plants consisting of delicate branched uniseriate filaments or of branched, pluriseriate filaments. Structure always clearly uniaxial	Cap membranes Without plug caps	Tetrahedral, sometimes cruciate	Supporting cell of the carpogonial branch cuts off the auxiliary cell only after the carpogonium has been fertilized - supporting cell+auxiliary cell+carpogonial branch=procarp, remarkably uniform in structure throughout the order	Is the terminal cell of a specialized, three- or four-celled carpogonial branch	Diplohaplontic, isomorphic

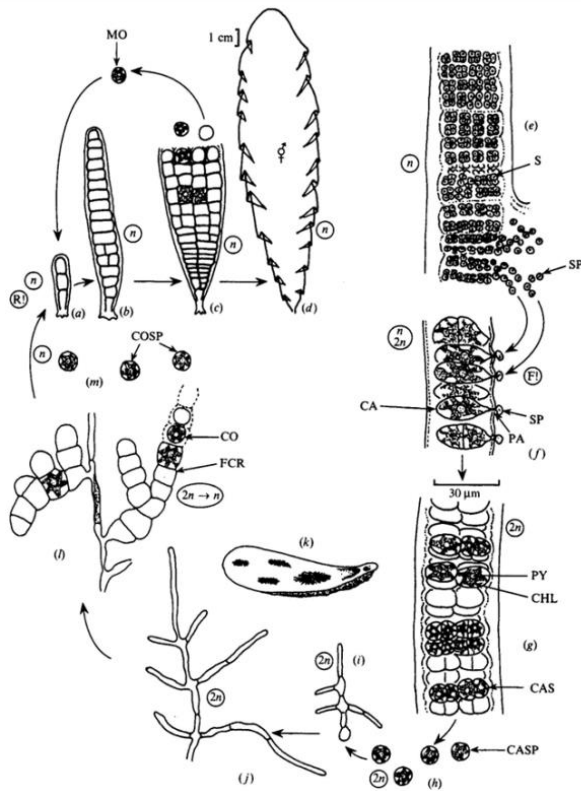
Razred Bangiophyceae

- Enostavne steljke – enocelične, nitaste ali ploščate steljke.
- Difuzna rast ali preko delitve apikalne celice.
- Beljakovinski čepi odsotni ali prisotni.
- Kloroplasti pogosto zvezdaste oblike in na sredini celice.
- Vrste, ki se spolno razmnožujejo imajo haplodiplotni življenjski cikel, ki je lahko izomorfen ali heteromorfen (Sl. 4).
- Karpogonij (oogonij redčih alg) se ne razlikuje od vegetativnih celic.
- Tetrasporangiji so odsotni.

Red Bangiales

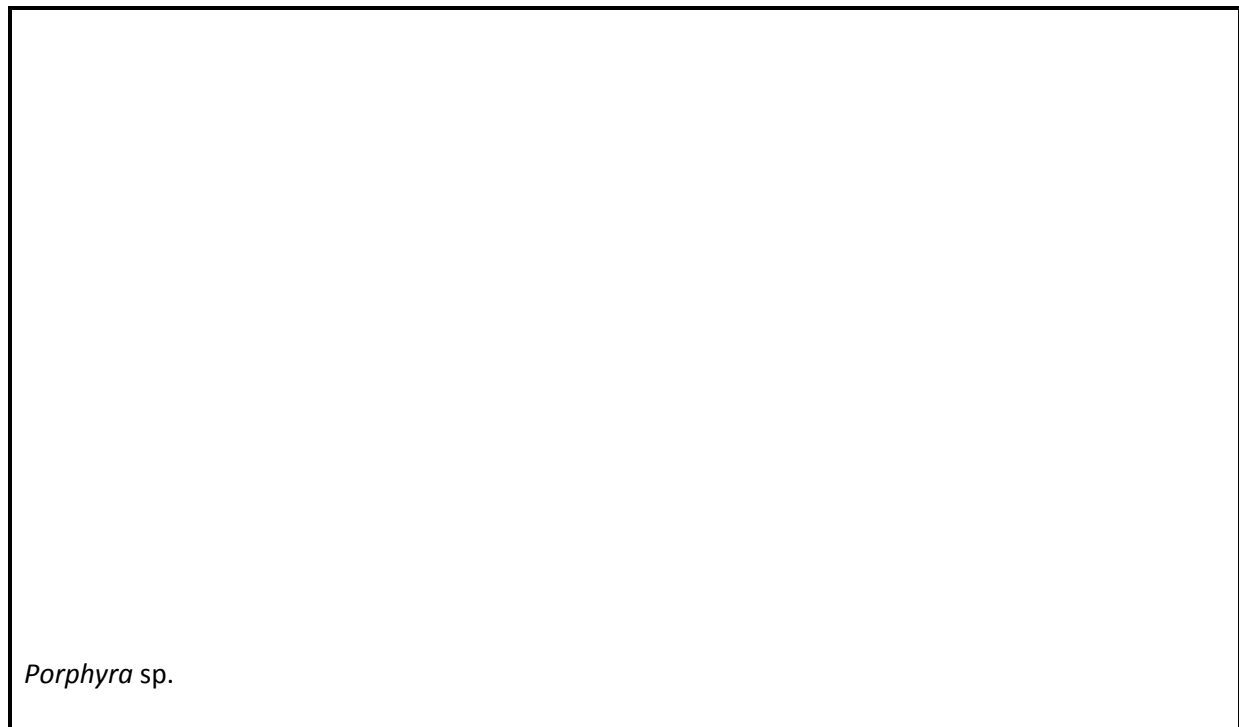
- Skoraj povsem morski red.

Družina Bangiaceae



Slika 4: Življenjski cikel porfire *Porphyra* sp. (Vir: van den Hoek & al. (2005))

Oglejte si trajni preparat in skicirajte del steljke.



Opišite gospodarski in prehrambni pomen alg iz rodu *Porphyra*.

Opišite ekologijo in fenologijo pojavljanja alge *Bangia atropurpurea* v Slovenskem morju.

GRADIVO:

Battelli, C., 2004: The structure and seasonal variations of *Bangia atropurpurea* (Roth) C. Agardh (Bangiales, Rhodophyceae) community from the Slovenian coast (Northern Adriatic). *Annales, Series Historia Naturalis*, 14, 1.

Blouin, N.A., Brodie, J.A., Grossman, A.C., Xu, P. & S. H. Brawley, 2011: *Porphyra*: a marine crop shaped by stress. Trends in Plant Science, Vol. 16, No. 1

Razred Florideophyceae

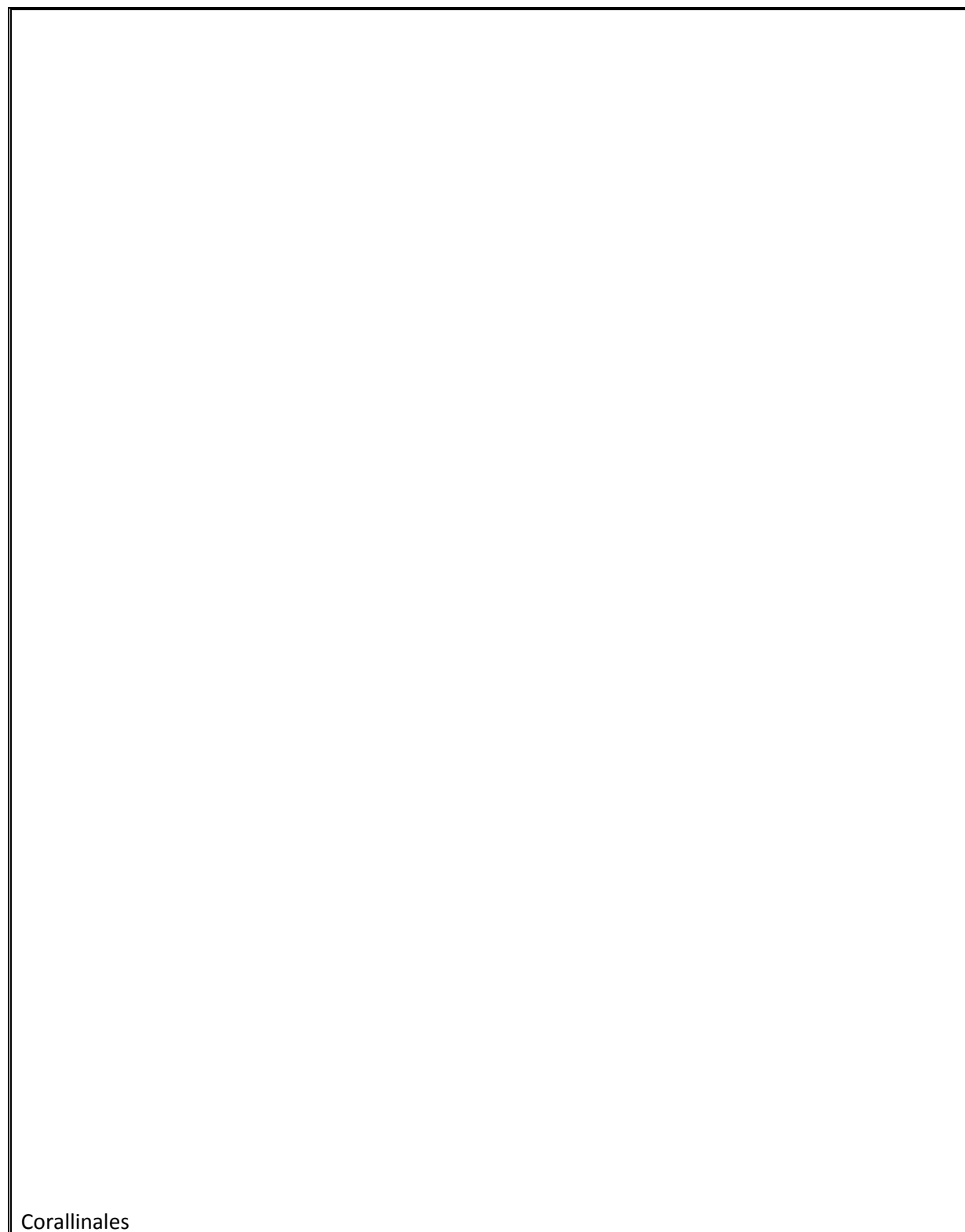
- Steljko sestavljajo razvejani filamenti, ki so pogosto enotni in tvorijo pseudo-parenhimatske strukture. Steljka je valjasta, stisnjena ali listnata.
- Steljka je lahko zgrajena na dva osnovna načina: tip centralne niti (monoaksialni tip) – glavna nit se vretenasto razrašča; fontanski tip (multiaksialni tip) – več vzporedno rastočih in bočno zraslih glavnih niti.
- Rast je navadno apikalna.
- Beljakovinski čepi so vedno prisotni.
- Kloroplasti so nameščeni ob celično steno – trakasti, diskoidni, brez pirenoidov – pri nekaterih predstavnikih zvezdasti, s pirenoidom v sredini in nameščeni v središče celice.
- Vrste, ki se spolno razmnožujejo imajo haplodiplontski življenjski cikel, ki je lahko izomorfen ali heteromorfen.
- Karpogonij (oogonij redčih alg) se jasno razlikuje od vegetativnih celic. Vsak karpogonij spremlja izrastek trihogen, ki ima vlogo sprejemanja moške gamete.
- Oplojeni karpogonij se razvije v sporogeno diploidno tkivo, imenovano gonimokarp. Ta proizvaja diploidne spore – karpospore, ki se razvijejo v diploidni tetrasporofit.
- Diploidni tetrasporofit proizvaja mejospore (tetraspore) v tetrasporangijih. Iz tetraspor se razvije haploiden gametofit.

Red Corallinales

- Močno poapnela makroskopska steljka – s kalcitom (CaCO_3) impregnirana celična stena.
- Multiaksialni tip steljke.
- Pomembni gradniki apnenih podmorskih skladov (koraligen), predvsem v tropskih morjih – gradniki in utrjevalci koralnih grebenov.
- Tetrasporangiji nastajajo v konceptaklih – votline v steljki.
- Izomorfni haplodiplonti.

Družina Corallinaceae

S pomočjo določevalnega ključa določite posamezne predstavnike redu Corallinales. Skicirajte in označite dele steljke, ki so pomembni pri določanju taksonov.



Corallinales

Red Peyssonneliales

Družina Peyssoneliaceae

Peyssonelia spp.

Red Hapalidiales

Družina Hapalidiaceae

Phymatolithon lenormandii

Red Hildenbrandiales

Družina Hildenbrandiaceae

Hildenbrandia rubra

Red Ceramiales

- Nežne, razvejane steljke, ki pogosto rastejo v gostih šopkih.
- Monoaksialni tip steljke.
- Izomorfní haplodiplonti.

Družina Ceramiaceae

Predstavniki: *Callithamnion* spp., *Griffithsia* spp., *Ceramium* spp. (Sl. 6), *Spyridia filamentosa*, *Wrangelia penicillata* (Sl. 5).



Slika 5: *Wrangelia penicillata*



Slika 6: *Ceramium* sp.

Oglejte si posušeni in mokri primerek ter trajni preparat alge *Ceramium* sp (Sl. 6). Natančno skicirajte obliko in zgradbo steljke. Na podlagi trajnega preparata skicirajte in označite tetraspore.

Zapišite v kateri fazi življenjskega cikla se tetraspore pojavijo, kaj je zanje značilno in kaj se iz njih razvije v naslednji fazi.

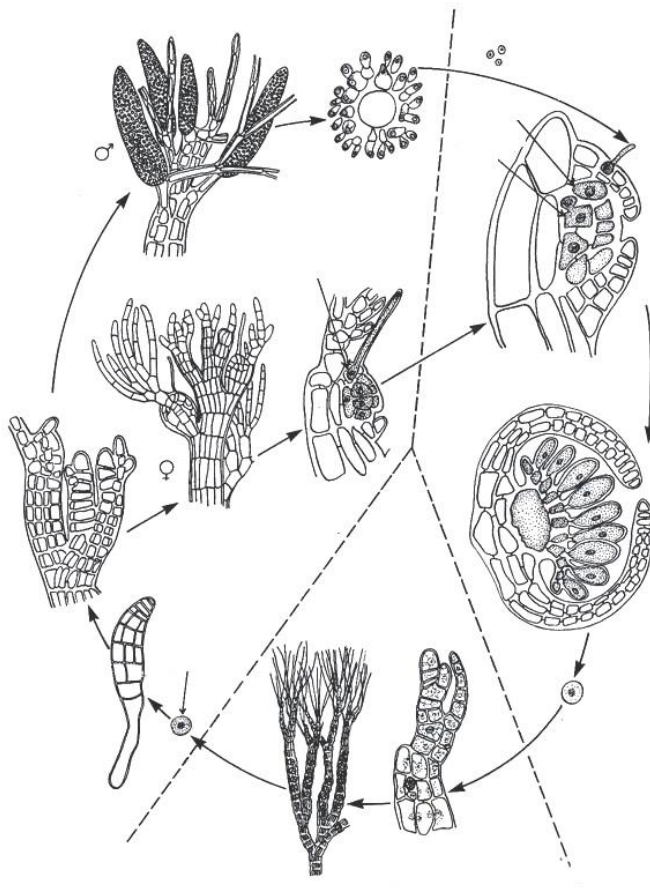
Ceramium sp.

Družina Rhodomelaceae

Polysiphonia

Na spodnji shemi (Sl. 7) označite posamezne faze življenjskega cikla alge *Polysiphonia* sp. Označite strukture, ki so namenjene spolnemu in nespolnemu razmnoževanju.

Oglejte si posušeni in mokri primerek ter trajni preparat alge *Polysiphonia* sp. Natančno skicirajte obliko in zgradbo steljke. Na podlagi trajnega preparata skicirajte in označite tetraspore in cistokarp.

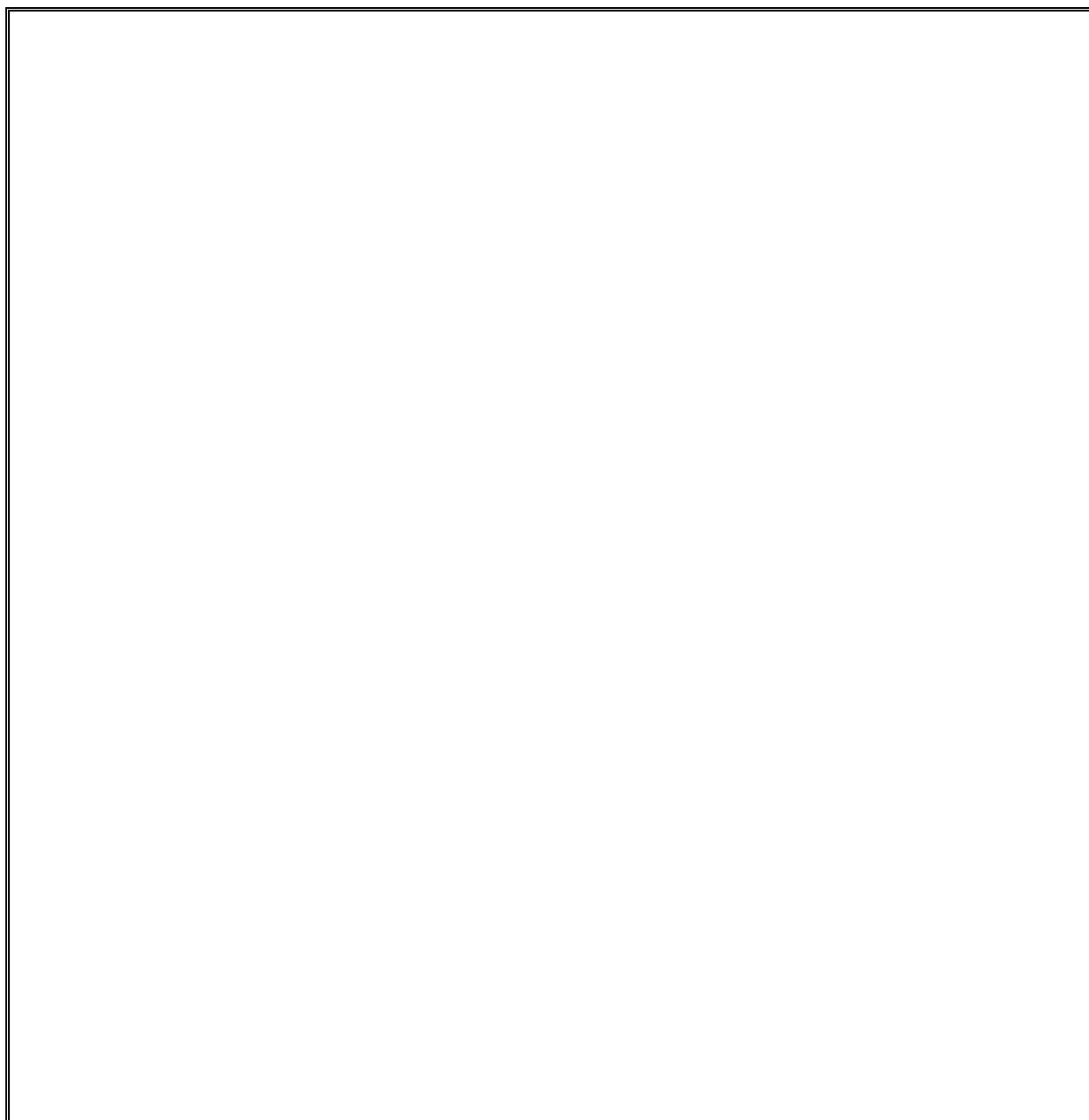


Skica steljke s tetrasporami

Skica steljke s cistokarpom

Slika 7: Življenjski cikel polisifonie *Polysiphonia* sp. (Vir: van den Hoek et al. (2005))

Predstavniki družine Rhodomelaceae so tudi *Laurencia* spp., *Alsidium corallinum*, *Halopithys incurvus*, *Vidalia volubilis*, ki uspevajo v slovenskem morju. V literaturi preverite fenološke značilnosti omenjenih predstavnikov in ekološke značilnosti rastišč. V spodnji prostor skicirajte del steljke omenjenih predstavnikov.



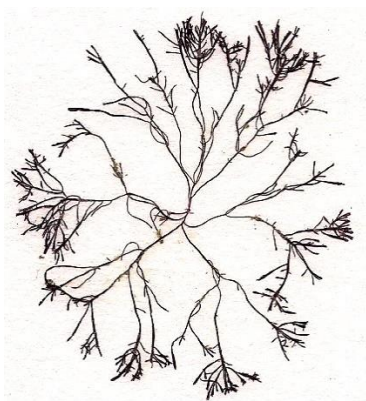
Družina Delesseriaceae

Nitophyllum spp.

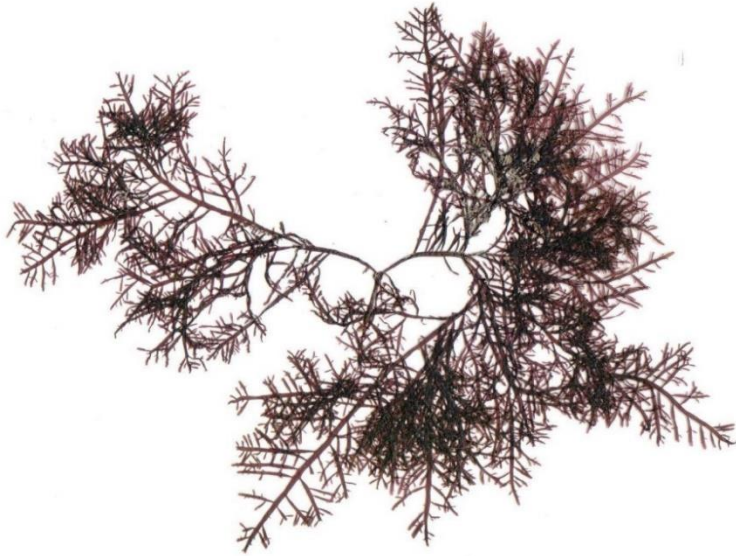
Red Gelidiales

- Steljke pogosto peresaste, v prerezu okrogle ali sploščene, nekoliko bolj toge strukture.
- Monoaksialni tip steljke.
- Izomorfni haplodiplonti.

Družina Gelidiaceae (Sl. 8, 9)



Slika 8: *Gelidium* sp. (levo) in *Gelidium cristatum* (desno).

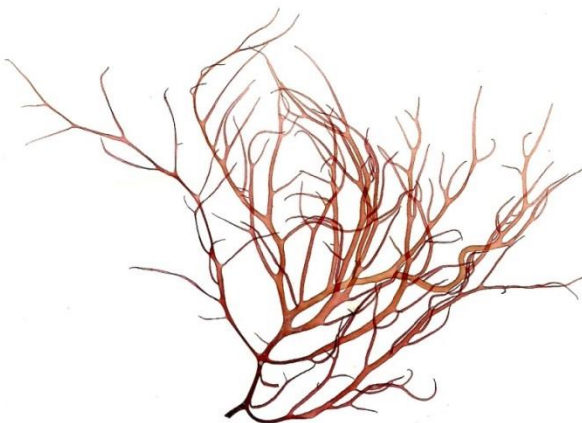


Slika 9: *Pterocladia capillacea*

Red Gigartinales

- Raznolike steljke (razvejane, skorjaste,...).
- Monoaksialni in multiaksialni tip steljke.
- Izomorfni in heteromorfni haplodiplonti.

Družina Gigartinaceae (Sl. 10)



Slika 10: *Gigartina acicularis*

Družina Rhabdoniaceae (Sl.11)



Slika 11: *Catenella caespitosa*

Družina Sebdeniaceae

Sebdenia monardiana

Red Rhodymeniales

- Pokončna steljka, pri nekaterih predstavnikih listnata, pri drugih v prerezu okrogla in pogosto votla.
- Multiaksialni tip steljke.
- Izomorfní haplodiplonti.

Družina Rhodymeniacea

Botryocladia botryoides

Družina Lomentariaceae

Gastroclonium sp., *Chylocladia verticillata*, *Lomentaria* sp.

Red Nemaliales

- Steljke v prerezu okrogle ali nekoliko sploščene, večinoma želatinaste strukture.
- Multiaksialni tip steljke.
- Življenjski cikel večinoma heteromorfen haplodiplotni.

Družina Helminthocladiaceae (Sl. 12)



Slika 12: *Nemalion helminthoides*

Oglejte si trajni preparat *Nemalion* sp. in skicirajte del steljke z razmnoževalnimi organi.

Nemalion sp.

Družina Bonnemaisoniaceae

Na podlagi priložene literature opišite posebnosti življenjskega cikla rodu *Asparagopsis*.

Asparagopsis armata (*Falkenbergia rufolanosa* faza)

GRADIVO:

Chualáin, Ní, F., Maggs, A.C., Saunders, G.W. & M.D. Guiry., 2004: The invasive genus *Asparagopsis* (Bonnemaisoniaceae, Rhodophyta): molecular systematics, morphology, and ecophysiology of *Falkenbergia* isolates. *Journal of Phycology*, 40, 1112–1126.

Deblo OCHROPHYTA (fotosintetski stramenopili) [syn. Heterokontophyta (raznobičkaste alge)]

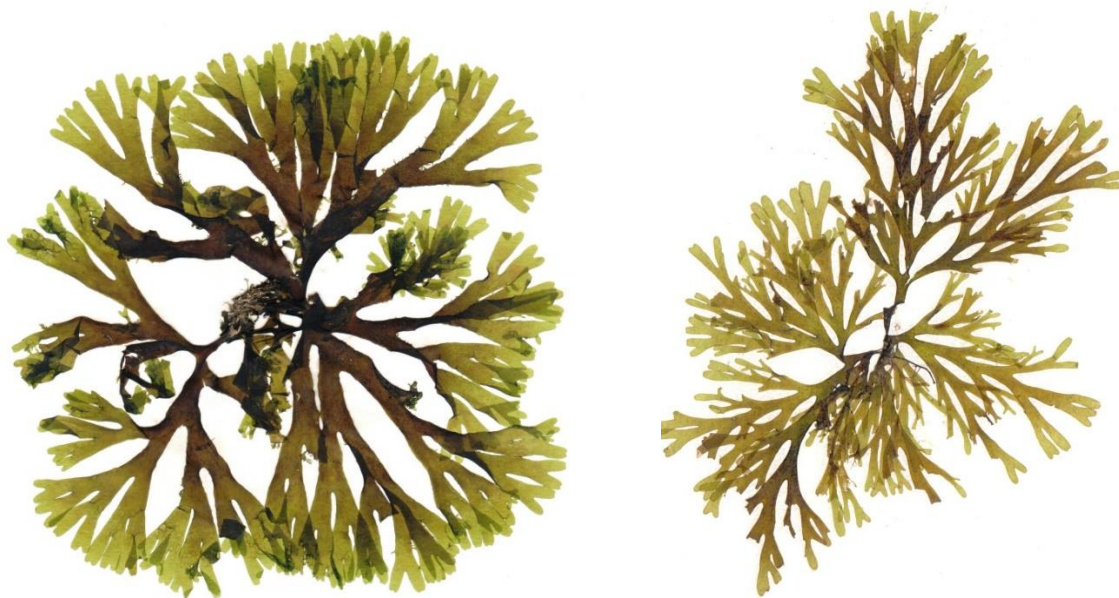
Razred Phaeophyceae (rjave alge)

- Vsi predstavniki razreda rjavih alg so večcelični, od mikroskopskih nitastih steljk (rod *Ectocarpus*) do orjaških, več 10 m velikih parenhimatskih steljk (red Laminariales)
- Predvsem morske, največja pestrost v hladnih morjih
- 5-6 rodov ima predstavnike v sladkih vodah
- Pestrost: 1500-2000 vrst
- Tržaški zaliv: okoli 100 vrst
- Način življenja:
 - Pritrjene na trdo podlago
 - Epifiti (na morskih travah in drugih makroalgah), epizoji (na lupinah mehkužcev), endofiti (v tkivih drugih alg)
 - Drift populacije: *Sargassum fluitans*, *S. natans*, Sargaško morje
 - Od mediolitorala (*Fucus*) do infra- in cirkalitorala (*Laminaria rodriguezi* – 50 do 150 m globine).
- **Pigmenti:** klorofil *a* in *c*, beta karoten, ksantofili (fuko- in vaucherioksanin); zaradi fukoksantina, ki zakriva klorofil *a*, so kloroplasti zlato-rjave barve.
- **Rezervna snov:** krizolaminarin (polisaharid glukoze, nastaja v vakuolah), manitol (sladkorni alkohol, poleg hranilnega pomena, pomen pri vzdrževanju osmoze)
- **Celična stena:** iz celuloznih fibril, ki dajejo trdnost, dodatno togost dajejo alginati (soli alginske kisline, ki se povezuje z različnimi ioni - Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), skupaj z amorfnim, sluzastim matriksom iz kompleksnih sulfatnih polisaharidov (fukoidini) in alginatov.
- Organizacijski nivo: trihalni, parenhimatski
- Bički prisotni samo pri spolnih celicah. Heterokontna bička, razlikujeta se po zgradbi, večinoma s tipičnim fotoreceptorskim aparatom.
- Razmnoževanje: nespolno – različni tipi spor, spolno – oogamija, izomorfní ali heteromorfni haplodiplonti.

Red Dictyotales (Sl. 13-16)

- Ploščata steljka, triplastna – srednjo plast predstavlja založno tkivo
- Izomorfni haplodiplonti - sporofit ($2n$) in gametofit (n)
- V sporangijih se razvijejo 4 neobičkane tetraspore (n)
- Gametofit je dvodomen
- Spolno razmnoževanje je oogamija

Dictyota spp, *Dictyopteris polypodioides*, *Padina pavonica*



Slika 13: *Dictyota cyanoloma* (levo) in *Dictyota dyctiopteris* (desno).



Slika 14: *Dictyota linearis*



Slika 15: *Dictyopteris polypodioides*



Slika 16: *Padina pavonica*

Red Fucales (Sl. 17-19)

- Parenhimatski organizacijski nivo steljke (razločno oblikovano mehansko in krovno tkivo)
- Diplonti – na sporofitu poteka tako spolno kot nespolno razmnoževanje
- Gamete se razvijejo v posebnih vdolbinah – konceptaklih
- Spolno razmnoževanje je oogamija



Slika 17: *Fucus virsoides*

Jadranski bračič *Fucus virsoides*: Opišite ekološke značilnosti njegovega rastišča in njegove biogeografske posebnosti.

Viri:

Battelli, C. 2016: Disappearance of *Fucus virsoides* J. Agardh from the Slovenian coast (gulf of Trieste, Northern Adriatic). Annales Ser. hist. nat., 26:1.

Orlando-Bonaca, M, Mannoni P.A., Poloniato D. in A. Falace. 2013: Assessment of *Fucus virsoides* distribution in the Gulf of Trieste (Adriatic Sea) and its relation to environmental variables. Botanica Marina, 2013.

Oglejte si trajne preparate različnih vrst iz rodu *Fucus*. Skicirajte in označite del steljke, ki vsebuje konceptakle z razmnoževalnimi organi.

Fucus spp.



Slika 18: *Cystoseira* sp.



Slika 19: *Cystoseira compressa* (levo) in *Cystoseira* sp. (desno).

Red Cutleriales (Sl. 20)



Slika 20: *Cutleria multifida*

Red Sphacelariales (Sl. 21)



Slika 21: *Halopteris scoparia*

Red Ectocarpales (Sl. 22,23)



Slika 22: *Petalonia fascia*



Slika 23: *Scytosiphon* sp.

Red Ralfsiales

Ralfsia verrucosa

Deblo CHLOROPHYTA (zelene alge)

- Velika morfološka in ekološka raznolikost
- Večinoma morske, nekaj skupin sladkovodnih, tudi kopenskih
- Pestrost: velika skupina, 15000 vrst
- Tržaški zaliv: okoli 90 vrst
- **Pigmenti:** klorofil *a* in *b*, beta, alfa in gama karoten, različni ksantofili (lutein, violaksantin, neoksantin, zeaksantin). Kloroplasti so zeleni, ker pomožni pigmenti ne prekrivajo klorofila *a* in *b*.

Kloroplaste obdaja dvojna membrana, ni dodatne membrane endoplazmatskega retikuluma. Notranja membrana se naguba v tilakoide (mesto svetlobnih reakcij fotosinteze, vsebujejo fotosintetske pigmente). Po obliki tilakoide delimo na: stroma tilakoide, v obliki posamičnih lamel in grana tilakoide, naložene v skladovnice.

- **Rezervna snov:** škrob – nastaja v plastidih, nahaja se v obliki zrn, ki obkrožajo pirenoide (mesto sinteze in nalaganja škroba) ali so raztresena v stromi kloroplasta; olja
- **Celična stena:** celuloza, pektini, glikoproteini, sporopolenin – nastaja zunaj plazmaleme (kot pri višjih rastlinah)
- **Razmnoževanje:** različni tipi spolnega, vegetativnega in nespolnega razmnoževanja, prerod različen
- Vsi organizacijski nivoji razen ameboidnega in parenhimatskega
- Bički so prisotni. Običkane celice imajo večinoma dva bička, lahko so štirje ali več. Po zgradbi so bički enaki (izokontni), lahko se razlikujejo po dolžini.

Sistematika zelenih alg

Lastnosti, po katerih delimo zelene alge v razrede:

- Zgradba bičkaste celice: organeli, zgradba bičkov (!)
- Mitoza (=kariokineza, odprta in zaprta) in citokineza
- Organizacijski nivo in oblika steljke: manjka samo ameboidni ON
- Zgradba kloroplastov (oblika, velikost) in pigmentna sestava
- Rezervna snov
- Zgradba in sestava celične stene
- Življenjski cikel: prevladuje haplontni, tudi haplodiplontni in diplontni

Sistematika zelenih alg I: *van den Hoek et al. (1995)*

11 razredov

Življenjska območja: M-morske, FW-sladkovodne, B-brakične vrste, na kopnem (vlaga!), subaerial habitats (drevesna debla, listi, skale)

- Trentepohliophyceae (subaerial h.)
- Pleurastrophyceae (subaerial h.)
- Klebsormidiophyceae (FW, subaerial h.)
- Zygnematomphyceae (FW)
- Charophyceae (FW)
- Prasinophyceae (M, FW, B)
- Chlorophyceae (FW, m, b, v prsti)
- Ulvophyceae (M)
- Cladophorophyceae (M)
- Bryopsidophyceae (M)
- Dasycladophyceae (M)

Sistematika zelenih alg II: www.algaebase.org

9 razredov

- Chlorodendrophyceae (število vrst) 46
- Chlorophyceae 3061
- Chlorophyta incertae sedis 11
- Mamiellophyceae 17
- Nephrophyceae 28
- Pedinophyceae 22
- Pyramimonadophyceae 115
- Trebouxiophyceae 674
- Ulvophyceae 1612
- red Ulotrichales: *Spongomorpha aeruginosa*, *Urospora penicilliformis*
- red Ulvales: *Ulva intestinalis*
- red Cladophorales: *Cladophora* spp.
- red Bryopsidales: *Caulerpa* spp., *Halimeda* spp., *Penicillus* spp., *Udotea* spp.
- o. Dasycladales: *Acetabularia acetabulum*

Sistematika zelenih alg III: *Graham et al. (2009)*

Pet večjih skupin zelenih alg: Prasinophyceae, Ulvophyceae, Trebouxiophyceae, Chlorophyceae, Charophyceae.

Razred Cladophorophyceae

- Organizacijski nivo: vedno sifonokladni

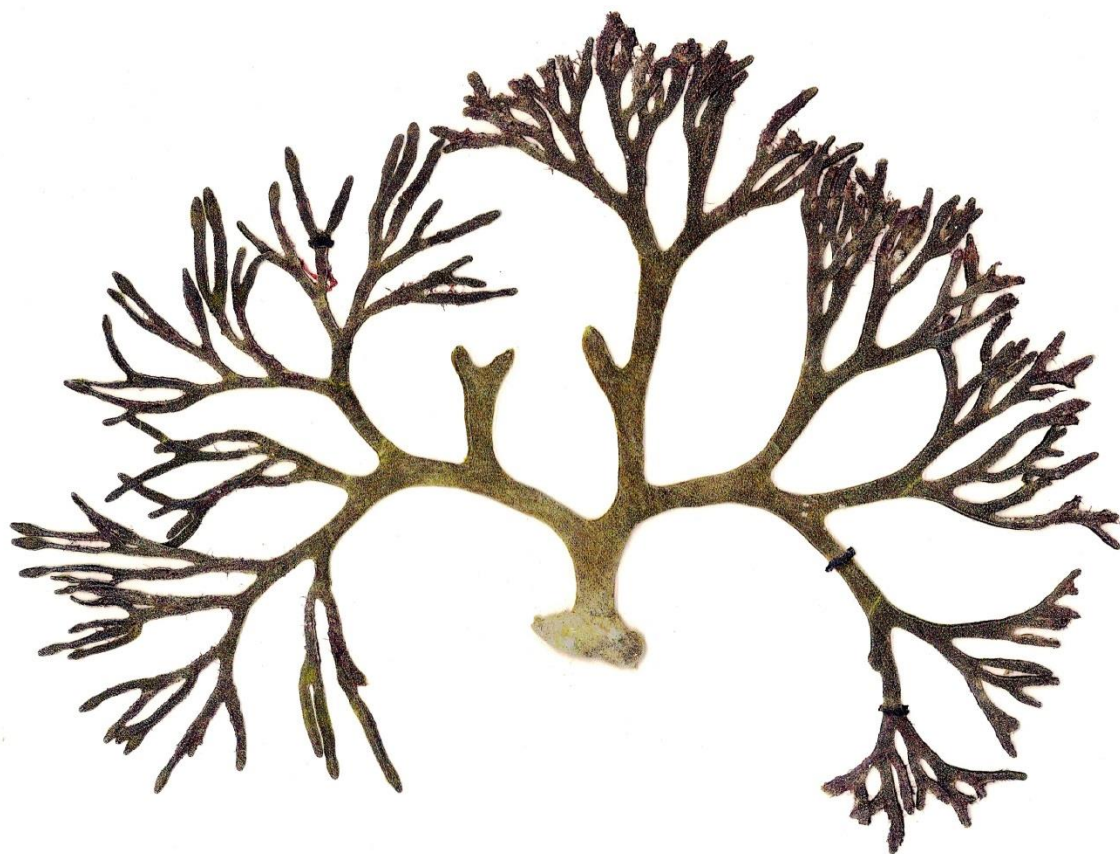
Cladophora spp., *Valonia* spp., *Chaetomorpha* spp., *Anadyomene stellata*

Razred Bryopsidophyceae

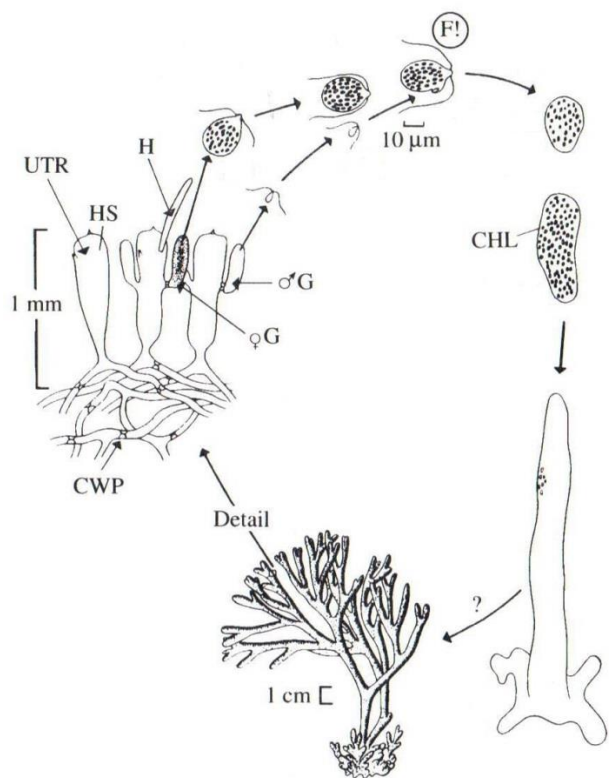
- Organizacijski nivo: vedno sifonalni: ena ogromna mnogojedrna celica - cev ali sifon
- Velika večina vrst je morskih: v tropskem pasu s tendenco širitve v zmerni topli pas.
- Posebnost razreda: vrste, ki ne rastejo samo na trdni podlagi, ampak tudi na mehkem dnu (pesek, mulj). Kako? V mehko dno se zasidrajo s plazečimi rizoidi - stoloni (*Calurepa*), z gomoljasto/čebulnato bazo (*Halimeda*) ali z obemi strukturami (*Penicillus*)
- Nalaganje kristalne oblike CaCO_3 aragonita v celično steno: nekatere vrste rodov *Penicillus* in *Udotea*, skoraj vse vrste roda *Halimeda*. Poleg rdečih koraligenih alg so pomembni tvorci koralnih grebenov – nalaganje karbonata, ko odmrejo.

Določite vrsto iz rodu *Codium* ter skicirajte in označite razlikovalne znake med dvema sorodnima vrstama.

Codium _____



Slika 24: *Codium vermilara*



Slika 25: Življenjski cikel pacifiškega kodija *Codium fragile*. (Vir: van den Hoek et al. (2005))

Bryopsis sp., *Flabelia petiolata*, *Halimeda tuna*

V Sredozemskem morju se pojavlja nekaj predstavnikov iz rodu *Caulerpa*. V Sredozemskem morju je avtohtona vrsta *Caulerpa prolifera*. V 20. stoletju sta bili v Sredozemsko morje vneseni dve tujerodni vrsti tega rodu: *Caulerpa taxifolia* (Sl. 26) in *Caulerpa cylindracea* (Sl. 27), ki sta kmalu postali invazivni. Na podlagi priložene literature, zapišite zgodovino in potek širjenja obeh alg v Sredozemlju ter njihovo problematiko.



Slika 26: *Caulerpa taxifolia*



Slika 27: *Caulerpa cylindracea*

Viri:

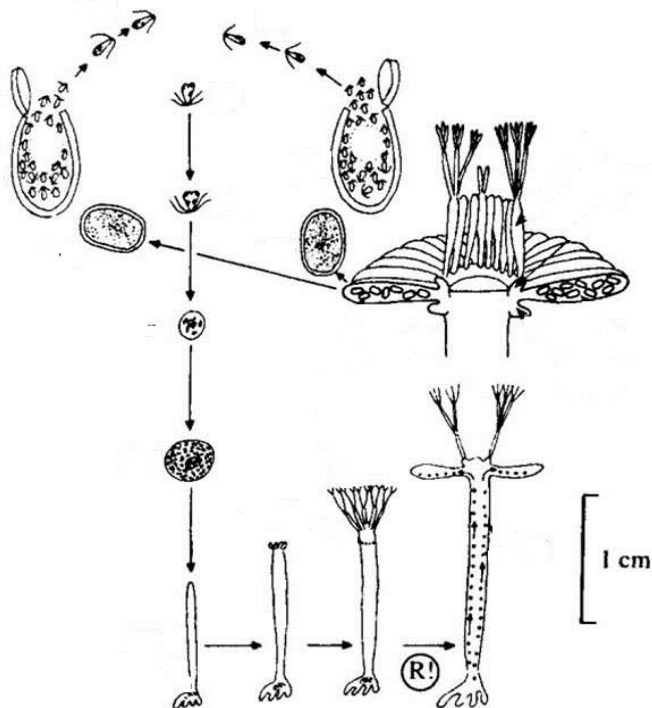
52

Razred Dasycladophyceae (Sl. 28, 29)

- Organizacijski nivo: vedno sifonalni – ena ogromna mnogo-jedrna celica
- Sifonalni organizacijski nivo
- Velika večina vrst je morskih: v tropskem in subtropskem pasu
- Celična stena je močno inkrustirana z aragonitom: večina vrst
- Navkljub sifonalni organizaciji, je večino življenjskega cikla steljka enojedrna



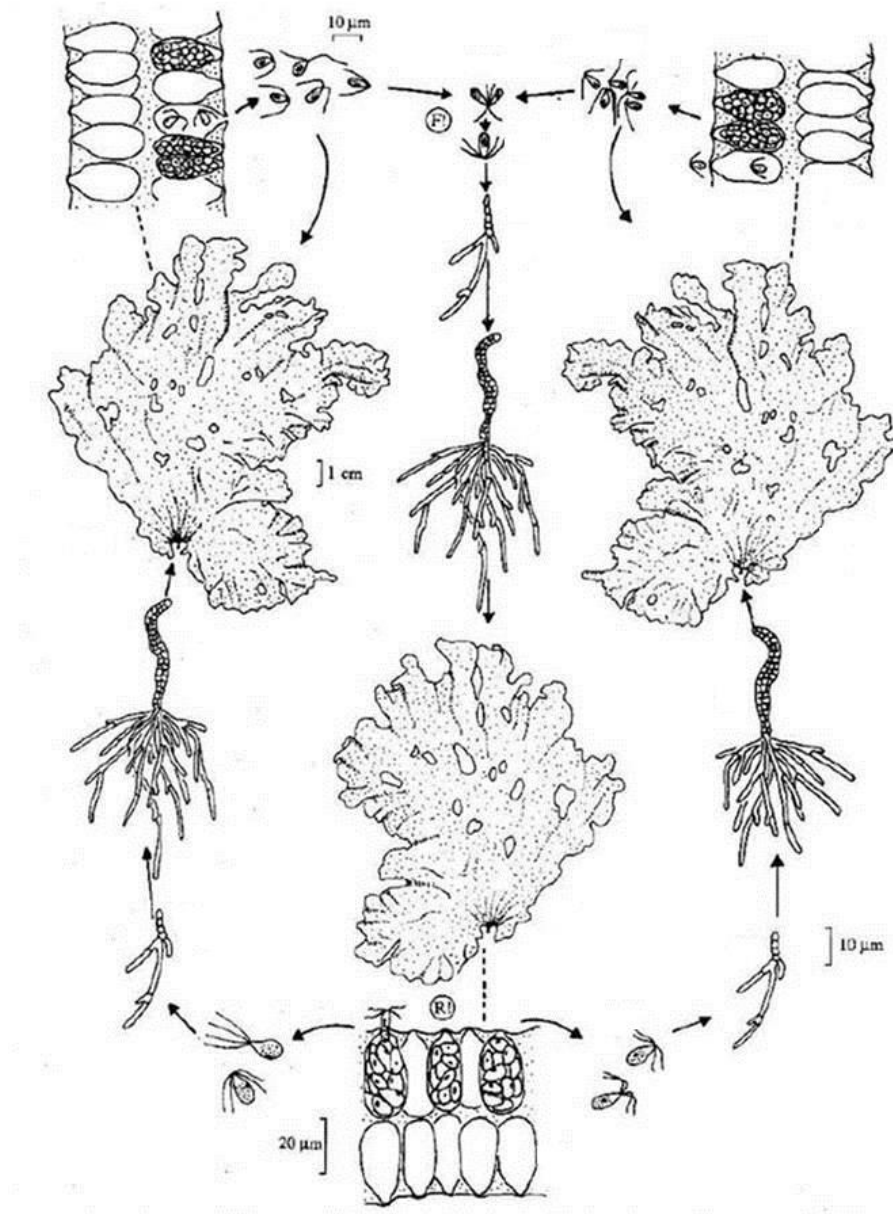
Slika 28: *Acetabularia mediterranea*



Slika 29: Življenjski cikel morskega dežnička *Acetabularia acetabulum*. (Vir: po van den Hoek et al. (2005))

Razred Ulvophyceae (Sl. 30)

- Oblika steljke: enocelična: kokalna, večcelične: trihalna in sifonokladna steljka
- Sifonokladna steljka: enostavne ali razvejane enoserijske nitke, vsaka celica je mnogojedrna. Celice imajo obliko cevi – sifon.
- Vse vegetativne celice so BREZ bičkov
- Velika večina vrst je morskih ali brakičnih.



Slika 30: Življenjski cikel morske solate *Ulva lactuca*. (Vir: po van den Hoek et al. (2005))

MIKROALGE

Mikroskopsko majhne, praviloma enocelične alge. Splošne lastnosti mikroalg:

- organizacijski nivo: najpogostejša sta **monadni** in **kokalni** (posamične celice ali povezane v verige), ameboidni in kapsalni (palmeloidni);
- zgradba celice:
 - prokariontska: deblo Cyanobacteria (cianobakterije);
 - evkariontska: evkariontske predstavnike mikroalg najdemo v vseh deblih alg; maloštevilne so v deblu rdečih alg, jih **ni v razredu rjavih alg**;
- delitev v dve ekološki skupini:
 - **fitoplankton**: prosto plavajoče oz. lebdeče enocelične alge v vodi (izjema večcelična rjava alga *Sargassum natans*), sestavljajo pelaške združbe;
 - **mikrofitobentos** ali bentoške mikroalge: prosto živče na površini sedimentnega dna (epipelične), pritrjene na zrnca peska (epipsamične), na liste morskih trav ali steljk makroalg (epifitske).

Večina mikroalg je avtotrofnih, nekaj pa je tudi miksotrofnih in heterotrofnih (brez kloroplastov). Heterotrofne vrste lahko v določenih razredih oz. deblih celo prevladujejo. Čeprav so mikroskopsko majhne, je njihov pomen, še posebej fitoplanktona, v morju izredno velik. Enocelične alge se zelo hitro množijo in razbohotijo, zato predstavljajo bogat izvor hrane za potrošnike, ki nastopajo kot drugi člen prehranjevalne verige. Zato lahko upravičeno označimo oceane in morja za rodovitne pašnike.

Pri laboratorijskih vajah bomo spoznali najpomembnejše (po številu vrst in abundanci) taksonomske skupine mikroalg, ki jih najdemo v mrežnem vzorcu (planktonska mreža z velikostjo okenc 20 µm) in tako predstavljajo **mikroplanktona (20-200 µm)**; v mrežo pa se ulovijo tudi predstavniki **nanoplanktona (2-20 µm)**.

Razred Bacillariophyceae (diatomeje, kremenaste alge) (Priloga 1-3)

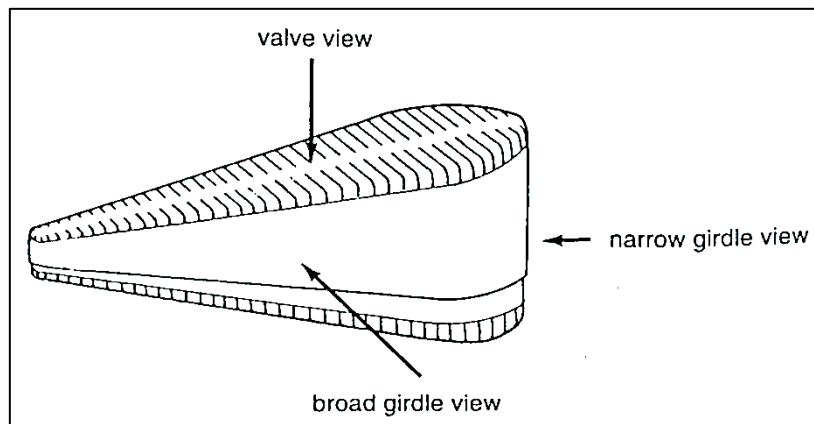
Različna klasifikacija:

- deblo Ochrophyta (ex. Heterocontophyta ali raznobičkaste alge) / razred Bacillariophyceae (Graham *et al.* 2009, WoRMS <http://www.marinespecies.org>)
- deblo Bacillariophyta (www.algaebase.org)

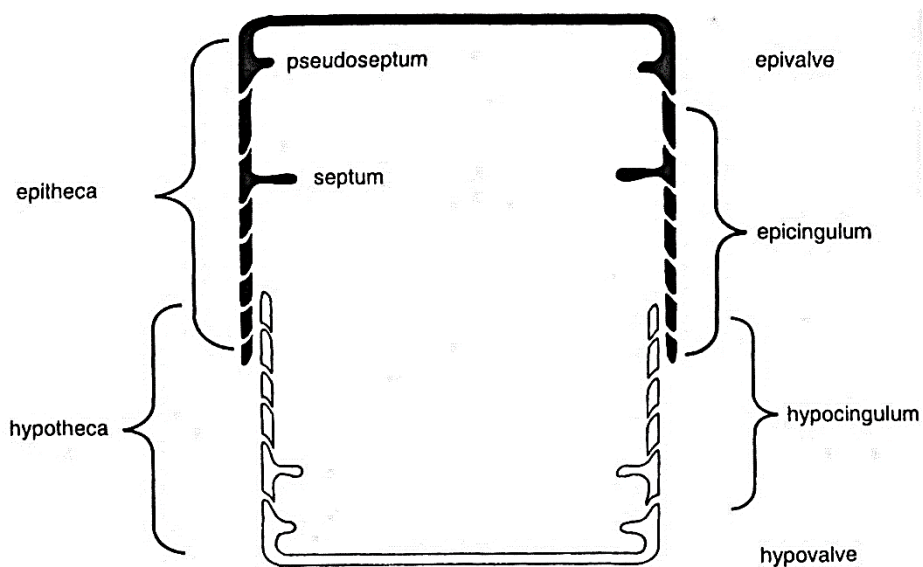
Najštevilčnejša skupina mikroalg in najpomembnejša po produktivnosti (~20 % svetovne primarne produkcije). Diatomeje prevladujejo v polarnih in zmerno hladnih morjih, močno se namnožijo predvsem v zimsko-spomladanskih in jesenskih mesecih (cvetenje).

- Organizacijski nivo: kokalen (enoceličen), pogosto tvorijo verige
- Bički: jih ni; izjema moške gamete pri redu Centrales, en biček
- Razmnoževanje: spolno in nespolno, diplontni življenjski cikel
- Velikostni razred planktonskih vrst: mikrop plankton

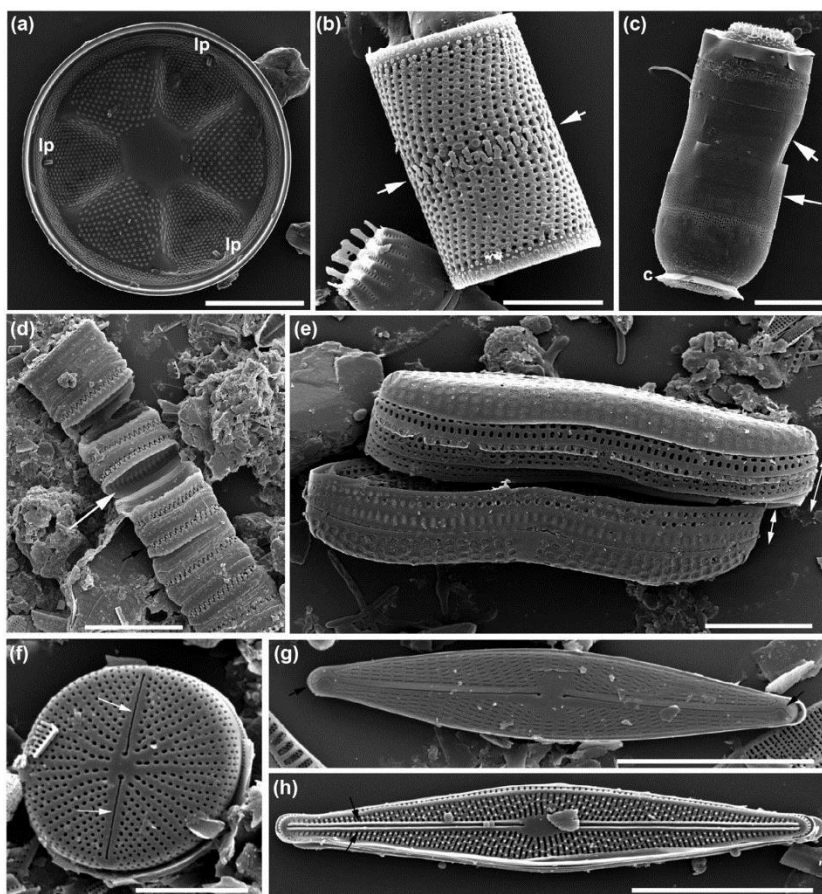
FRUSTULA: trden in porozen zunanji ovoj, ki kot škatlica obdaja celico; edinstvena značilnost razreda (Sl. 31, 32). Zgrajena je iz amorfnega biogenega silikata (SiO_2) - **kremena**, $\Rightarrow$ od tod ime razreda. Zgradba frustule (oblika in ornamentacija) je pomemben taksonomski znak (Sl. 33).



Slika 31: Različna usmerjenost oz. pogledi diatomejske frustule;
 Stranski pogled – širši ali ožji (girdle view), pogled s tlorisa ali valvarni pogled (valve view). (Vir: Tomas, C. R. (ed.) (1997))



Slika 32: Zgradba frustule ali »škatlice« v stranskem pogledu (girdle view);
 Pokrov – epiteka (epitheca) in spodnji del – hipoteka (hypotheca). (Vir: Tomas, C. R. (ed.) (1997))



Slika 33: Primeri zgradbe frustule različnih diatomejskih vrst z uporabo vrstičnega elektronskega mikroskopa.

(SEM: scanning electron microscope).

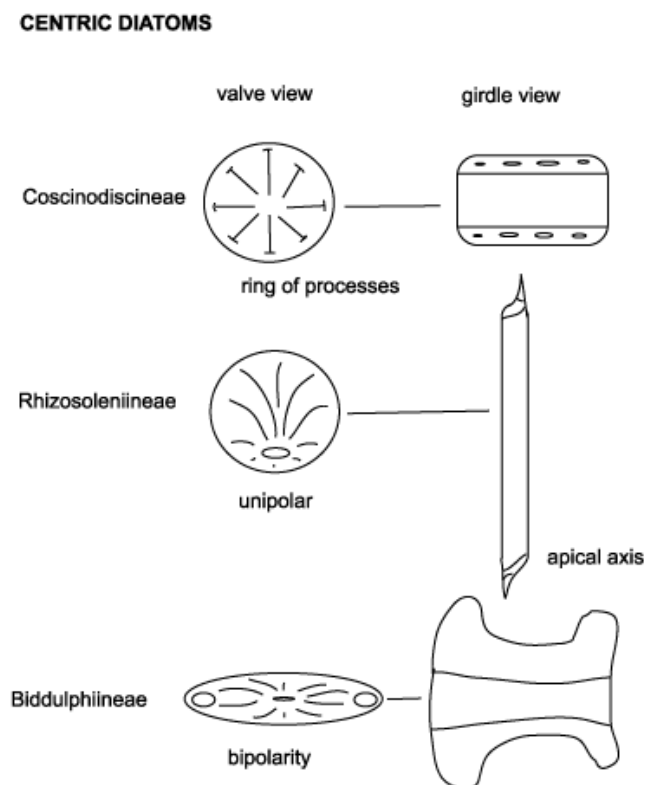
(Vir: <http://jm.lyellcollection.org/content/jmpaleo/33/2/111/F5.large.jpg>)

Delitev diatomej:

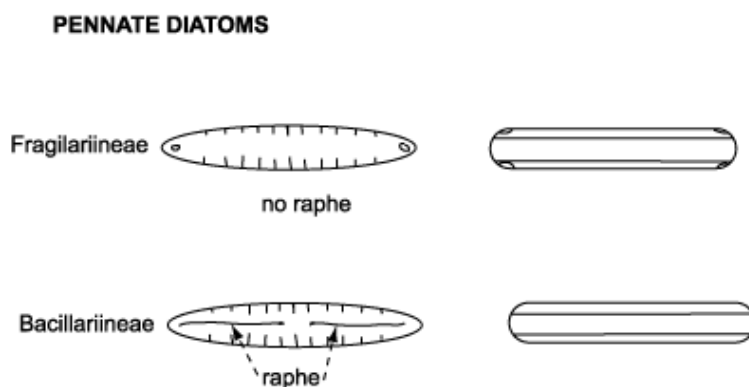
Okoli 15.000 opisanih vrst (www.algaebase.org), verjetno pa je število veliko večje. Delitev v dve skupini (včasih 2 redova po van den Hoek *et al.* 1995) glede na:

- zgradbo frustule (simetrija, morfološke posebnosti)
 - habitat: planktonske, bentoške (prevladujoče), morske, sladkovodne, kopenske (v vlažni prsti, ledu)
 - spolno razmnoževanje in tvorbo auksospor
1. **centrične diatomeje (ex red Centrales):** radialno urejene vrste por (*striae*) od središča proti robu valve (Sl. 34, 36)
 2. **penatne diatomeje (ex red Pennales):** frustula z valvarne strani bilateralno somerna, z ali brez rafe (reža vzdolž apikalne osi ene ali obeh valv); rafa omogoča premikanje

bentoških diatomej po podlagi, ki prevladujejo med penatnimi diatomejami (Sl. 35, 36).



Slika 34: Različne oblike centričnih diatomej; pogled valve view (levo) in girdle view (desno). (Vir: Tomas, C. R. (ed.) (1997))



Slika 35: Penatne diatomeje brez rafe (zgoraj) in z rafo (spodaj); pogled valve view (levo) in girdle view (desno). (Vir: Tomas, C. R. (ed.) (1997))



Slika 36: Nekaj primerov penatnih (zgoraj) in centričnih diatomej (spodaj) iz Tržaškega zaliva.

Vrsta zgoraj od leve proti desni: *Pseudo-nitzschia* sp. (foto: P. Mozetič), *Thalassionema nitzschioides* (foto: M. Richter), *Pleurosigma* sp. (foto: P. Mozetič). Vrsta spodaj od leve proti desni: *Chaetoceros decipiens* (foto: M. Richter), *Coscinodiscus centralis* in *Hemiaulus hauckii* (obe foto: P. Mozetič).

Deblo DINOFLAGELLATA (dinoflagelati, oklepni bičkarji) (Priloga 4-6)

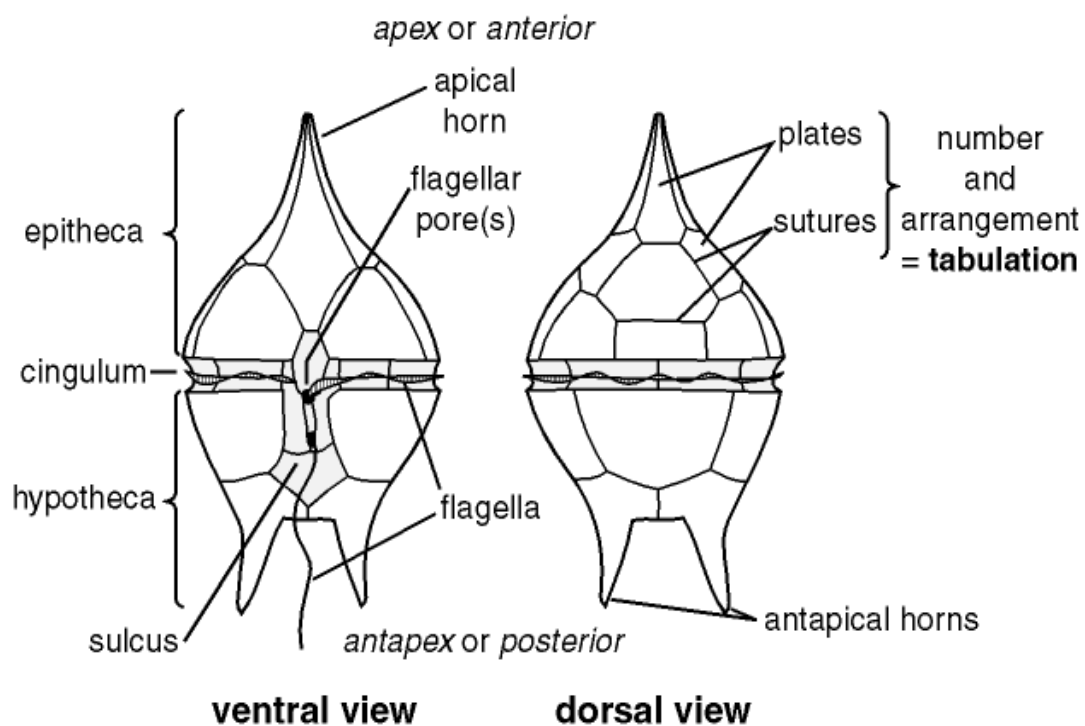
Zelo pestra in stara skupina alg, saj je danes živečih okoli 2300 vrst od nekdanje izredno številne skupine (Gomez, 2012). Večina je planktonskih, nekaj pa tudi bentoških in simbiotskih. Le desetina vrst je sladkovodnih, ostale pa so morske. So ljubitelji toplejših morij, v zmernem pasu so najštevilčnejši in najbolj raznovrstni v poletnem obdobju. Občasno se nekatere vrste dinoflagelatov čezmerno namnožijo [**cvetenje**: več 10 milijonov celic na liter]; najbolj znan primer je cvetenje morske iskrnice (*Noctiluca scintillans*). Tedaj se morje obarva rdečkasto, zato pojav imenujemo rdeča plima (*red tide*).

- Organizacijski nivo: monadni – enoceličen, malo kokalnih in nitastih oblik
- Bički: dva različna bička, ležita v dveh ravninah; hitrost utripanja 200-500 $\mu\text{m/s}$
- Razmnoževanje: nespolno in spolno, haplontni življenjski cikel (izjeme)
- Velikostni razred: mikroplankton

TEKA: organski – celulozni ovoj, ki obdaja celico kot nekakšen oklep (od tod ime skupine). Ovoj sestavljajo pravilno oblikovane tekatne ploščice → tekatni ali oklepni dinoflagelati (Sl. 37) ali pa ploščic ni in je le celulozni ovoj → atekadni ali goli dinoflagelati.

Splošna zgradba teke: zgrajena je iz dveh delov, zgornjega (epiteka) in spodnjega (hipoteka), ki ju deli prečna brazda, v kateri leži prečni biček. Hipoteko na trebušni – ventralni strani vzdolžno deli še vzdolžna brazda, v kateri leži vzdolžni – longitudinalni biček. Delitev na epiteko in hipoteko je lahko zelo različna, odvisna od postavitve prečne brazde. Zlasti pri golih dinoflagelatih prečna brazda zelo različno deli celico, prečni biček pa se lahko zelo različno ovija okoli celice (Sl. 38).

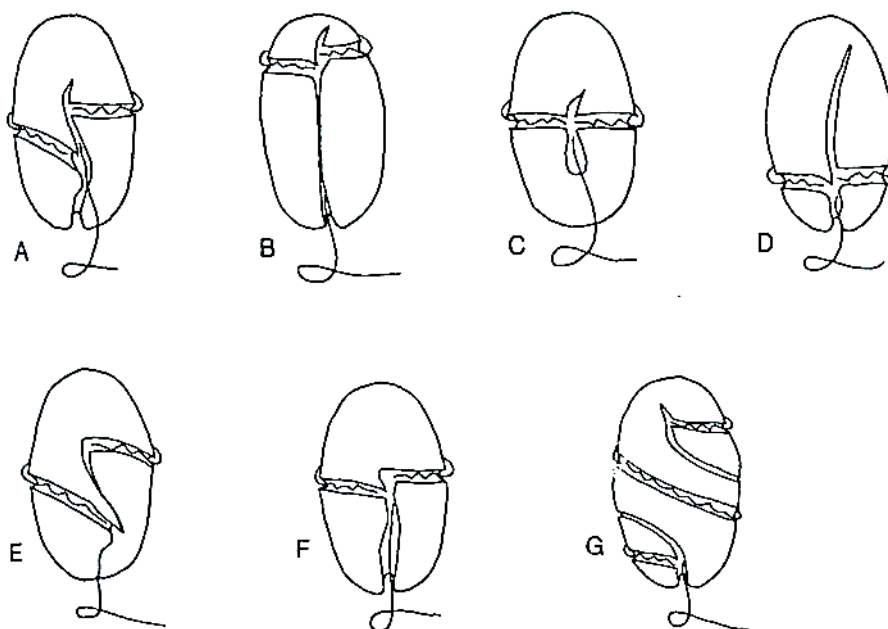
Teka je podobno kot frustula pri diatomejah taksonomski znak (Sl. 39).



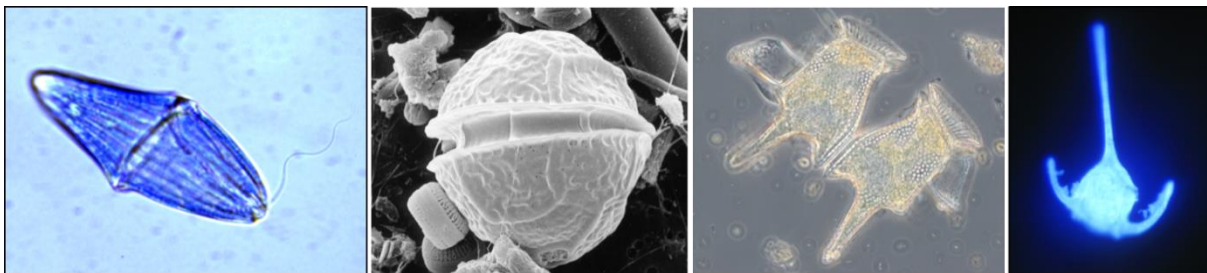
Slika 37: Splošna zgradba dinoflagelatne celice

Pogled s trebušne strani (levo), kjer se vidita pritrdišči obeh bičkov, pogled s hrbtne strani (desno).

(Vir: <http://www.tnmanning.com/id151.htm>)



Slika 38: Primeri različne delitve celice s prečno brazdo pri golih dinoflagelatih in položaji prečnega bička. (Vir: Tomas, C. R. (ed.) (1997))



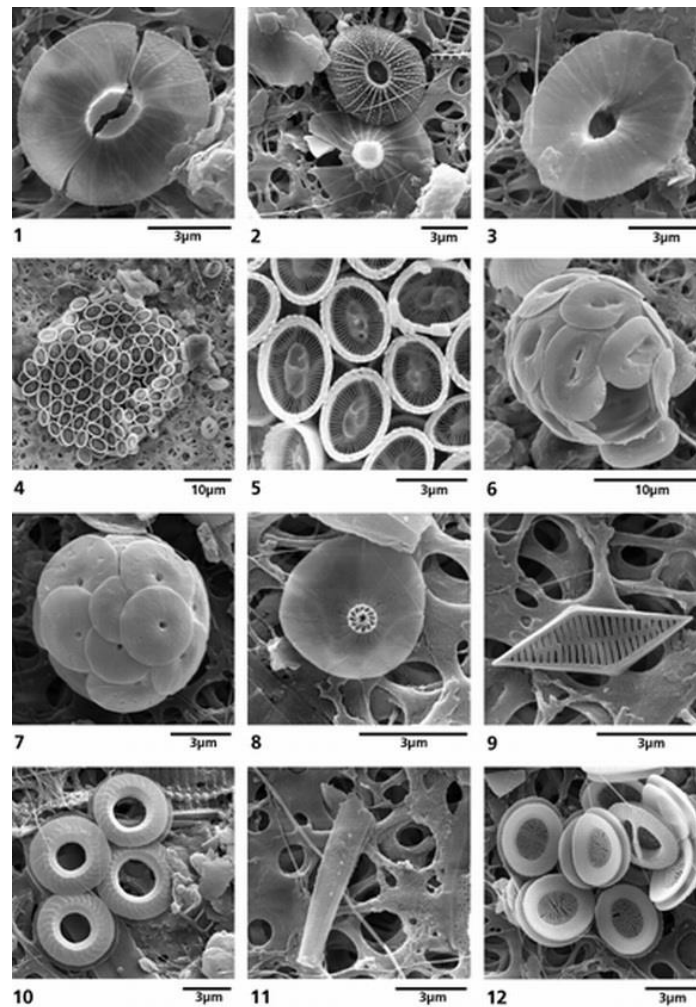
Slika 39: Nekaj primerov golih (prvi z leve) in oklepkih (ostali trije) predstavnikov dinoflagelatov Tržaškega zaliva.

Od leve proti desni: *Gyrodinium* sp. (foto: M. Richter), *Alexandrium* sp. (foto: M. Cabrini, SEM), *Dinophysis tripos* in *Tripos muelleri* (obe foto: P. Mozetič).

Razred Coccolithophyceae (kokolitoforidi) (Priloga 7)

Kokolitoforidi iz **debla Haptophyta** (ex Prymnesiophyta) so naslednja pomembna skupina morskega fitoplanktona. Glavne značilnosti:

- Organizacijski nivo: monadni
- Bički: dva bička in haptonema
- Velikostni razred: večinoma nanoplankton (2-20 µm)
- Zunanji **skelet** iz **kalcitnih ploščic (CaCO₃)** različnih oblik – **kokolitov** (→ taksonomski znak) (Sl. 40)
- Habitat: **izključno morski**, pomembni primarni producenti v oligotrofnih oceanih (zlasti tropska in subtropska morja)



Slika 40: Različne oblike kalcitnih ploščic – kokolitov kot taksonomski znak pri kokolitoforidih iz Arabskega morja.

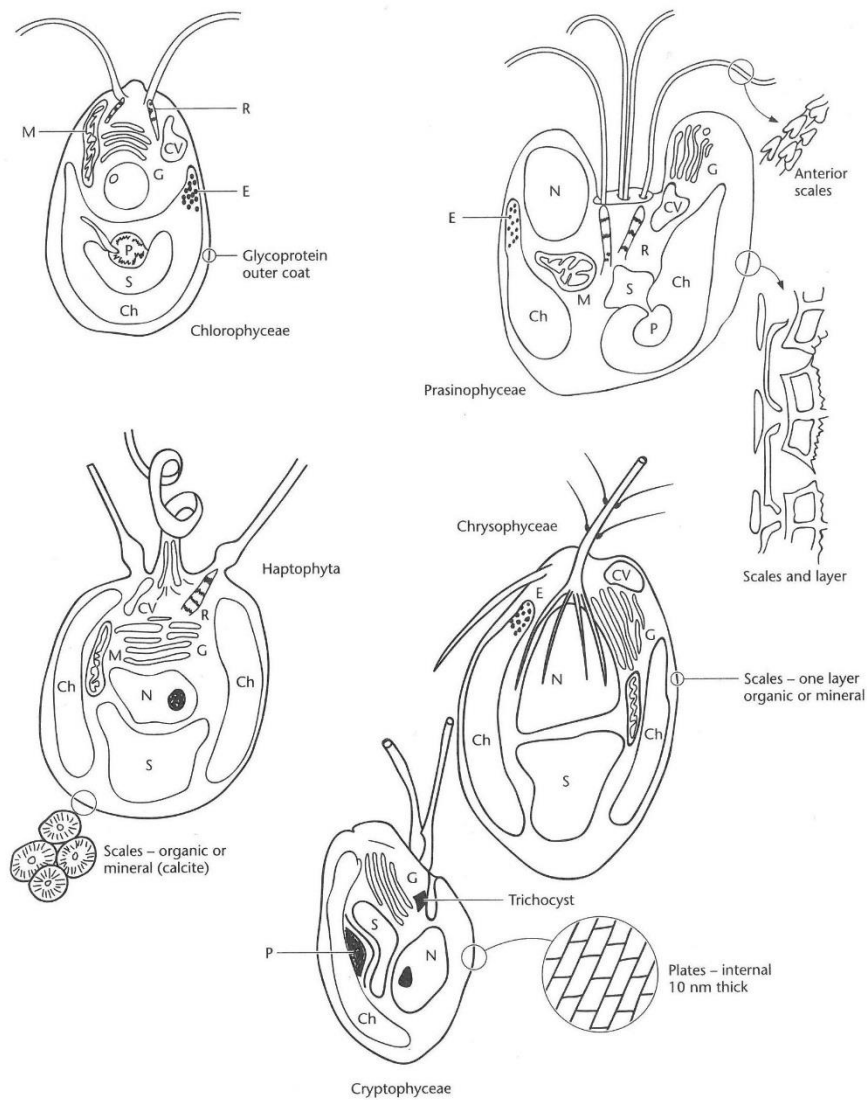
(Vir: [https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/GG-](https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/GG-Stratigraphie/Projektbeitraege/arabisches_meer_sediment_traps_en.html)

[Stratigraphie/Projektbeitraege/arabisches_meer_sediment_traps_en.html](https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/GG-Stratigraphie/Projektbeitraege/arabisches_meer_sediment_traps_en.html))

Od drugih skupin fitoplanktona, ki jih redkeje najdemo v mrežnih vzorcih predvsem zaradi njihove majhnosti (nanoplankton), omenjamo še (Priloga 7):

- **deblo Ochrophyta** z različnimi razredi
 - **razred Dictyochophyceae (silikoflagelati)**: imajo zunanji skelet iz silicija, zelo malo vrst
 - razred Chrysophyceae (zlatorumene alge)
 - razred Raphidophyceae
- **deblo Cryptophyta** (kriptomonade)
- **deblo Chlorophyta** (zelene alge, enocelični predstavniki)

Predstavnike vseh naštetih skupin razen silikoflagelatov, ki sodijo v mikroplanktonski velikostni razred, je pod svetlobnim mikroskopom težko prepoznati (Sl. 41). So praviloma goli, brez zunanjega skeleta ali pa je ta zelo nežen, zato v fiksiranih vzorcih (formalin) spremijo obliko in pogosto izgubijo bičke. Vse to pa so taksonomski znaki. Zato jih pragmatično uvrščamo v **ekološko oz. funkcionalno** in torej netaksonomsko skupino majhnih bičkastih alg – **nanoflagelati** (včasih tudi nanofitoflagelati ali mikroflagelati).

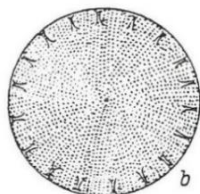


Slika 41: Morfološka raznolikost najbolj pogostih taksonomskih skupin med nanoflagelati. (Vir: Miller, C. B. (2004))

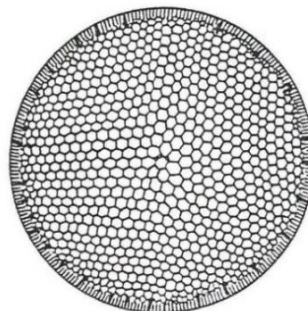
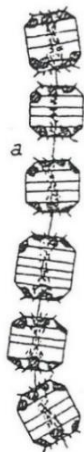
DIATOMEJE - KREMENASTE ALGE



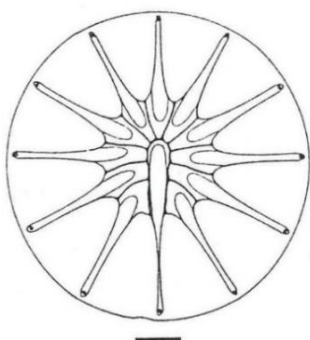
Skeletonema costatum



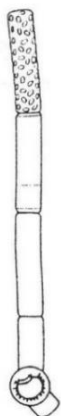
Thalassiosira nordenskioldii



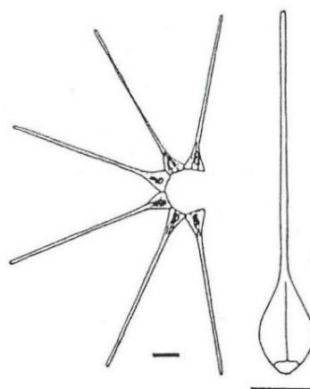
Coscinodiscus excentricus



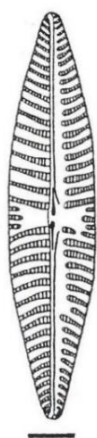
Asteromphalus flabellatus



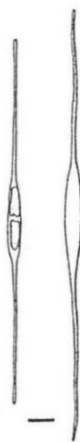
Leptocylinthus danicus



Asterionellopsis glacialis



Navicula distans

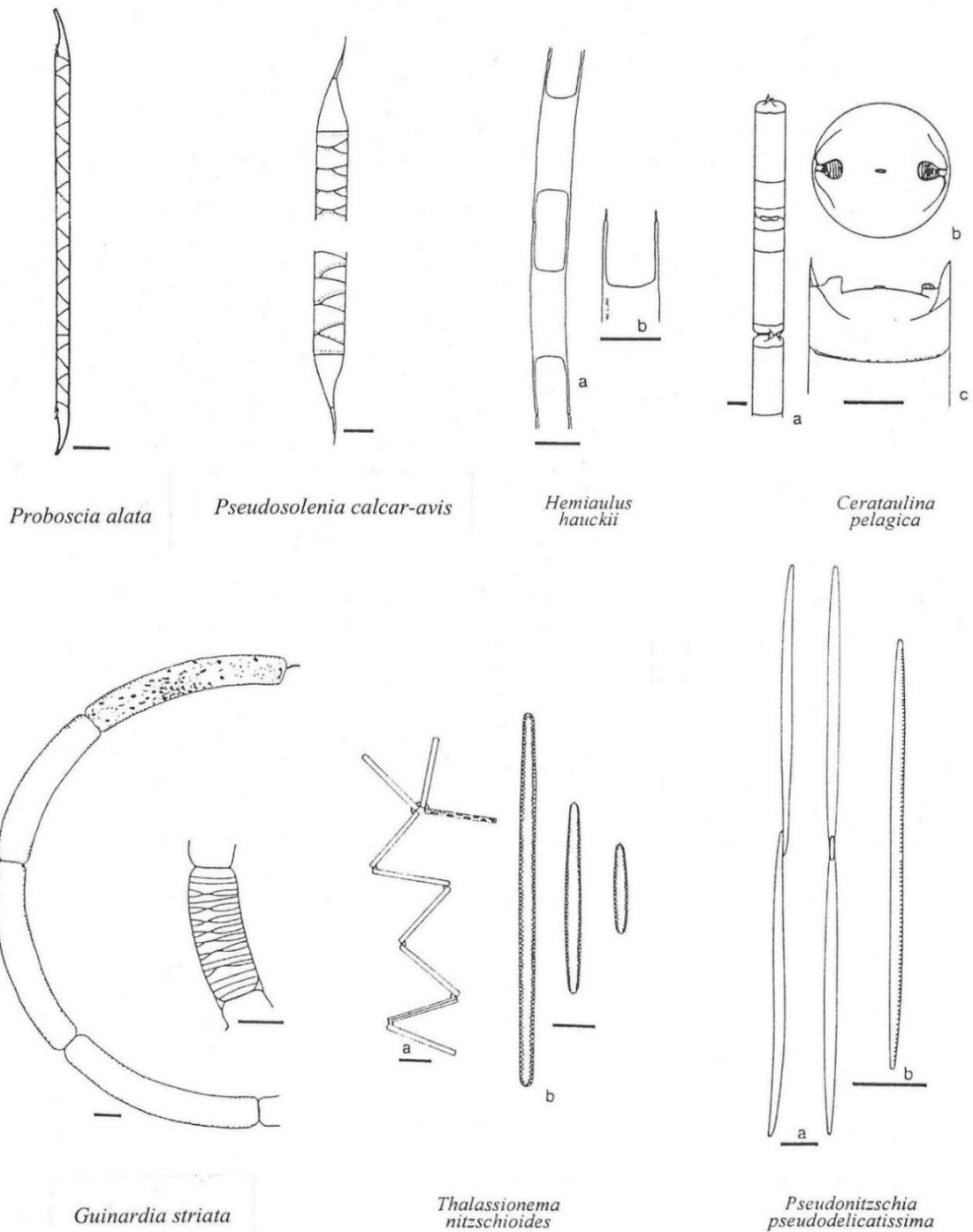


Cylandrotheca closterium

velikost skale: 10 μm

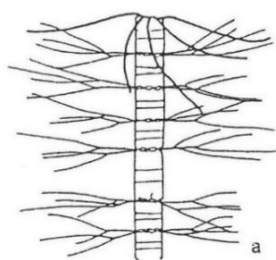
L. danicus, *A. glacialis*: 20 μm

DIATOMEJE - KREMENASTE ALGE

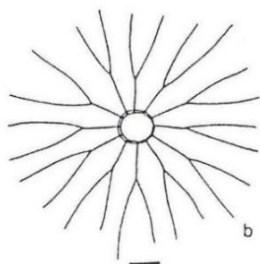


velikost skale: 20µm
P. pseudodelicatissima: 10 µm

DIATOMEJE -KREMENASTE ALGE

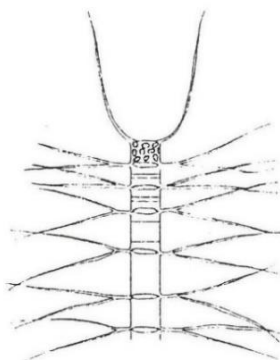


a

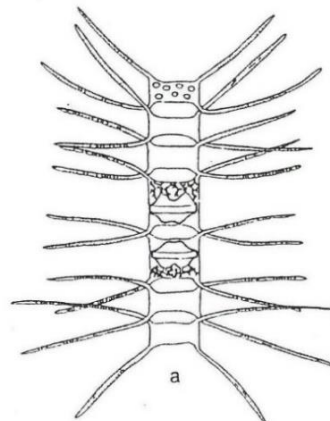


b

Bacteriastrum delicatulum

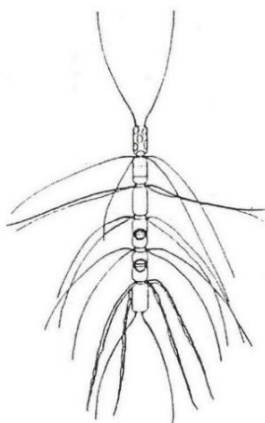


Chaetoceros decipiens

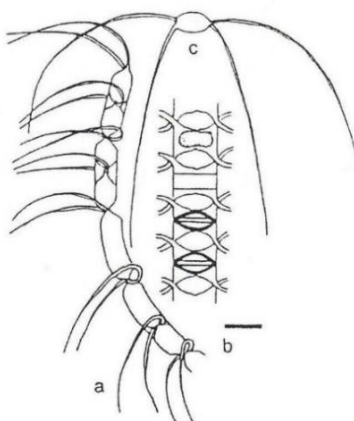


a

C. lorenzianus



C. compressus



a

C. curvsetus

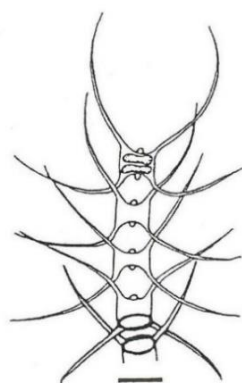
b

c

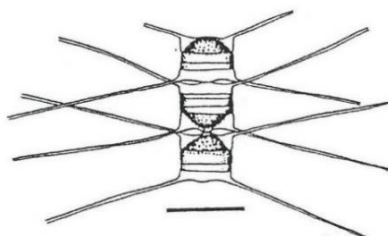


a

Guinardia flaccida



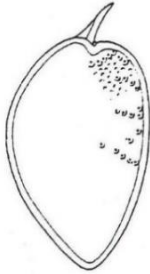
C. didymus



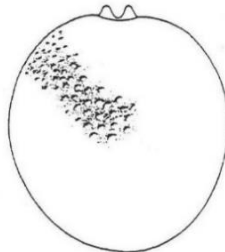
C. similis

velikost skale: 20 µm

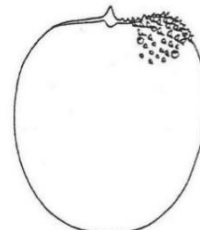
DINOFLAGELATI - OKLEPNI BIČKARJI



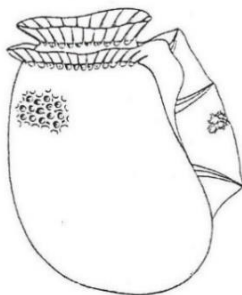
Prorocentrum micans



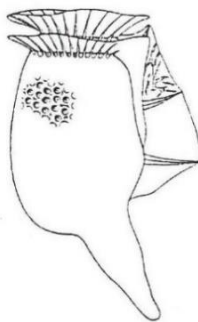
P. compressum



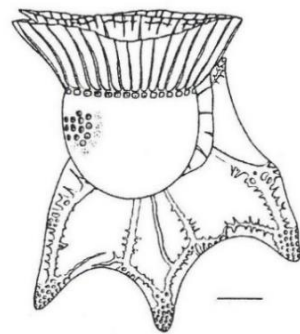
P. minimum



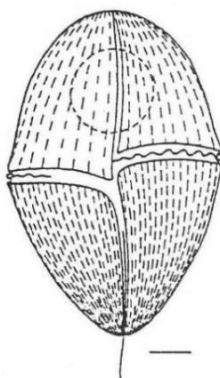
Dinophysis fortii



D. caudata



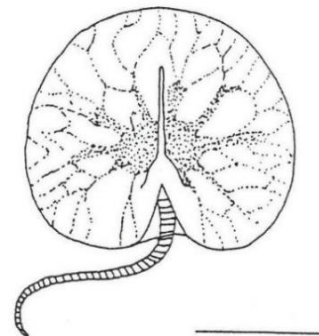
Ornithocercus magnificus



Gymnodinium heterostriatum



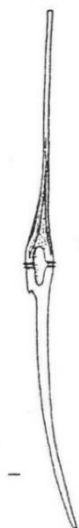
Gyrodinium uncatenum



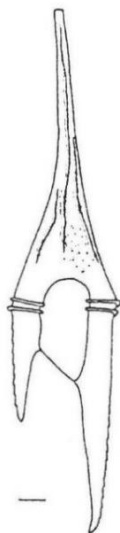
Noctiluca scintillans

velikost skale: 10 μm
N. scintillans: 500 μm

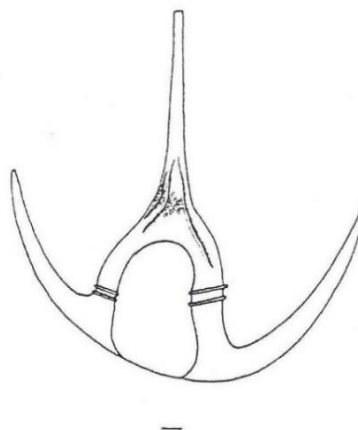
DINOFLAGELATI - OKLEPNI BIČKARJI



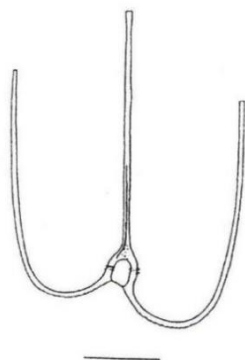
Tripos fusus
(syn. *Ceratium fusus*)



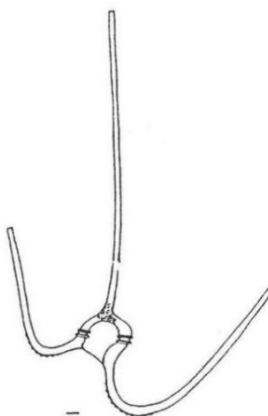
Tripos furca
(syn. *Ceratium furca*)



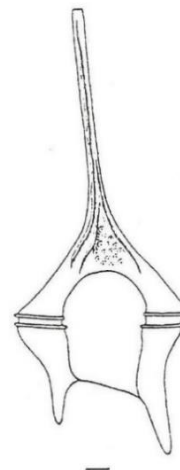
Tripos muelleri
(syn. *Ceratium tripos*)



Tripos trichoceros
(syn. *Ceratium trichoceros*)



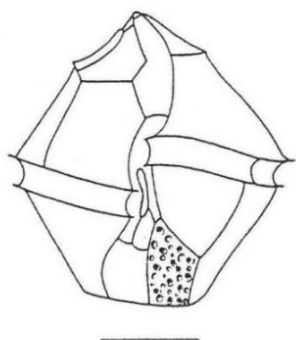
Tripos macroceros
(syn. *Ceratium macroceros*)



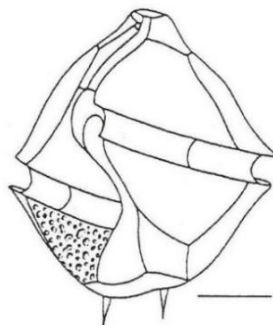
Tripos pentagonus
(syn. *Ceratium pentagonum*)

velikost skale: 10 µm

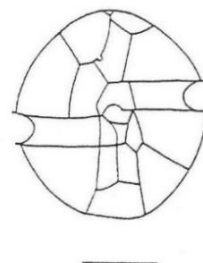
DINOFLAGELATI - OKLEPNI BIČKARJI



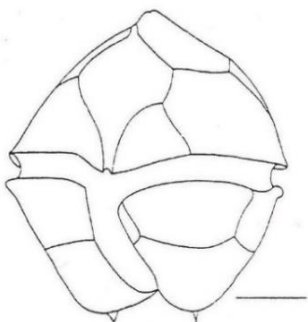
Lingulodinium polyedra



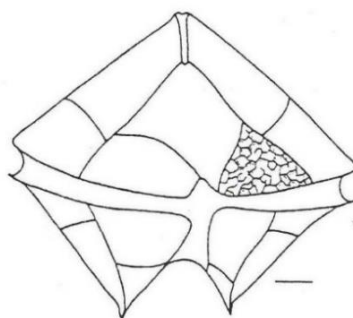
Gonyaulax spinifera



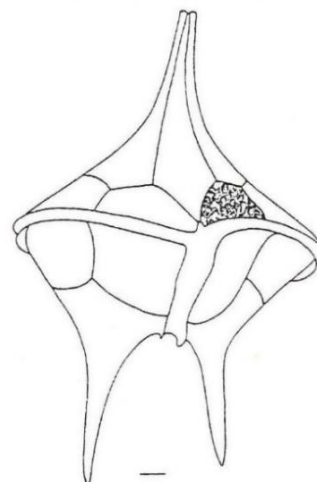
Alexandrium minutum



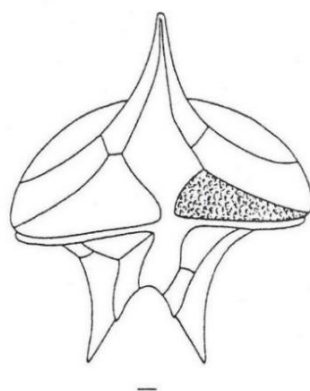
Protoperidinium brevipes



P. conicum



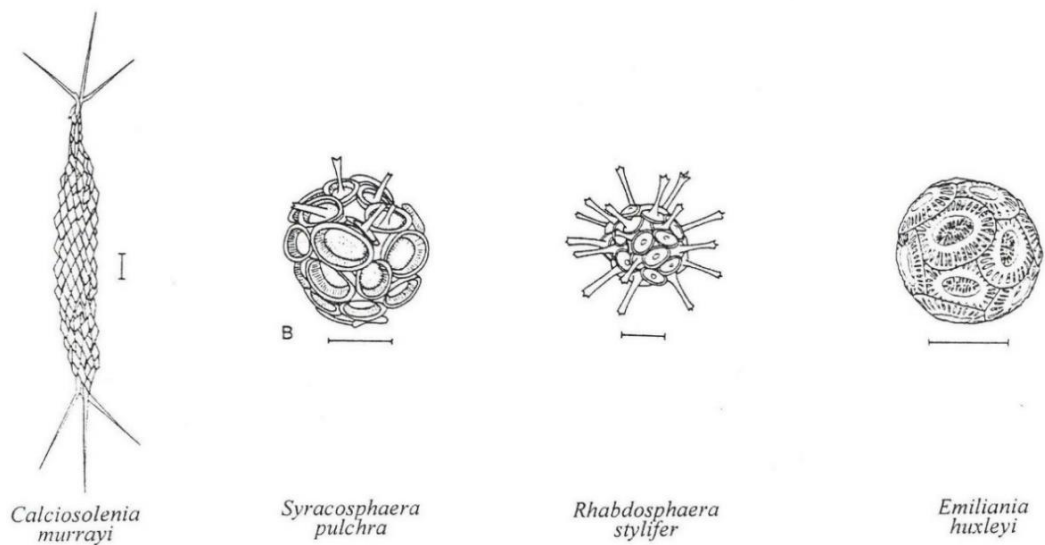
P. oceanicum



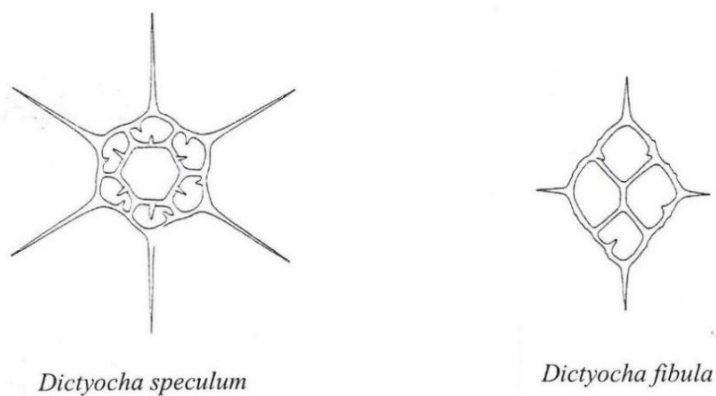
P. grande

velikost skale: 10 µm

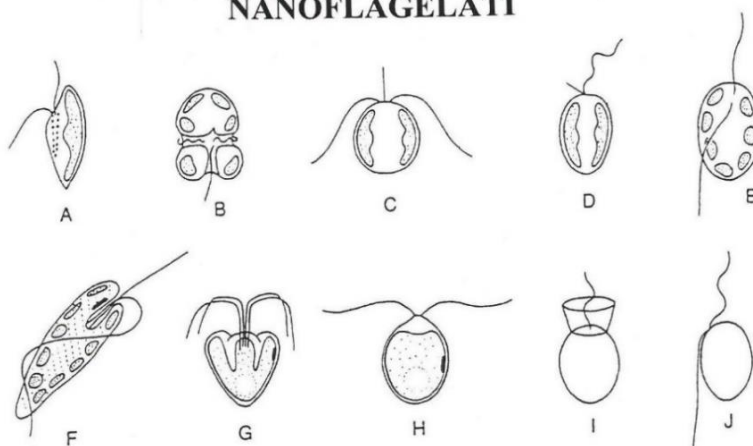
KOKOLITOFORIDI



SILIKOFLAGELATI



NANOFLAGELATI



predstavnik različnih razredov

LITERATURA

- Battelli, C. 2000. Priročnik za spoznavanje morske flore Tržaškega zaliva. Zavod Republike Slovenije za šolstvo.
- Battelli, C. 2013. Struktura in dinamika makrobentoških združb alg v mediolitoralu slovenskega morja : doktorska disertacija. Ljubljana: 46, [40] str.
- Gómez, F. 2012. A checklist and classification of living dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata). *CICIMAR Oceanides*, 27(1): 65-140.
- Graham, L. E., Graham, J. M. & L. W. Wilcox. 2009. *Algae*, 2nd Ed. Pearson Benjamin Cummings.
- Guiry, M.D. & G. M. Guiry. 2018. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway, <http://www.algaebase.org>; searched on 4 Feb 2018.
- Hedgpeth, J. (ed.). 1957. The treatise on marine ecology and paleoecology, vol. I, Ecology. The Geological Society of America.
- Hoek, C. van den, Mann, D.G. & H. M. Jahns. 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge University Press.
- Littler, M. M. & D. S. Littler. 1984. Deepest known plant life discovered on an uncharted seamount. *Science*, 227: 57-59.
- Malačič, V. & B. Petelin. 2001. Gulf of Trieste. V: Cushman-Roisin & Sod. (Ur.), *Physical Oceanography of the Adriatic Sea*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 167-216.
- Malačič, V., Celio, M., Čermelj, B., Bussani, A. & C. Comici. 2006. Interannual evolution of seasonal thermohaline properties in the Gulf of Trieste (northern Adriatic) 1991-2003. *Journal of Geophysical Research*, 111: C08009.
- Miller, C. B. 2004. *Biological Oceanography*. Blackwell Publishing.
- Nybakken, J. W. 1988. *Marine biology. An ecological approach*, 2nd Ed. Harper & Row, Publ.
- Tomas, C. R. (Ed.) 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press.
- [WoRMS Editorial Board](#) 2018. World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2018-02-04. doi:10.14284/170