

SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Sme a alga *Fucus virsoides* J. Agardh kao bioindikator
The brown alga *Fucus virsoides* J. Agardh like a bioindicator

SEMINARSKI RAD

Boris Boži
Preddiplomski studij znanosti o okolišu

Mentor: doc. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli

Zagreb, rujan 2010.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Jadranski bra i (<i>Fucus virsoides</i> J. Agardh)	2
2.1. Supstrat i ekološka valencija	2
2.2. Rasprostranjenost i podrijetlo	3
2.3. Morfologija	3
3. Bioindikator	5
3.1. Što je bioindikator	5
3.2. Sme e alge kao bioindikatori	6
3.3. Jadranski bra i kao potencijalni bioindikator	7
4. Literatura	8
5. Sažetak	10
6. Summary	11

1. Uvod

Jadranski bra i je sme a alga iz roda *Fucus* stru nog naziva *Fucus virsoides* J. Agardh. Kroz povijest njegovo stru no ime se mijenjalo pa su ga tako nazivali *F. vesiculosus*, *F. spiralis*, *F. distichus* i sli no, sve do 1868. kada J. Agardh uvodi stru ni naziv za tu vrstu, *Fucus virsoides*. Naziv je preuzeo od znanstvenika koji ga je prvi put opisao, talijanskog lije nika i prirodoslovca Vitaliana Donatia davne 1750. godine. Ime *Fucus* na gr kom zna i alga ili morska trava dok se podrijetlo rije i *virsoides* ne zna (Linardi , 1949).

Rod *Fucus* je rasprostranjen isklju ivo u morima sjeverne hemisfere od gornje granice mediolitorala sjevernog Pacifika do bo atih voda uš a rijeka u sjevernom Atlantiku (Coyer i sur., 2006). Rasprostranjenost jadranskog bra i a me utim je usko vezana za Jadransko more.

2. Jadranski bra i (*Fucus virsoides* J. Agardh)

Rod *Fucus* je tipičan za sjevernu hemisferu, a novija molekularna istraživanja ukazuju da je njegovo podrijetlo sa sjevernih obala Pacifika (Coyer i sur, 2006), suprotno mišljenjima da je centar razvoja sjeverni Atlantik kako se do nedavno smatralo. Takvo je mišljenje prevladavalo jer je u sjevernom Atlantiku danas prisutan veći broj vrsta ovog roda.

2.1. Supstrat i ekološka valencija

Jadranski bra i pojavljuje se u zoni plime i oseke, dakle mediolitoralu. Prosječna amplituda plime i oseke Jadrana je 29 cm. Veća je u sjevernom, do 1 m, a najmanja u srednjem Jadranu gdje iznosi svega 19 cm (Linardi, 1949). Ta zona izložena je jakoj energiji valova zbog čega se jadranski bra i pri vrhuje za vrste supstrate. Najviše mu odgovara vapnenac no može se pri vrstiti i za lapore. Vapnenac je grube površine, a lapori su glatki zbog primjesa gline te bra i na laporovitim podlogama slabije opstaje (Rindi, 2005).

Uz supstrat bitna je izloženost obale valovima te njen nagib. Idealne obale, dakle one na kojima su populacije najbrojnije, su blago nagnute sa srednjom izloženosti valovima (Munda, 1972).

Što se tiče ostalih abiotičkih imbenika jadranski bra i je psihrofilan organizam što znači da mu je optimalna temperatura za rast niža od 15° C. Općenito voli ispodprosječne temperature te je mikroeuriterman organizam. U toj činjenici treba potražiti odgovor na njegovu ograničenu rasprostranjenost. Južnije od Boke Kotorske temperature mora, a i zraka, su previsoke za opstanak alge (Linardi, 1949).

Što se tiče tolerancije saliniteta jadranski je bra i eurihalina alga s optimumom bliže prosječnom minimumu nego maksimumu. Budući da živi u mediolitoralnoj zoni to je alga s velikim afinitetom prema svjetlu stoga makroeurifotična (Linardi, 1949).

2.2. Rasprostranjenost i podrijetlo

Jadranski bra i je isključivo vezan za Jadransko more, a najbliži srodnik mu je vrsta *F. platycarpus* Thuret koja živi na istočnim obalama Atlantskog oceana do Španjolske i Maroka, ali ne prelazi Gibraltarski prolaz (Linardi, 1949). Smatra se da je jadranski fucus dospio u Jadransko more prije 18 000 do 20 000 godina, tijekom zadnjeg ledenog maksimuma te je do danas opstao kao glacijalni relikv (Serrano i sur., 1999). Danas toj endemskoj vrsti areal na istočnim obalama seže na jugu do Boke Kotorske (Matić, 2006), a na zapadnim apeninskim obalama samo do Ancone (Linardi, 1949). Najčešći i najbrojniji je u sjevernom Jadranu.

2.3. Morfologija

Jadranski bra i pripada odjeljku Phaeophyta (smeđe alge). Smeđa boja potječe od biljnog pigmenta fukoksantina. Građa talusa alge je trodijelna, ista kao kod svih višestanih algi. Ima bazalnu ploču s kojom se pri vrsti za podlogu te kauloid na kojeg se nastavljaju bilateralni listasti dijelovi, filoidi. Jadranski bra i je jednodomna biljka što znači da se i muški i ženski rasplodni organi nalaze na jednom organizmu.

Karakteristika za sve vrste roda *Fucus* pa tako i za jadranskog bra i a je prisutnost konceptakula i kriptosoma. Kriptosomi i konceptakuli su malena udubljenja, jamice, iz kojih strše brojne dlake, trihomi. Nalaze se na površini organizma lijevo i desno od centralnog rebra. Zameću se na vegetacijskim vršcima ogranaka i u početku su pravilno raspoređeni u redove, ali sa rastom i starenjem okolnog tkiva sekundarno gube na pravilnosti. Kriptosomi i konceptakuli su filogenetski i histološko-anatomski homologni organi te im je primarna funkcija bila ista, razmnožavanje. S vremenom konceptakuli gube svoju reproduktivnu funkciju i prelaze u kriptosome. Kod roda *Fucus* konceptakuli su u donjim starijim dijelovima talusa postupnim regresivnim razvojem prešli u kriptosome.

Kriptosomi su organi za asimilaciju otopljenih tvari iz vode. Njihova unutrašnja stjenka je prekrivena sitnim dlakama, trihomima, koje izlaze kroz otvor (ostiolum) kriptosoma van. Trihomi su organi za ishranu, odnosno za apsorpciju mineralnih soli iz morske vode i sadrže mnoštvo fukozana. Te tvorevine analogne su rizoidima haraceja i korjenovim dlakama kormofita (Linardi, 1949).

Rasplodni organi, konceptakuli, ograničeni su na vršne segmente alge. U svojoj unutrašnjosti kod jadranskog bra i a sadrže muške (anteridije) i ženske (oogonije) spolne organe. U zreлом su stadiju konceptakuli znatno veći od kriptosoma. Vrastog su oblika, na ušću (ostiolum) suženi, a pri bazi prošireni i zaobljeni (Linardi, 1949). Oogoniji i anteridiji su difuzno usječeni

unutar konceptakula. Za razliku od kriptosoma koje posjeduju samo jedan tip trihoma konceptakuli u svojoj unutrašnjosti posjeduju i parafize. Parafize su vrste trihoma koji nikada ne izlaze kroz ostiolum te imaju malo fukozana. Prema ostiolumu prelaze u trihome i mijenjaju svoju funkciju. Na parafizama su smješteni anteridiji (Linardi 1949). U doba razmnožavanja kada sazrijevaju anteridiji i oogoniji dolazi do bubrenja i ubrzanog dijeljenja još jednog tkiva, a to su fertilni vršci ili receptakuli. Bubre zbog povećane količine sluzi u njihovim intercelularima, a imaju važnu zadaću kod izbacivanja zrelih oogonija i anteridija kroz ostiolum konceptakula. Ujedno ta sluz štiti jaja i spermatozoidie koji izlaze iz zrelih anteridija i oogonija od isušivanja u doba oseke (Linardi, 1949).

Još jedna karakteristika braonih algi je da mu je tijelo prekriveno sa sluzi. Sluz mu omogućava preživljavanje izvan vode. Budući da živi u zoni plime i oseke braonice polovinu svog života provede izvan vode stoga je izlivanje sluzi iznimno važna prilagodba za ovu vrstu (Linardi, 1949). Uz sluz alga ima i mjehuriće ispunjene plinom, aerociste, koje joj omogućavaju uspravan položaj u vodi i povećavaju površinu za fotosintezu.

3. Bioindikator

3.1. Što je bioindikator

Bioindikator je organizam ili biološki odziv koji otkriva prisutnost nekog zagađivača u okolišu. Bioindikatorski organizmi ili skupine organizama ukazuju na zagađenje promjenom ponašanja, fizioloških ili kemijskih parametara organizama koji su kvantitativno i kvalitativno mjerljivi (www.wikipedia.com). Bioindikator se dijele u tri kategorije (Fränzle, 2006):

- Testni organizmi, u biološkim analizama izlažu se zagađujućim tekućinama te se promatraju reakcije. Organizmi vodenih okoliša najčešće se izlažu u kontroliranim uvjetima uzorku vode nepoznatog sastava kako bi se provjerili mogu li biti štetni za organizme (Losso, 2010).
- Reakcijski indikatori su organizmi koji relativno brzo reagiraju na fizički ili kemijski stres na vidljiv ili mjerljiv način. Ti organizmi se nazivaju i biomarkerima. Promatraju i njihove morfološke i biokemijske promjene te promjene u ponašanju indirektno možemo zaključiti postoji li zagađenje ili ne (Losso, 2010).
- Akumulacijski indikatori su organizmi koji imaju visoku toleranciju na toksine i mogućnost akumulacije istih kroz duži vremenski period (Losso 2010).

Za pravu informaciju o stanju okoliša nužno je uz bioindikatore provoditi i biomonitoring. Biomonitoring je kontinuirano praćenje stanja u prirodi pomoću bioindikatora. Stoga tek nakon dugogodišnjeg praćenja dobivamo prave rezultate jer otkrivanje one štetne kemijskim analizama ne mora značiti da takvo one štetne organizmi apsorbiraju kao što ne mora značiti ni da apsorbirano one štetne organizmima škodi. Općenito je prihvaćeno da biomonitoring u morskim okolišima igra značajnu ulogu u otkrivanju, kontroli i smanjenju zagađujućih tvari te uvjetuje efikasnu zaštitu ekosustava (Wells, 1999).

Koje su prednosti, a koji nedostaci bioloških analiza one štetne tvari? Prednosti su što takve analize donose kvantitativne informacije o mogućim biološkim oštećenjima uzrokovanim unošenjem toksina u organizam. Mjeri se stvarni i potencijalni toksin na organizam. Takve analize nisu ograničene na listu zagađivača već uzimaju u obzir sva zagađujuća koja u određenom trenutku djeluju na organizme. S druge strane ukoliko se istraživanja vrše *in situ* ne mogu se je ponavljati pokusi i broj puta zbog nemogućnosti kontrole uvjeta u okolišu. Rezultati ne moraju nužno biti povezani sa zagađenjem. Istraživanja su neprikladna za zagađujuće koje uzrokuje sitne promjene kroz duži vremenski period ili u kojima je najveći problem bioakumulacija. Uz to, testovi su složeni te je njihove rezultate ponekad teško tumačiti (Losso, 2010).

3.2. Smeđe alge kao bioindikatori

U morima umjerenih širina zajednice smeđih algi predstavljaju jedne od osnovnih primarnih proizvođača u priobalnim zonama te su osnova hranidbenih lanaca. Uz to su skrovište i mjesto boravka mnogim organizmima. Zagađenje je uzrokovano povjekovim djelovanjem najviše se očituje na sesilnim organizmima priobalne zone. Zbog svoje široke rasprostranjenosti i zbog sposobnosti bioakumulacije, smeđe alge su kvalitetni pokazatelji stanja u okolišu.

U zagađenim područjima smanjuju se populacije smeđih algi i naseljavaju se kratkoživu i otpornije, oportunističke vrste (BurrIDGE, 2002). Obzirom da su sporofiti smeđih algi relativno otporni na zagađenje, odziv na utjecaj treba tražiti kod njihovih pokretnih stadija, spora i gameta koje su znatno osjetljivije na povećanu količinu zagađenja i toksina (Fairweather, 1990). Ti stadiji ujedno su i vrlo dobri indikatori zagađenja. Zbog specifičnog načina života kroz izmjenu gametofitske i sporofitske generacije, za uvidjeti zagađenje mora potrebno je dobro poznavati reakcije svih životnih stadija alge na onečišćenje (BurrIDGE, 2002).

Općenito gledaju i kada govorimo o smeđim algama mislimo na dva reda. Vrste iz reda Laminariales prevladavaju na sjevernoj polutki dok je raznolikost vrsta iz reda Fucales veća na južnoj polutki (BurrIDGE, 2002).

Kod vrsta iz reda Laminariales velika je mogućnost za usporedbu lokacija sa srodnim taksonima na geografski značajno udaljenim mjestima i na južnoj i sjevernoj hemisferi. Srodne vrste zauzimaju slične okoliše i slične su građe, imaju iste reproduktivne cikluse, a i zoospore su im iste veličine te se za njihovu analizu koriste vrlo slične metode. Ekotoksikološka procedura testiranja za vrste iz reda Laminariales razvijena je na vrstama *Laminaria saccharina* i *Macrocystis pyrifera* koje obitavaju na sjevernoj polutki te je uz male modifikacije u metodologiji primjenjiva na australskim vrstama *Macrocystis angustifolia* i *Ecklonia radiata*, kao i na egzotičnoj vrsti *Undaria pinnatifida* (BurrIDGE, 2002).

Zadnjih desetljeća provode se brojna ekotoksikološka istraživanja na smeđim algama, od djelovanja herbicida i raznih toksičnih kemikalija do zaslivanja vode uzrokovanog kanalizacijskim ispustima. Provedena su i istraživanja utjecaja sirove nafte i naftnih derivata te raznih teških metala sa smeđim algama kao bioindikatorima (BurrIDGE, 2002).

U istraživanjima su korištene različite vrste smeđih algi. Dokazano je da svi zagađivači drastično smanjuju reproduktivnu moć promatranih vrsta uz povećanje brojnosti otpornih, kratkoživu i oportunističkih vrsta. Ujedno je zaključeno da su najveći zagađivači kanalizacijski ispusti i teški metali, naročito bakar (BurrIDGE, 2002).

3.3. Jadranski bra i kao potencijalni bioinikator

Jadranski bra i je sme a alga rasprostranjena duž cijelog Jadranskog mora. Dugogodišnja je vrsta i živi u moru koje nije izloženo direktnom ljudskom zaga enju kao što su kanalizacijski ispusti (Munda, 1980) i luke (Linardi , 1949). Iako ljudsko djelovanje op enito šteti jadranskom bra i u, ovjek gradnjom gatova i molova može pretvoriti primarno nepovoljnu obalu u novo stanište za tu vrstu (Linardi , 1949).

Jadranski bra i pripada redu Fucales. U svijetu se vrste iz tog reda koriste kao bioindikatori (Burridge, 2002). S obzirom da ne nastanjuje vode optere ene organskom tvari, jadranski bra i se koristi kao bioindikator.

Preduvjet za rad s bioindikatorima je poznavanje biologije i ekologije vrste. Bitno je znati kako alga reagira na toksine kako bismo te reakcije mogli zamijetiti u okolišu. Kod jadranskog bra i a reakcije na toksine još uvijek nisu dobro istražene. Zadnju i jedinu studiju o jadranskom bra i u napravio je Linardi (1949). S obzirom na slabu istraženost biologije i ekologije jadranskog bra i a, on je zapravo dobar potencijalni bioindikator. Me utim, ne može se pouzdano koristiti kao bioindikator dok god se ne izvrše opsežnija istraživanja.

Kada se neke vrste pokažu kao potencijalni bioindikatori uvijek treba biti oprezan u radu s njima. Godišnja doba i razli iti predatori mogu smanjiti njihove populacije te ukazati na lažno zaga enje zbog ega je nužno da se takve vrste kontinuirano prate tj. da se vrši biomonitoring (Orlando-Bonaca, 2008). Isto tako treba obratiti pažnju na razlike u brojnosti populacija. Takav je slu aj s jadranskim bra i em ije su populacije prirodno brojnije u sjevernom Jadranu. Upravo zbog toga rad sa bioindikatorima je dugotrajan i složen, a rezultati su rijetko jednozna ni. Nedovoljno poznavanje vrste dodatno otežava pravilno tuma enje rezultata.

Populacije jadranskog bra i a ponekad osciliraju što se povezuje s pove anjem populacije ježinaca koji brste algu, kao što je to bio slu aj sedamdesetih godina prošlog stolje a (Zavodnik, 2002). Tako er se zna da tamo gdje se izljuje kanalizacija nema jadranskog bra i a ve dominiraju jednogodišnje oportunisti ke vrste rodova *Cladophora* i *Enteromorpha* (Munda, 1980).

Unato tome što se o jadranskom bra i u malo zna, ova vrsta ima odre ene zna ajke koje bi ju mogle initi dobrim bioindikatorom. Prema svojim bioakumulacijskim karakteristikama pripada skupini akumulacijskih indikatora. Neka istraživanja pokazala su da jadranski bra i akumulira izotope joda (Stibilj, 2008) i teških metala (Fe, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Cr, As) (Pavoni, 2002). No ta su istraživanja malobrojna i ra ena bez predznanja o vrsti pa se i rezultati tih istraživanja ne mogu interpretirati kao stvarna slika zaga enja okoliša.

U Jadranskom moru postoje i druge vrste sme ih algi kao što su neke vrste iz roda *Cystoseira* (red Fucales) koje bi mogle biti dobri bioindikatori (Sales, 2009).

4. Literatura

- Burridge, T.R., Bidwell, J. 2002. Review of the potential use of brown algal ecotoxicological assays in monitoring effluent discharge and pollution in southern Australia. *Marine Pollution Bulletin* 45, 140-147.
- Coyer, A. J., Hoarau, G., Oudot-Le Secq M.-P., Stam T. W., Olsen L. J. 2006. A mtDNA-based phylogeny of the brown algal genus *Fucus* (Heterokontophyta; Phaeophyta). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 39, 209–222.
- Fairweather, P.G., 1990. Sewage and biota on seashores: assessment of impact in relation to natural variability. *Environmental Monitoring and Assessment* 14, 197–210.
- Fränzle O., 2006. Complex bioindication and environmental stress assessment. *Ecological Indicators* 6, 114-36.
- Linardi , J. 1949. Studije o Jadranskom Fukusu. *Acta Botanica*, 12/13, 131 str.
- Losso, C., Volpi Ghirardini, A., 2010. Overview of ecotoxicological studies performed in the Venice Lagoon (Italy). *Environment International* 36, 92-121.
- Ma i , V. 2006. Distribution of seaweed *Fucus virsoides* J. Agardh in Boka Kotorska bay (south Adriatic Sea). *Annales* 16 (1), 1-4.
- Munda, I.M. 1980. Survey of the algal biomass in the polluted area around Rovinj (Istrian coast, North Adriatic). *Acta Adriatica*, 21 (2), 333-354.
- Munda, I.M. 1972. Seasonal and ecologically conditioned variations in the *Fucus virsoides* association from the Istrian coast (Northern Adriatic). *Dissertationes SAZU* 15, 1–33.
- Sales, M., Ballesteros, E. 2009. Shallow *Cystoseira* (Fucales: Ochrophyta) assemblages thriving in sheltered areas from Menorca (NW Mediterranean): Relationships whit environmental factors and anthropogenic pressures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84, 476–482
- Orlando-Bonaca, M., Lipej, L., Orfanidis, S. 2008. Benthic macrophytes as tool for delineating, monitoring and assessing ecological status: The case of Slovenian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin* 56, 666-676.
- Pavoni, B., Caliceti, M., Argese, E., Sfriso, A. 2002. Heavy metal contamination in the seaweeds of the Venice lagoon. *Chemosphere* 47, 443-454
- Rindi, F. i Battelli, C. 2005. Spatio-temporal variability of intertidal algal assemblages of the Slovenian coast (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). *Botanica Marina* 48, 96–105.
- Serrão, E.A., Alice, L.A., Brawley, S.H., 1999. Evolution of the Fucaceae (Phaeophyceae) inferred from nrDNA-ITS. *Journal of Phycology*, 35, 382–394.
- Stibilj, V., Osterc, A. 2008. ¹²⁷I and ¹²⁹I/¹²⁷I isotopic ratio in marine alga *Fucus virsoides* from the North Adriatic Sea. *Journal of Environmental Radioactivity* 99, 757-765

Wells PG., 1999. Biomonitoring the health of coastal marine ecosystems - the roles and challenges of microscale toxicity tests. *Marine Pollution Bulletin* 39, 39-47.

Zavodnik, N., Iveša, Lj., Travizi, A. 2002. Note on recolonisation by furoid algae *Cystoseira* spp. and *Fucus virsoides* in the North Adriatic Sea. *Acta Adriatica* 43(1), 25-32.

http://en.wikipedia.org/wiki/Bioindicator#cite_note-1

5. Sažetak

Jadranski bračica je smeđa alga iz roda *Fucus* stručnog naziva *Fucus virsoides* J. Agardh. Pojavljuje se u zoni plime i oseke, dakle mediolitoralno. Jadranski bračica je isključivo vezan za Jadransko more. Danas toj jadranskoj endemskoj vrsti areal seže od sjevernog Jadrana na sjeveru pa na istočnim obalama do Boke Kotorske na jugu, a na zapadnim apeninskim obalama do Ancone. Najčešći i najbrojniji je u sjevernom Jadranu. Dugogodišnja je vrsta i živi u moru na mjestima koja nisu izložena direktnom ljudskom zagađenju.

Unatoč tome što se o jadranskom bračici malo zna, ova vrsta ima određene značajke koje bi ju mogle činiti dobrim bioindikatorom. Prema svojim bioakumulacijskim karakteristikama pripada skupini akumulacijskih indikatora. Neka istraživanja pokazala su da jadranski bračica akumulira izotope joda i teških metala (Fe, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Cr, As). No kako su ta istraživanja malobrojna i rađena bez predznanja o vrsti, njihovi rezultati se teško mogu interpretirati kao stvarna slika zagađenja okoliša. Da bi to postigli potrebna su još dodatna istraživanja bioindikatorskih mogućnosti jadranskog bračica. U Jadranskom moru postoje i druge vrste smeđih algi, kao što su neke vrste roda *Cystoseira* (red Fucales) koje bi također mogle biti dobri bioindikator.

6. Summary

Fucus virsoides J. Agardh is a brown alga of the genus *Fucus*. It lives in the intertidal zone. *Fucus virsoides* is exclusively linked to the Adriatic Sea. Today, the areal of this endemic species extends from the North Adriatic on the east coast to the Bay of Kotor and on the western shores to Ancona. The species is the most common and the most abundant in the northern Adriatic. *Fucus virsoides* is a perennial species, living in the areas which are not exposed to direct human pollution.

Despite the fact that a lot of information about the biology of *Fucus virsoides* is missing, this species has certain characteristics that make it a potential bioindicator. According to its bioaccumulation capabilities it belongs to a group of accumulation indicators. Some studies have shown that *Fucus virsoides* accumulates isotopes of iodine and heavy metals (Fe, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Cr, As). However, since there are few of these studies and they were undertaken without prior knowledge of the species biology, their results could not be interpreted as a real picture of environmental pollution. In order to achieve that additional research of bioindicator capabilities of *Fucus virsoides* are necessary. In the Adriatic Sea there are other species such as brown algae from the genus *Cystoseira* (Fuciales order) that also have a potential bioindicator capacity.