



NACIONALNI INŠTITUT ZA **BIOLOGIJO**
NATIONAL INSTITUTE OF **BIOLOGY**

MORSKA BIOLOŠKA POSTAJA PIRAN
MARINE BIOLOGY STATION PIRAN

Zaključno poročilo o izvajanju monitoringa bioloških elementov kakovosti ekološkega stanja morja v 2024

Februar 2025

AVTORJI:

Francé, J., Orlando-Bonaca, M., Mavrič, B., Pitacco, V., Trkov, D. (2025): Zaključno poročilo o izvajanju monitoringa bioloških elementov kakovosti ekološkega stanja morja v 2024. Zaključno poročilo. Poročila **229**. Morska Biološka Postaja, Nacionalni Inštitut za Biologijo, Piran, 44 str.

NASLOV PROJEKTNE NALOGE:

IZVAJANJE MONITORINGA BIOLOŠKIH ELEMENTOV KAKOVOSTI EKOLOŠKEGA
STANJA MORJA V LETU 2024 IN 2025

NAROČNIK:

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Vojkova 1b, 1000 Ljubljana

IZVAJALEC:

NACIONALNI INŠTITUT ZA BIOLOGIJO,

MORSKA BIOLOŠKA POSTAJA PIRAN

6330 Piran, Fornače 41

NOSILKA PROJEKTA:

dr. Janja Francé

SODELAVCI NA PROJEKTU:

dr. Janja Francé, dr. Martina Orlando-Bonaca, dr. Borut Mavrič, dr.
Valentina Pitacco, dr. Domen Trkov, dr. Lovrenc Lipej, Milijan Šiško,
Simone Spinelli, Živa Muhič, Ana Lovrič Jančar, Ana Fortič

KRAJ IN DATUM:

PIRAN, FEBRUAR 2025

Kazalo vsebine

1	UVOD	1
2	BIOLOŠKI ELEMENT: BENTOŠKI NEVREtenČARJI	2
2.1	Favnistika	2
2.2	Strukturni indeksi	3
2.3	Biotski indeks AMBI in multimetrični indeks M-AMBI	6
3	BIOLOŠKI ELEMENT: FITOPLANKTON	8
3.1	Biomasa fitoplanktona	8
3.2	Sestava fitoplanktonske združbe	13
4	BIOLOŠKI ELEMENT: MAKROALGE	16
5	ŠKOCJANSKI ZATOK (SI5VT6)	22
5.1	Biološki element: bentoški nevretenčarji	23
5.2	Biološki element: fitoplankton	31
5.3	Biološki element: makroalge in kritosemenke	38
5.4	Biološki element: ribe	40
6	VIRI	43

Kazalo slik

Slika 1: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na petih obravnavanih mestih vzorčenja v posameznih sezonah	5
Slika 2: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na petih obravnavanih mestih vzorčenja	5
Slika 3: nMDS izrisan na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti na podatkih transformiranih s kvadratnim korenem	6
Slika 4: Letna geometrična srednja vrednost koncentracij klorofila a s standardno deviacijo v površinskem vodnem sloju za leto 2024 na posameznih mestih vzorčenja. Dodani sta meji med zelo dobrim in dobrim ekološkim stanjem (zelena) ter med dobrim in zmernim ekološkim stanjem (rumena)	9
Slika 5: Mesečne koncentracije klorofila a (vrednosti do LOD) na treh globinah posameznih mest vzorčenja v letu 2024	12
Slika 6: Mesečne abundance posameznih fitoplanktonskih skupin in celotnega fitoplanktona (št. celic/l) na treh globinah mesta vzorčenja 000F v letu 2024. Pozor na različne skale na y oseh za različne skupine	14
Slika 7: Zemljevid Škocjanskega zatoka (vodno telo SI5VT6) z vrisanimi mesti vzorčenja za biološke elemente kakovosti (stara poimenovanja)	23
Slika 8: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na treh obravnavanih območjih v posameznih sezonah	26
Slika 9: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na treh obravnavanih območjih	26

Slika 10: nMDS izris na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti na log-transformiranih podatkih. Legenda: P – pomlad, J – jesen	27
Slika 11: Koncentracija klorofila a (zgoraj) in skupna abundanca fitoplanktona (spodaj) na treh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2024	32
Slika 12: Abundanca fitoplanktona po skupinah na treh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2024.....	33

Kazalo tabel

Tabela 1: Številčnosti širših taksonov v vzorcih ločeno po sezonah vzorčenja in skupaj	2
Tabela 2: Številčnost in pogostost pojavljanja v vzorcih najbolj dominantnih taksonov	2
Tabela 3: Pregled pestrosti taksonov (S - število taksonov), abundance (N), Pieloujevega indeksa (J') in Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (H') po vzorcih, vzorčnih mestih, transektih in sezonah	3
Tabela 4: Vrednosti indeksa AMBI in klasifikacija vpliva po vzorčnih mestih, ter relativne abundance posameznih ekoloških skupin, ki se uporabljajo pri izračunu	7
Tabela 5: Vrednosti indeksa M-AMBI in vseh metrik na podlagi katerih je izračunan, ter klasifikacija vpliva po vzorčnih mestih in sezoni z uporabo italijanskih referenčnih in mejnih vrednosti	7
Tabela 6: Razredi kakovosti ekološkega stanja po modulu trofičnost, pripadajoče REK vrednosti in mejne vrednosti fitoplanktonske biomase za posamezen razred kakovosti	8
Tabela 7: Ekološko stanje morja na podlagi fitoplanktona v letu 2024 na posameznih mestih vzorčenja in vodnih telesih slovenskega morja; prikazane so letne geometrijske srednje vrednosti koncentracij klorofila a in pripadajoče vrednosti REK.....	10
Tabela 8: Letne geometrijske srednje vrednosti koncentracij klorofila a na posameznih mestih vzorčenja v obdobju 2017-2024; vrednosti so obarvane glede na pripadajoče ekološko stanje (modro - zelo dobro stanje, zeleno - dobro stanje)	10
Tabela 9: Razpon EEI-c in vrednosti REK za posamezne razrede kakovosti.	16
Tabela 10: Ocena ekološkega stanja makroalg v dveh sezonah v SI5VT3 v letu 2024.	17
Tabela 11: Povprečna ocena ekološkega stanja makroalg v letu 2024 in ekološko stanje vodnega telesa SI5VT3.	17
Tabela 12: Letno povprečje EEI-c vrednosti na mestih vzorčenja v SI5VT3 od 2006 do 2024 na podlagi rezultatov državnega monitoringa ali raziskovalnih projektov.	18
Tabela 13: Povprečne vrednosti pokrovnosti taksonov makroalg v dveh sezonah na mestih vzorčenja v SI5VT3 v 2024.	19
Tabela 14: Nabor šifrantov merilnih mest oz. mest vzorčenja.....	20
Tabela 15: Mesta vzorčenja bioloških elementov kakovosti v Škocjanskem zatoku v letu 2024 s koordinatami	22
Tabela 16: Številčnost širših taksonomskih skupin	24
Tabela 17: Številčnost in pogostost pojavljanja ožjih taksonomskih skupin	24
Tabela 18: Prikaz vrstne pestrosti (S - število taksonov), abundance (N), Pieloujevega indeksa enakomerne porazdelitve (J') in Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (H'), po vzorcih in območjih vzorčenja	25
Tabela 19: Rezultati Permanova testa.....	27
Tabela 20: Rezultati različnih strukturnih in biotskih indeksov in uvrstitev v razrede ekološkega stanja za tri obravnavana območja BNŠZ-1, BNŠZ-2 in BNŠZ-3	29
Tabela 21: Najpogostejši taksoni najdeni v fitoplanktonskih vzorcih s treh mest vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2024 s frekvenco pojavljanja	35

Tabela 22: Rezultati posameznih metrik, ki sestavljajo MPI indeks za tri mesta vzorčenja v Škocjanskem zatoku	36
Tabela 23: REK vrednosti za posamezne metrike in MPI (brez upoštevanja Menhinickovega indeksa) za posamezna mesta vzorčenja v Škocjanskem zatoku. Ekološko stanje je označeno z barvo: modro - zelo dobro stanje, zeleno - dobro stanje, rumeno - zmerno stanje	37
Tabela 24: Ocena ekološkega stanja makroalg in kritosemenk v SI5VT6 v letu 2024	39
Tabela 25: Povprečne vrednosti pokrovnosti taksonov makroalg in kritosemenk v SI5VT6 v letu 2024	39
Tabela 26: Okoljski parametri izmerjeni ob vzorčenju rib v Škocjanskem zatoku	40
Tabela 27: Meje razredov kakovosti ekološkega stanja za indeks HFBI (Habitat Fish Bio Indicator)(ISPRA, 2023)	41

1 Uvod

Za vrednotenje stanja posameznega vodnega telesa je v okviru vodne direktive potrebno spremljati in oceniti ekološko in kemijsko stanje obalnega morja ter kemijsko stanje teritorialnih voda. Ekološko stanje morja je ovrednoteno s tremi biološkimi elementi kakovosti (BEK): fitoplanktonom, makrofitskimi algami in bentoškimi nevretenčarji. Poleg bioloških elementov se spremlja tudi fizikalno-kemijske in hidromorfološke elemente, ki so podporni elementi pri oceni ekološkega stanja. Merila za razvrščanje vodnih teles površinskih voda v razrede ekološkega in kemijskega stanja določa Uredba o stanju površinskih voda (Ur.l. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2).

Morska biološka postaja Piran Nacionalnega inštituta za biologijo (NIB-MBP) je v letu 2024 kot izvajalec za potrebe spremljanja ekološkega stanja morja opravila analize za vrednotenje stanja na podlagi fitoplanktona v vseh vodnih telesih, vzorčenje in analize za vrednotenje stanja na podlagi bentoških nevretenčarjev v cirkalitoralu na dveh transektih v SI5VT1, SI5VT3 in SI5VT4 ter vzorčenje in analize za vrednotenje stanja na podlagi makroalg v SI5VT3. Ob vzorčenju bentoških nevretenčarjev smo pobrali tudi vzorce sedimenta za analize granulometrije. Analize fitoplanktona so vključevale meritve biomase fitoplanktona (koncentracij klorofila *a*) in določitev vrstne sestave in abundance fitoplanktona, kar je tako v skladu z vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES) kot z morską strategijo (Direktiva 2008/56/ES).

Poleg tega smo na NIB-MBP v letu 2024 izvedli tudi vzorčenja in analize v MPVT Škocjanski zatok (vodno telo SI5VT6). Tu smo v skladu s strokovnimi podlagami (Knehtl in Leban, 2023) obravnavali naslednje biološke elemente kakovosti: fitoplankton, makroalge in kritosemenke, bentoški nevretenčarji in ribe.

2 Biološki element: bentoški nevretenčarji

2.1 Favnistika

V letu 2024 smo za potrebe razvoja metodologije vrednotenja ekološkega stanja slovenskega morja z bentoškimi nevretenčarji v cirkalitoralu vzorčili bentoške nevretenčarje na petih vzorčnih mestih (V300K, V30KK, V10CZ, V4TR1, V1TR2). Na vsakem vzorčnem mestu smo pobrali 3 vzorce z Van Veenovim grabilom (velikost 0,1 m²). Vzorce smo sprali čez sita (velikost okenc 4 in 1 mm) in material, ki je ostal na sitih, shranili v etanolu. V laboratoriju smo iz tega materiala izločili organizme in jih določili do najnižjega možnega taksona.

V vzorcih smo našli skupaj 2722 osebkov in določili 193 taksonov. Največji delež abundance so s 55 % predstavljali mnogoščetinci, sledijo členonožci (21 %) in mehkužci (15 %) (Tabela 1). Največji delež med taksoni so predstavljale postranice rodu *Ampelisca* (12 %) in mnogoščetinci iz rodu *Lumbrineris* (8 %). Ta dva taksona se pojavljata tudi skoraj v vseh vzorcih (Tabela 2).

Tabela 1: Številčnosti širših taksonov v vzorcih ločeno po sezonah vzorčenja in skupaj

	združeno		pomlad		jesen	
	Abundanca	Abundanca %	Abundanca	Abundanca %	Abundanca	Abundanca %
Annelida	1495	55	646	54	849	56
Arthropoda	576	21	225	19	351	23
Mollusca	416	15	248	21	168	11
Echinodermata	52	2	15	1	37	2
Ostalo	183	7	73	6	110	7
skupaj	2722	100	1207	100	1515	100

Tabela 2: Številčnost in pogostost pojavljanja v vzorcih najbolj dominantnih taksonov

	Abundanca	Abundanca (%)	Pogostost pojavljanja v vzorcih (%)
<i>Ampelisca</i> sp.	323	12	97
<i>Lumbrineris</i> spp.	226	8	93
<i>Pseudoleiocardia fauveli</i>	149	5	73
<i>Terebellides stroemii</i>	146	5	93
<i>Maldane glebifex</i>	125	5	73
<i>Varicorbula gibba</i>	114	4	77
Cumacea	91	3	87
<i>Aponuphis brementi</i>	82	3	53
<i>Abyssoninoe</i> spp.	63	2	70
<i>Turritellinella tricarinata</i>	63	2	27
<i>Aspidosiphon</i> (<i>Aspidosiphon</i>) <i>muelleri muelleri</i>	61	2	43
Nemertea	52	2	70
ostalo	1279	45,0	
skupaj	2774	100	

2.2 Strukturni indeksi

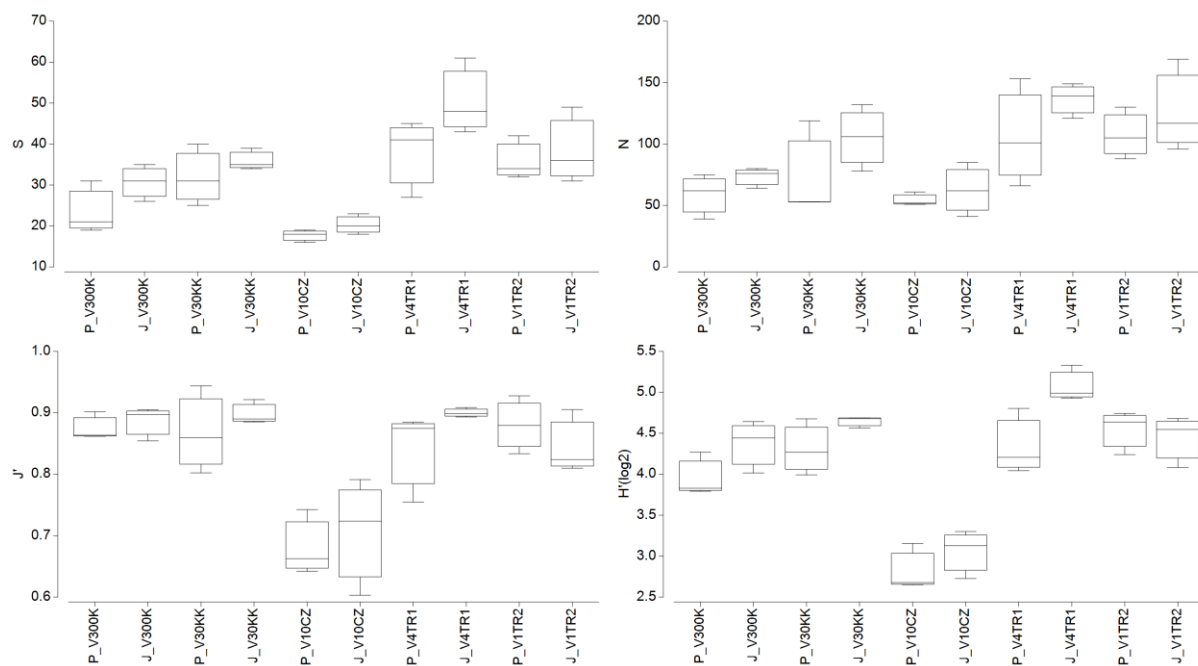
Na podlagi pridobljenih rezultatov o taksonomski sestavi in abundanci smo izračunali osnovne strukturne indekse za posamezne vzorce in povprečne vrednosti po vzorčnem mestu, sezoni (junij, september) in obravnavanem transektu (Koper, Rt Ronek) (Tabela 3, Slika 1 in 2). Prav tako smo izračunali Bray-Curtis-ov indeks podobnosti in rezultate prikazali z NMDS (Slika 3).

Iz rezultatov je razvidno, da vzorčno mesto V10CZ (V1K3) glede strukturnih indeksov najbolj odstopa od vseh ostalih vzorčnih mest. Vrednosti vseh štirih obravnavanih indeksov (S, N, J' in H') v vzorcih na vzorčnem mestu V10CZ so v povprečju najnižje. Razlike med V10CZ in ostalimi vzorčenimi mesti so praviloma statistično značilne ($p < 0,01$). Izjema je le abundanca, kjer med vzorčnima mestoma V300K in V10CZ razlike niso statistično značilne. Vrednosti vseh indeksov na vzorčnih mestih V30KK in V4TR1, ter V1TR2 so primerljive in med njimi ni statistično značilnih razlik. Nekoliko drugačna je slika, če pogledamo Bray-Curtisov indeks podobnosti. Tu so si vsa vzorčna mesta med seboj statistično značilno različna, izjema sta le vzorčni mesti V4TR1 in V1TR2, ki sta tudi na nMDS prikazu vidno ločeni od preostalih vzorčnih mest. Izjema so le jesenski vzorci iz V30KK, ki so pridruženi klastru vzorcev iz V4TR1 in V1TR2. Zaznali smo tudi, da so razlike med sezonama, upoštevajoč vse vzorce, statistično značilne.

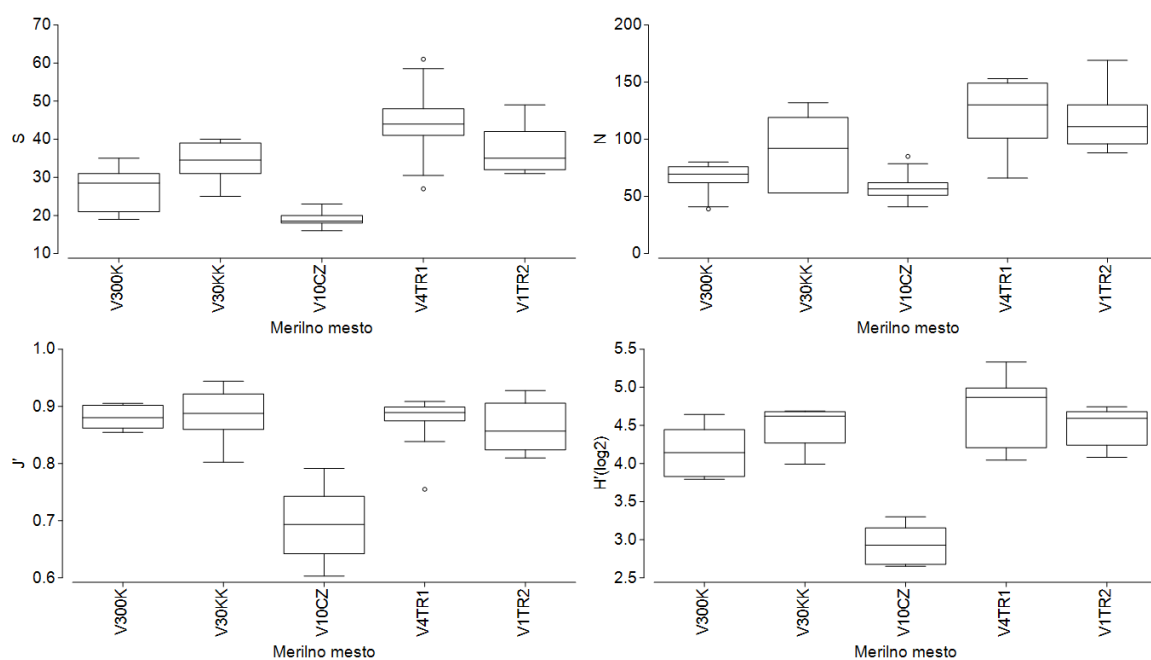
Tabela 3: Pregled pestrosti taksonov (S - število taksonov), abundance (N), Pieloujevega indeksa (J') in Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (H') po vzorcih, vzorčnih mestih, transektih in sezonah

VM ARSO		Vzorec	S	N	J'	H'(log2)
Transekt Koper	V300K	P_V300K-1	31	75	0,9	4,30
		P_V300K-2	21	62	0,9	3,80
		P_V300K-3	19	39	0,9	3,80
	V300K	P_V300K	24	59	0,90	3,97
	V30KK	P_V30KK-1	31	53	0,9	4,70
		P_V30KK-2	40	119	0,8	4,30
		P_V30KK-3	25	53	0,9	4,00
	V30KK	P_V30KK	32	75	0,87	4,33
	V10CZ	P_V10CZ-1	16	51	0,7	2,70
		P_V10CZ-2	19	61	0,7	3,20
		P_V10CZ-3	18	52	0,6	2,70
	V10CZ	P_V1CZ	18	55	0,67	2,87
		Povprečje pomlad	24	63	0,8	3,70
	V300K	J_V300K-1	26	76	0,9	4,00
		J_V300K-2	31	64	0,9	4,40
		J_V300K-3	35	80	0,9	4,60
	V300K	J_V300K	31	73	0,90	4,33
	V30KK	J_V30KK-1	34	78	0,9	4,70

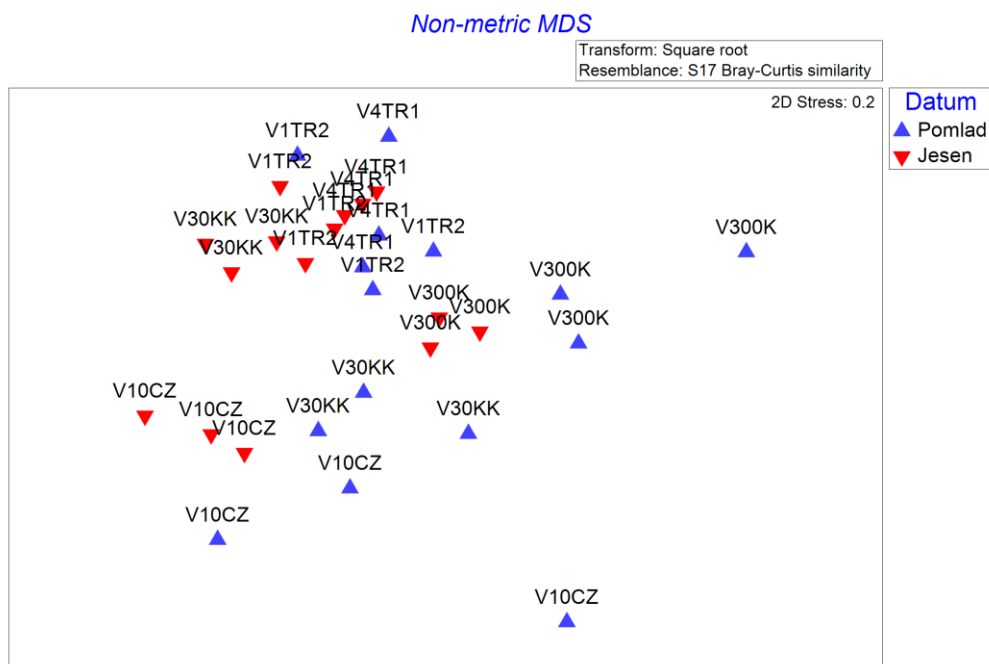
Trasekt Ronek		J_V30KK-2	39	132	0,9	4,70
		J_V30KK-3	35	106	0,9	4,60
	V30KK	J_V30KK	36	105	0,90	4,67
	V10CZ	J_V10CZ-1	20	62	0,7	3,10
		J_V10CZ-2	18	41	0,8	3,30
		J_V10CZ-3	23	85	0,6	2,70
	V10CZ	J_V10CZ	20	63	0,70	3,03
		Povprečje jesen	29	80	0,8	4,00
		Skupno povprečje	27	72	0,8	3,90
	V4TR1	P_V4TR1-1	45	101	0,9	4,80
		P_V4TR1-2	27	66	0,9	4,20
		P_V4TR1-3	41	153	0,8	4,00
	V4TR1	P_V4TR1	38	107	0,87	4,33
	V1TR2	P_V1TR2-1	34	105	0,8	4,20
		P_V1TR2-2	32	88	0,9	4,60
		P_V1TR2-3	42	130	0,9	4,70
	V1TR2	P_V1TR2	36	108	0,87	4,50
		Povprečje pomlad	37	107	0,9	4,40
	V4TR1	J_V4TR1-1	43	121	0,9	4,90
		J_V4TR1-2	48	139	0,9	5,00
		J_V4TR1-3	61	149	0,9	5,30
	V4TR1	J_V1TR1	51	136	0,90	5,07
	V1TR2	J_V1TR2-1	49	169	0,8	4,50
		J_V1TR2-2	36	96	0,9	4,70
		J_V1TR2-3	31	117	0,8	4,10
	V1TR2	J_V1TR2	39	127	0,83	4,43
		Povprečje jesen	45	132	0,9	4,80
		Skupno povprečje	41	120	0,9	4,60



Slika 1: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na petih obravnavanih mestih vzorčenja v posameznih sezonah



Slika 2: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na petih obravnavanih mestih vzorčenja



Slika 3: nMDS izrisan na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti na podatkih transformiranih s kvadratnim korenom

2.3 Biotski indeks AMBI in multimetrični indeks M-AMBI

Na podlagi tabele taksonov in njihovih abundanc v posameznem vzorcu samo izračunali biotski indeks za vrednotenje ekološkega stanja z bentoškimi nevretenčarji AMBI (Borja in sod., 2000) in multimetrični M-AMBI (Muxika in sod., 2007), ki poleg indeksa AMBI upošteva še število taksonov in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks. Pri izračunavanju indeksa M-AMBI smo upoštevali italijanske referenčne vrednosti za Jadransko morje, ki so prikazane v Tabela 5.

Rezultati glede na indeks AMBI praviloma kažejo na rahlo moteno stanje (slightly disturbed; Tabela 4). Zanimivo je, da so bile najnižje vrednosti indeksa AMBI izračunane na vzorčnem mestu V10CZ in to v obeh sezonah. Še posebej izstopa vrednost iz septembrskega vzorčenja, ki je bila z 0,712 daleč najnižja od vseh izračunanih AMBI vrednosti, to vzorčno mesto pa je bilo na podlagi samo jesenskih vzorcev kot edino ovrednoteno kot nemoteno (undisturbed). Delež občutljivih vrst prvega reda (ekološka skupina I) v jesenskih vzorcih na V10CZ je bil kar 70 %, oportunistične vrste (ekološka skupina IV in V) pa so dosegle zgolj 1,7 %.

Tabela 4: Vrednosti indeksa AMBI in klasifikacija vpliva po vzorčnih mestih, ter relativne abundance posameznih ekoloških skupin, ki se uporabljajo pri izračunu

Sezona in vzorčno mesto	% I	% II	% III	% IV	% V	% NA	AMBI	disturbance classification
P_V300K	33,7	45,3	12,8	1,7	6,4	2,3	1,536	slightly disturbed
P_V30KK	45,4	24,8	7,8	18,8	3,2	3,1	1,617	slightly disturbed
P_V10CZ	41	33,5	5,6	18,6	1,2	1,8	1,527	slightly disturbed
P_V4TR1	29,1	29,4	25,2	9,3	7	2,2	1,914	slightly disturbed
P_V1TR2	31,5	33,1	16,9	7,3	11,1	2,8	1,997	slightly disturbed
J_V300K	34,4	33	19,8	6,1	6,6	3,6	1,762	slightly disturbed
J_V30KK	50,7	25,8	16,2	5,6	1,7	4,4	1,212	slightly disturbed
J_V10CZ	70,1	19	8,2	1,6	1,1	2,1	0,712	undisturbed
J_V4TR1	43,9	25,1	13,5	8,4	9,1	3,7	1,714	slightly disturbed
J_V1TR2	52,5	25,5	9,6	4,1	8,2	4,7	1,395	slightly disturbed

Vrednosti indeksa M-AMBI so praviloma presegle 1, izjema je vzorčno mesto V10CZ, kjer je bila v obeh sezonah vrednost malenkost manjša kot 1 (Tabela 5). Temu botrujejo predvsem vrednosti obeh strukturnih indeksov, število taksonov in Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa, ki sta bila najnižja v obeh sezonah, medtem ko so bile po drugi strani vrednosti AMBI najvišje in so nakazovale boljše stanje.

Vsa vzorčna mesta so bila glede na izračune indeksa M-AMBI ovrednotena s statusom **zelo dobro**. Tu se je potrebno zavedati, da smo pri izračunih za izhodišče vzeli italijanske referenčne vrednosti, ki očitno niso primerne. Da te vrednosti niso primerne za Tržaški zaliv so, po ustnih informacijah, ugotovili že italijanski kolegi. Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa in število taksonov naj bi bilo tudi po njihovih podatkih tu precej višje, posledično pa so referenčne vrednosti prenizke. Po pridobitvi podatkov o bentoških nevretenčarjih na transektih v Piranskem zalivu in pred Savudrijo v letu 2025 bomo poskusili skupaj, z združitvijo podatkov in skupno analizo, priti do bolj relevantnih vrednotenj ekološkega stanja z bentoškimi nevretenčarji v Tržaškem zalivu. Vsaj s spremenjenimi referenčnimi vrednostmi, morebiti pa tudi z uporabo drugačnega multimetričnega indeksa.

Tabela 5: Vrednosti indeksa M-AMBI in vseh metrik na podlagi katerih je izračunan, ter klasifikacija vpliva po vzorčnih mestih in sezoni z uporabo italijanskih referenčnih in mejnih vrednosti

Sezona in vzorčno mesto	AMBI	H'	S	M-AMBI	Status
Bad	6	0	0	0	Bad
High	0.5	4	30	1	High
P_V300K	1.54	4.59	46	1.03	High
P_V30KK	1.62	4.87	63	1.13	High
P_V10CZ	1.53	3.91	44	0.96	High
P_V4TR1	1.91	4.92	74	1.16	High
P_V1TR2	2.00	5.05	69	1.14	High
J_V300K	1.76	4.90	56	1.09	High
J_V30KK	1.21	5.10	63	1.19	High
J_V10CZ	0.71	3.45	41	0.98	High
J_V4TR1	1.71	5.47	90	1.30	High
J_V1TR2	1.40	4.89	68	1.17	High

3 Biološki element: fitoplankton

Po vodni direktivi je predvideno, da se za vrednotenje ekološkega stanja s fitoplanktonom uporabijo naslednji parametri: sestava, številčnost in biomasa fitoplanktona (Uredba o stanju površinskih voda, Ur. L. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2). Vendar je bila za vrednotenje ekološkega stanja obalnega morja na podlagi fitoplanktona nazadnje sprejeta le uporaba metrike biomasa fitoplanktona, ki se izraža s koncentracijo klorofila *a* (Chl *a*). Ker je sestava fitoplanktonske združbe pomembna tudi za ovrednotenje biodiverzitete pelagičnega habitata, kar obravnava Morska strategija, se v okviru monitoringa na enem mestu vzorčenja vzorči morsko vodo tudi za analize sestave in abundance fitoplanktonske združbe.

Morska voda za analizo klorofila *a* je bila v letu 2024 vzorčena na šestih mestih vzorčenja v petih vodnih telesih slovenskega morja (za šifre vodnih teles in mest vzorčenja glej Tabela 14). Na mestu vzorčenja 000F v vodnem telesu SI5VT4 so bili vzeti tudi vzorci za določitev sestave in abundance fitoplanktonske združbe. Vzorci so bili vzeti enkrat mesečno na treh globinah: na površini (0,5 m), na 5 m in pri dnu. Vzorci so bili obdelani in analizirani ter stanje po fitoplanktonu ovrednoteno na podlagi **Metodologije vrednotenja ekološkega stanja obalnega morja na podlagi fitoplanktona**, ki je objavljena na naslovu: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Voda/Ekolosko_stanje/metod_vredn_ekološkega_st_morja_fitoplanktona.pdf.

3.1 Biomasa fitoplanktona

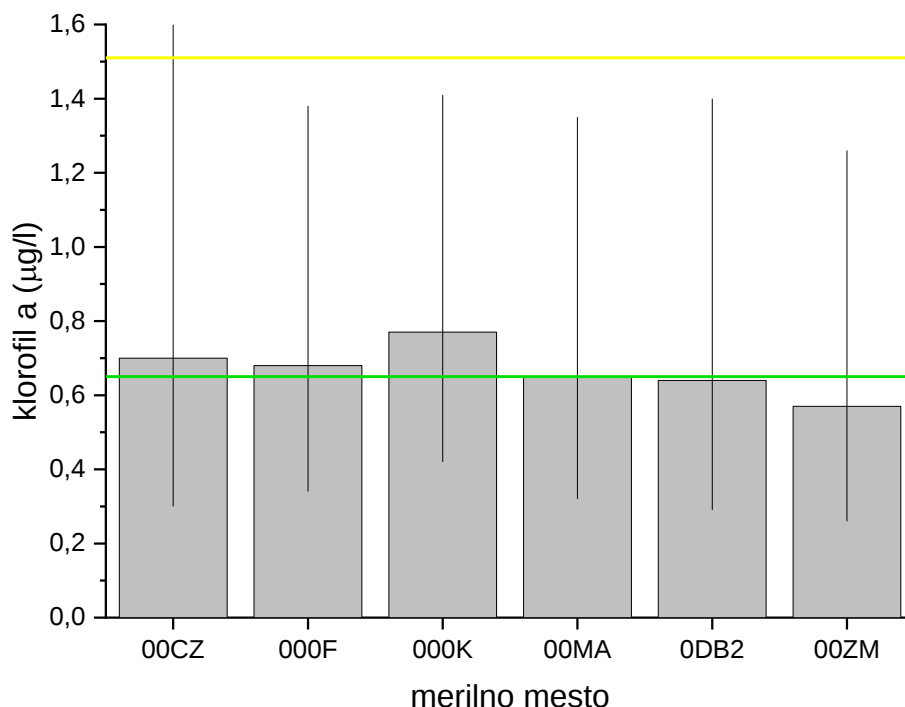
Za oceno ekološkega stanja po BEK fitoplankton se uporabi metrika **biomasa fitoplanktona izražena kot letna geometrična sredina koncentracij klorofila *a*** ($\mu\text{g/l}$) v površinskem vodnem sloju. Mejne vrednosti za razrede ekološke kakovosti so prikazane v spodnjem izseku iz Metodologije vrednotenja (Tabela 6).

Tabela 6: Razredi kakovosti ekološkega stanja po modulu trofičnost, pripadajoče REK vrednosti in mejne vrednosti fitoplanktonske biomase za posamezen razred kakovosti

Biomasa_fitopl_REK - razpon	Razred kakovosti – ekološko stanje	Klorofil <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$) - razpon
1	Referenčna vrednost	0,33
$\geq 0,82$	Zelo dobro	$\leq 0,64$
0,61 - 0,81	Dobro	0,65 - 1,50
0,40 - 0,60	Zmerno	1,51 - 3,50
0,19 - 0,39	Slabo	3,51 - 8,20
$< 0,19$	Zelo slabo	$> 8,20$

Letne geometrične srednje vrednosti koncentracij klorofila *a* v površinskem sloju vseh šestih mest vzorčenja so bile v letu 2024, po dveh letih zelo nizkih vrednosti, spet nekoliko višje, pa tudi razpon je bil širši (od 0,57 do 0,77 $\mu\text{g/l}$; Tabela 7). Najvišja letna klorofilna biomasa je bila leta 2024 na mestu vzorčenja 000K v SI5VT3 (0,77 $\mu\text{g/l}$; Slika 4). Mesto vzorčenja 000K leži znotraj Koprskega zaliva (močno preoblikovano vodno telo) in je le 0,5 NM oddaljena od obale. Zaradi bližine izlivov rek Rižane in

Badaševce, kakor tudi zaradi vpliva močno poseljene obale, kar vse prinaša v zaliv večje količine hranilnih snovi, to mesto vzorčenja spada med območja s pričakovanimi višjimi koncentracijami klorofila *a*. Podobno so pričakovane višje koncentracije klorofila *a* na mestu vzorčenja 00CZ v SI5VT1, kjer je bila v letu 2024 geometrična srednja vrednost koncentracij klorofila *a* 0,70 µg/l (Slika 4). To mesto vzorčenja namreč leži v osrednjem delu Tržaškega zaliva in je izmed vseh mest vzorčenja pod največjim vplivom reke Soče, največje reke, ki se izliva v zaliv na severozahodni obali. Le malo nižja je bila letna geometrična srednja vrednost koncentracij klorofila *a* na mestu vzorčenja 000F v SI5VT4 (0,68 µg/l; Slika 4), kar je sicer v nasprotju s pričakovanji. To mesto vzorčenja, ki še leži znotraj obalnega morja, namreč ni pod neposrednim vplivom sladkovodnih vnosov in drugih vplivov s kopnega, in je bilo v preteklosti izbrano za referenčno mesto. Dve mesti vzorčenja sta imeli še malo nižji geometrični srednji vrednosti klorofila *a*: 0,65 µg/l na 00MA v SI5VT5 in 0,64 µg/l na 0DB2 v SI5VT2. Dolgoletna opazovanja in meritve na mestu vzorčenja 00MA, ki leži 0,6 NM od obale v Piranskem zalivu, ne nakazujejo na večje obremenitve s hranili, kar pa običajno ne velja za mesto vzorčenja 0DB2. Tu so bile koncentracije klorofila *a* nekoliko nižje od pričakovanih, saj je bila za to mesto vzorčenja v preteklosti značilna višja klorofilna biomasa, kar smo povezovali z znatnim vplivom iz obale. Leži namreč na robu gojitvenih polj za užitne klapavice in je v bližini dveh velikih mest s pristanišči, Kopra in Trsta. V skladu s pričakovanji pa smo najnižje koncentracije klorofila *a* v letu 2024 izmerili na mestu vzorčenja 00ZM v SI5VT1 (0,57 µg/l; Slika 4). Mesto vzorčenja 00ZM leži v odprtem morju na vhodu v Tržaški zaliv, na skrajnem zahodnem robu slovenskega morja. Od obal je oddaljeno 6 NM in je tako precej daleč od antropogenih virov onesnaženja in izlivov rek, ki bi vplivali na povečanje biomase fitoplanktona. Potrebno je še poudariti, da so imela v letu 2024 vsa mesta vzorčenja veliko standardno deviacijo, kar kaže na precejšnjo variabilnost koncentracij klorofila *a* med meseci (Slika 4).



Slika 4: Letna geometrična srednja vrednost koncentracij klorofila *a* s standardno deviacijo v površinskem vodnem sloju za leto 2024 na posameznih mestih vzorčenja. Dodani sta meji med zelo dobrim in dobrim ekološkim stanjem (zeleno) ter med dobrim in zmernim ekološkim stanjem (rumeno)

Ekološko stanje obalnega morja na podlagi BEK fitoplankton v letu 2024 je bilo na vseh mestih vzorčenja ovrednoteno vsaj kot **dobro**, na dveh mestih vzorčenja je bilo stanje ovrednoteno kot **zelo dobro** (Tabela 7, Slika 4). Najbolj izstopata mesti vzorčenja 000K, kjer je bil REK najnižji, in 00ZM, kjer je bilo stanje najboljše. REK vrednosti ostalih štirih merilnih mest so si zelo podobne, čeprav so ene pod mejo ZD/D, ene pa nad njo. V vodnem telesu SI5VT1, ki vključuje mesti vzorčenja 00CZ in 00ZM, je bilo stanje ovrednoteno kot **zelo dobro** (letna geometrična srednja vrednost klorofila *a* 0,63 µg/l), vendar na spodnji meji.

Tabela 7: Ekološko stanje morja na podlagi fitoplanktona v letu 2024 na posameznih mestih vzorčenja in vodnih telesih slovenskega morja; prikazane so letne geometrijske srednje vrednosti koncentracij klorofila *a* in pripadajoče vrednosti REK

mesto vzorčenja	vodno telo	klorofil <i>a</i> (µg/l) letna geometrijska srednja vrednost	REK	ekološko stanje
0DB2	SI5VT2	0,64	0,82	zelo dobro
000K	SI5VT3	0,77	0,77	dobro
000F	SI5VT4	0,68	0,80	dobro
00MA	SI5VT5	0,65	0,81	dobro
00CZ	SI5VT1	0,70	0,80	dobro
00ZM	SI5VT1	0,57	0,85	zelo dobro
skupaj	SI5VT1	0,63	0,82	zelo dobro

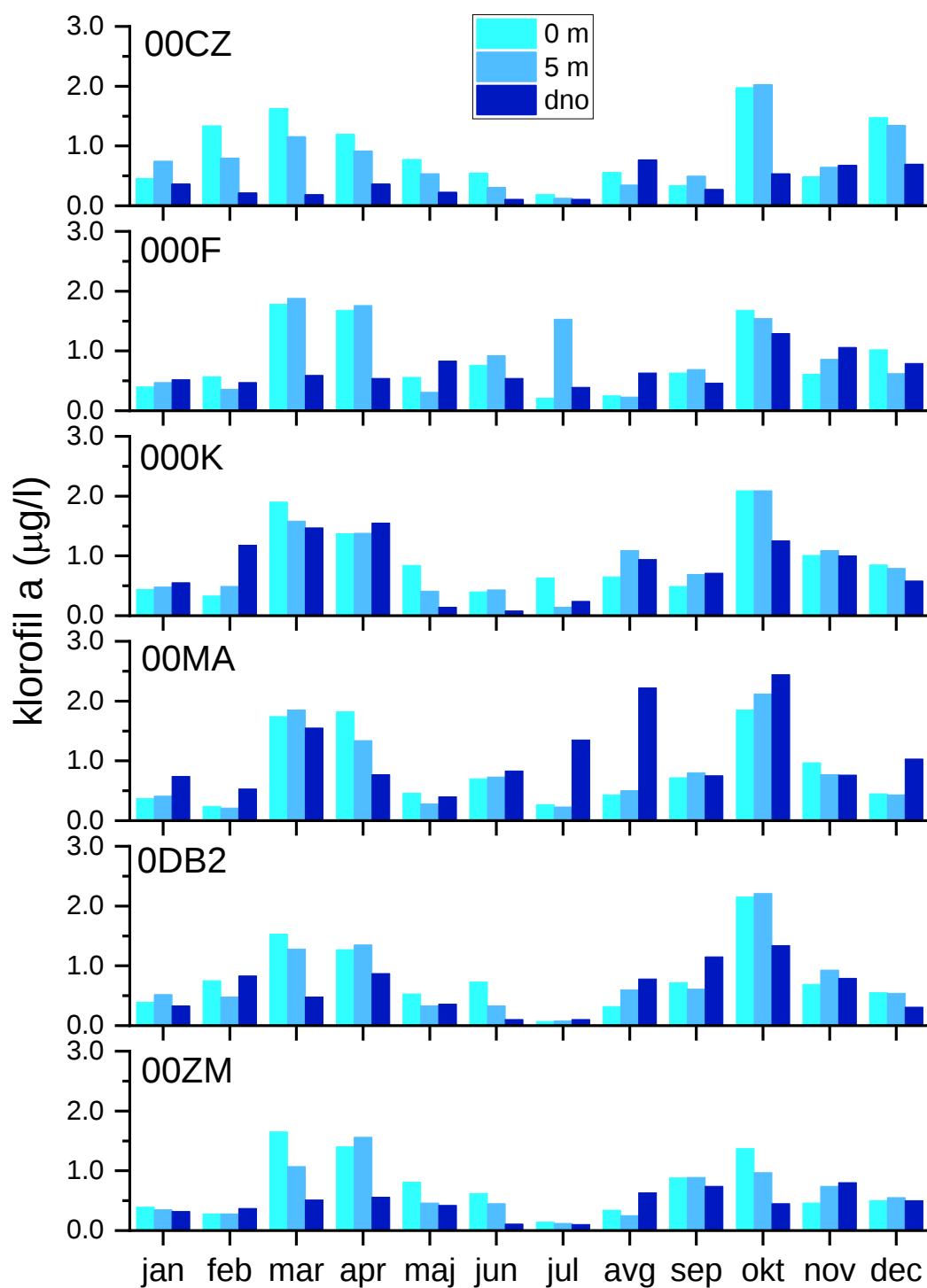
V zadnjih osmih letih so letne koncentracije klorofila *a* precej nihale, vendar so se spreminjale bolj ali manj enako na vseh mestih vzorčenja, tako da so se razlike med njimi ohranjale, z nekaj odstopanji. Variabilnost med leti je bila torej večja kot variabilnost med mesti vzorčenja (Tabela 8). Po dveh letih zelo nizkih vrednosti so bile letne koncentracije klorofila *a* v letu 2024 ponovno višje in podobne tistim v letih 2017 in 2020, ko je bilo ekološko stanje na mestih vzorčenja 00CZ, 0DB2 in 000K dobro (poleg tega je bilo dobro še na mestu vzorčenja 00CZ leta 2021). Leto 2024 se razlikuje po tem, da je bilo stanje na mestu vzorčenja 0DB2 zelo dobro, prvič v osemletnem obdobju pa stanje ni bilo zelo dobro na mestih vzorčenja 000F in 00MA, vendar letna geometrična srednja vrednost tudi tu ni odstopala veliko od tistih v letih 2017 in 2020.

Tabela 8: Letne geometrijske srednje vrednosti koncentracij klorofila *a* na posameznih mestih vzorčenja v obdobju 2017-2024; vrednosti so obarvane glede na pripadajoče ekološko stanje (modro - zelo dobro stanje, zeleno - dobro stanje)

mesto vzorčenja	vodno telo	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
00CZ	SI5VT1	0,69	0,41	0,56	0,81	0,65	0,42	0,35	0,70
00ZM	SI5VT1			0,36	0,58	0,43	0,26	0,23	0,57
0DB2	SI5VT2	0,72	0,36	0,52	0,75	0,59	0,50	0,31	0,64
000K	SI5VT3	0,66	0,43	0,54	0,75	0,64	0,48	0,35	0,77
000F	SI5VT4	0,55	0,37	0,42	0,56	0,55	0,26	0,27	0,68
00MA	SI5VT5	0,63	0,33	0,49	0,64	0,55	0,34	0,38	0,65

Čeprav ekološko stanje vrednotimo le na podlagi koncentracij klorofila *a* v površinskem vodnem sloju, je razporeditev po globini pomembna in lahko pokaže ali obrazloži nekatere pojave, npr. pomanjkanje raztopljenega kisika v pridnenem sloju. Mesečne koncentracije klorofila *a* v letu 2024 v vseh treh vodnih slojih so prikazane na Slika 5 (prikazane so izmerjene vrednosti do LOD).

Letni potek mesečnih koncentracij klorofila *a* se sicer vsako leto spreminja, vendar v splošnem pričakujemo dva viška, spomladanskega in jesenskega, kar se je v letu 2024 izrazilo na vseh mestih vzorčenja. Spomladanski višek je nastopil že marca, koncentracijami klorofila *a* od 1,53 µg/l na mestu vzorčenja ODB2 do 1,90 µg/l na mestu vzorčenja 000K. Visoke koncentracije so se nadaljevale še v aprilu, nato pa postopno upadle do poletnega nižka. Najnižje koncentracije klorofila *a* so bile z nekaj izjemami izmerjene julija 2024, ko si bile izrazito nizke na mestih vzorčenja 00CZ, 00ZM in ODB2 (od 0,07 µg/l do 0,18 µg/l). Jesenski višek je bil nekoliko višji od spomladanskega in je nastopil oktobra, ko so koncentracije klorofila *a* večinoma presegle 2,00 µg/l. Medtem ko so bile prejšnja leta med jesenskim viškom koncentracije v pridnenem sloju podobne tistim v zgornjih dveh slojih, kar je kazalo na premešan vodni stolpec, so bile leta 2024 precej nižje. Na splošno so bile pridnene koncentracije klorofila *a* v letu 2024 večinoma precej nižje kot na površini in v 5-m sloju, razen v pozno poletnih mesecih in skoraj celo leto na mestu vzorčenja 00MA. Višja klorofilna biomasa v pridnenem sloju v poletnem času je običajno posledica razslojenosti vodnega stolpca, saj se fitoplankton akumulira v pridnenem sloju, poleg tega pa prihaja do fizioloških prilagoditev celic fitoplanktona na nižjo svetlobno intenziteto.



Slika 5: Mesečne koncentracije klorofila a (vrednosti do LOD) na treh globinah posameznih mest vzorčenja v letu 2024

3.2 Sestava fitoplanktonske združbe

Oba viška klorofilne biomase, tako spomladanski kot jesenski, sta sovpadala z viškoma abundance celotnega fitoplanktona na mestu vzorčenja 000F (Slika 6). Te so bile leta 2024 tako v povprečju kot med viški precej višje kot leta 2023; najvišja abundanca je bila marca v 5-m sloju (1.800.000 celic/l) in le nekoliko nižja oktobra v površinskem sloju (1.606.000 celic/l). Poleg dveh pričakovanih viškov je abundanca fitoplanktona narasla še junija, ko je v površinskem sloju dosegla 1.327.000 celic/l. Kot običajno se dinamiki abundanc in klorofilne biomase v različnih vodnih slojih ne ujemata popolnoma, saj fitoplanktonske vrste zelo različno prispevajo k biomasi fitoplanktona, ob upoštevanju širokega velikostnega razpona fitoplanktonskih celic ($< 1 \mu\text{m}$ do $> 1 \text{mm}$). Poleg tega je tudi vsebnost klorofila pri vrstah različna, odvisna tudi od življenjske faze, v kateri se celice nahajajo v času vzorčenja.

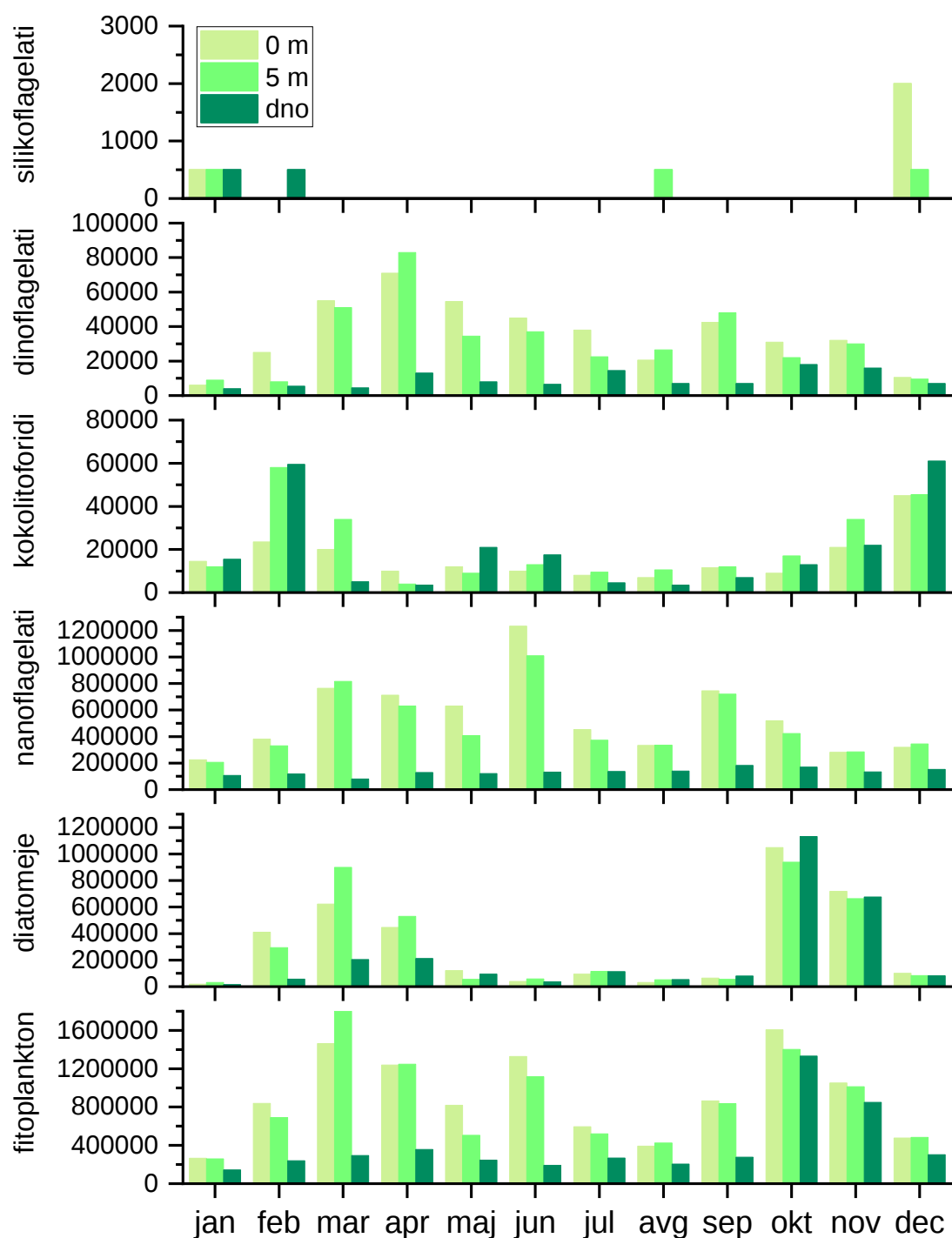
Nanoflagelati so običajno najštevilčnejša skupina v fitoplanktonu in tudi leta 2024 je bilo tako, abundance pa so bile v povprečju precej višje kot leto poprej. Podobno kot prejšnja leta so nanoflagelati tudi leta 2024 največ doprinesli k spomladanskemu višku fitoplanktona; marca je bila njihova abundanca v 5-m sloju 816.000 celic/l. Najštevilčnejši so bili nanoflagelati junija 2024, ko so s 1.232.000 celic/l predstavljali več kot 90 % celotnega fitoplanktona. Po nižjih abundancah v poletnih mesecih je le-ta ponovno narasla septembra (okoli 750.000 celic/l), nato pa ponovno upadla na okoli 300.000 celic/l, kar so običajne vrednosti za pozno jesenske, zimske in poletne mesece.

Zelo podobno dinamiko nanoflagelatom so imeli tudi dinoflagelati, le da so bile njihove abundance za red velikosti nižje, kar je običajno. Višek so dinoflagelati dosegli aprila z 71.000 celicami/l v površinskem in 83.000 celicami/l v 5-m sloju. Abundance so nekoliko narasle še septembra (48.000 celic/l v 5-m sloju), najnižje pa so bile v zimskih mesecih. Tako dinoflagelati kot nanoflagelati so imeli v pridnenem sloju preko celega leta zelo nizke abundance, ki se niso veliko spreminjale.

Mesečna dinamika diatomej se v zadnjih nekaj letih zelo spreminja. V letu 2024 so imele diatomeje dva izrazita viška, pomladnega in jesenskega, v ostalih mesecih (januarja, maja do septembra in decembra) pa so bile njihove abundance nizke (do okoli 100.000 celic/l), čeprav v povprečju precej višje kot v prejšnjih letih. Precejšen delež so diatomeje, skupaj z nanoflagelati, prispevale k spomladanskemu fitoplanktonskemu višku (največ 899.000 celic/l v 5-m sloju marca). Največji delež pa so diatomeje prispevale k jesenskemu fitoplanktonskemu višku (od 65 do 85 %, oktobra v vseh treh slojih), ko so njihove abundance presegle milijon celic na liter (največ 1.132.000 celic/l v pridnenem vodnem sloju).

Kokolitoforide, ki so običajno bolj številčne v hladnem delu leta, so leta 2024 prvič narasle februarja (okoli 60.000 celic/l v 5-m in pridnenem sloju) in potem ponovno decembra (61.000 celic/l v pridnenem sloju). Daleč največji delež je predstavljala majhna kozmopolitska vrsta *Gephyrocapsa huxleyi* (staro ime *Emiliana huxleyi*). Tako visokih abundanc kokolitoforid, kot v letih 2022 in 2023, tokrat nismo zabeležili.

Med fitoplanktonskimi skupinami, ki jih obravnavamo, imajo vedno najnižje abundance silikoflagelati. Ti se pretežno pojavljajo v hladnem delu leta, predvsem v pridnenem vodnem sloju pa tudi v poletnih mesecih. V letu 2024 so bili silikoflagelati najmanj številčni v primerjavi s prejšnjimi leti, največ smo jih zabeležili v površinskem vodnem sloju decembra (2.000 celic/l). Pojavljale so se vrste *Dictyocha fibula*, *Dictyocha speculum* in *Octactis octonaria*.



Slika 6: Mesečne abundance posameznih fitoplanktonskih skupin in celotnega fitoplanktona (št. celic/l) na treh globinah mesta vzorčenja 000F v letu 2024. Pozor na različne skale na y oseh za različne skupine

Že nekaj let v fitoplanktonski združbi za kakšno vrsto ali rod nismo zabeležili milijonskih vrednosti abundance, pri katerih običajno začnemo govoriti, da določena vrsta »zacveti«. So bile pa abundance leta 2024 tudi pri posameznih taksonih višje kot prejšnja leta, tako da so imeli posamezni rodovi

diatomej večkrat abundance do nekaj 100.000 celic/l. Najvišje abundance je dosegal rod *Chaetoceros*, med spomladanskim viškom marca do 496.000 celic/l v 5-m sloju, med jesenskim viškom pa oktobra 735.000 celic/l v pridnenem sloju. Tudi vrste iz rodu *Pseudo-nitzschia*, ki so značilne tako za spomladanski kot za jesenski čas in se ob ugodnih razmerah lahko zelo namnožijo, so imele višje abundance kot v preteklem letu: marca v 5-m vodnem sloju 309.000 celic/l, novembra pa na površini 391.000 celic/l. Med jesenskim viškom je imela nekoliko povečane abundance še vrsta *Leptocylindrus danicus* z do 62.000 celic/l, druge vrste in rodovi diatomej pa niso presegli 50.000 celic/l.

Med dinoflagelati so bili, kot običajno, zelo številčni goli dinoflagelati, ki jih je izjemno težko določiti do vrste in jih beležimo kot rodova *Gymnodinium* in *Gyrodinium*. Vendar so bile leta 2024 najbolj abundantne vrste iz skupine *Heterocapsa*, ki so prav tako težavne za določanje. Te so imele aprila abundance do 50.000 celic/l, septembra pa do 30.000 celic/l, in so tako predstavljale do 60 % delež dinoflagelatov.

Leta 2024 je bila tako biomasa kot abundanca fitoplanktona po nekaj letih ponovno višja. Predvidevamo, da je temu botroval večji dotok sladke vode v primerjavi s preteklimi leti. Padavine na merilnih mestih ob slovenski obali (Strunjan, Seča, Portorož; vir ARSO) so bile v zimskih in pomladnih mesecih višje kot leta 2023, za pretoke rek pa za leto 2024 še ni podatkov. Lahko potrdimo, da v zadnjih letih stanje po fitoplanktonu odraža predvsem zmanjšan vnos hranil preko rečnih pritokov in padavin (Francé in sod., 2023).

4 Biološki element: makroalge

V okviru monitoringa makroalg v vodnem telesu SI5VT3 smo v letu 2024 upoštevali 3 mesta vzorčenja (KP1, KP3 in KP4; Tabela 14). Opravili smo 2 terenska dneva, prvega v pomladnem obdobju (30. 5. 2024) in drugega v pozno poletnem obdobju (04. 9. 2024). Vzorčenja so potekala brez posebnosti.

Vzorci so bili pregledani in vrste določene ter rezultati ovrednoteni na podlagi Metodologije vrednotenja ekološkega stanja obalnega morja na podlagi makroalg, ki je objavljena na naslovu:

http://mop.arhiv-spletisc.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/ekolosko_stanje_povrsinskih_voda/index.html.

Pri oceni stanja makroalg v infralitoralni se uporablja **Indeks vrednotenja ekološkega stanja - neprekinjena formula (EEI-c)**, ki temelji na podrobnejši razdelitvi rodov alg v ekološke razrede (ESG: Ecological State Groups). V ESG I se uvrščajo vrste, ki rastejo počasi in imajo dolgo vegetacijsko dobo. Za uvrščanje v podrazrede IA, IB in IC se upošteva njihova prilagodljivost na svetlobne razmere. V ESG II se uvrščajo vrste, ki hitro rastejo in imajo kratko vegetacijsko dobo oz. oportunistične vrste. Za uvrščanje v podrazrede IIA in IIB se upošteva njihova stopnja rasti. Za vsako določeno vrsto se nato oceni še pokrovnost na kvadratu 20 cm × 20 cm (vertikalna projekcija). EEI-c se izračuna po enačbi, ki je podrobneje razložena v omenjenem metodološkem zvezku. Podane mejne vrednosti za EEI-c in REK, ki so jih sprejele vse sredozemske države članice EU, ki uporabljajo EEI-c, so prikazane v Tabela 9.

Tabela 9: Razpon EEI-c in vrednosti REK za posamezne razrede kakovosti.

Razred kakovosti – ekološko stanje	Razpon EEI-c	Razpon EEI-c_REK
Zelo dobro	$10 \geq \text{EEI-c} \geq 8,09$	$1 \geq \text{REK} \geq 0,76$
Dobro	$8,09 > \text{EEI-c} \geq 5,84$	$0,76 > \text{REK} \geq 0,48$
Zmerno	$5,84 > \text{EEI-c} \geq 4,04$	$0,48 > \text{REK} \geq 0,25$
Slabo	$4,04 > \text{EEI-c} \geq 2,34$	$0,25 > \text{REK} \geq 0,04$
Zelo slabo	$2,34 > \text{EEI-c}$	$0,04 > \text{REK}$

V letu 2024 se je ocena ekološkega stanja za mesta vzorčenja KP3 in KP4 v SI5VT3 močno razlikovala med pomladjo in jesenjo (Tabela 10). Kot je bilo že ugotovljeno v prejšnjih letih monitoringa, se ekološko stanje makroalg skoraj vedno izboljšuje v jesenskem času. V pomladnem obdobju so imeli najvišjo pokrovnost v vzorcih iz SI5VT3 vrste *Dictyota dichotoma*, *Dictyota implexa* in *Halopteris scoparia* (ki spadajo v ESG II), jeseni pa je imela višjo pokrovnost vrsta *Padina pavonica* (ESG I), z izjemo vzorcev Kp1_A in KP1_B. Ker je v posameznem letu priporočeno izvesti vsaj dve vzorčenji, se izračuna letno povprečje vrednosti indeksa EEI-c za posamezno mesto vzorčenja in nato se iz povprečja izračuna REK vrednosti Indeksa vrednotenja ekološkega stanja (Tabela 11). Dobljeno vrednost se primerja z mejnimi vrednostmi razredov kakovosti (Tabela 9).

Tabela 10: Ocena ekološkega stanja makroalg v dveh sezonah v SI5VT3 v letu 2024.

	KP1 pomlad			KP3 pomlad			KP4 pomlad		
ESG I	7,20	9,20	6,60	10,80	8,60	8,20	14,20	11,60	26,60
ESG II	77,60	87,20	45,60	25,60	59,20	56,80	36,00	24,00	21,80
EEl-c vzorca	2,00	2,00	3,06	4,67	2,57	2,64	4,26	4,85	6,25
EEl-c mesta	2,3532			3,2942			5,1236		
	KP1 jesen			KP3 jesen			KP4 jesen		
ESG I	8,40	10,80	30,00	43,40	52,00	33,20	69,60	51,20	56,80
ESG II	67,60	54,40	24,80	10,00	11,60	20,60	21,60	19,20	26,40
EEl-c vzorca	2,22	2,92	6,29	8,47	8,91	6,85	9,10	8,21	7,99
EEl-c mesta	3,8104			8,0797			8,4352		

Za uvrstitev vodnega telesa za posamezno leto v razred ekološkega stanja je treba upoštevati tudi dolžine reprezentativnih kamnitih segmentov za posamezno mesto vzorčenja. Dolžino posameznega segmenta je treba pomnožiti z izračunano vrednostjo EEl-c pripadajočega mesta vzorčenja (letno povprečje), ki označuje ta del obalnega morja. Na ta način se dobi utežene vrednosti EEl-c za posamezen dolžinski segment. Seštevek uteženih EEl-c vrednosti vseh dolžinskih segmentov na vodnem telesu se deli s skupno dolžino kamnite obalne črte, tako se dobi končno uteženo vrednost EEl-c (Tabela 11). Dobljeno EEl-c vrednost se pretvori v REK in se primerja z mejnimi vrednostmi razredov kakovosti, ki so prikazane v Tabela 9.

Tabela 11: Povprečna ocena ekološkega stanja makroalg v letu 2024 in ekološko stanje vodnega telesa SI5VT3.

Vodno telo	Mesto	Dolžina odseka (m)	letno povprečje EEl-c	letno povprečje REK	dolžina odseka *EEl-c	seštevek (dolžina odseka *EEl-c)	dolžina kamnite obale VT	EEl-c vodnega telesa	REK vodnega telesa
SI5VT3	KP1	1029,35	3,08	0,14	3170,40	6911,40	1629,35	4,24	0,28
	KP3	300,00	5,69	0,46	1707,00				
	KP4	300,00	6,78	0,60	2034,00				

Ekološko stanje na podlagi makroalg smo v SI5VT3 nazadnje ocenili leta 2020. Ocena ekološkega stanja na mestih vzorčenja KP3 in KP4 je imela manjše odstopanje v primerjavi z letom 2020, medtem ko se je stanje na KP1 poslabšalo za en razred, iz zmerno na slabo (Tabela 12). Ekološko stanje vodnega telesa, pa ostaja **zmerno** (EEl-c = 4,72 v 2020 in EEl-c = 4,24 v 2024).

Tabela 12: Letno povprečje EEI-c vrednosti na mestih vzorčenja v SI5VT3 od 2006 do 2024 na podlagi rezultatov državnega monitoringa ali raziskovalnih projektov.

		EEI-c						
Vodno telo	Mesto vzorčenja	2006	2012	2013	2018	2020	2024	povprečje
SI5VT3	KP1	2,19	3,67	4,44	3,67	4,15	3,08	3,53
	KP3		2,85	5,80	4,35	5,20	5,69	4,78
	KP4		4,22	6,09	8,76	6,18	6,78	6,41

Iz Tabele 14 je še razvidno, da je mesto vzorčenja KP4 vsaj v dobrem stanju od leta 2013, mesto KP3 pa konstantno v zmernem stanju. Vzroke za slabše stanje v 2024 na mestu vzorčenja KP1 gre poiskati predvsem v zelo nizki pokrovnosti rjave alge *P. pavonica*, ki pa je bila dominantna v vseh jesenskih vzorcih v 2024 na mestih vzorčenja KP3 in KP4 (Tabela 13).

V vseh vzorcih nabranih jeseni 2020 v SI5VT3 smo beležili tudi zmerno pokrovnost vrste *Jania virgata* (ESG I), kar je pripomoglo k boljšemu ekološkemu stanju. V 2024 pa ta vrsta ni bila prisotna v vseh vzorcih in kjer je bila, je imela nizko pokrovnost.

Tabela 13: Povprečne vrednosti pokrovnosti taksonov makroalg v dveh sezonah na mestih vzorčenja v SI5VT3 v 2024.

Taxon	ESG	KP1 pomlad	KP3 pomlad	KP4 pomlad	KP1 jesen	KP3 jesen	KP4 jesen
<i>Cystoseira compressa</i> var. <i>rosetta</i>	IB	0,00	0,00	11,00	0,00	0,00	1,33
<i>Halopithys incurva</i>	IB	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	2,67
<i>Padina pavonica</i>	IB	3,33	6,00	5,33	8,00	34,33	65,00
<i>Rytidhalea tinctoria</i>	IB	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	0,00
<i>Corallina officinalis</i>	IC	4,00	1,00	0,00	7,00	0,00	0,00
<i>Flabellia petiolata</i>	IC	0,00	0,00	0,00	0,00	2,33	0,00
<i>Halimeda tuna</i>	IC	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	0,00
<i>Hildenbrandia crouaniorum</i>	IC	0,00	0,67	1,33	1,00	2,00	1,67
<i>Jania rubens</i>	IC	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
<i>Jania</i> sp.	IC	0,00	0,00	0,00	0,33	0,67	0,00
<i>Jania virgata</i>	IC	0,67	1,67	0,00	6,33	3,67	1,67
<i>Lithophyllum cystoseirae</i>	IC	0,00	0,00	0,00	1,33	0,00	0,00
<i>Lithophyllum</i> spp.	IC	2,67	3,00	3,33	0,00	1,67	3,33
<i>Peyssonnelia polymorpha</i>	IC	0,00	1,00	1,67	0,00	0,00	0,00
<i>Peyssonnelia squamaria</i>	IC	1,00	0,00	1,00	0,67	1,00	0,00
<i>Alsidium corallinum</i>	IIA	1,33	2,67	1,00	2,67	1,00	8,33
<i>Asparagopsis armata</i> (faza <i>Falkenbergia</i>)	IIA	0,00	0,00	0,00	1,33	0,33	0,00
<i>Dasycladus vermicularis</i>	IIA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
<i>Dictyota dichotoma</i>	IIA	17,00	7,00	4,67	24,67	0,00	2,00
<i>Dictyota implexa</i>	IIA	2,00	1,00	7,67	3,00	0,00	5,33
<i>Gelidium</i> spp.	IIA	0,67	2,33	4,00	2,00	3,67	2,67
<i>Halopteris scoparia</i>	IIA	60,67	18,00	2,67	0,00	0,33	0,00
<i>Laurencia obtusa</i>	IIA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
<i>Rhodymenia ardissoni</i>	IIA	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1,00
<i>Sphacelaria</i> spp.	IIA	6,00	28,00	11,00	20,00	7,33	8,00
<i>Zanardinia typus</i>	IIA	0,00	0,00	2,67	0,00	0,00	0,00
<i>Ceramium</i> spp.	IIB	0,00	0,00	0,00	4,00	0,33	0,00
<i>Cladophora</i> spp.	IIB	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Dasya</i> spp.	IIB	0,00	0,00	0,00	2,33	1,00	0,00
<i>Dasysiphonia</i> spp.	IIB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
<i>Polysiphonia</i> spp.	IIB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00

Tabela 14: Nabor šifrantov merilnih mest oz. mest vzorčenja

BEK	Šifra VM	Ime VM	Globina (m)	D96/TM - E	D96/TM - N	WGS 84 Lat	WGS 84 Lon
Fitoplankton	M02000	00CZ	0,5	393335	54625	45,623333	13,632167
	M02005	00CZ	5				
	M02024	00CZ	24 (dno)				
	M14000	000F	0,5	386757	45291	45,538333	13,55
	M14005	000F	5				
	M14021	000F	21 (dno)				
	M16000	000K	0,5	400071	47434	45,55965	13,719983
	M16005	000K	5				
	M16016	000K	16 (dno)				
	M18000	00MA	0,5	388408	41017	45,50015	13,5721
	M18005	00MA	5				
	M18016	00MA	15 (dno)				
	M19100	0DB2	0,5	399232	51746	45,598317	13,70835
	M19105	0DB2	5				
	M19118	0DB2	18 (dno)				
	M01000	ZM	0,5	374810,82	48351,57	45,563814	13,3962797
	M01005	ZM	5				
	M01021	ZM	21 (dno)				
Bentoški nevretenčarji	MBN0202	VT2P2	-	399323	51374	45,594983	13,7096
	MBN0203	VT2P3	-	399085	50401	45,5862	13,70675
	MBN0302	VT3P2	-	400508	47064	45,556383	13,725667
	MBN0304	VT3P4	-	401043	48708	45,57125	13,732183
	MBN0306	VT3P6	-	399134	46247	45,548833	13,708233
	MBN0410	VT4P10	-	388093	42995	45,5179	13,567617
	MBN0411	VT4P11	-	390581	44573	45,532483	13,5991
	MBN0412	VT4P12	-	392309	45265	45,538983	13,621067
	MBN0413	VT4P13	-	394482	45265	45,539317	13,648883
	MBN0414	VT4P14	-	397018	46105	45,54725	13,681167
	MBN0506	VT5P6	-	389439	39544	45,487067	13,585617
	MBN0507	VT5P7	-	389790	42313	45,512033	13,589483
	MBN0508	VT5P8	-	388716	42645	45,51485	13,575667
Makroalge	MMA0203	DR2	-	398655	50977	45,591317	13,701117
	MMA0204	DR3	-	399478	51247	45,593867	13,711617
	MMA0205	DR4	-	399264	50395	45,586167	13,70905
	MMA0301	KP1	-	400482	46410	45,5505	13,725467
	MMA0303	KP3	-	399383	46009	45,546733	13,711467

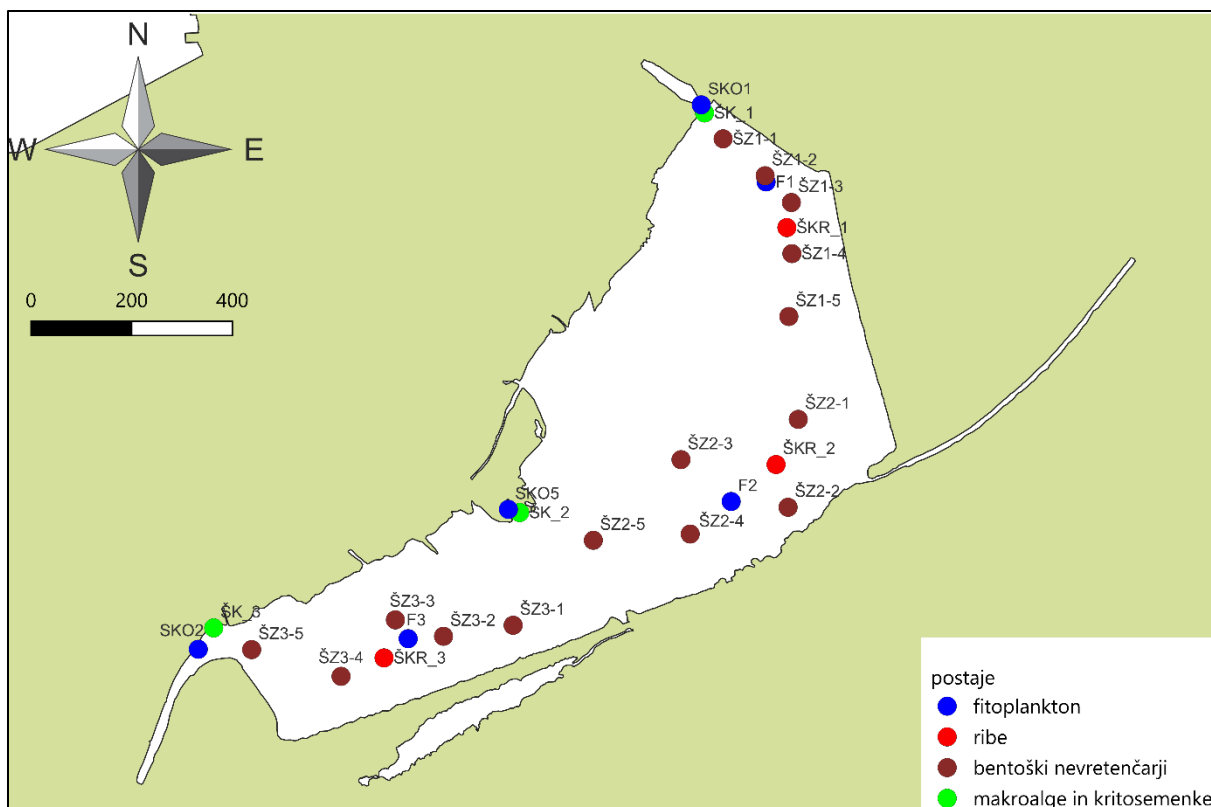
MMA0304	KP4	-	400721	49662	45,579783	13,727867
MMA0413	Iz4	-	394962	45472	45,54125	13,654983
MMA0423	Pa2	-	389775	43914	45,526433	13,588933
MMA0435	PO8	-	396969	45984	45,54615	13,680567
MMA0439	PP4	-	387945	44419	45,530683	13,5654
MMA0445	RR1	-	392144	45296	45,539233	13,61895
MMA0501	Por1	-	389362	42417	45,5129	13,583983
MMA0502	Por2	-	389432	42375	45,512533	13,5849
MMA0504	Se1	-	389959	41406	45,5039	13,59185

5 Škocjanski zatok (SI5VT6)

Škocjanski zatok (vodno telo SI5VT6) je laguna antropogenega nastanka, ki je zaradi hidromorfoloških sprememb nastalih zaradi rabe označena kot močno preoblikovano vodno telo. Glede na primerljive tipe somornic v drugih sredozemskih državah (Knehtl in Leban, 2022) so bili za monitoring v skladu z zahtevami vodne direktive določeni biološki elementi kakovosti (fitoplankton, makroalge in kritosemenke, bentoški nevretenčarji in ribe) ter metodologije za vzorčenje in obdelavo bioloških vzorcev (Knehtl in Leban, 2023). V letu 2024 smo v Škocjanskem zatoku prvič opravili vzorčenja in analize za vse štiri biološke elemente kakovosti. V Tabela 15 so prikazana vsa mesta vzorčenja z geografskimi koordinatami ter novimi in starimi poimenovanji, zemljevid Škocjanskega zatoka z vrisanimi mesti vzorčenja pa prikazuje Slika 7. Za potrebe tega monitoring je laguna Škocjanskega zatoka razdeljena na 3 območja (ŠZ1, ŠZ2 in ŠZ3), glede na bližino morja oz. glavne sladkovodne pritoke. Območje ŠZ1 se nahaja na delu lagune, ki je najbližje kanalu, ki laguno povezuje z morjem. Območje ŠZ2 je osrednje območje lagune v katerega se izliva razbremenilnik reke Rižane - Ara, povezano pa je tudi s sladkovodnim Jezercem. Območje ŠZ3 je območje, ki je z izlivnim kanalom povezano z reko Badaševico.

Tabela 15: Mesta vzorčenja bioloških elementov kakovosti v Škocjanskem zatoku v letu 2024 s koordinatami

BEK	Mesto vzorčenja - novo poimenovanje	Mesto vzorčenja - staro poimenovanje	Geografska širina	Geografska dolžina
fitoplankton	ŠZ1_01_blizKanal	SKO1	45,55151	13,75135
	ŠZ3_08_izlivBadaš	SKO2	45,54163	13,73878
	ŠZ2_08_medOtoki	SKO5	45,54422	13,74661
	ŠZ1_03_blizKanal	F1	45,55015	13,75303
	ŠZ2_04_osreDel	F2	45,54442	13,75227
	ŠZ3_03_osreDel	F3	45,54188	13,74411
makroalge in kritosemenke	ŠZ1_01_blizKanal	ŠK_1	45,55136	13,75144
	ŠZ2_08_medOtoki	ŠK_2	45,54417	13,7469
	ŠZ3_08_izlivBadaš	ŠK_3	45,54202	13,73916
bentoški nevretenčarji	ŠZ1_02_blizKanal	ŠZ1-1	45,55091	13,75192
	ŠZ1_03_blizKanal	ŠZ1-2	45,55026	13,75301
	ŠZ1_04_desBreg	ŠZ1-3	45,54979	13,75368
	ŠZ1_06_desBreg	ŠZ1-4	45,54887	13,75372
	ŠZ1_07_desBreg	ŠZ1-5	45,54775	13,75366
	ŠZ2_01_blizAre	ŠZ2-1	45,54591	13,75394
	ŠZ2_03_blizAre	ŠZ2-2	45,54434	13,75372
	ŠZ2_05_osreDel	ŠZ2-3	45,54516	13,75098
	ŠZ2_06_osreDel	ŠZ2-4	45,54383	13,75124
	ŠZ2_07_osreDel	ŠZ2-5	45,54369	13,74878
	ŠZ3_01_osreDel	ŠZ3-1	45,54215	13,74678
	ŠZ3_02_osreDel	ŠZ3-2	45,54193	13,74501
	ŠZ3_04_osreDel	ŠZ3-3	45,54221	13,74378
	ŠZ3_06_Pošta	ŠZ3-4	45,54119	13,74242
	ŠZ3_07_Pošta	ŠZ3-5	45,54164	13,74014
ribe	ŠZ1_05_desBreg	ŠKR_1	45,54934	13,75358
	ŠZ2_02_blizAre	ŠKR_2	45,5451	13,7534
	ŠZ3_05_osreDel	ŠKR_3	45,54153	13,74351



Slika 7: Zemljevid Škocjanskega zatoka (vodno telo SI5VT6) z vrisanimi mesti vzorčenja za biološke elemente kakovosti (stara poimenovanja)

5.1 Biološki element: bentoški nevretenčarji

V letu 2024 smo za potrebe razvoja metodologije vrednotenja ekološkega stanja morske lagune Škocjanskega zatoka z bentoškimi nevretenčarji izvedli vzorčenje bentoških nevretenčarjev na 15 mestih vzorčenja, ki so bila enakomerno porazdeljena med 3 območja vzorčenja (Tabela 15, Slika 7). Vzorčenja smo izvedli z malim grabilom v dveh sezonah. Prvo vzorčenje smo izvedli 9. 4. 2024, drugo pa 29. 10. 2024. Pobrane vzorce smo sprali čez sita z najmanjšo velikostjo okenc 0,5 mm. Material, ki je ostal na sitih smo shranili v etanolu, v laboratoriju pa smo nato izločili vse organizme in jih določili do najmanjšega možnega taksona.

Skupaj smo v vzorcih našli 2022 osebkov, ki so pripadali 34 taksonom. Nekoliko več organizmov smo našli v jesenskih vzorcih (Tabela 16). Številčno so bili najbolj zastopani členonožci, ki so predstavljali približno $\frac{3}{4}$ vseh osebkov. Med vrstami sta bili najbolj številčni postranica *Microdeutopus anomalus* (26,5 %) in enakonožec *Cyathura carinata* (21,7 %) (Tabela 17). Obe vrsti sta bili tudi med najbolj pogostimi, čeprav imela še večjo frekvenco pojavljanja v vzorcih školjka *Abra alba* (76,7 %). V vzorcih smo pogosto zasledili tudi školjko *Cerastodema glaucum* (60,0 %).

Tabela 16: Številčnost širših taksonomskih skupin

	skupaj		jesen		pomlad	
	Total	Ab %	Total	Ab %	Total	Ab %
Annelida	289	14,3	92	8,8	197	20,1
Arthropoda	1531	75,7	826	79,1	705	72,1
Mollusca	196	9,7	123	11,8	73	7,5
Cnidaria	6	0,3	3	0,3	3	0,3
skupaj	2022	100	1044	100	978	100

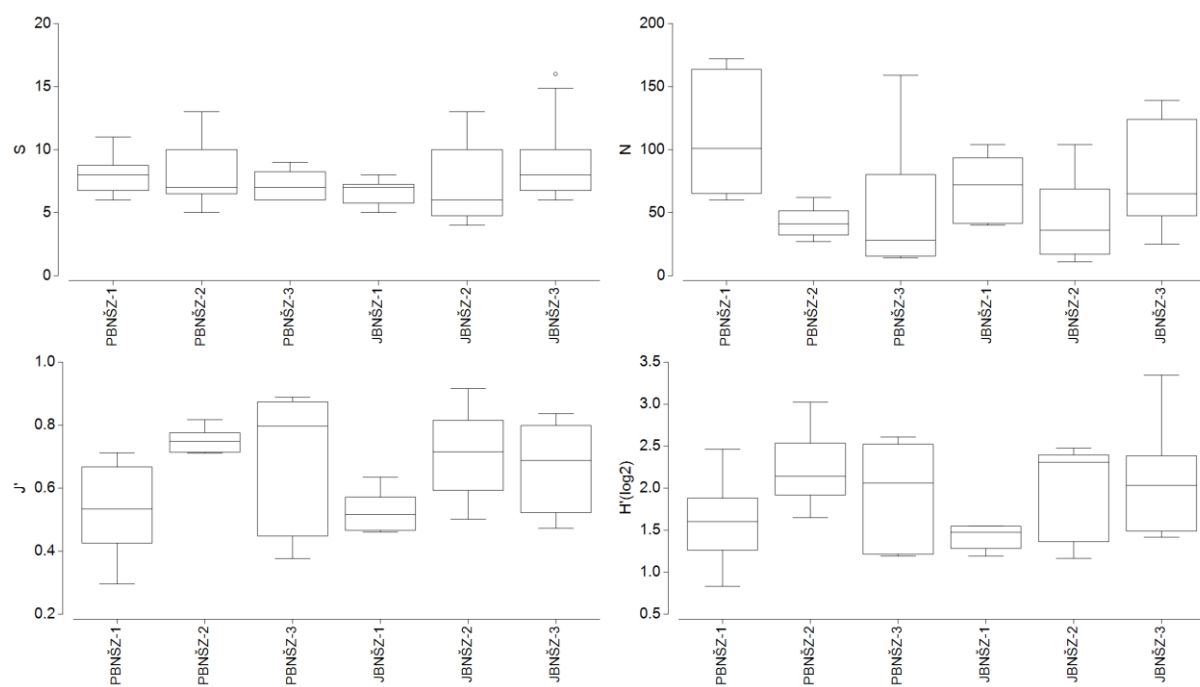
Tabela 17: Številčnost in pogostost pojavljanja ožjih taksonomskih skupin

	Abundanca	Relativna abundanca (%)	Frekvenca pojavljanja (%)
<i>Microdeutopus anomalus</i>	536	26,5	70,0
<i>Cyathura carinata</i>	439	21,7	73,3
<i>Corophium orientale</i>	187	9,2	23,3
Chironomidae	133	6,6	30,0
<i>Abra alba</i>	101	5,0	76,7
<i>Polydora</i> sp.	96	4,7	40,0
<i>Hediste diversicolor</i>	72	3,6	56,7
<i>Streblospio</i> sp.	73	3,6	53,3
<i>Cerastoderma glaucum</i>	39	1,9	60,0
Oligochaeta	12	0,6	20,0
ostalo	334	16,5183	
skupaj	2022	100	

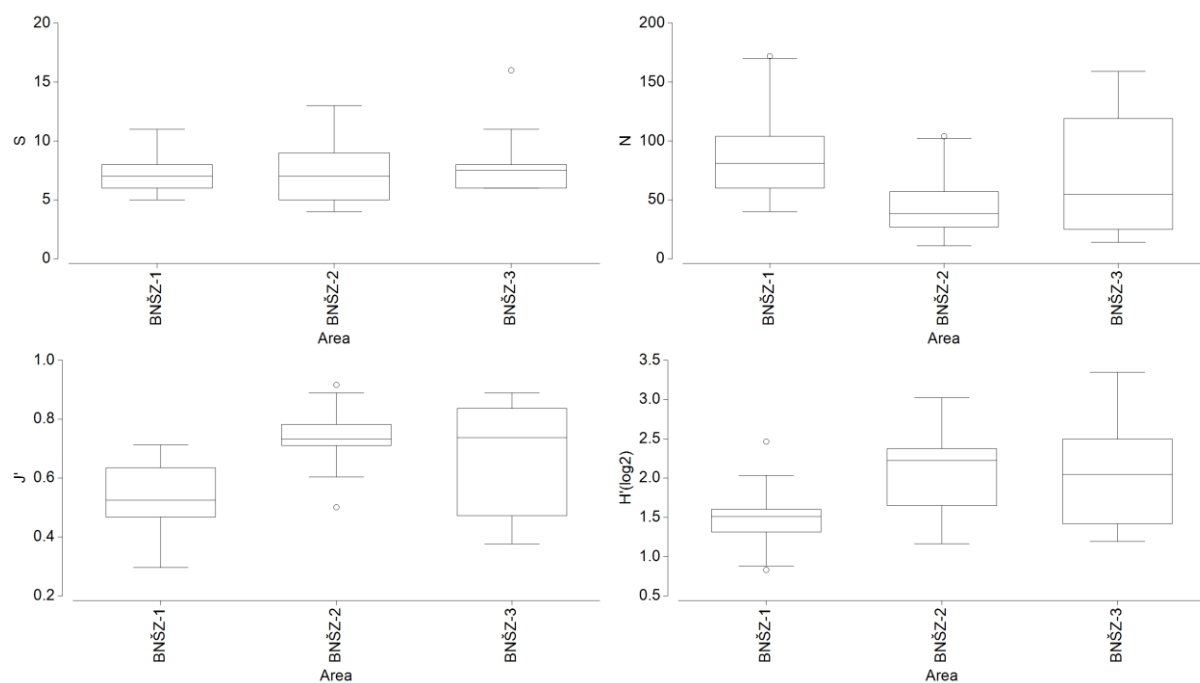
V posameznem vzorcu smo našli med 4 in 16 taksoni, vrednosti pa so bile v povprečju med vzorci in po območjih precej primerljive (Tabela 18, Slika 8, Slika 9). Glede številčnosti osebkov nekoliko izstopa območje 1, kjer je bilo v povprečju na vzorec 91 osebkov, medtem ko je bilo v območju 2 v povprečju 44 osebkov na vzorec in v območju 3 67 osebkov na vzorec. Število osebkov (abundanca), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks so v območju 1 nekoliko odstopali (višja abundanca in nižja J' in H') kot v drugih dveh območjih. Statistično značilne razlike smo sicer izračunali le med območjem 1 in 2. Razlog za odstopanje območja 1 je predvsem v veliki dominanci postranice *Microdeutopus anomalus* v vzorcih iz območja 1.

Tabela 18: Prikaz vrstne pestrosti (S - število taksonov), abundance (N), Pieloujevega indeksa enakomerne porazdelitve (J') in Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (H'), po vzorcih in območjih vzorčenja

		S	N	J'	H'(log2)
ŠZ 1	ŠZ1-1	8	172	0,53	1,60
	ŠZ1-2	11	60	0,71	2,46
	ŠZ1-3	7	161	0,30	0,83
	ŠZ1-4	6	67	0,65	1,69
	ŠZ1-5	8	101	0,47	1,41
	Pomladansko povprečje	8	112,2	0,53	1,60
	ŠZ1-1	7	72	0,55	1,55
	ŠZ1-2	7	90	0,47	1,31
	ŠZ1-3	6	42	0,46	1,19
	ŠZ1-4	8	104	0,52	1,55
	ŠZ1-5	5	40	0,64	1,47
	Jesensko povprečje	6,6	69,6	0,53	1,41
	Povprečje v obeh sezonah	7,3	90,9	0,53	1,51
	Skupaj	21			
ŠZ 2	ŠZ2-1	9	41	0,75	2,37
	ŠZ2-2	13	62	0,82	3,02
	ŠZ2-3	7	48	0,72	2,01
	ŠZ2-4	7	27	0,76	2,14
	ŠZ2-5	5	34	0,71	1,65
	Pomladansko povprečje	8,2	42,4	0,75	2,24
	ŠZ2-1	5	19	0,50	1,16
	ŠZ2-2	4	36	0,72	1,43
	ŠZ2-3	9	57	0,78	2,48
	ŠZ2-4	6	11	0,92	2,37
	ŠZ2-5	13	104	0,62	2,31
	Jesensko povprečje	7,4	45,4	0,71	1,95
	Povprečje v obeh sezonah	7,8	43,9	0,73	2,09
	Skupaj	24			
ŠZ 3	ŠZ3-1	9	159	0,38	1,19
	ŠZ3-2	7	14	0,89	2,50
	ŠZ3-3	8	28	0,87	2,61
	ŠZ3-4	6	54	0,47	1,22
	ŠZ3-5	6	16	0,80	2,06
	Pomladansko povprečje	7,2	54,2	0,68	1,92
	ŠZ3-1	7	65	0,54	1,51
	ŠZ3-2	16	55	0,84	3,35
	ŠZ3-3	8	119	0,47	1,42
	ŠZ3-4	6	25	0,79	2,03
	ŠZ3-5	8	139	0,69	2,06
	Jesensko povprečje	9	80,6	0,66	2,07
	Povprečje v obeh sezonah	8,1	67,4	0,67	2,00
	Skupaj	23			
	Povprečje vseh vzorcev	7,7	67,4	0,64	1,87

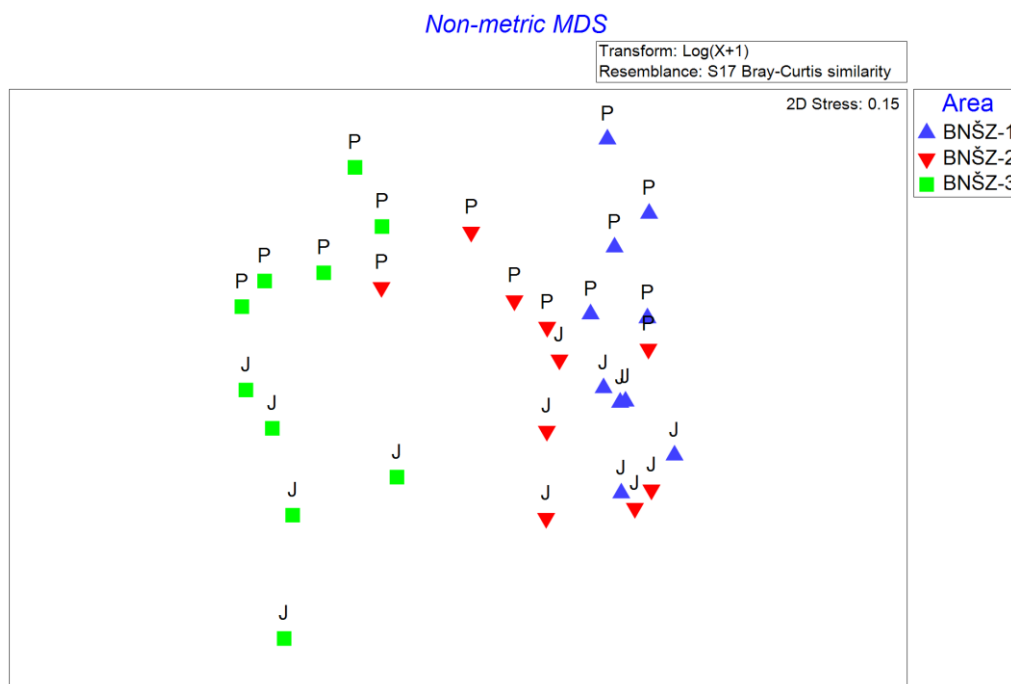


Slika 8: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na treh obravnavanih območjih v posameznih sezonah



Slika 9: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na treh obravnavanih območjih

Za vzorce smo izračunali tudi Bray-Curtisov indeks podobnosti na logaritmiranih podatkih in rezultate prikazali z nMDS (Slika 10). S Permanovo smo pokazali, da so razlike med posameznimi območji in posameznimi sezonami statistično značilne, prav tako pa so razlike med posameznimi območji v posameznih sezonah (Tabela 19). Razlike med območjem 1 in 2 so nekoliko manjše v primerjavi z območjem 3.



Slika 10: nMDS izrisan na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti na log-transformiranih podatkih. Legenda: P – pomlad, J – jesen

Tabela 19: Rezultati Permanova testa

Vir	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Sezona	1	10856	10856	8,3564	0,0001
Območje	2	23902	11951	9,1996	0,0001
Sezona x Območje	2	6621,8	3310,9	2,5486	0,0005
Res	24	31178	1299,1		
Skupaj	29	72558			

S Simper analizo smo pogledali, kakšne so bile podobnosti oz. različnosti med sezonami in območji in znotraj njih in katere vrste so največ doprinesle k tem podobnostim oz. razlikam.

Povprečna razlika med obema sezonama glede na Bray-Curtisov indeks je bila 65,08, kar pomeni zmerno do veliko razliko v sestavi združbe med sezonama. Razlike so v osnovi lahko posledica različnih vrst, razlik v številčnosti istih vrst, ali popolne odsotnosti določenih komponent v eni od sezon. V našem konkretnem primeru največ razlike pojasnijo sledeči taksoni:

- Postranica *Microdeutopus anomalus* – njen prispevek k razliki med sezonama je 10,90, povprečna abundance pa je večja spomladi

- b) Školjka *Abra alba* - njen prispevek k razliki med sezonama je 7,10, povprečna abundance pa je večja spomladi
- c) Enakonožec *Cyathura carinata* - njegov prispevek k razliki med sezonama je 7,09, povprečna abundance pa je večja jeseni
- d) Mnogoščetinec *Streblospio* sp. njegov prispevek k razliki med sezonama je 7,01, povprečna abundance pa je večja jeseni

Podobnosti znotraj posameznih območij so bile sledeče; znotraj območja 1 je bila podobnost 63,99, znotraj območja 2 45,15 in znotraj območja 3 44,79.

Povprečna razlika med območjema 1 in 2 je bila 51,32, največ pa so k njej doprinesli:

- a) Postranica *Microdeutopus anomalus*, ki je številčnejša v območju 1;
- b) Enakonožec *Cyathura carinata*, ki je številčnejši v območju 1;
- c) Školjka *Abra alba*, ki je številčnejša v območju 2;
- d) Mnogoščetinec *Streblospio* sp., ki je malenkost številčnejši v območju 2;
- e) Postranica *Monocorophium acherusicum*, ki je številčnejša v območju 1.

Povprečna razlika med območjema 1 in 3 je bila 83,95, največ pa so k njej doprinesli:

- a) Enakonožec *Cyathura carinata*, ki je številčnejši v območju 1;
- b) Postranica *Microdeutopus anomalus*, ki je številčnejša v območju 1;
- c) Ličinke trzač (Chironomidae), ki se pojavljajo izključno v območju 3;
- d) Mnogoščetinec *Hediste diversicolor*, ki je številčnejši v območju 3;
- e) Postranica *Corophium orientale*, ki se pojavljajo izključno v območju 3;
- f) Mnogoščetinec *Polydora* sp., ki se pojavlja številčnejše v območju 3;
- g) Postranica *Monocorophium acherusicum*, ki se pojavlja le v območju 1.

Povprečna razlika med območjema 2 in 3 je bila 72,64, največ pa so k njej doprinesle:

- a) Enakonožec *Cyathura carinata*, ki je številčnejši v območju 2;
- b) Ličinke trzač (Chironomidae), ki so precej številčnejše v območju 3;
- c) Mnogoščetinec *Hediste diversicolor*, ki je številčnejši v območju 3;
- d) Postranica *Corophium orientale*, ki se pojavljajo precej številčnejše v območju 3;
- e) Postranica *Gammarus crinicornis*, ki se pojavlja nekoliko številčnejše v območju 3;
- f) Postranica *Microdeutopus anomalus*, ki je številčnejša v območju 2.

Na podlagi tabele taksonov in njihovih abundanc v posameznem vzorcu samo izračunali sledeče biotske indekse za vrednotenje ekološkega stanja z bentoškimi nevretenčarji: AMBI (Borja in sod., 2000), M-AMBI (Muxika in sod., 2007), BITS (Mistri in Munari, 2008) in Bentix (Simboura in Zenetos, 2002). Indeks AMBI in M-AMBI sta bila izračunana z uporabo brezplačne programske opreme (<http://www.azti.es> v.5.0) skupaj s smernicami avtorjev (Borja in Muxika, 2005); izračunan je bil tudi odstotek nevretenčarjev, ki pripadajo različnim občutljivim skupinam AMBI na vsaki vzorčni postaji. BENTIX je bil izračunan z brezplačno programsko opremo (Add-in v.1.0 različica) za MS Excel (<http://www.hcmr.gr/en/articlepage.php?id=141>). Indeks BITS je bil izračunan s pomočjo namenske programske opreme (<http://www.bits.unife.it>). Za izračunavanja in uvrstitev v razrede ekološkega stanja smo upoštevali referenčne in mejne vrednosti, ki izhajajo iz članka Pitacco in sodelavcev (2017). ZA M-AMBI so bile upoštewane referenčne vrednosti za lagune brez plimovanja H = 3,3, S = 25 in AMBI = 1,85; za BITS pa je bila upoštevana referenčna vrednost 2,8. Uporabljene mejne vrednosti so bile sledeče: za S »Zelo dobro/Dobro«, če je S > 25 (laguna brez plimovanja); za Shannon-Wienerjev indeks:

»Zelo dobro«, če je $H' > 4$, »Dobro«, če $3 < H' \leq 4$, »Zmerno«, če je $2 < H' \leq 3$, »Slabo«, če je $1 < H' \leq 2$, in »Zelo slabo«, če je $H' \leq 1$; za AMBI »Zelo dobro«, če je $BC < 1,2$, »Dobro«, če je $1,2 < BC \leq 3,3$, »Zmerno«, če je $3,3 < BC \leq 5$, »Slabo«, če $5 < BC \leq 6$ in »Zelo slabo«, če je $BC \geq 6$; za M-AMBI »Zelo dobro«, če je $> 0,96$, »Dobro«, če je $0,71 < M-AMBI \leq 0,96$, »Zmerno«, če $0,57 < M-AMBI \leq 0,71$, »Slabo«, če je $0,46 < M-AMBI \leq 0,57$, in »Zelo slabo«, če je $M-AMBI \leq 0,46$; za indeks BENTIX: »Zelo dobro«, če $4,5 < BENTIX \leq 6$, »Dobro«, če $3,5 < BENTIX \leq 4,5$, »Zmerno«, če $2,5 < BENTIX \leq 3,5$, »Slabo«, če je $2 < BENTIX \leq 2,5$, in »Zelo slabo«, če $BENTIX \leq 2,5$; za BITS »Zelo dobro«, če $BITS \geq 0,87$, »Dobro«, če je $0,68 < BITS \leq 0,87$, »Zmerno«, če $0,44 < BITS \leq 0,68$, »Slabo«, če je $0,25 < BITS \leq 0,44$, in »Zelo slabo«, če $BITS \leq 0,25$.

Rezultati so prikazani v Tabela 20. Z indeksom BITS je bila laguna uvrščena v najvišji razred ekološke kakovosti (**zelo dobro**), z indeksom AMBI v razred **dobro**, z indeksoma M-AMBI in Bentix pa je laguna uvrščena v razred **slabega** ekološkega stanja. Razlog za slabo stanje ovrednoteno z indeksom M-AMBI je predvsem nizko število taksonov in pa velika dominanca v številčnosti posameznih taksonov.

Tabela 20: Rezultati različnih strukturnih in biotskih indeksov in uvrstitev v razrede ekološkega stanja za tri obravnavana območja BNŠZ-1, BNŠZ-2 in BNŠZ-3

		H'	S	AMBI	AMBI ES	M-AMBI	M-AMBI ES	BITS	BITS ES	Bentix	Bentix ES
ŠZ 1	pomlad	1,60	8,0	1,07	undisturbed	0,56	slabo	1,09	zelo dobro	2,01	slabo
	jesen	1,41	6,6	2,69	slightly disturbed	0,43	zelo slabo	1,10	zelo dobro	2,03	slabo
	skupaj	1,51	7,3	1,88	slightly disturbed	0,50	slabo	1,09	zelo dobro	2,02	slabo
ŠZ 2	pomlad	2,24	8,2	2,02	slightly disturbed	0,58	zmerno	1,05	zelo dobro	2,51	zmerno
	jesen	1,92	7,2	2,70	slightly disturbed	0,50	slabo	1,13	zelo dobro	2,20	slabo
	skupaj	2,08	7,7	2,36	slightly disturbed	0,54	slabo	1,09	zelo dobro	2,36	slabo
ŠZ 3	pomlad	1,95	7,4	2,73	slightly disturbed	0,49	slabo	1,00	zelo dobro	2,31	slabo
	jesen	2,07	9,0	2,53	slightly disturbed	0,55	slabo	0,58	zmerno	2,89	zmerno
	skupaj	2,01	8,2	2,63	slightly disturbed	0,52	slabo	0,79	dobro	2,60	zmerno
ŠZ skupaj		1,87	7,7	2,29	slightly disturbed	0,52	slabo	0,99	zelo dobro	2,33	slabo

Preliminarni zaključki vzorčenja bentoških nevretenčarjev v morski laguni Škocjanskega zatoka v letu 2024:

1. Menimo, da so bentoški nevretenčarji ustrezen biološki element za vrednotenje stanja v Škocjanskem zatoku. Med vsemi tremi območji so statistično značilne razlike v sestavi združbe bentoških nevretenčarjev. Prav tako se iz preteklih vzorčenj (2007-2018) vidi, da so določene razlike v časovnem trendu.
2. Uporabljene metrike za vrednotenje ekološkega stanja kažejo precej različno sliko, od slabega stanja do zelo dobrega. Medtem ko smo z uporabo indeksov AMBI in BITS vsa območja ovrednotili z dobrim oz. zelo dobrim ekološkim stanjem, smo z indeksoma M-AMBI in Bentix ta ista območja ovrednotili večinoma s slabim ekološkim stanjem. Vsi omenjeni indeksi v osnovi merijo odziv združbe na splošno obremenitev.

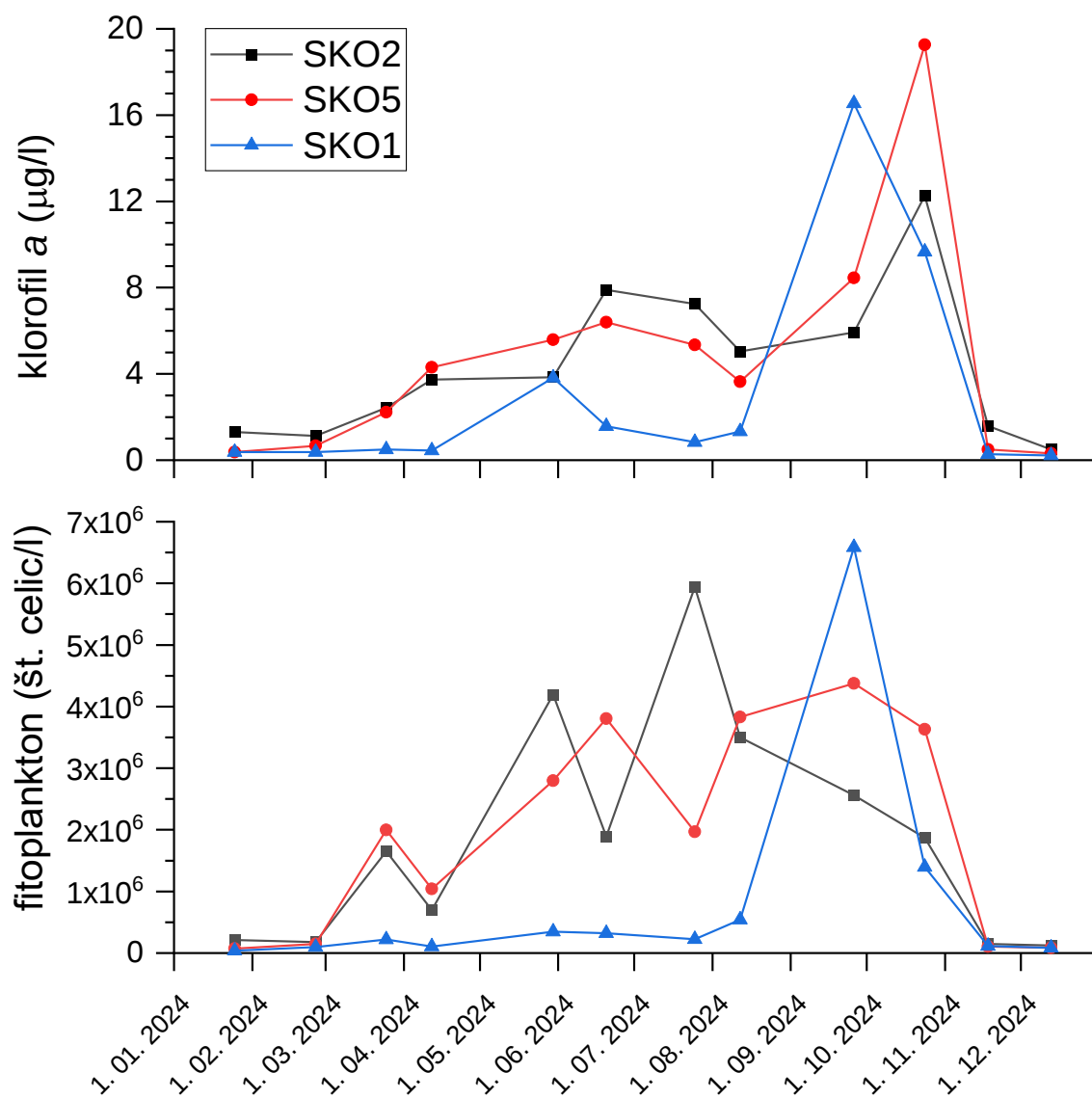
3. Za nadaljnja vzorčenja predlagamo, da se ohrani ista shema vzorčnih mest. V primerjavi s predhodnimi vzorčenji v laguni, se je za ta monitoring število vzorcev že tako zmanjšalo s 24 na 15. Iz rezultatov je razvidno, da so med vzorci znotraj posameznega območja lahko precejšnje razlike, ki odražajo heterogenost posameznega območja. Zmanjševanje vzorcev bi tako lahko vplivalo na zanesljivost povprečnih rezultatov za posamezno območje.

5.2 Biološki element: fitoplankton

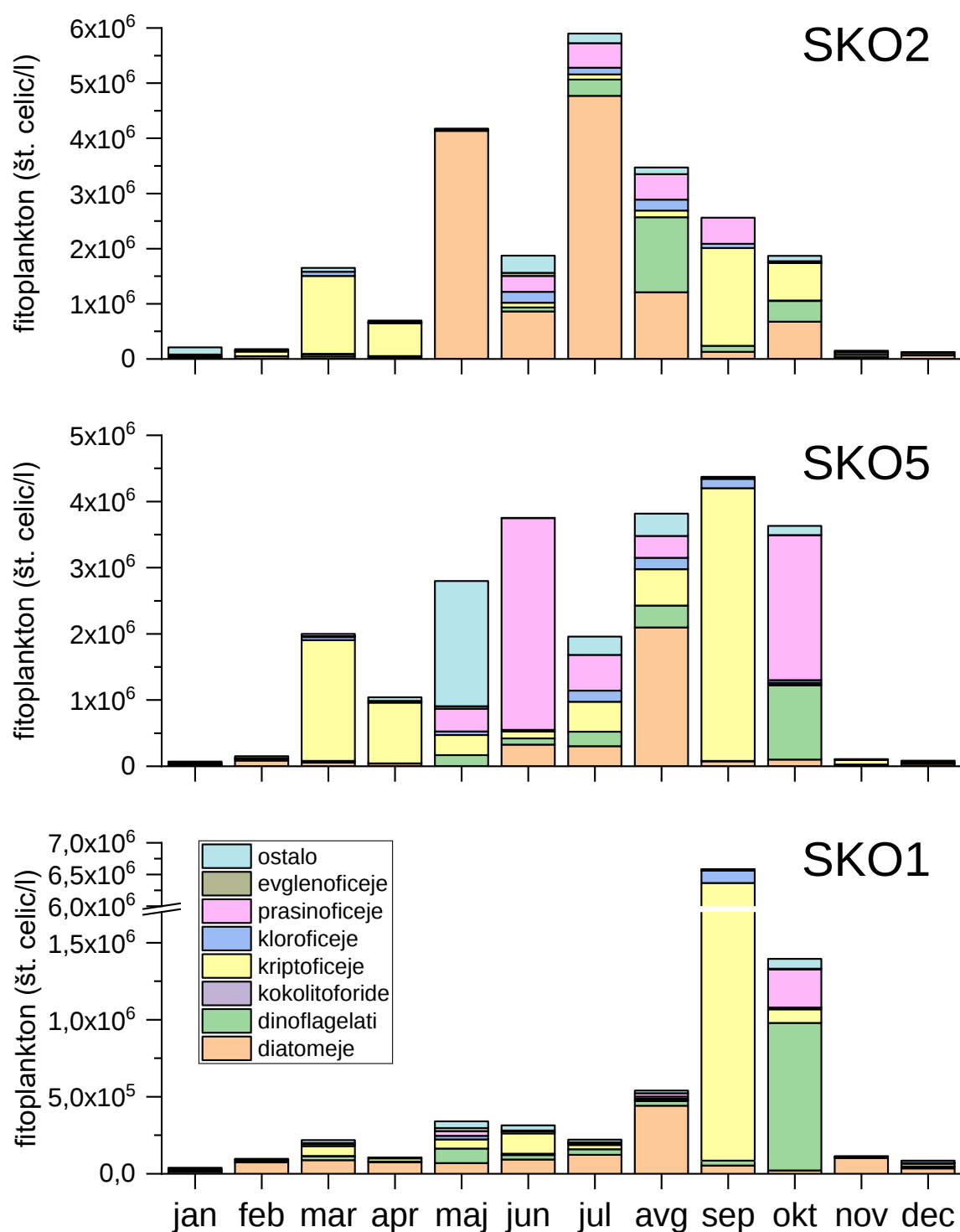
V okviru monitoringa fitoplanktona v Škocjanskem zatoku smo izvedli 12 vzorčenj, po eno vsak mesec. Prva štiri vzorčenja (januar do april 2024) smo opravili s kajaki in smo vzorčili vodo v osrednjem globljem kanalu, na treh mestih vzorčenja v treh območjih Škocjanskega zatoka kot prikazujeta Slika 7 in Tabela 15. Od maja dalje, ko vzorčenje s kajaki ni bilo več možno zaradi gnezdenja ptic, smo vzorčili ravno tako v vseh treh območjih, vendar z obale na enakih vzorčnih mestih, kjer se vzorči tudi voda za fizikalno-kemijske parametre in onesnaževala (SKO1, SKO5 in SKO2, Slika 7, Tabela 15). Pri vzorčenju s kajaka smo vodo zajemali z Niskinovim vzorčevalnikom, pri vzorčenju z obale pa z vedrom, vedno po en vzorec na vzorčno mesto. Vodo smo po zajetju spravili v 2,5 l plastične posode in vzorce obdelali tako po prihodu v laboratorij. Analizirali smo koncentracijo klorofila *a* in sestavo fitoplanktonske združbe. Vzorci so bili obdelani in analizirani na podlagi **Metodologije vrednotenja ekološkega stanja obalnega morja na podlagi fitoplanktona**, kot je že opisano v poglavju 3. V nadaljevanju bomo rezultate obravnavali za tri območja, vendar se bomo zmeraj nanašali na mesta vzorčenja SKO1 (za rezultate pridobljene na mestih vzorčenja F1 in SKO1), SKO5 (za rezultate pridobljene na mestih vzorčenja F2 in SKO5) in SKO2 (za rezultate pridobljene na mestih vzorčenja F3 in SKO2).

Letni potek koncentracij klorofila *a* na vseh treh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2024 prikazuje Slika 11 (zgoraj). Razpon koncentracij klorofila *a* je bil na vseh treh mestih vzorčenja precej višji v primerjavi z običajnimi razponi v morju: SKO1 0,22–16,54 µg/l, SKO5 0,31–19,26 µg/l in SKO2 0,50–12,26 µg/l. Tudi dinamika je bila drugačna od običajne dinamike klorofila *a* v morju: na mestih vzorčenja SKO5 in SKO2 so se bile koncentracije v zimskih mesecih najnižje, nato so rasle do julijskega viška (7,89 µg/l na SKO2 in 6,40 µg/l na SKO5), nato pa po prehodnem manjšem upadu avgusta in septembra dosegle višek v oktobru (12,26 µg/l na SKO2 in 19,26 µg/l na SKO5), nato pa so se ponovno spustile na zimske ravni. Na mestu vzorčenja SKO1, ki je v bližini zapornice in ima zato najbolj neposredno povezavo z morskim okoljem, je bil potek klorofilne biomase nekoliko drugačen, običajno pa so bile tudi vrednosti tukaj najnižje. Koncentracije klorofila *a* so bile na SKO1 od januarja do aprila nizke (pod 0,50 µg/l), nato je bil maja dosežen prvi višek s 3,82 µg/l. Od junija do avgusta so bile koncentracije ponovno nižje (okoli 1,00 µg/l), jesenski višek pa je bil dosežen prej kot na ostalih dveh mestih vzorčenja, septembra s 16,54 µg/l.

Tudi sestava fitoplanktona in njegova številčnost se je na treh mestih vzorčenja precej razlikovala, še posebej na mestu vzorčenja SKO1 (Slika 11, spodaj; Slika 12). Na tem mestu vzorčenja je bila skupna abundanca fitoplanktona skoraj vse leto najnižja (pod 500.000 celic/l), razen med oktobrskim viškom, ko je bila zabeležena tudi absolutno najvišja abundanca v Škocjanskem zatoku (preko 6.500.000 celic/l). Na ostalih dveh mestih vzorčenja so bile abundance od marca do oktobra precej višje, vendar so tudi precej nihale. Na mestu vzorčenja SKO2 smo po prvem manjšem višku marca zabeležili dva večja viška, konec maja z dobrimi 4.000.000 celic/l in julija s skoraj 6.000.000 celic/l. Na mestu vzorčenja SKO5 je bil prvi manjši višek prav tako marca, nato pa je po prehodnem upadu abundanca narasla in junija preseгла 3.800.000 celic/l. Po julijskih nižjih vrednostih je abundanca ponovno narasla in od avgusta do oktobra ostala visoka (med okoli 3.600.000 in 4.300.000 celic/l). Zadnja dva meseca so bile abundance tako na SKO2 kot SKO5 ponovno zelo nizke in podobne tistim v začetku leta.



Slika 11: Koncentracija klorofila a (zgoraj) in skupna abundanca fitoplanktona (spodaj) na treh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2024



Slika 12: Abundanca fitoplanktona po skupinah na treh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2024

Fitoplanktonska združba se je na različnih mestih vzorčenja zelo razlikovala (Slika 12). Na mestu vzorčenja SKO2, ki leži na skrajnem zahodu Škocjanskega zatoka ob iztoku v povezovalni kanal v Badaševico in je voda najbolj plitka, so med viški abundance prevladovali diatomeje (maja so imele kar 99 % delež), v obdobjih srednje visokih abundanc pa kriptoficeje (marca in aprila so imele 86 %

delež). Avgusta in tudi oktobra so pomemben številčni delež predstavljali dinoflagelati (do 39 %), prazinoficeje pa od junija do avgusta (med 8 in 18 % delež).

Na mestu vzorčenja SKO5, ki leži v osrednjem delu Škocjanskega zatoka diatomeje niso imele tako pomembnega deleža, razen avgusta, ko so prispevale 55 % delež k skupni abundanci (poleg tega so imele visok delež še februarja in decembra, vendar je bila skupna abundanca takrat zelo nizka). Kriptoficeje so, tako kot na SKO2, predstavljale daleč najvišji delež k skupni abundanci marca (91 %) in aprila (88 %), nato pa še septembra (94 %), ko je bil zabeležena najvišja abundanca. Prazinoficeje so prav tako prispevale zelo pomemben delež k visokim abundancam junija (85 %) in oktobra (60 %). Oktobra so poleg prazinoficej velik delež predstavljali še dinoflagelati (31 %). Maja so večinski delež predstavljala neidentificirana vrsta mikroalg (68 %).

Popolnoma drugačno sliko kaže mesto vzorčenja SKO1, ki leži poleg zapornice in je pod največjim vplivom dotoka morske vode. Tukaj so v vseh mesecih, ko so bile abundance nizke, pomemben delež imele diatomeje, ki so predstavljale od 20 % do 88 % skupne abundance. Med septembrskim viškom so močno prevladoval kriptoficeje (95 %), oktobra pa dinoflagelati (69 %). Oktobra so poleg tega pomemben delež zasedle prazinoficeje (18 %), ki so imele druge mesece le majhen delež.

Poudariti je potrebno, da je bilo določanje vrstne sestave fitoplanktona v Škocjanskem zatoku precej težavno, saj je zaradi narave habitata (plitkost, zamuljenost, brakično okolje) v fitoplanktonskih vzorcih veliko bentoških vrst mikroalg, poleg tega pa so tudi pelagične vrste prilagojene na brakično okolje in je zato vrstna sestava zelo drugačna od tiste v morju. Velikokrat je bilo sicer mogoče ločiti, da gre za posamezno vrsto, vendar ni bilo mogoče določiti, katero. To velja predvsem za majhne vrste, največkrat bentoških diatomej, nekatere vrste najverjetneje bentoških dinoflagelatov in večino predstavnikov nanoplanktonskih flagelatov. Do nivoja rodu ali vrste so bile največkrat določene diatomeje in dinoflagelati, pri ostalih skupinah je največkrat podan le višji taksonomski nivo.

Najbolj pogosto smo v fitoplanktonskih vzorcih iz Škocjanskega zatoka določili naslednje taksone: med diatomejami so bile *Cylindrotheca closterium*, *Achnanthes* spp. in majhne vrste iz rodu *Navicula* (najdene v 69,4 % vzorcev), *Thalassiosira* spp in *Halamphora* spp. (47,2 %). Med dinoflagelati je bila najpogostejša še neidentificirana vrsta, ki je najverjetneje bentoška in smo jo preliminarno uvrstili v rod *Durinskia* (69,4 %), poleg tega pa še majhne gole vrste (66,7 %). Med nanoflagelati so se najpogosteje pojavljale kriptoficeje (86,1 %), prazinoficeje (77,8 %) in kloroficeje (63,9 %). Frekvenca pojavljanja posameznih taksonov je bila na mestih vzorčenja različna (Tabela 21).

Zaradi širokega velikostnega razpona najdenih vrst oz. taksonov in različne vsebnosti klorofila *a* v celici, se viški biomase in abundance velikokrat niso ujemale (Slika 11). Na mestu vzorčenja SKO2 so k majskemu višku abundance največ prispevale zelo majhne vrste navikuloidnih diatomej, vendar se njihovo visoko število ni odrazilo v visoki koncentraciji klorofila *a*. Koncentracija klorofila *a* se je nato povišala junija, ko je bil delež diatomej manjši, vendar je med njimi prevladovala *Cylindrotheca closterium*, poleg tega pa so bile bolj abundantne prazinoficeje in kloroficeje. Julija je bila koncentracija klorofila *a* še zmeraj visoka, pa so ponovno močno prevladale diatomeje, poleg vrst iz rodu *Navicula* in *C. closterium* še majhne vrste iz rodu *Halamphora*. K absolutnemu višku klorofila *a* oktobra je najverjetneje veliko prispeval porast abundance dinoflagelata (cfr. *Durinskia*), ki je precej velika vrsta in je imela skoraj 20 % delež. Ta vrsta je oktobra imela pomemben delež tudi na drugih dveh mestih vzorčenja (SKO5 in SKO1) in v obeh primerih so bile koncentracije klorofila *a* zelo visoke.

Na mestu vzorčenja SKO5 se je junijski višek abundance ujema z viškom klorofilne biomase, h katerima so z daleč največjim deležem prispevale prazinoficeje. Na mestu vzorčenja SKO1 je bila med prvim klorofilnim viškom maja skupna abundanca precej nizka in so k njej prispevale različne skupine fitoplanktona dokaj enakomerno, vendar je izstopal delež dinoflagelatov, kjer so bile najbolj številčne

gole vrste, pa tudi potencialno toksična bentoška vrsta *Prorocentrum lima*. Ta proizvaja toksine, ki povzročajo diaroično zastrupitev s školjkami, vendar v prosto morsko vodo zaide zelo redko.

Tabela 21: Najpogostejši taksoni najdeni v fitoplanktonskih vzorcih s treh mest vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2024 s frekvenco pojavljanja

SKO2		SKO5		SKO1	
takson	frekvenca	takson	frekvenca	takson	frekvenca
cfr. <i>Durinskia</i>	91,67	kriptoficeje #2	91,67	kriptoficeje #2	91,67
<i>Achnanthes</i> spp.	83,33	prazinofigeje	83,33	prazinofigeje	83,33
<i>Navicula</i> #1	83,33	<i>Cylindrotheca closterium</i>	75,00	diatom non ident. #8	75,00
<i>Navicula</i> #6	75,00	cfr. <i>Durinskia</i>	75,00	dinoflagellatae non ident. #1	75,00
kriptoficeje #2	75,00	kloroficeje #1 (<i>Pyramimonas</i>)	75,00	<i>Achnanthes</i> sp.	66,67
<i>Cylindrotheca closterium</i>	66,67	dinoflagellatae non ident. #1	66,67	<i>Cylindrotheca closterium</i>	66,67
diatom non ident. #8	66,67	<i>Achnanthes</i> sp.	58,33	<i>Navicula</i> #1	66,67
kloroficeje #2	66,67	<i>Navicula</i> #1	58,33	kloroficeje #2	66,67
prazinofigeje	66,67	diatom non ident. #8	58,33	cfr. <i>Caloneis</i>	58,33
<i>Achnanthes</i> cf. <i>longipes</i>	58,33	kloroficeje #2	58,33	<i>Navicula</i> #6	58,33
cfr. <i>Halamphora</i> #1	58,33	<i>Thalassiosira</i> spp.	50,00	kloroficeje #1 (<i>Pyramimonas</i>)	58,33
cfr. <i>Nitzschia</i>	58,33	diatom non ident. #1	50,00	<i>Achnanthes</i> cf. <i>longipes</i>	50,00
dinoflagellatae non ident. #1	58,33	diatom non ident. #4	50,00	<i>Entomoneis</i> sp.	50,00
<i>Melosira nummuloides</i>	50,00	algae non ident. #2	50,00	<i>Thalassionema</i> spp.	50,00
<i>Nitzschia longissima</i>	50,00			<i>Thalassiosira</i> spp.	50,00
<i>Pleurosigma/Gyrosigma</i>	50,00			diatom non ident. #4	50,00
diatom non ident. #1	50,00			diatom non ident. #6	50,00
diatom non ident. #4	50,00			kriptoficeje #1	50,00
kloroficeje #1 (<i>Pyramimonas</i>)	50,00				
kriptoficeje #1	50,00				
algae non ident. #2	50,00				

Ker smo kot najustreznejšo metodo za oceno stanja Škocjanskega zatoka po biološkem elementu fitoplankton izbrali italijansko metodo (Knehtl in Leban, 2023), v nadaljevanju predstavljamo izračun metrik, ki sestavljajo indeks MPI. Indeks MPI (*Multimetric Phytoplankton Index*, Facca in sod., 2014) je multimetrični indeks za vrednotenje ekološkega stanja na podlagi fitoplanktona v mezohalinih, polihalinih in evhalinih somornicah, pri katerem se upošteva sestava, številčnost in biomasa fitoplanktonske združbe (Facca in sod., 2017). Za izračun indeksa se uporabljajo naslednje metrike:

- Hulburtov indeks dominantnosti (v %),
- pogostost cvetenja (frekvenca cvetenja v %),
- Menhinickov diverzitetni indeks in
- koncentracija klorofila-a (geometrična srednja vrednost).

Metrike smo izračunali po navodilih v Facca in sod. (2017), nato pa smo poskusno izračunali še REK vrednosti glede na referenčne razmere podane za »choked lagoons« v istem dokumentu, ki ustrezajo karakterizaciji Škocjanskega zatoka kot polihaline do euhaline, močno zaščitene, zelo plitve lagune s sedimentacijskim dnom (Urbanič in sod., 2015) in italijanskima tipoma lagun AT02 in AT03, kot najbolj primerljivima v italijanski tipologiji (Knehtl in sod., 2022). Vrednosti posameznih metrik na treh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku prikazuje Tabela 22. Najvišje vrednosti prvih treh metrik (ki kažejo na boljše stanje) so na mestu vzorčenja SKO1, ki je najbolj pod vplivom dotoka morske vode, medtem ko so na drugih dveh mestih vzorčenja vrednosti nižje in precej podobne na obeh mestih vzorčenja (SKO5 in SKO2). Nasprotno je geometrična srednja vrednost koncentracij klorofila *a* najnižja na SKO1 in najvišja na SKO2.

REK vrednosti za posamezne metrike in MPI indeks ter pripadajoče stanje treh mest vzorčenja v Škocjanskem zatoku so navedeni v Tabela 23. Ker so bile vrednosti Menhinickovega indeksa neprimerljive s tistimi v italijanskih lagunah (precej višje vrednosti, zato so bile REK vse nad 1), teh vrednosti pri izračunu MPI nismo upoštevali. Na mestu vzorčenja SKO1 je bilo stanje leta 2024 **zelo dobro**, na mestih vzorčenja SKO5 in SKO2 pa **dobro**. Najslabše je bilo stanje po Hulburtovem indeksu dominantnosti na mestu vzorčenja SKO5 (zmerno stanje).

Ker so vrednosti metrik in stanje na mestih vzorčenja SKO2 in SKO5 zelo podobne, menimo, da je v drugem letu vzorčenja smiselno opustiti vzorčenje na mestu vzorčenja SKO2. SKO5 kaže podobne razmere, poleg tega pa se na tem mestu merijo tudi spremljevalni fizikalno-kemijski parametri. Poleg tega za italijansko metodologijo, ki jo povzemamo, velja, da se v lagunah, ki so manjše od 1 km², kar velja za Škocjanski zatok, fitoplankton vzorči na prevladujočem (glavnem) habitatnem tipu na dveh vzorčnih mestih (Knehtl in sod., 2023). Tudi glede na prevladujoč habitatni tip v Škocjanskem zatoku (muljasta podlaga s potopljenimi makrofiti) je smiselno vzorčiti na mestih SKO1 in SKO5, saj so značilnosti habitata tu zelo podobne. Še en pomemben dejavnik je dostopnost za vzorčenje. Ker mora biti mesto vzorčenja dostopno celo leto (oziroma vsaj februarja, maja, avgusta in novembra, glej spodaj), se pravi tudi med omejenim dostopom zaradi gnezdenja ptic, sta mesti vzorčenja SKO1 in SKO5 primerna izbira, tudi upoštevajoč primerno globino za vzorčenje (vsaj okoli 0,5 m).

Po italijanski metodologiji (Facca in sod., 2017) so za oceno stanja po fitoplanktonu potrebna štiri sezonska vzorčenja, in sicer februarja, maja, avgusta in novembra. Ker sezone dinاميke fitoplanktona v Škocjanskem zatoku še ne poznamo, je smiselno v začetnih letih spremljanja opraviti vzorčenje vsak mesec. Predvidevamo, da bomo lahko po dveh ali treh letnih ciklih opravili primerjavo ocene stanja z 12 in 4 letnimi vzorčenji in se nato opredelili do primernosti metode.

Tabela 22: Rezultati posameznih metrik, ki sestavljajo MPI indeks za tri mesta vzorčenja v Škocjanskem zatoku

	SKO2	SKO5	SKO1
100 - Hulburt (%)	27,48	26,96	46,48
100 – frekvenca cvetenja (%)	58,33	50,00	75,00
Menhinick (corrected)	0,026	0,034	0,065
Chl <i>a</i> (geometrična srednja vrednost; µg/l)	3,12	2,42	1,06

Tabela 23: REK vrednosti za posamezne metrike in MPI (brez upoštevanja Menhinickovega indeksa) za posamezna mesta vzorčenja v Škocjanskem zatoku. Ekološko stanje je označeno z barvo: modro - zelo dobro stanje, zeleno - dobro stanje, rumeno - zmerno stanje

	SKO2	SKO5	SKO1
REK (100 – Hulburt)	0,55	0,54	0,93
REK (100 – frekvenca cvetenja)	0,73	0,63	0,94
REK (Menhinick)	2,17	2,83	5,42
REK (Chl a)	0,32	0,41	0,94
REK (MPI, brez Menhinick)	0,53	0,53	0,94

5.3 Biološki element: makroalge in kritosemenke

V okviru monitoringa makroalg in kritosemenk v vodnem telesu SI5VT6 smo v letu 2024 izbrali 3 mesta vzorčenja, eno za vsako območje (ŠZ1_01_bližKanal, ŠZ2_08_medOtoki, ŠZ3_08_izlivBadaš; Tabela 15, Slika 7). Izbor mest vzorčenja je temeljil na pregledu skoraj celotne obalne črte Škocjanskega zatoka, ki smo ga opravili 25. 1. 2024.

Pri oceni stanja makroalg in kritosemenk v Škocjanskem zatoku smo uporabili Indeks vrednotenja ekološkega stanja - neprekinjena formula (EEI-c), ki je bil razvit tako za obalno morje kot za somornice.

Opravili smo en terenski dan (17. 9. 2024). Na vseh izbranih mestih vzorčenja sta bila prisotna 2 habitatna tipa: 1 - potopljene kritosemenke ali kritosemenke z makroalgami-cianobakterijami in 2 - makroalge-cianobakterije. Habitatni tip 1 smo vzorčili z box-korerjem velikosti 20 x 20 x 20 cm za vzorčenje sedimentnih podlag, habitatni tip 2 pa s kvadratom velikosti 20 x 20 cm (400 cm²), enako kot na kamnitem dnu v obalnem morju. Vzorčenje je potekalo na globini 0,2–0,5 m, kjer je bilo še dovolj svetlobe za rast makrofitov. Na vsakem mestu vzorčenja (10 m dolžine obalne črte) smo naključno pobrali 5 vzorcev. Na sedimentnem dnu smo z box-korerjem pobrali sediment, na trdi podlagi pa smo postrgali makrofite s površine znotraj okvirja. Pri vzorcih nabranih na sedimentnem dnu je spiranje potekalo takoj po vzorčenju, s pomočjo mrežnega sita (mrežno oko 0,5 mm). Skozi sito smo z brakično vodo sprali sediment in organski material shranili v plastično vrečko ter ustrezno označili. Pri vzorcih nabranih na trdi podlagi smo vse postrgane makrofite shranili v plastično vrečko in ustrezno označili.

Laboratorijska obdelava vzorcev ostaja nespremenjena, prav tako razdelitev vrst v ESG I in ESG II. Za vsako določeno vrsto se oceni še pokrovnost na kvadratu 20 cm x 20 cm (vertikalna projekcija). Podane mejne vrednosti za EEI-c in REK so prikazane v Tabela 9 v poglavju 4.

V Tabeli 6 (Okvirna klasifikacija sredozemskih bentoških makrofitov v tranzicijskih vodah v ekološke razrede) članka Orfanidis in sod. (2011) so pa tri napake: rod *Halopithys* bi moral biti v ESG IB (je pa v IIA), rodova *Acetabularia* in *Hydrolithon* bi pa morala biti v IC (sta pa v IIC). Prof. Orfanidis ni nikoli objavil popravljenih tabel, ker je smatral, da je pravilna opredelitev rodov razvidna iz besedila članka (osebno sporočilo Martini Orlando Bonaca). S prof. Orfanidisem smo se posvetovali tudi glede velikosti box-korerja, saj je v članku Orfanidis in sod. (2011) uporabil velikost vzorčevalnika 17 x 17 x 15 cm, medtem ko smo mi priporočili 20 x 20 x 20 cm, da je površina primerljiva s površino kvadrata za kamnito dno. Prof. Orfanidis se je strinjal s predlagano spremembo velikosti box-korerja (osebno sporočilo Martini Orlando Bonaca).

V letu 2024 je bilo ekološko stanje na mestu vzorčenja ŠZ3_08_izlivBadaš ocenjeno kot **slabo**, na mestih vzorčenja ŠZ1_01_bližKanal in ŠZ2_08_medOtoki pa kot **zmerno** (Tabela 24). Med vrstami iz ESG I je bila na vseh mestih vzorčenja prisotna le kritosemenka *Ruppia maritima*, njena pokrovnost je pa bila prenizka, da bi lahko stanje ocenili kot dobro (Tabela 25). Pričakovano je bila vrstna pestrost makrofitov nižja kot v morskem okolju. Vse zabeležene makroalge (8 vrst) so pripadale ESG II skupini. Za primerjavo, v laguni Fanari v Grčiji so Orfanidis in sod. (2011) našli cianobakterije in 3 vrste makroalg (vse so bile ESG II) ter eno kritosemenko (*Ruppia*, ESG I). Kljub temu pa je bila pokrovnost kritosemenke tako visoka, da je bilo stanje v tej laguni ocenjeno kot dobro ali zelo dobro.

Če bi bili okoljski pogoji v SI5VT6 primerni, bi na tem območju lahko uspevala tudi rjava alga *Gongolaria barbata* (ESG I), ki je prisotna tudi v laguni Stjuža v Strunjanu. Pred kratkim je bila oblika nepritrjenih steljk, ki uspevajo v lagunah, imenovana *Gongolaria barbata* f. *aurantia* (Falace in sod., 2024). Med kritosemenkami v Stjuži poleg vrste *Ruppia maritima* uspeva tudi kolenčasta cimodoceja (*Cymodocea*

nodosa). Obe vrsti kritosemenk imata visoko fenotipsko plastičnost in v oligotrofnih razmerah boljše uspevata kot makroalge, saj pridobivata hranila iz sedimenta in lahko rasteta tudi v degradiranih razmerah, dokler je dovolj svetlobe za fotosintezo. Kolenčaste cimodoceje v Škocjanskem zatoku nismo našli. Predvidevamo, da je visoka motnost vode na tem območju (kar je posledica resuspenzije finega sedimenta iz muljevitega dna) soodgovorna za neuspevanje kolenčaste cimodoceje in makroalg iz ESG I.

Tabela 24: Ocena ekološkega stanja makroalg in kritosemenk v SI5VT6 v letu 2024

	ŠZ3_08_izlivBadaš					ŠZ2_08_medOtoki					ŠZ1_01_blizKanal				
ESG I	25,00	4,00	0,00	5,00	4,00	46,00	8,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
ESG II	12,00	55,40	28,00	69,20	27,00	4,00	7,00	24,00	13,80	79,40	78,00	33,80	77,00	19,00	17,00
EEl-c vzorca	6,91	2,35	3,54	2,00	3,97	9,20	5,88	4,18	4,58	2,00	2,00	3,16	2,00	4,18	10,00
EEl-c mesta	3,7540					5,1678					4,2673				
EEl-c mesta zaokroženo na 2. decimalko	3,75					5,17					4,27				

Tabela 25: Povprečne vrednosti pokrovnosti taksonov makroalg in kritosemenk v SI5VT6 v letu 2024

Taxon	ESG	ŠZ3_08_izlivBadaš	ŠZ2_08_medOtoki	ŠZ1_01_blizKanal
<i>Ruppia maritima</i>	IA	7,60	11,60	20,00
<i>Gelidium</i> spp,	IIA	0,00	0,00	8,20
<i>Gracilariopsis longissima</i>	IIA	7,40	1,80	0,00
<i>Chaetomorpha linum</i>	IIB	0,00	0,00	0,20
<i>Cladophora</i> cf. <i>liniformis</i>	IIB	31,60	24,20	1,20
<i>Cladophora vadorum</i>	IIB	0,00	0,00	0,80
<i>Ulva compressa</i>	IIB	0,80	0,00	9,00
<i>Ulva kylinii</i>	IIB	0,00	0,00	11,60
<i>Ulva lacinulata</i>	IIB	0,00	0,00	15,60

Glede na potek vzorčenja, analize in rezultate za makroalge in kritosemenke v vodnem telesu SI5VT6 menimo, da so izbrana mesta vzorčenja, metodologija terenskega in laboratorijskega dela kakor tudi število in velikost obravnavanih vzorcev primerni. Tudi metodologija za oceno ekološkega stanja je primerna, ob upoštevanju omenjenih popravkov na članek Orfanidisa in sod. (2011).

Glede na dejstvo, da je Škocjanski zatok MPVT in da je bil Naravni rezervat ustanovljen predvsem z namenom zaščite sladkovodnih in kopenskih ekosistemov ter redkih ali značilnih rastlinskih ali živalskih vrst (predvsem dvoživk, ptic in sesalcev), dvomimo, da so makroalge in kritosemenke primeren biološki

element za bodoče programe monitoringa. Stanje makroalg in kritosemenk se bo težko izboljšalo v tem plitkem, zelo zamuljenem brakičnem okolju in močno dvomimo, da se lahko izvedejo primerni ukrepi za izboljšanje ekološkega stanja po bentoških makrofitih.

5.4 Biološki element: ribe

V letu 2024 smo v okviru monitoringa rib v brakični laguni Škocjanskega zatoka opravili vzorčenje le v jesenskem času, saj je zaradi zgodnejšega prihoda navadnih čiger na gnezdišča vzorčenje v spomladanskem času odpadlo, da ne bi vznemirjali ptic med gnezdenjem. Spomladansko vzorčenje bomo zato opravili v pomladanskih mesecih leta 2025. Vzorčenje je bilo izvedeno 30.10.2024 na treh lokacijah znotraj brakične lagune (Tabela 15, Slika 7). Na vsaki lokaciji smo izmerili okoljske parametre (Tabela 26) in opravili po en poteg z vlečno mrežo. Za vzorčenje na 3 različnih lokacijah s po enim potegom smo se odločili zaradi specifičnosti lagune, saj se okoljski parametri vode in s tem povezani habitati zelo spreminjajo vzdolž lagune, poleg tega pa muljasto dno onemogoča klasičen izlov (s hojo po dnu lagune). S tremi vzorčenji smo želeli pridobiti čim boljši vpogled v sestavo ribje favne med več območji saj podatkov o favni pridobljenih s takšnim načinom vzorčenja za omenjeno laguno še ni, zaradi zahtevnosti vzorčenja pa smo posledično reducirali število potegov na posamezni lokaciji.

Tabela 26: Okoljski parametri izmerjeni ob vzorčenju rib v Škocjanskem zatoku

Mesto vzorčenja	Globina (m)	Slanost	Raztopljeni kisik (mg/l)	Temperatura (°C)
ŠKR_1	1,9	25,6	9,94	16,8
ŠKR_2	1,5	19,0	7,7	21,1
ŠKR_3	1,7	30,5	3,3	21,8

Zaradi muljastih tal, ki zaradi ugrezanja onemogočajo hojo po dnu lagune, smo si pri vleku vzorčevalne mreže pomagali z kajaki in sidrnimi vrvmi. Metoda je časovno in tehnično bolj zamudna, vendar zaradi specifičnosti dna ni izvedljiva na klasičen način kot je opisana v ISPRA (2018, 2019). Preostala metodologija je ostala nespremenjena in sicer smo predpisano vlečno mrežo (dolžina 10 m in višina na sredini 2,30 m ter ob koncih 1,90 m, velikost mrežnih okenc 2x2 mm), vlekli 10 m po morskem dnu, pri čemer je razdalja med osebama, ki sta vlekli mrežo znašala 7 m. Vzorčna površina enega vzorca tako znašala 70 m². RIBE so bile nato na terenu determinirane, stehtane in izmerjene ter in v najkrajšem možnem času vrnjene nazaj v okolje. Pri tem smo posebno pozornost posvetili temu, da so bili primerki tehtani in merjeni v senci na mokri površini, ki smo jo med pregledom različnih vzorcev tudi razkužili (v izogib prenosu bolezni in parazitov).

Za oceno stanja vodnega telesa se uporablja indeks za vrednotenje ekološkega stanja somornic na podlagi rib - HFBI (Habitat Fish Bio Indicator) (ISPRA, 2023). Indeks HFBI je multimetrijski indeks, ki upošteva sestavo, številčnost in biomaso izbranih vrst rib, glede na njihovo življenjsko strategijo (EUFG – Estuarine Use Functional Group) in način prehranjevanja (FMFG – Food Mode Functional Group), ki ju določimo na podlagi Franco in sod. (2008). Za izračun indeksa se uporabljajo naslednje metrike (ISPRA, 2017; z dopolnitvami ISPRA, 2023):

- Margalefov indeks ocenjen na podlagi biomase prevladujočih vrst (d_{dom}),
- Povprečna teža osebkov (B/N),
- Margalefov indeks ocenjen na podlagi biomase migratornih vrst rib (d_{mig}),
- Gostota biomase bentivnih vrst rib (B_{bent}),

- Margalefov indeks ocenjen na podlagi biomase bentivornih vrst rib (d_{bent}),
- Margalefov indeks ocenjen na podlagi biomase hiperbentivornih/zooplanktivornih/piscivornih vrst rib (d_{hbp}).

Na podlagi dobljene vrednosti indeksa smo nato s pomočjo Tabela 27 ocenili ekološko stanje.

Tabela 27: Meje razredov kakovosti ekološkega stanja za indeks HFBI (Habitat Fish Bio Indicator)(ISPRA, 2023)

Razred kakovosti – ekološko stanje	Razmerje ekološke kakovosti - razpon
Zelo dobro	$\geq 0,95$
Dobro	0,56 - 0,94
Zmerno	0,34 - 0,55
Slabo	0,12 - 0,33
Zelo slabo	$\leq 0,11$

Skupno je bilo za namen ocene stanja ribje favne vzorčenih 210 m² površine brakične lagune. Ujetih je bilo 21 primerkov rib, ki sto pripadale dvema vrstama in sicer *Atherina boyeri* (n=7) in *Knipowitschia panizzae* (n=14). Skupna biomasa rib je znašala 12,75 g, pri čemer je večino predstavljala vrsta *A. boyeri* (9,54 g). Vrsta *K. panizzae* je bila prisotna predvsem na lokaciji ŠKR_1, kjer je večji vpliv morja, vrsta *A. boyeri* pa je bila potrjena v ŠKR_2 in ŠKR_3, kjer je manjši vpliv morja, bolj pa je npr. izrazit vpliv sladkovodnih pritokov (npr. ŠKR_2).

A. boyeri doseže do 13 cm v dolžino, povprečno 8 do 10 cm. Največja zabeležena teža znaša 10 g. Glede na trofično umestitev je vrsta smatrana kot hiperbentivna/zooplanktivorna, kar pomeni da se hrani nad površino sedimenta z majhnimi hiperbentoškimi organizmi (≤ 1 cm, npr. Mysida) in zooplanktonom. Glede na ekološko skupino je vrsta uvrščena med estuarijske vrste. To so evrihaline vrste, ki so značilne prebivalke estuarijev in celoten življenjski cikel preživijo v prehodnih brakičnih vodah. *A. boyeri* je jatna vrsta, ki tolerira močno evrihalna in evritermna okolja. V lagunah in estuarijih je prisoten v vodah z močnim vplivom morja kot tudi v vodah z nizko slanostjo. Živi na kamnitem, peščenem in muljastem detritnem morskem dnu, golemu ali poraslemu z rastlinami. Pojavlja se do 3 metre globoko, lahko tudi do 10 metrov. Drsti se od aprila do julija (ISPRA, 2023).

K. panizzae doseže dolžino do 4, 5 cm, povprečno od 3 do 3,7 cm. Največja zabeležena teža znaša 1,5 g. Glede na trofično umestitev je vrsta smatrana kot mikrobentivna (se prehranjuje z bentoško in epibentoško hrano in hiperbentičnim plenom velikosti ≤ 1 cm) in hiperbentivna/zooplanktivorna (se hrani nad površino sedimenta z majhnimi hiperbentoškimi organizmi (≤ 1 cm, npr. Mysida) in zooplanktonom). Glede na ekološko skupino je vrsta uvrščena med estuarijske vrste, ki zaključijo celoten življenjski cikel pretežno v prehodnih brakičnih vodah. Je izrazito evrihalna vrsta, ki se pojavlja v brakičnih vodah s slanostjo od 2 do 25. Živi na peščenem, muljastem in detritnem dnu do globine 2 m, redkeje tudi do 5 m, Primerki vzpostavljajo teritorije. Reproduktivno obdobje poteka od marca do julija. Vrsta je bila v preteklih popisih na območju Slovenije mnogokrat narobe determinirana kot *K. caucasica* (ISPRA, 2023, Trkov in sod., 2022).

Glede na indeks HFBI, ki znaša 0,054, je ekološko stanje na podlagi ribje sestave **zelo slabo**. Razlog za to se skriva v več dejavnikih. Eden izmed razlogov je specifična oblika in hidrodinamika lagune, ki se odraža v razmeroma veliki habitatni heterogenosti na razmeroma majhnem območju. Zaradi velike heterogenosti okolja se določene vrste pojavljajo točkovno oz. so zelo neenakomerno razporejene

(Trkov in sod., 2022). Določene vrste se tako pojavljajo le v določenih delih lagune, npr. ob zapornici, ki povezuje laguno z morjem, ob izlivu razbremenilnika Ara, v stranskih kanalih lagune (Trkov in sod., 2022), kjer pa zaradi različnih dejavnikov (grebeni ostrig, veje, majhno in plitvo okolje) ni mogoče vzorčiti s predpisano metodo vlečne mreže ali pa je le ta neučinkovita. Posledično vrste, ki so vezane na taka okolja, izpadejo iz popisov. Tako predhodni popisi z uporabo različnih ribolovnih orodij za območje lagune in povezovalnih kanalov navajajo kar 21 vrst (Žiža, 1997; Lipej in Mavrič, 2012, Trkov in sod., 2022), je pa potrebno upoštevati, da s takšnimi metodami popisa ni mogoče primerljivo oceniti ekološkega stanja. V okolju, kjer smo opravili vzorčenja, je v laguni prisotno golo muljasto dno, ki samo po sebi ne gosti velike vrstne pestrosti rib in se sicer sklada z rezultati predhodnih popisov na teh lokacijah (Trkov in sod., 2022), Poleg tega je potrebno izpostaviti, da metoda z vlečno mrežo ni primerna za vzorčenje večjih mobilnih vrst rib, kot so na primer ciplji (*Chelon* sp. in *Mugil* sp.), saj slednji hitro odplavajo iz območja, kjer opravljamo vzorčenje in posledično izpadejo iz popisov.

Glede na pomanjkljivosti uporabljene metode bi priporočali povečanje števila vzorcev in po potrebi prilagoditev metodologije, pri čemer bi bilo potrebno dodatna vzorčenja izvesti v predelih z bolj specifičnimi makrohabitati. V vsakem primeru pa ostaja dejstvo, da je lagunsko območje antropogenega nastanka in služi kot pomembno območje gnezdenja mnogih vrst ptic. Območje je že tako močno zamuljeno, kar se odraža na ekološkem stanju, z namenom varovanja gnezdišč pa je vodostaj vode v laguni reguliran še preko zapornic, kar se dodatno odraža tudi na ekstremnejših ekoloških razmerah v laguni. Nekateri možni ukrepi za izboljšanje stanja so bili sicer navedeni že v Trkov in sod. (2022), med katerimi sta pomembnejša neoviran prehod migratornih vrst rib tudi ob zaprtih zapornicah ter boljša pretočnost povezovalnih kanalov.

6 Viri

Borja, A., Franco, J., Pérez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.* 40, 1100–1114

Borja, A., Muxika, I., 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Mar. Pollut. Bull.* 50, 787–789

Facca, C., Bernardi Aubry, F., Socal, G., Giovanardi, F., Ponis, E., 2017. Implementazione della Direttiva 2000/60/CE Linee guida per l'applicazione del Multimetric Phytoplankton Index (MPI). Istituto Nazionale per la Ricerca Ambientale: 14 str.

Facca, C., Bernardi Aubry, F., Socal, G., Ponis, E., Acri, F., Bianchi, F., Giovanardi, F., Sfriso, A., 2014. Description of a Multimetric Phytoplankton Index (MPI) for the assessment of transitional waters. *Mar. Pollut. Bull.*, 79,1: 145-154

Falace, A., Manfrin, C., Furnari, G., D'Ambros Burchio, S., Pallavicini, A., Descourvieres, E., Kaleb, S., Lokovšek, A., Grech, D., Alongi, G., 2024. Contribution to the Knowledge of *Gongolaria barbata* (Sargassaceae, Fucales) from the Mediterranean: Insights into Intraspecific Diversity". *Phytotaxa*, 635(3): 191-205, <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.635.3.1>

Francé, J., Orlando Bonaca, M., Mavrič, B., Gabrijelčič, E., 2023. Spremljanje bioloških elementov kakovosti ekološkega stanja slovenskega morja, In: Globevnik, L., Prešeren, A. (Ur.), Tretji slovenski kongres o vodah 2023. Društvo vodarjev Slovenije, Ptuj, Slovenija, pp. 203-210

Franco, A., Elliott M., Franzoi P., Torricelli P., 2008. Life strategies of fishes in European estuaries: the functional guild approach. *Marine Ecology Progress Series*, 354, 219-228

ISPRA, 2017. Manuale per la classificazione dell' Elemento di Qualità Biologica »Fauna Ittica« nelle lagune costiere italiane. Applicazione dell' indice nazionale HFBI. Manuali e Linee Guida 168/2017, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rim: 218 str.

ISPRA, 2018. Istituto Nazionale per la Ricerca Ambientale. <https://www.youtube.com/watch?v=rEEESchAUDc> [dostopano 23.3.2023]

ISPRA, 2019. Protocolli per il campionamento e la determinazione degli elementi di qualità biologica e fisico-chimica nell'ambito dei programmi di monitoraggio ex 2000/60/CE delle acque di transizione. El-Pr-TW-Protocolli Monitoraggio-03.06. Istituto Nazionale per la Ricerca Ambientale, Rim: 40 str.

ISPRA, 2023. <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/manuale-per-la-classificazione-dell-elemento-di-qualita-biologica-fauna-ittica-nelle-lagune-costiere-italiane> [dostopano 27.3.2023]

Knehtl, M., Leban, K., 2022. Razvoj mejnih vrednosti za hranila za močno preoblikovana vodna telesa zadrževalnikov in Škocjanski zatok – pregled mejnih vrednosti primerljivih ekoloških tipov drugih držav in priprava predloga referenčnih vrednosti (1. faza). Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana 2022

Knehtl, M., Leban, K., 2023. Določitev relevantnih bioloških elementov kakovosti in metodologij za vzorčenje in laboratorijske obdelave bioloških vzorcev za namen monitoringa ekološkega potenciala

MPVT Škocjanski zatok. Naloga 1.4. Poročilo o delu Inštituta za vode Republike Slovenije za leto 2023, Ljubljana 2023

Lipej, L., Mavrič, B., 2012. Ihtiofavniški pregled lagunarnega dela Škocjanskega zatoka. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, Piran, 24 str.

Mistri, M., Munari, C., 2008. BITS: a SMART indicator for soft-bottom, non-tidal lagoons. Mar. Pollut. Bull. 56, 587–599

Muxika, I., Borja, A., Bald, J., 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. Mar. Pollut. Bull. 55, 16–29

Orfanidis, S., Panayotidis, P., Ugland, K.I., 2011. Ecological evaluation index continuous formula (EEI-c) application: a step forward for functional groups, the formula and reference condition values. Mediterr. Mar. Sci., 12(1): 199-231

Pitacco, V., Lipelj, L., Mavrič, B., Mistri, M., Munari, C., 2018. Comparison of benthic indices for the evaluation of ecological status of three Slovenian transitional water bodies (northern Adriatic). Mar. Pollut. Bull. 129-2, 813-821

Simboursa, N., Zenetos, A., 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. Mediterr. Mar. Sci. 3, 77–111

Trkov, D., Zamuda, L. L., Preložnik, L., Lipelj, L., 2022. Ihtiofavniški pregled Škocjanskega zatoka in povezovalnih kanalov. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, Piran, 42 str.

Urbanič, G., Petkovska, V., Šiling, R., Knehtl, M. in sod., 2015. Tipologija umetnih in močno preoblikovanih vodnih teles, ki so določena s Pravilnikom o vodnih telesih površinskih voda (Ur. l. RS 63/05, 26/06, 32/11) (Poročilo o realizaciji naloge I/1/18). Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana: 104 str.

Žiža, V., 1997. C'era una volta la pesca. Falco 11, 79