



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 2025

Februar 2026

AVTORJI:

Francé, J., Orlando-Bonaca, M., Mavrič, B., Pitacco, V., Leban, N., Trkov, D. (2026): Zaključno poročilo o izvajanju monitoringa bioloških elementov kakovosti ekološkega stanja morja v 2025. Zaključno poročilo. Poročila **248**. Morska Biološka Postaja, Nacionalni Inštitut za Biologijo, Piran, 46 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, dr. Katja Klun,
dr. Branko Čermelj, Milijan Šiško, Simone Spinelli, Ana Fortič, Živa
Muhič, Slavica Nastić, Neža Leban, Tihomir Makovec, Tristan Bartole

KRAJ IN DATUM:

PIRAN, FEBRUAR 2026

Kazalo vsebine

1	UVOD	6
2	BIOLOŠKI ELEMENT: BENTOŠKI NEVRETEČARJI	7
2.1	Favnistika	7
2.2	Strukturni indeksi	8
2.3	Primerjava s podatki iz leta 2024	11
2.4	Primerjava podatkov 2024–2025 z letom 2011	13
2.5	Biotski indeks AMBI in multimetrični indeks M-AMBI	14
3	BIOLOŠKI ELEMENT: FITOPLANKTON	17
3.1	Biomasa fitoplanktona	17
3.2	Sestava fitoplanktonske združbe	21
4	BIOLOŠKI ELEMENT: MAKROALGE	24
5	BIOLOŠKI ELEMENT: KRITOSEMENKE	27
6	ŠKOCJANSKI ZATOK (SI5VT6)	33
6.1	Biološki element: fitoplankton	34
6.2	Biološki element: ribe	40
7	VIRI	44

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 leta 2025	10
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 leta 2025	10
Slika 3: nMDS izrisan na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti na podatkih iz leta 2025 transformiranih s kvadratnim korenom. Vzorci so grupirani na podlagi 30 % podobnosti	11
Slika 4: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na 10 obravnavanih mestih vzorčenja v posameznih sezonah v 2024 in 2025.....	12
Slika 5: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na 10 obravnavanih mestih vzorčenja v 2024 in 2025.....	12
Slika 6: nMDS izrisan na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti na podatkih iz let 2024 in 2025 transformiranih s kvadratnim korenom. Vzorci so grupirani na podlagi 30 % podobnosti	13
Slika 7: nMDS izrisan na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti na podatkih iz let 2011, 2024 in 2025 transformiranih s kvadratnim korenom. Vzorci so grupirani na podlagi 30 % podobnosti	14
Slika 8: Letna geometrična srednja vrednost koncentracij klorofila a s standardno deviacijo v površinskem vodnem sloju za leto 2025 na posameznih mestih vzorčenja. Dodani sta meji med zelo dobrim in dobrim ekološkim stanjem (zelena) ter med dobrim in zmernim ekološkim stanjem (rumena).....	19
Slika 9: Mesečne koncentracije klorofila a (vrednosti do LOD) na treh globinah posameznih mest vzorčenja v letu 2025. Na mestu vzorčenja 00ZM oktobra ni bilo meritev.	20

Slika 10: Mesečne abundance posameznih fitoplanktonskih skupin in celotnega fitoplanktona (št. celic/l) na treh globinah mesta vzorčenja 000F v letu 2025. Pozor na različne skale na y oseh za različne skupine	22
Slika 11: Zemljevid Škocjanskega zatoka (vodno telo SI5VT6) z vrisanimi mesti vzorčenja za biološke elemente kakovosti (stara poimenovanja).....	33
Slika 12: Koncentracija klorofila a (zgoraj) in skupna abundanca fitoplanktona (spodaj) na dveh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025	34
Slika 13: Abundanca fitoplanktona po skupinah na dveh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025.....	36

Kazalo tabel

Tabela 1: Številčnosti širših taksonov v vzorcih ločeno po sezonah vzorčenja in skupaj.....	7
Tabela 2: Številčnost in pogostost pojavljanja v vzorcih najbolj dominantnih taksonov.....	7
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	8
Tabela 4: Vrednosti indeksa AMBI in klasifikacija vpliva po vzorčnih mestih, ter relativne abundance posameznih ekoloških skupin, ki se uporabljajo pri izračunu	15
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 vrednosti	16
Tabela 6: Razredi kakovosti ekološkega stanja po modulu trofičnost, pripadajoče REK vrednosti in mejne vrednosti fitoplanktonske biomase za posamezen razred kakovosti	17
Tabela 7: Ekološko stanje morja na podlagi fitoplanktona v letu 2025 na posameznih mestih vzorčenja in vodnih telesih slovenskega morja; prikazane so letne geometrijske srednje vrednosti koncentracij klorofila a in pripadajoče vrednosti REK.....	19
Tabela 8: Letne geometrijske srednje vrednosti koncentracij klorofila a na posameznih mestih vzorčenja v obdobju 2017-2025; vrednosti so obarvane glede na pripadajoče ekološko stanje (modro - zelo dobro stanje, zeleno - dobro stanje)	19
Tabela 9: Razpon EEI-c in vrednosti REK za posamezne razrede kakovosti.	24
Tabela 10: Ocena ekološkega stanja makroalg v dveh sezonah v SI5VT5 v letu 2025.	25
Tabela 11: Povprečna ocena ekološkega stanja makroalg v letu 2025 in ekološko stanje vodnega telesa SI5VT5.	25
Tabela 12: Letno povprečje EEI-c vrednosti na mestih vzorčenja v SI5VT5 od 2006 do 2025 na podlagi rezultatov državnega monitoringa.	26
Tabela 13: Povprečne vrednosti pokrovnosti taksonov makroalg v dveh sezonah na mestih vzorčenja v SI5VT5 v 2025.	26
Tabela 14: Razpon za indeks MediSkew in vrednosti REK za posamezne razrede kakovosti.	27
Tabela 15: Minimalne in maksimalne dolžine fotosintetsko aktivnega dela listov kolenčaste cimodoceje, število izmerjenih listov, povprečne vrednosti, mediane in absolutna vrednost koeficienta asimetrije ln-transformiranih dolžin fotosintetsko aktivnega dela odraslih in srednjih listov na delovnih točkah mest vzorčenja v SI5VT5 in v Mesečevem zalivu. Z rdečo barvo je označena referenčna vrednost mediane za leti 2023 in 2024 ter število izmerjenih listov kolenčaste cimodoceje na mestu vzorčenja Cy4_b v letu 2025.....	29
Tabela 16: Vrednosti MediSkew indeksa za točke, mesta in travnik kolenčaste cimodoceje v SI5VT5 v letu 2025 in na referenčnem mestu MeZa v 2024.	30
Tabela 17: Vrednosti skupnega organskega ogljika (TOC) v vzorcih sedimenta na delovnih točkah Cy3_1 in Cy4_b_1, v travniku kolenčaste cimodoceje v vodnem telesu SI5VT5 v letu 2025.....	30

Tabela 18: Nabor šifrantov merilnih mest oz. mest vzorčenja.....	31
Tabela 19: Mesta vzorčenja bioloških elementov kakovosti v Škocjanskem zatoku v letu 2025 s koordinatami	33
Tabela 20: Najpogostejši taksoni najdeni v fitoplanktonskih vzorcih z dveh mest vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025 s frekvenco pojavljanja (%) in najvišjo zabeleženo abundanco (št celic/l)	37
Tabela 21: Rezultati posameznih metrik, ki sestavljajo MPI indeks za dve mesti vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025. Dodane so referenčne vrednosti (RC) za soroden tip lagun	38
Tabela 22: REK vrednosti za posamezne metrike in MPI za dve mesti vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025. Ekološko stanje je označeno z barvo: modro - zelo dobro stanje, zeleno - dobro stanje, rumeno - zmerno stanje. *Opomba: REK za MPI z uporabo vseh metrik je bil izračunan tako, da je bil REK (Menhinick) za SKO1 zaokrožen na 1 (najvišja možna vrednost).....	39
Tabela 23: Mejne vrednosti razredov kakovosti ekološkega stanja za indeks MPI in njegove posamezne metrike.....	39
Tabela 24: Okoljski parametri izmerjeni ob vzorčenju rib v Škocjanskem zatoku v jeseni 2024 in spomladi 2025	40
Tabela 25: Meje razredov kakovosti ekološkega stanja za indeks HFBI (Habitat Fish Bio Indicator)(ISPRA, 2023)	41
Tabela 26: Vrednosti indeksa HFBI na mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku glede na obdobje vzorčenja.	42

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. Ker so v Uredbo o okoljskem stanju morskih voda v okviru deskriptorja D5 vključene tudi kritosemenke, smo v letu 2025 pričeli izvajati tudi spremljanje stanja kritosemenk, čeprav v preteklosti niso bile vključene v program spremljanja. 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 2025 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 transektih Piran in Savudrija ter vzorčenje in analize za vrednotenje stanja na podlagi makroalg in kritosemenk v SI5VT5. 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 morsko strategijo (Direktiva 2008/56/ES).

V letu 2025 smo nadaljevali tudi vzorčenja in analize v MPVT Škocjanski zatok (vodno telo SI5VT6). V skladu s strokovnimi podlagami (Knehtl in Leban, 2023) smo nadaljevali z mesečnimi vzorčenji in analizami fitoplanktona, vendar le na dveh vzorčnih mestih, opravili pa smo tudi spomladansko vzorčenje rib, saj ga leta 2024 zaradi logističnih težav nismo izvedli.

2 Biološki element: bentoški nevretenčarji

2.1 Favnistika

V letu 2025 smo za potrebe razvoja metodologije vrednotenja ekološkega stanja slovenskega morja z bentoškimi nevretenčarji v cirkalitoralu vzorčili bentoške nevretenčarje na petih vzorčnih mestih (V50MA, V5TP2, V1TP3, V1TS1, V1TS2) (Tabela 18). 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 4131 osebkov in določili 257 taksonov. Največji delež abundance so s 53 % predstavljali mnogoščetinci, sledijo mehkužci (34 %), členonožci (6 %) in iglokožci (4%) (Tabela 1). Najštevilčnejša vrsta je bila školjka *Timoclea ovata* (21 %), ki se je pojavila v 73 % vzorcev. Sledijo mnogoščetinci iz rodu *Lumbrineris* (9 %), ki so se pojavljali v vseh vzorcih, v 97% vzorcev pa smo zabeležili tudi mnogoščetinca *Pseudoleiocardia fauveli*, ki pa je imel le 5 % relativno abundanco (Tabela 2).

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

	združeno		jesen		pomlad	
	abundanca	abundanca %	abundanca	abundanca %	abundanca	abundanca %
Annelida	2205	53	1048	56	1157	52
Arthropoda	245	6	102	5	143	6
Mollusca	1404	34	625	33	779	35
Echinodermata	168	4	46	2	122	5
ostalo	109	3	65	3	44	2
skupaj	4131	100	1886	100	2245	100

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

	abundanca	abundanca (%)	pogostost pojavljanja v vzorcih (%)
<i>Timoclea ovata</i>	847	21	73
<i>Lumbrineris</i> spp.	383	9	100
<i>Aponuphis brementi</i>	282	7	80
<i>Varicorbula gibba</i>	252	6	90
<i>Pseudoleiocardia fauveli</i>	206	5	97
<i>Ophiothrix quinquemaculata</i>	108	3	53
<i>Levinsenia gracilis</i>	97	2	67
<i>Abyssoninoe</i> spp.	95	2	83
<i>Sabellidae</i>	76	2	63
<i>Apseudopsis latreillii</i>	62	2	57
<i>Nucula nitidosa</i>	62	2	73
<i>Levinsenia</i> spp.	57	1	50
ostalo	1604	39	
skupaj	4131	100	

2.2 Strukturni indeksi

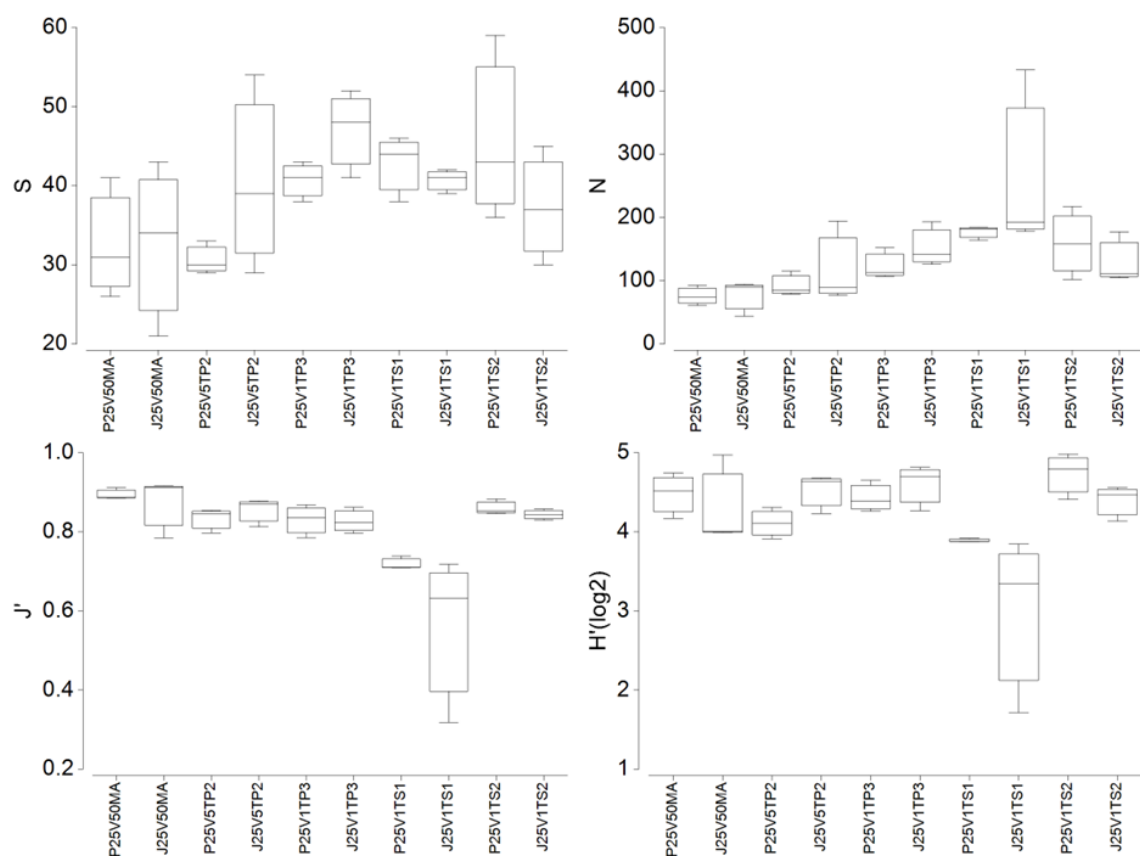
Na podlagi rezultatov o taksonomski sestavi in številčnosti smo za posamezne vzorce ter za povprečne vrednosti po vzorčnem mestu, sezoni (pomlad, jesen) in transektu (Piran, Savudrija) izračunali osnovne strukturne indekse (Tabela 3, Slika 1, Slika 2). Izračunali smo tudi indeks podobnosti Bray-Curtis ter rezultate prikazali z metodo NMDS (Slika 3).

Rezultati kažejo, da se vrstna pestrost med vzorčnimi mesti ali sezonama ni statistično značilno razlikovala. Vzorčno mesto V1TS1 se od drugih mest razlikuje glede na nekatere strukturne indekse. Vrednosti indeksa enakomernosti porazdelitve (evenness index) in Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (J' in H') na vzorčnem mestu V1TS1 so v povprečju najnižje kot na drugih vzorčnih mestih, medtem ko so vrednosti številčnosti (N) najvišje med vsemi. Razlog za to je dominanca školjke *Timoclea ovata* na tem mestu, predvsem v jesenskih vzorcih. Te razlike so statistično značilne ($p < 0,05$). Vrednosti drugih indeksov so primerljive in med njimi ni statistično značilnih razlik. Edina izjema je številčnost na mestu V50MA, ki je statistično značilno nižja kot na mestih V1TS1, V1TS2 in V1TP3 ($p < 0,05$). Slika je nekoliko drugačna pri indeksu podobnosti Bray-Curtis. Tukaj je vzorčno mesto V50MA na prikazu NMDS jasno ločeno od drugih mest (30 % podobnost). Ta razlika je predvsem posledica odsotnosti vrst *Timoclea ovata* in *Aponuphis brementi* ter večje številčnosti *Terebellides stroemi*, *Varicorbula gibba* in *Praxillella gracilis*, na mestu V50MA (SIMPER). Na mestu V50MA so se spomladanski vzorci razlikovali od jesenskih, medtem ko pri ostalih vzorcih razlik med sezonama nismo zaznali. Ta razlika je predvsem posledica odsotnosti vrst *Terebellides stroemi*, *Maldane glebifex* in *Phtisica marina* ter večje številčnosti vrsta *Varicorbula gibbula* v jesenskih vzorcih (SIMPER).

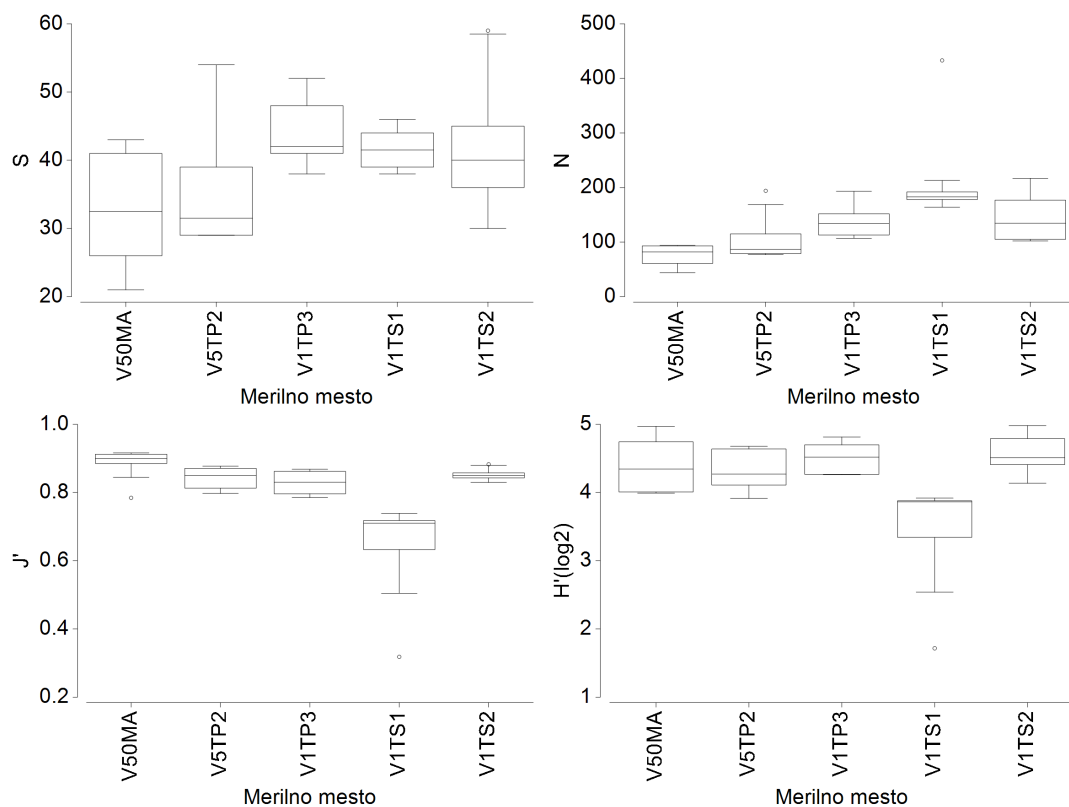
Tabela 3: Pregled pestrosti taksonov (S - število taksonov), abundance (N), Pieloujevega indeksa (J') in Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (H') po vzorcih, vzorčnih mestih, transektih in sezonah

Transekt	VM ARSO	Vzorec	S	N	J'	$H'(\log_2)$
Piran	V50MA	P25_V50MA_1	26	61	0.89	4.17
	V50MA	P25_V50MA_2	41	93	0.89	4.74
	V50MA	P25_V50MA_3	31	74	0.91	4.52
		V50MA	33	76	0.89	4.48
	V5TP2	P25_V5TP2_1	29	79	0.85	4.11
	V5TP2	P25_V5TP2_2	30	115	0.80	3.91
	V5TP2	P25_V5TP2_3	33	85	0.85	4.31
		V5TP2	31	93	0.83	4.11
	V1TP3	P25_V1TP3_1	41	107	0.87	4.65
	V1TP3	P25_V1TP3_2	43	152	0.79	4.26
	V1TP3	P25_V1TP3_3	38	113	0.84	4.39
		V1TP3	41	124	0.83	4.43
Savudrija	V1TS1	P25_V1TS1_1	38	182	0.74	3.88
	V1TS1	P25_V1TS1_2	46	164	0.71	3.92
	V1TS1	P25_V1TS1_3	44	184	0.71	3.88
		V1TS1	43	177	0.72	3.89

	V1TS2	P25_V1TS2_1	43	158	0.88	4.79
	V1TS2	P25_V1TS2_2	59	217	0.85	4.98
	V1TS2	P25_V1TS2_3	36	102	0.85	4.41
		V1TS2	46	159	0.86	4.73
		Povprečje pomlad	39	126	0.83	4.33
Piran	V50MA	J25_V50MA_1	21	44	0.91	4.01
	V50MA	J25_V50MA_2	34	90	0.78	3.99
	V50MA	J25_V50MA_3	43	94	0.92	4.97
		V50MA	33	76	0.87	4.32
	V5TP2	J25_V5TP2_1	39	89	0.88	4.64
	V5TP2	J25_V5TP2_2	29	77	0.87	4.23
	V5TP2	J25_V5TP2_3	54	194	0.81	4.68
		V5TP2	41	120	0.85	4.52
	V1TP3	J25_V1TP3_1	41	126	0.80	4.27
	V1TP3	J25_V1TP3_2	52	193	0.82	4.70
	V1TP3	J25_V1TP3_3	48	142	0.86	4.81
		V1TP3	47	154	0.83	4.59
Savudrija	V1TS1	J25_V1TS1_1	41	192	0.72	3.85
	V1TS1	J25_V1TS1_2	39	178	0.63	3.34
	V1TS1	J25_V1TS1_3	42	433	0.32	1.72
		V1TS1	41	268	0.56	2.97
	V1TS2	J25_V1TS2_1	37	111	0.86	4.47
	V1TS2	J25_V1TS2_2	30	105	0.84	4.14
	V1TS2	J25_V1TS2_3	45	177	0.83	4.56
		V1TS2	37	131	0.84	4.39
		Povprečje jesen	40	150	0.79	4.16
		Skupno povprečje	39	138	0.81	4.24

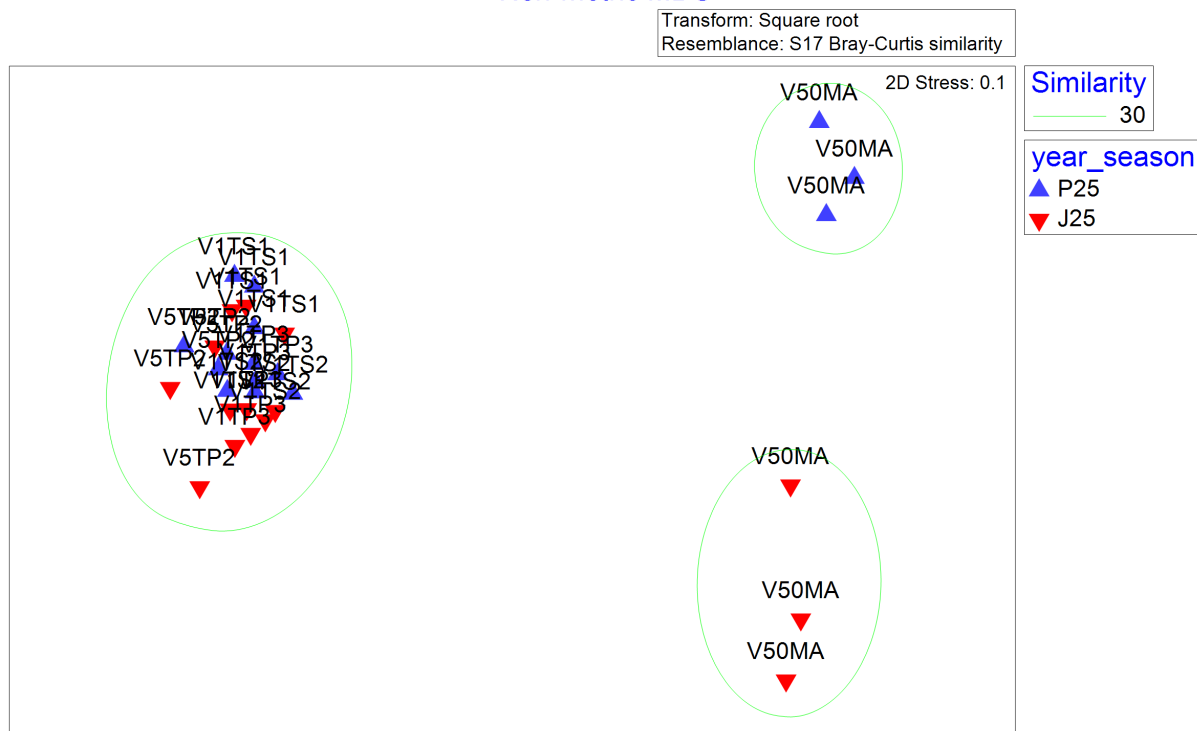


Slika 1: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na petih obravnavanih mestih vzorčenja v posameznih sezonah leta 2025



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 leta 2025

Non-metric MDS

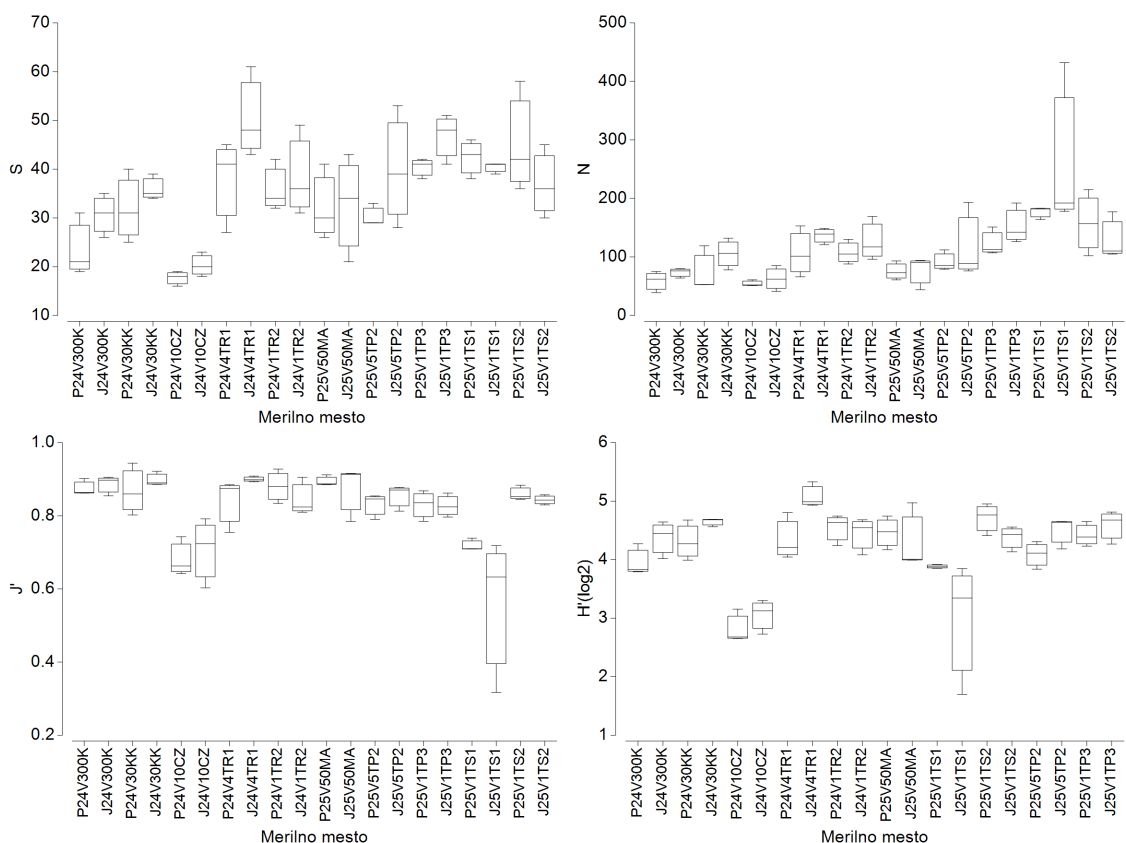


Slika 3: nMDS izrisan na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti na podatkih iz leta 2025 transformiranih s kvadratnim korenom. Vzorci so grupirani na podlagi 30 % podobnosti

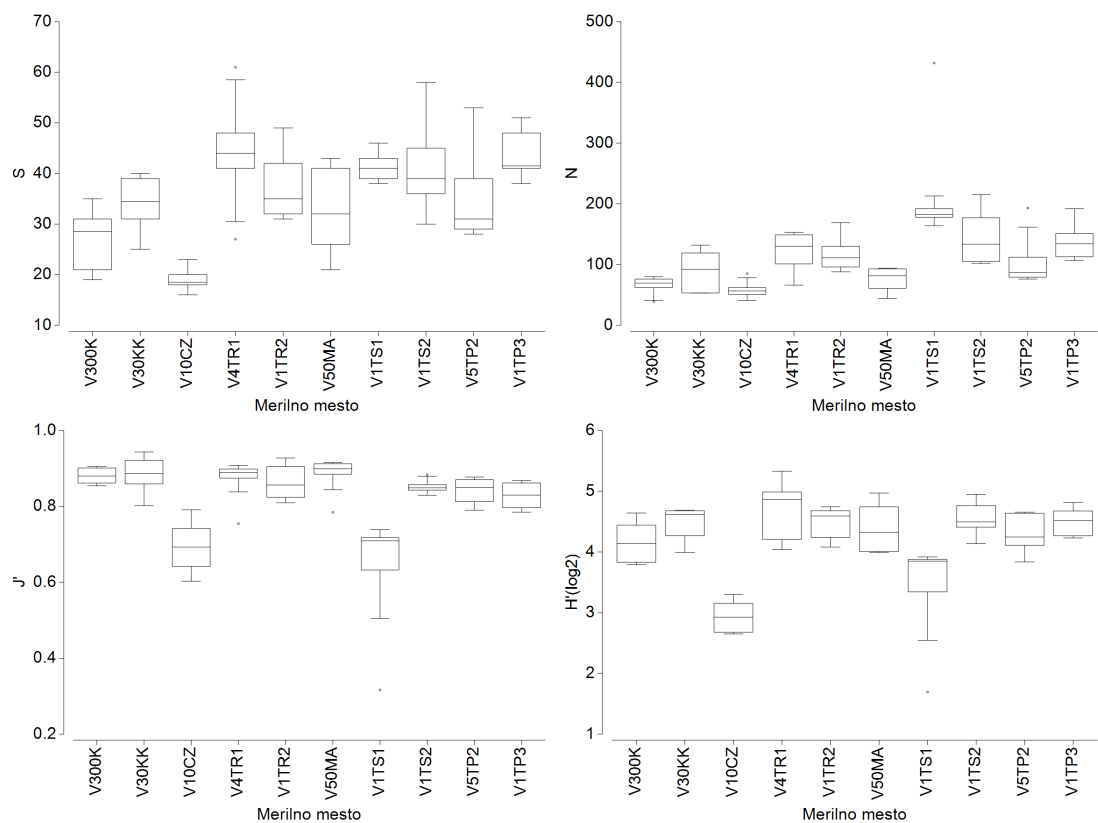
2.3 Primerjava s podatki iz leta 2024

Skupna analiza podatkov iz let 2024 in 2025, glede na strukturne indekse, je pokazala, da sta dve mesti izkazovali izrazito nižjo vrednost indeksa enakomerne razporeditve in Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa v primerjavi z ostalimi: mesto V10CZ, vzorčeno leta 2024, in mesto V1TS1, vzorčeno leta 2025 (Slika 4, Slika 5). Mesto V10CZ je imelo tudi najnižje vrednosti vrstne pestrosti in številčnosti, medtem ko je mesto V1TS1 izkazovalo bistveno višje vrednosti vrstnega bogastva in številčnosti. Na splošno med ostalimi mesti nismo zaznali statistično značilnih razlik v vrstni pestrosti, z izjemo mesta V300K, ki je imelo višje vrednosti kot mesto V10CZ, vendar nižje kot vsa druga mesta.

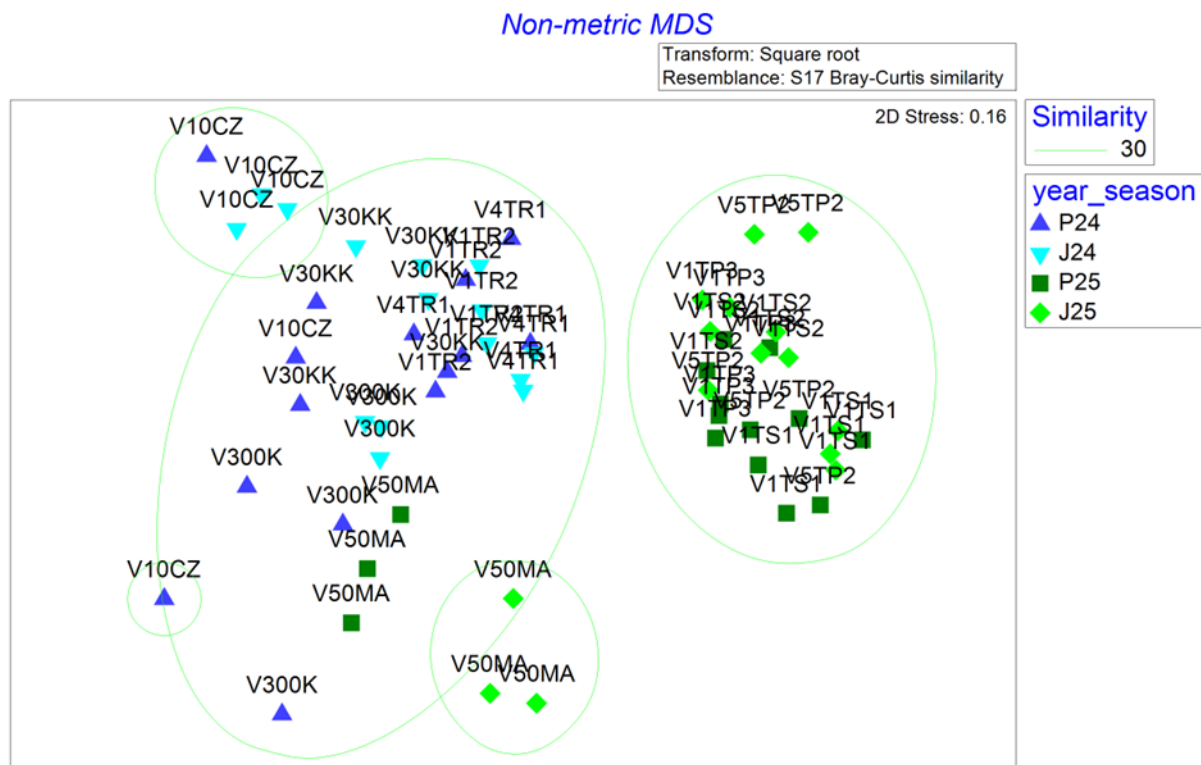
Slika je drugačna pri indeksu podobnosti Bray-Curtis. Mesta, spremljana leta 2025, so se jasno razlikovala od mest, spremljanih leta 2024, z izjemo mesta V50MA, ki je bilo sicer vzorčeno leta 2025, vendar se je na prikazu NMDS (Slika 6) združevalo z mesti iz leta 2024. Glede na analizo SIMPER k tem razlikam največ doprinesejo odsotnost vrste *Timoclea ovata*, večja številčnost vrst iz rodu *Ampelisca*, *Terebellides stroemi* in *Maldane glebifex* v vzorcih iz leta 2024 ter večje številčnosti *Aponuphis brementi* in *Varicorbula gibba* v vzorcih iz leta 2025. Razlog za razlike leži v veliki meri v količini pelita v sedimentu, ki je na območjih iz leta 2024 in na mestu V50MA, večje kot pa na preostalih, ki so posledično bolj peščena. Znotraj te skupine je opazno tudi dodatna strukturiranost, pri čemer izstopata predvsem mesti V10CZ in V50MA, deloma pa tudi V300K, ki bolj gravitira k mestu V50MA. Mesti V300K in V50MA sta bili z 16 m globine najbolj plitvi med vsemi. Vzorci, zbrani leta 2024, so se razlikovali tudi glede na sezono vzorčenja, medtem ko pri vzorcih, zbranih leta 2025, med sezonama ni bilo statistično značilnih razlik.



Slika 4: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na 10 obravnavanih mestih vzorčenja v posameznih sezonah v 2024 in 2025



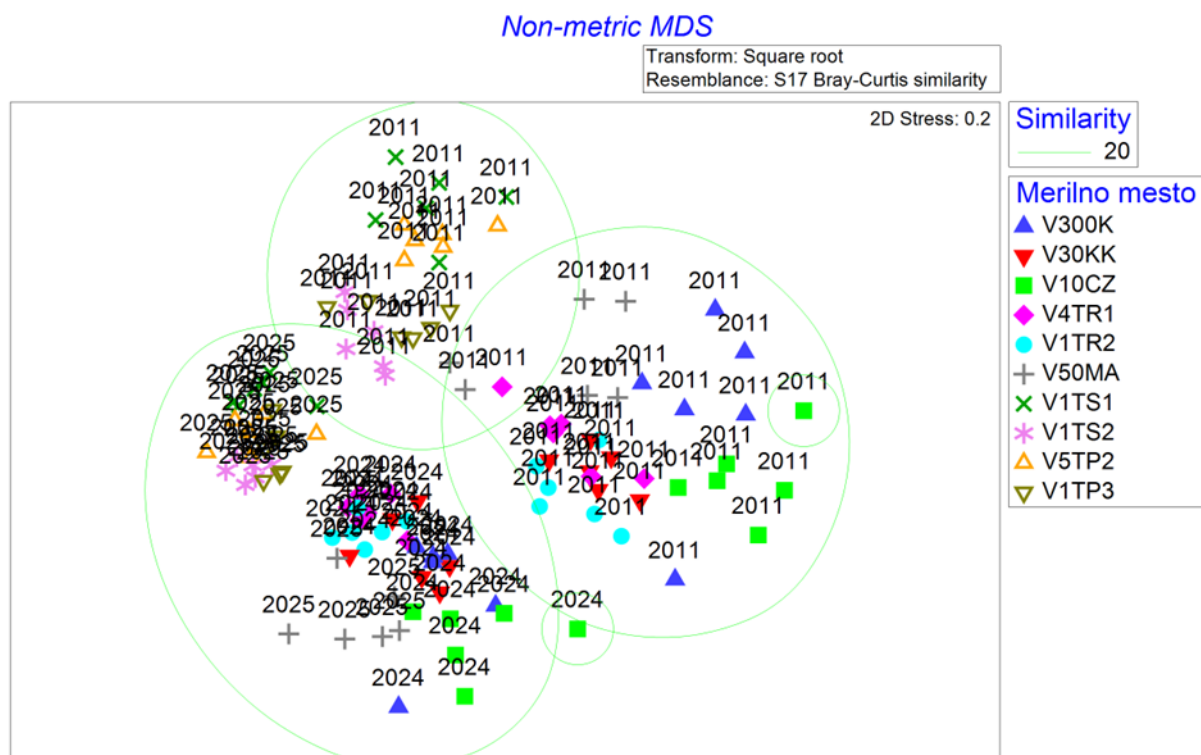
Slika 5: Grafikon kvantilov za vrstno pestrost (S - število vrst), abundanco (N), Pieloujev indeks enakomerne razporeditve (J') in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') na 10 obravnavanih mestih vzorčenja v 2024 in 2025



Slika 6: nMDS izris na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti na podatkih iz let 2024 in 2025 transformiranih s kvadratnim korenem. Vzorci so grupirani na podlagi 30 % podobnosti

2.4 Primerjava podatkov 2024–2025 z letom 2011

Mesta, spremljana leta 2011, so se jasno razlikovala od mest, spremljanih v letih 2024 in 2025, kar nakazuje na časovni trend. Ta razlika je gre predvsem na račun večje številčnosti vrst iz rodu *Lumbrineris*, *Pseudoleiocypris* *fauxi* in *Varicorbula gibba* v vzorcih iz leta 2024 in 2025 (SIMPER). Predvsem zadnji dve sta tudi pokazatelja organske obremenitve, pomanjkanja kisika in splošne nestabilnosti okolja. Hkrati je pri obeh setih opazna tudi prostorska razlika, saj so bila mesta V1TP3, V1TS2, V1TS1 in V5TP2, jasno ločena od ostalih mest, spremljanih v istem letu (Slika 7). Kot je bilo že povedano v prejšnjem poglavju, je to najverjetneje povezano s količino pelita v sedimentu.



Slika 7: nMDS izrisan na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti na podatkih iz let 2011, 2024 in 2025 transformiranih s kvadratnim korenem. Vzorci so grupirani na podlagi 30 % podobnosti

2.5 Biotski indeks AMBI in multimetrični indeks M-AMBI

Na podlagi preglednice taksonov in njihove številčnosti v posameznih vzorcih smo izračunali indeks AMBI (Borja in sod., 2000) ter multimetrični indeks M-AMBI (Muxika in sod., 2007), ki poleg indeksa AMBI upošteva tudi število taksonov in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks. Pri izračunu indeksa M-AMBI smo upoštevali italijanske referenčne vrednosti za Jadransko morje, ki so prikazane v Tabela 5. Rezultati na podlagi indeksa AMBI na splošno kažejo na rahlo moteno stanje (Tabela 4). Zanimivo je, da so bile najnižje vrednosti indeksa AMBI izračunane na vzorčnih mestih V10CZ in V1TS1 v obeh sezonah. Posebej izstopajo vrednosti jesenskega vzorčenja na mestu V10CZ (0,712) ter vrednosti obeh sezon na mestu V1TS1 (1,108 in 0,769), saj so bile najnižje med vsemi izračunanimi vrednostmi AMBI; ti vzorčni mesti sta bili tudi edini ocenjeni kot nemoteni. Delež občutljivih vrst prvega reda (ekološka skupina I) je v jesenskih vzorcih na mestu V10CZ znašal kar 70,1 %, medtem ko so oportunistične vrste (ekološki skupini IV in V) predstavljale le 2,7 %. Na mestu V1TS1 je delež občutljivih vrst prvega reda (ekološka skupina I) znašal 55,1 % v spomladanskih vzorcih in 74,5 % v jesenskih vzorcih, medtem ko so oportunistične vrste (ekološki skupini IV in V) predstavljale 7,7 % v spomladanskih in 5,1 % v jesenskih vzorcih.

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 (%)	Mean AMBI	Disturbance Clasification
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	29.6	25.2	9.2	7	1.9	1.914	Slightly disturbed
P_V1TR2	31.5	33.1	16.9	7.3	11.1	2.8	1.997	Slightly disturbed
J_V300K	34.7	32.9	19.7	6.1	6.6	3.2	1.753	Slightly disturbed
J_V30KK	50.8	25.7	16.2	5.6	1.7	4.1	1.209	Slightly disturbed
J_V10CZ	70.1	19	8.2	1.6	1.1	2.1	0.712	Undisturbed
J_V4TR1	43.8	25.6	13.2	8.4	9.1	3.4	1.71	Slightly disturbed
J_V1TR2	52.8	25.7	9.2	4.1	8.1	3.4	1.376	Slightly disturbed
P_V50MA	33	42.7	11	3.7	9.6	4	1.749	Slightly disturbed
P_V1TS1	55.1	25.6	11.5	5.6	2.1	2.6	1.108	Undisturbed
P_V1TS2	26.6	37.7	15.6	12.8	7.4	2.5	2.032	Slightly disturbed
P_V5TP2	42.4	33.9	11.1	5.2	7.4	1.8	1.512	Slightly disturbed
P_V1TP3	22.7	40.6	6.4	18.2	12.2	2.4	2.333	Slightly disturbed
J_V50MA	20.5	27	21.4	27.4	3.7	5.7	2.544	Slightly disturbed
J_V1TS1	74.5	15.2	5.2	3.8	1.3	2.4	0.769	Undisturbed
J_V1TS2	17.5	42	19.8	12.5	8.1	2.3	2.26	Slightly disturbed
J_V5TP2	49.4	35.6	8.6	3.4	2.9	2.8	1.21	Slightly disturbed
J_V1TP3	28.7	46.8	12.6	5.5	6.4	1.5	1.751	Slightly disturbed

Vrednosti indeksa M-AMBI so na splošno presegale 1, z izjemo vzorčnega mesta V10CZ, kjer je bila vrednost v obeh sezonah nekoliko nižja od 1 (Tabela 5). To je predvsem posledica vrednosti obeh strukturnih indeksov – števila taksonov in Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa – ki sta bila v obeh sezonah najnižja, medtem ko so bile po drugi strani vrednosti AMBI najvišje in so kazale na dobro stanje.

Vsa vzorčna mesta so bila na podlagi izračuna indeksa M-AMBI ocenjena kot zelo dobra. Enak rezultat smo dobili tudi pri združitvi podatkov o bentoških nevretenčarjih s transektov v Piranskem zalivu in pri Savudriji iz leta 2025 s podatki s transektov pri Kopru in Izoli, vzorčenih leta 2024.

Pri tem je treba poudariti, da smo kot osnovo za izračune uporabili italijanske referenčne vrednosti, ki očitno niso ustrezne. Po ustnih informacijah so italijanski kolegi že ugotovili, da te vrednosti niso primerne za Tržaški zaliv. Po njihovih podatkih bi morale biti vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa in števila taksonov na tem območju bistveno višje, zato so obstoječe referenčne vrednosti prenizke.

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 vrednosti

Sezona in vzorčno mesto	AMBI	H'	S	M-AMBI	Status
referenčne vrednosti	0.5	4	30	1	
P_V300K	1.54	4.59	46	1.02	High
P_V30KK	1.62	4.87	63	1.10	High
P_V10CZ	1.53	3.91	44	0.95	High
P_V4TR1	1.91	4.92	74	1.12	High
P_V1TR2	2.00	5.05	69	1.10	High
J_V300K	1.75	4.90	56	1.06	High
J_V30KK	1.21	5.10	63	1.16	High
J_V10CZ	0.71	3.45	41	0.98	High
J_V4TR1	1.71	5.47	90	1.25	High
J_V1TR2	1.38	4.89	68	1.15	High
P_V50MA	1.75	5.18	67	1.13	High
P_V1TS1	1.11	4.21	78	1.15	High
P_V1TS2	2.03	5.17	82	1.16	High
P_V5TP2	1.51	4.45	54	1.04	High
P_V1TP3	2.33	4.77	77	1.08	High
J_V50MA	2.54	4.95	65	1.03	High
J_V1TS1	0.77	2.88	73	1.05	High
J_V1TS2	2.26	4.88	72	1.08	High
J_V5TP2	1.21	5.20	85	1.26	High
J_V1TP3	1.75	5.07	85	1.19	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 2025 vzorčena na šestih mestih vzorčenja v petih vodnih telesih slovenskega morja (za šifre vodnih teles in mest vzorčenja glej Tabela 18). 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

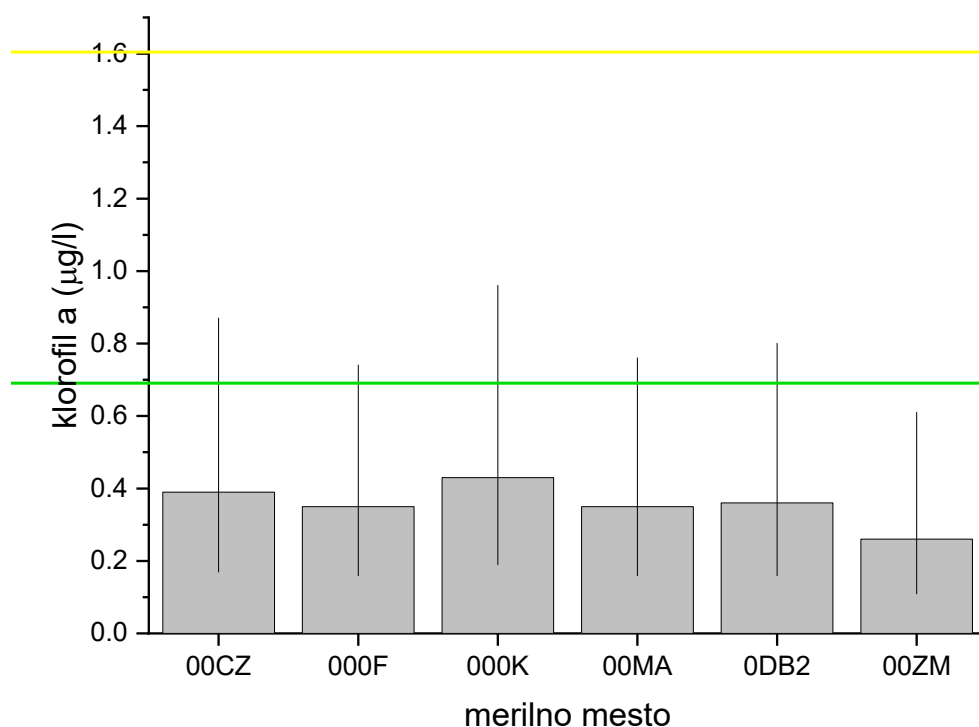
Za oceno ekološkega stanja po BEK fitoplankton se uporabi metrika **biomasa fitoplanktona izražena kot letna geometrična sredina koncentracij klorofila *a*** ($\mu\text{g/l}$) v površinskem vodnem sloju. Mejne vrednosti za razrede ekološke kakovosti so prikazane v spodnjem izseku iz Metodologije vrednotenja (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 2025 ponovno zelo nizke (od 0,26 do 0,43 $\mu\text{g/l}$; Tabela 7). Glede na višino so letne geometrične srednje vrednosti zelo podobne tistim iz leta 2023, glede na razlike med mesti vzorčenja pa tistim iz leta 2024. Najvišja letna klorofilna biomasa leta 2025 je bila na mestu vzorčenja 000K v SI5VT3 (0,43 $\mu\text{g/l}$; Slika 8). Mesto vzorčenja 000K leži znotraj Koprskega zaliva (močno

preoblikovano vodno telo) in je od obale oddaljeno 0,5 NM. Zaradi bližine izlivov rek Rižane in Badaševce, kakor tudi zaradi vpliva močno poseljene obale, kar vse vpliva na večji vnos hranilnih snovi v morje, to mesto vzorčenja spada med območja s pričakovanimi višjimi koncentracijami klorofila *a*. Malo nižja je bila geometrična srednja vrednost koncentracij klorofila *a* na mestu vzorčenja 00CZ v SI5VT1 (0,39 $\mu\text{g/l}$, Slika 8), pri kateri je, zaradi lege v osrednjem delu Tržaškega zaliva, vpliv izliva reke Soče (vsaj občasno) največji. Tri mesta vzorčenja so imela podobno, nekoliko nižjo geometrično srednjo vrednost klorofila *a*: na postaji ODB2 v SI5VT2 je bila ta 0,36 $\mu\text{g/l}$, na postajah 00MA v SI5VT5 in 000F v SI5VT4 pa 0,35 $\mu\text{g/l}$ (Slika 8). 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 ODB2, zato je podobnost med tema dvema mestoma vzorčenja nekoliko presenetljiva, čeprav se v zadnjih treh letih kar ohranja. Merilno mesto 000F leži znotraj obalnega morja, vendar zaradi svoje lege ni pod neposrednim vplivom sladkovodnih vnosov in drugih vplivov s kopnega, kar se odraža v nizki povprečni klorofilni biomasi, pa tudi v veliki prosojnosti vode. Zaradi teh lastnosti je bilo to merilno mesto izbrano kot referenčno. Najnižje letna geometrična srednja vrednost koncentracij klorofila *a* je bila v letu 2025 na mestu vzorčenja 00ZM v SI5VT1 (0,26 $\mu\text{g/l}$; Slika 8). Merilno mesto 00ZM leži v odprtem morju na skrajnem zahodnem robu slovenskega morja in Tržaškega zaliva. 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. Tu je bila letna geometrična srednja vrednost klorofila *a* nižja, kot je referenčna vrednost (0,33 $\mu\text{g/l}$, Tabela 6). V primerjavi z letom 2024, ko so imela vsa mesta vzorčenja veliko standardno deviacijo, ki je odražala precejšnjo variabilnost koncentracij klorofila *a* med meseci, je bila standardna deviacija leta 2025 na vseh mestih vzorčenja manjša in kaže na manjši razpon koncentracij klorofila *a* (Slika 8).



Slika 8: Letna geometrična srednja vrednost koncentracij klorofila *a* s standardno deviacijo v površinskem vodnem sloju za leto 2025 na posameznih mestih vzorčenja. Dodani sta meji med zelo dobrim in dobrim ekološkim stanjem (zelena) ter med dobrim in zmernim ekološkim stanjem (rumena)

Glede na nizke koncentracije klorofila *a* je bilo ekološko stanje obalnega morja na podlagi BEK fitoplankton v letu 2025 na vseh mestih vzorčenja ovrednoteno kot **zelo dobro** (Tabela 7, Slika 8). Razpon REK vrednosti je bil majhen, najnižja je bila ta na mestu vzorčenja 000K, najvišja pa na 00ZM. Tudi v vodnem telesu SI5VT1, ki vključuje mesti vzorčenja 00CZ in 00ZM, ki običajno kažeta različne trofične značilnosti, je bilo stanje ovrednoteno kot **zelo dobro** z letno geometrično srednjo vrednostjo klorofila *a* skoraj enako referenčni vrednosti - 0,32 µg/l).

Tabela 7: Ekološko stanje morja na podlagi fitoplanktona v letu 2025 na posameznih mestih vzorčenja in vodnih telesih slovenskega morja; prikazane so letne geometrijske srednje vrednosti koncentracij klorofila *a* in pripadajoče vrednosti REK

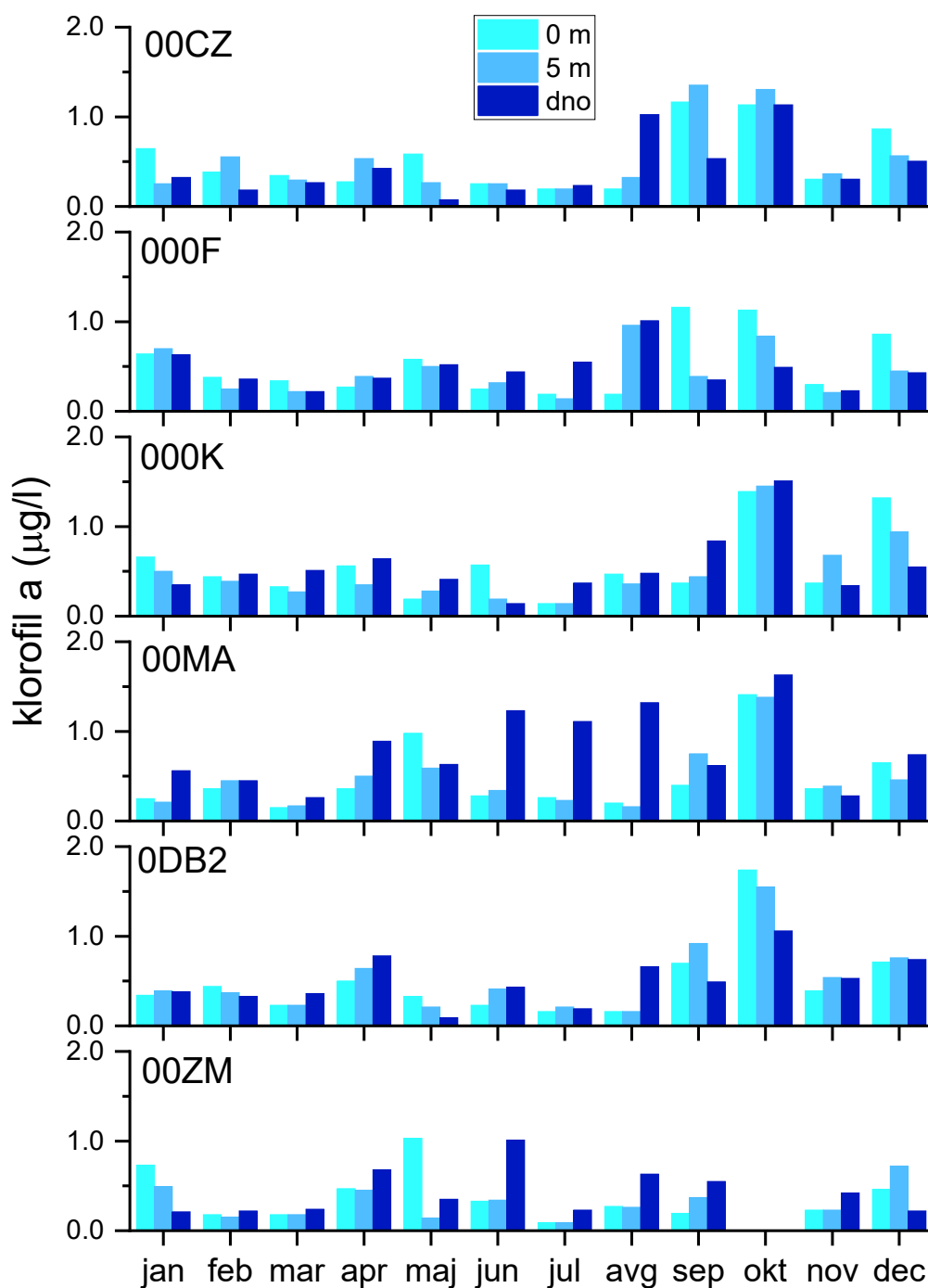
mesto vzorčenja	vodno telo	klorofil <i>a</i> (µg/l) letna geometrijska srednja vrednost	REK	ekološko stanje
0DB2	SI5VT2	0,36	0,96	zelo dobro
000K	SI5VT3	0,43	0,92	zelo dobro
000F	SI5VT4	0,35	0,97	zelo dobro
00MA	SI5VT5	0,35	0,97	zelo dobro
00CZ	SI5VT1	0,39	0,94	zelo dobro
00ZM	SI5VT1	0,26	1,00	zelo dobro
skupaj	SI5VT1	0,32	0,99	zelo dobro

Primerjava letnih koncentracij klorofila *a* v obdobju 2017–2025 kaže na precejšnja nihanja, vendar se koncentracije bolj ali manj spreminjajo tako, da se razlike med mesti vzorčenja ohranjajo, le z nekaj odstopanji. Ponovno lahko torej potrdimo, da je variabilnost med leti večja kot variabilnost med mesti vzorčenja (Tabela 8). V devetletnem obdobju lahko prepoznamo leta, za katera so značilne nekoliko višje koncentracije klorofila *a* (2017, 2020 in 2024), ki jim sledijo obdobja precejšnje oligotrofije.

Tabela 8: Letne geometrijske srednje vrednosti koncentracij klorofila *a* na posameznih mestih vzorčenja v obdobju 2017–2025; 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	2025
00CZ	SI5VT1	0,69	0,41	0,56	0,81	0,65	0,42	0,35	0,70	0,39
00ZM	SI5VT1			0,36	0,58	0,43	0,26	0,23	0,57	0,26
0DB2	SI5VT2	0,72	0,36	0,52	0,75	0,59	0,50	0,31	0,64	0,36
000K	SI5VT3	0,66	0,43	0,54	0,75	0,64	0,48	0,35	0,77	0,43
000F	SI5VT4	0,55	0,37	0,42	0,56	0,55	0,26	0,27	0,68	0,35
00MA	SI5VT5	0,63	0,33	0,49	0,64	0,55	0,34	0,38	0,65	0,35

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 2025 v vseh treh vodnih slojih so prikazane na Slika 9 (prikazane so izmerjene vrednosti do LOD).



Slika 9: Mesečne koncentracije klorofila *a* (vrednosti do LOD) na treh globinah posameznih mest vzorčenja v letu 2025. Na mestu vzorčenja 00ZM oktobra ni bilo meritev.

Letni potek mesečnih koncentracij klorofila *a* se sicer vsako leto spreminja, vendar v splošnem pričakujemo dva viška, spomladanskega in jesenskega. Nasprotno s tem pričakovanjem smo v letu 2025 zabeležili le slednjega, večinoma v oktobru (Slika 9). Žal na postaji 00ZM prav za mesec oktober nimamo meritev, kar je verjetno vplivalo tudi na nekoliko nižjo vrednost REK. Najnižje izmerjene koncentracije klorofila *a* so bile pod LOQ, in sicer od 0,21 do 0,14 µg/l, najvišja izmerjena koncentracija pa je bila izmerjena oktobra v površinskem sloju mesta vzorčenja ODB2 (1,74 µg/l). Spomladi, ko bi pričakovali prvi letni višek klorofilne biomase se koncentracije klorofila *a* večinoma gibale med 0,4 in 0,5 µg/l, izjema so površinske vrednosti maja na mestih vzorčenja 00MA in 00ZM, ko so bile koncentracije klorofila *a* okoli 1 µg/l. Nasprotno smo jesenski višek zabeležili na vseh mestih vzorčenja, večinoma se je izrazil enakomerno po celotnem vodnem stolpcu, vendar nikjer ni presegel 2 µg/l. Najnižje koncentracije klorofila *a* so bile povsod izmerjene v poletnih mesecih v površinskem in 5-m sloju. Podobno kot leta 2024 so bile visoke pridnene vrednosti izmerjene na mestu vzorčenja 00MA, kjer so večinoma presegale vrednosti v zgornjih vodnih slojih, podobno pa je bilo tudi na postajah 000K in 00ZM. V poletnem času je sicer višja klorofilna biomasa v pridnenem sloju pričakovana in je posledica razslojenosti vodnega stolpca, saj se fitoplankton akumulira v pridnenem sloju, poleg tega pa prihaja do fizioloških prilagoditev celic fitoplanktona na nižjo svetlobno intenziteto.

3.2 Sestava fitoplanktonske združbe

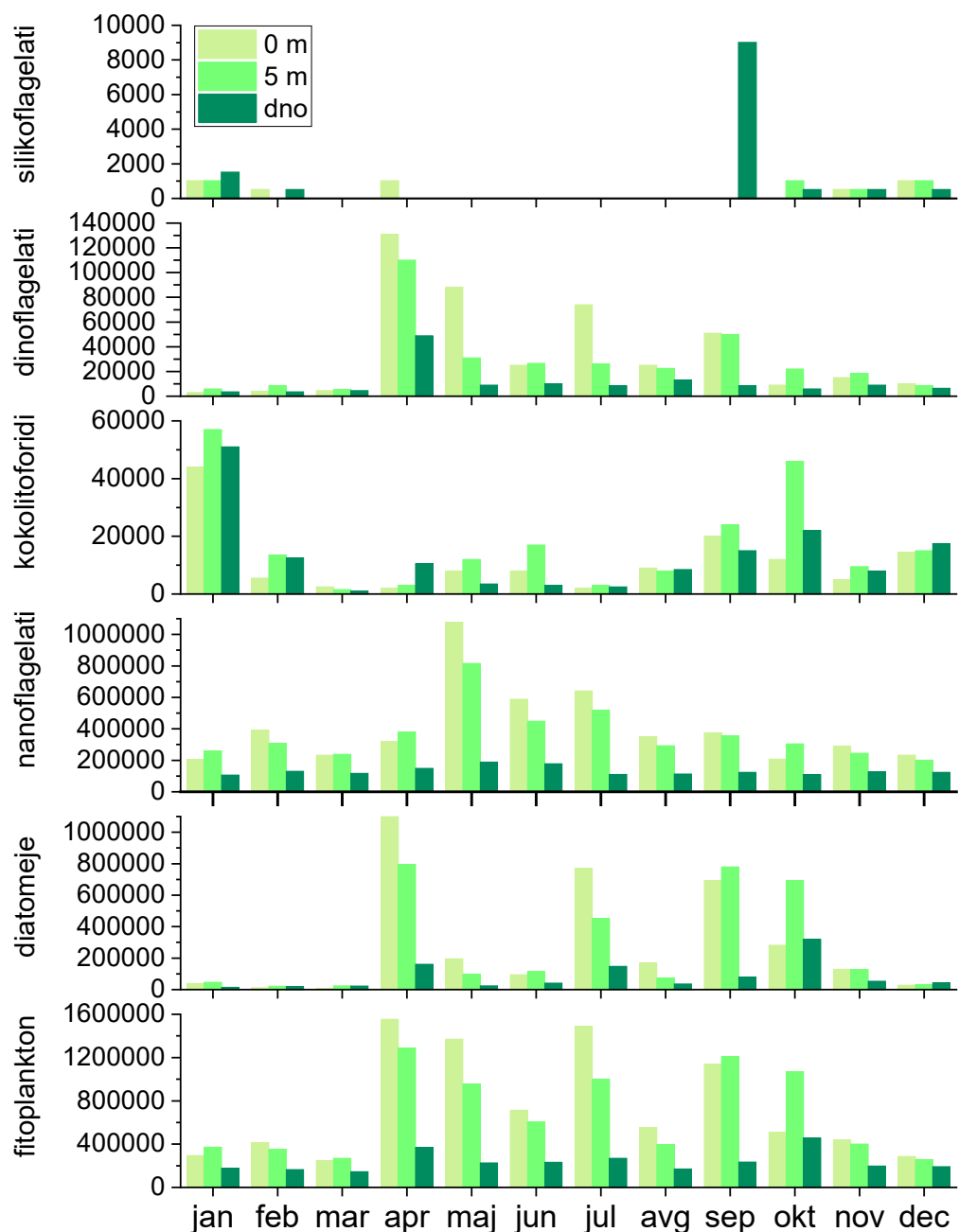
Abundance fitoplanktona na mestu vzorčenja 000F so bile v letu 2025 v povprečju nižje kot leta 2024, pa tudi časovna dinamika je bila precej drugačna in se v nasprotju z letom 2024 ni skladala z dinamiko klorofila *a*. Abundanca celotnega fitoplanktona se je leta 2025 povišala trikrat (Slika 10). Prvi višek je bil aprila in maja, ko so bile abundance v površinskem in 5-metrskem vodnem sloju od 956.000 do 1.554.000 celic/l. Drugi višek je bil julija, ko je abundanca v površinskem vodnem sloju narasla do 1.487.000 celic/l. Jesenski višek, ki se je najbolj ujemal z viškom klorofila *a* septembra v površinskem in 5-metrskem vodnem sloju (do 1.210.000 celic/l) in oktobra v 5-metrskem sloju (1.067.000 celic/l). V obdobjih med viški, še zlasti pozimi in pozno jeseni, je bila skupna abundanca fitoplanktona zelo nizka (pod 300.000 celic/l). V pridnenem sloju so bile abundance fitoplanktona vedno nizke, v povprečju okrog 230.000 celic/l, brez izrazitih viškov. Dinamiki abundanc in klorofilne biomase v različnih vodnih slojih se le redkokdaj ujemata, še posebej je to neujemanje izrazito pri nizkih povprečnih koncentracijah klorofila *a*. Do tega neujemanja pride zaradi različnega prispevka fitoplanktonskih vrst k biomasi fitoplanktona, predvsem zaradi širokega velikostnega razpona fitoplanktonskih celic (< 1 µm do > 1 mm). Poleg tega je tudi vsebnost klorofila *a* pri vrstah različna, odvisna tudi od življenjske faze, v kateri se celice nahajajo v času vzorčenja.

Najštevilčnejša skupina v fitoplanktonu so bili večino časa nanoflagelati, kar je značilno za fitoplanktonsko združbo Tržaškega zaliva. Največji delež so imeli nanoflagelati februarja in marca (do 95 %, ko je bila skupna abundanca fitoplanktona sicer nizka, višek abundance nanoflagelatov pa je nastopil maja, ko je v površinskem sloju bilo 1.078.000 celic/l. Po majskem višku je abundanca nanoflagelatov ostala nekoliko povišana še do julija, nato pa upadla na nizke vrednosti podobne zimskim. Povprečna abundanca nanoflagelatov je bila sicer v letu 2025 nižja (okoli 300.000 celic/l) kot leto poprej (okoli 400.000 celic/l), vendar podobna kot v letih 2022 in 2023.

Tri viške celotnega fitoplanktona, z izjemo meseca maja, so odražale diatomeje: najvišjo abundanco so diatomeje dosegle aprila v površinskem vodnem sloju (1.099.000 celic/l), julija se je ta povečala do 770.000 celic/l, zgodaj jeseni (septembra in oktobra) pa do 780.000 celic/l v 5-metrskem sloju. Le jesenski višek se je sicer odrazil tudi na klorofilu *a*. Med vsemi viški je bil delež diatomej v skupni abundance fitoplanktona višji od 50 %, najvišji pa je bil prav med majskim viškom (71 %). V ostalih

mesecih so bile abundance diatomej izjemno nizke, še posebej pozimi (okoli 23.000 celic/l) in jeseni (okoli 40.000 celic/l), kar je precej manj kot leta 2024. Tudi dinamika diatomej v letu 2025 potrjuje, da je ta časovno najbolj variabilna, saj ima skoraj vsako leto drugačen sezonski potek.

Zelo nizke zimske (<5.000 celic/l) in jesenske (okoli 11.000 celic/l) abundance so imeli tudi dinoflagelati, medtem ko so bile spomladanske in poletne abundance višje kot prejšnja leta. Aprila so se dinoflagelati namnožili in v površinskem sloju dosegli 131.000 celic/l. V površinskem vodnem sloju so bile abundance dinoflagelatov visoke še maja, julija in septembra, od 51.000 do 88.000 celic/l.



Slika 10: Mesečne abundance posameznih fitoplanktonskih skupin in celotnega fitoplanktona (št. celic/l) na treh globinah mesta vzorčenja 000F v letu 2025. Pozor na različne skale na y oseh za različne skupine

Abundance kokolitoforid so bile leta 2025 primerljive s tistimi leta 2024, tako visokih abundanc kot med viški v letih 2022 in 2023 pa niso dosegle. Najvišjo abundanco smo zabeležili januarja 2025 v vseh treh vodnih slojih (od 44.000 do 57.000 celic/l), ko je bil tudi delež kokolitoforid v celotnem fitoplanktonu za to skupino zelo visok (od 15 do 29 %). Ponovno so se abundance kokolitoforid povišale še septembra in oktobra, ko je bilo v 5-metrskem sloju 46.000 celic/l. Daleč največji delež je, kot običajno, predstavljala majhna kozmopolitska vrsta *Gephyrocapsa huxleyi* (staro ime *Emiliana huxleyi*).

Med fitoplanktonskimi skupinami, ki jih obravnavamo, imajo vedno najnižje abundance silikoflagelati; leta 2025 so se, kot običajno, pojavljale v hladnejšem delu leta z abundancami do 2.000 celic/l. Za to skupino precej visoko abundanco smo zabeležili v pridenem sloju septembra 2025, ko je bila abundanca vrste *Dictyocha fibula* kar 9.000 celic/l. Poleg te vrste se je pojavljala le še vrsta *Dictyocha speculum*.

Kot že nekaj let, niti leta 2025 v fitoplanktonski združbi za kakšno vrsto ali rod nismo zabeležili milijonskih vrednosti abundance, pri katerih običajno začnemo govoriti, da določena vrsta »zacveti«. Najbližje temu je bil diatomejski rod *Cyclotella*, katerega abundanca je bila ob aprilskem višku 803.000 celic/l v površinskem vodnem sloju. Druga dva rodova z najvišjimi abundancami sta bila, kot je za fitoplanktonsko združbo Tržaškega zaliva značilno, diatomejska rodova *Chaetoceros* in *Pseudonitzschia*: najvišja abundanca prvega je julija presegla 540.000 celic/l, drugega pa septembra in oktobra prav tako od 500.000 do 600.000 celic/l, kar je podobno kot leta 2024 in precej več kot v letih 2022 in 2023. Med septembrskim viškom sta imeli nekoliko povečane abundance še vrsti *Leptocylindrus danicus* (do 49.000 celic/l) in *Cerataulina pelagica* (do 48.000 celic/l), druge vrste in rodovi diatomej pa niso presegli 40.000 celic/l.

Med dinoflagelati je zelo visoke abundance dosegla vrsta *Prorocentrum cordatum*, ki je s 111.000 celic/l predstavljala 85 % delež vseh dinoflagelatov v aprilskem višku. Med ostalimi viški dinoflagelatov so bili, kot običajno, najbolj številčni goli dinoflagelati, ki jih je izjemno težko določiti do vrste in jih beležimo kot rodova *Gymnodinium* in *Gyrodinium* (do 35.000 celic/l), in vrste iz skupine *Heterocapsa*, ki so prav tako težavne za določanje (do 37.000 celic/l).

Čeprav so bile abundance in tudi biomasa fitoplanktona leta 2025 bolj podobne tistim v sušnih letih, lahko vsaj za jesenski višek rečemo, da je posledica obilnih padavin nad Istro, ki so povzročile razlivanje in celo poplavljanje rek Rižane, Badaševce in Dragonje (vir ARSO).

4 Biološki element: makroalge

V okviru monitoringa makroalg v vodnem telesu SI5VT5 smo v letu 2025 upoštevali 3 mesta vzorčenja (Por1, Por2 in Se1; Tabela 18). Opravili smo 2 terenska dneva, prvega v pomladnem obdobju (28. 5. 2025) in drugega v pozno poletnem obdobju (11. 9. 2025). 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 infralitoralno 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 2025 se je ocena ekološkega stanja za vsa mesta vzorčenja v vodnem telesu SI5VT5 razlikovala med pomladjo in jesenjo (Tabela 10). Kot je znano, se ekološko stanje makroalg v jesenskem obdobju praviloma izboljša. V pomladnem obdobju so v vzorcih iz vodnega telesa SI5VT5 najvišjo pokrovnost dosegale vrste *Dictyota dichotoma*, *Halopteris scoparia* in *Sphacelaria* spp., ki spadajo v skupino ESG II). Jeseni pa je višjo pokrovnost dosegala vrsta *Padina pavonica* (ESG I), v nekaterih vzorcih z mest vzorčenja Por2 in Se1 pa tudi vrste iz rodu *Gelidium* in *Sphacelaria*. Ker je v posameznem letu priporočljivo izvesti vsaj dve vzorčnji, se za vsako mesto vzorčenja izračuna letno povprečje vrednosti indeksa EEI-c, iz katerega se nato določi REK vrednosti Indeksa vrednotenja ekološkega stanja (Tabela 11). Dobljena vrednost se primerja z mejnimi vrednostmi razredov kakovosti (Tabela 9).

Tabela 10: Ocena ekološkega stanja makroalg v dveh sezonah v SI5VT5 v letu 2025.

	Por1 pomlad			Por2 pomlad			Se1 pomlad		
ESG I	15,80	15,20	6,80	7,80	6,60	7,80	7,60	10,60	9,60
ESG II	47,40	33,80	40,80	54,60	22,20	46,00	26,00	22,20	30,40
EEl-c vzorca	3,73	4,49	3,35	2,71	4,55	3,14	4,36	4,90	4,24
EEl-c mesta	3,8539			3,4652			4,4990		
	Por1 jesen			Por2 jesen			Se1 jesen		
ESG I	37,40	63,00	33,80	34,20	16,60	9,00	22,40	18,20	25,40
ESG II	8,80	20,60	36,20	19,80	39,60	17,20	15,20	16,00	14,40
EEl-c vzorca	2,22	2,92	6,29	8,47	8,91	6,85	9,10	8,21	7,99
EEl-c mesta	7,5788			5,4542			6,4028		

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 2025 in ekološko stanje vodnega telesa SI5VT5.

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
SI5VT5	Por1	720,62	5,7164	0,4645	4119,34	8394,74	1535,76	5,47	0,43
	Por2	169,34	4,4597	0,3075	755,21				
	Se1	645,80	5,4509	0,4314	3520,19				

Ekološko stanje na podlagi makroalg smo v vodnem telesu SI5VT5 nazadnje ocenili leta 2020. Od takrat se je ocena ekološkega stanja na vseh mestih vzorčenja poslabšala za en kakovostni razred, in sicer iz dobrega v zmerno stanje (Tabela 12). Prav tako se je poslabšalo ekološko stanje celotnega vodnega telesa SI5VT5, iz dobrega v **zmerno**, kar odražajo tudi vrednosti indeksa EEl-c (6,26 v letu 2020 in 5,47 v letu 2025).

Tabela 12: Letno povprečje EEI-c vrednosti na mestih vzorčenja v SI5VT5 od 2006 do 2025 na podlagi rezultatov državnega monitoringa.

EEI-c											
Vodno telo	Mesto	2006	2007	2008	2010	2013	2015	2018	2020	2025	povprečje
SI5VT5	Por1	4,23		5,28	5,81	2,99		6,24	6,23	5,72	5,21
	Por2	7,88	8,22	6,44	6,21	5,80	4,73	8,31	6,65	4,46	6,52
	Se1	2,25	5,43	3,25	5,85	3,27	3,79	7,26	6,19	5,45	4,75

Iz Tabela 12 je še razvidno, da se je stanje na vseh mestih vzorčenja v vodnem telesu SI5VT5 v obdobju od 2015 do 2018 izboljšalo, nato pa se je v obdobju od 2020 do 2025 poslabšalo za en kakovostni razred. Vzroke za slabše stanje v letu 2025 na vseh mestih vzorčenja gre poiskati predvsem v nizki pokrovnosti rjave alge *P. pavonica* (Tabela 13), ki je bila v letu 2020 dominantna v vseh jesenskih vzorcih, ter v višji pokrovnosti vrst *Halopteris scoparia* in *Sphacelaria* spp. v letu 2025.

Tabela 13: Povprečne vrednosti pokrovnosti taksonov makroalg v dveh sezonah na mestih vzorčenja v SI5VT5 v 2025.

Taxon	ESG	Por1 pomlad	Por2 pomlad	Se1 pomlad	Por1 jesen	Por2 jesen	Se1 jesen
<i>Padina pavonica</i>	IB	10,00	4,00	7,33	37,67	18,67	24,67
<i>Nanozostera noltei</i>	IB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
<i>Acetabularia acetabulum</i>	IC	0,33	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Flabellia petiolata</i>	IC	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Hildenbrandia crouaniorum</i>	IC	1,67	0,00	0,00	0,67	0,00	0,33
<i>Hydrolithon</i> spp.	IC	0,00	0,00	0,00	17,67	6,00	2,00
<i>Jania virgata</i>	IC	3,33	3,33	5,33	2,67	0,00	0,00
<i>Lithophyllum</i> spp.	IC	1,00	0,67	0,00	1,00	1,00	0,00
<i>Peyssonnelia polymorpha</i>	IC	1,33	1,00	0,33	0,00	1,33	0,67
<i>Peyssonnelia squamaria</i>	IC	0,00	0,00	0,00	2,33	0,00	0,33
<i>Alsidium corallinum</i>	IIA	0,00	1,33	0,67	0,67	0,00	1,00
<i>Asparagopsis armata</i> (faza <i>Falkenbergia</i>)	IIA	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
<i>Dictyota dichotoma</i>	IIA	10,67	13,33	9,00	1,00	0,00	0,33
<i>Dictyota implexa</i>	IIA	2,33	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gelidiella</i> sp.	IIA	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
<i>Gelidium</i> spp.	IIA	2,33	3,67	3,33	2,00	17,00	7,00
<i>Halopteris scoparia</i>	IIA	18,33	10,67	4,00	0,00	0,00	0,00
<i>Sphacelaria</i> spp.	IIA	15,00	5,00	12,00	2,67	4,33	9,00
<i>Zanardinia typus</i>	IIA	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceramium</i> spp.	IIB	0,00	0,00	0,00	0,00	2,33	0,00
<i>Cladophora prolifera</i>	IIB	0,00	5,00	1,00	2,67	0,67	1,33
<i>Cladophora</i> spp.	IIB	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
<i>Penicillus capitatus</i>	IIB	0,33	7,67	0,00	11,00	0,67	0,00
<i>Polysiphonia</i> spp.	IIB	0,33	0,00	2,00	0,33	2,00	0,00
<i>Valonia utricularis</i>	IIB	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00

5 Biološki element: kritosemenke

Monitoring in vrednotenje stanja na podlagi kritosemenk sta bila vključena v presojo stanja posameznega vodnega telesa za potrebe izvajanja Uredbe o izvajanju Sklepa (EU) o merilih in metodoloških standardih na področju dobrega okoljskega stanja morskih voda ter specifikacijah in standardiziranih metodah za spremljanje ter presojo in razveljavitvi Sklepa 2010/477/EU.

V okviru monitoringa kritosemenk v vodnem telesu SI5VT5 smo v letu 2025 vključili dve mesti vzorčenja kolenčaste cimodoceje, *Cymodocea nodosa* (Cy3 in Cy4; Tabela 18). Mesti sta bili nazadnje vzorčeni leta 2009 v okviru začetne presoje stanja slovenskega morja (Orlando-Bonaca in sod., 2012) in predlagani za monitoring kritosemenk v okviru stalne presoje okoljskega stanja slovenskih morskih voda (Orlando-Bonaca in sod., 2013). Opravili smo en terenski dan, izveden v mesecu juliju (2. 7. 2025), skladno z objavljeno metodologijo za kolenčasto cimodocejo (Orlando-Bonaca in sod., 2015). Vzorčenje na mestu vzorčenja Cy3 je potekalo brez posebnosti, medtem ko na mestu vzorčenja Cy4 travnika ni bilo. Zato smo bili primorani raziskovalno plovilo premakniti proti notranjosti zaliva, kjer smo poiskali travnik. Po njegovi najdbi, smo se na lokaciji ustavili in izvedli vzorčenje. Novo mesto vzorčenja smo označili kot Cy4_b. Na tem mestu vzorčenja je bila gostota travnika žal prenizka, da bi omogočala zanesljivo oceno stanja.

Za vzorčenje in analizo vzorcev kritosemenk se upoštevajo navodila iz strokovnih podlagah, ki so jih povzeli na IzVRS (Jarni in Kovač Viršek, 2022). Ob vzorčenju kritosemenk smo na vsaki delovni točki merilnih mest v vodnem telesu SI5VT5 s primernim vzorčevalnikom (korerjem) izvedli tudi vzorčenje sedimenta. Po zaključku vzorčenja šopov kolenčaste cimodoceje so potapljači na isti globini zapičili en gravitacijski korer na delovnih točkah Cy3_1 in Cy4_b_1, vsaj 10-12 cm globoko v sediment. V laboratoriju smo nato izvedli analize skupnega organskega ogljika (TOC) v vzorcih sedimenta (natančna metodologija obdelave vzorcev je opisana v Orlando-Bonaca in sod., 2013).

Pri oceni stanja travnikov kolenčaste cimodoceje v infralitoralne se uporablja **indeks MediSkew** (Orlando-Bonaca in sod., 2015). Indeks je kombinacija dveh metrik, ki temeljita na dolžini listov kolenčaste cimodoceje. Prva metrika predstavlja asimetrijo frekvenčne porazdelitve dolžin listov (Skew), druga pa odklon dolžine listov od referenčne mediane. Za izračun indeksa uporabimo podatke o dolžini fotosintetsko aktivnega dela odraslih in srednjih listov. Oceno stanja podajamo za vsak vzorec (5 paralelk) in ne posebej za posamezno paralelko. Indeks MediSkew se izračuna po enačbi, ki je podrobneje razložena v predlogu za monitoring kritosemenk za stalno presojo okoljskega stanja slovenskih morskih voda (Orlando-Bonaca in sod., 2013). Podane mejne vrednosti za MediSkew in REK so prikazane v Tabela 14.

Tabela 14: Razpon za indeks MediSkew in vrednosti REK za posamezne razrede kakovosti.

Razred kakovosti – ekološko stanje	Razpon MediSkew	Razpon MediSkew_REK
Zelo dobro	$0 \leq \text{MediSkew} < 0,2$	$0,8 \leq \text{REK} \leq 1$
Dobro	$0,2 \leq \text{MediSkew} < 0,4$	$0,6 \leq \text{REK} < 0,8$
Zmerno	$0,4 \leq \text{MediSkew} < 0,6$	$0,4 \leq \text{REK} < 0,6$
Slabo	$0,6 \leq \text{MediSkew} < 0,8$	$0,2 \leq \text{REK} < 0,4$
Zelo slabo	$0,8 \leq \text{MediSkew} \leq 1$	$0 \leq \text{REK} < 0,2$

Za izračun indeksa MediSkew potrebujemo tudi vrednost mediane dolžin fotosintetsko aktivnega dela odraslih in srednjih listov kolenčaste cimodoceje na referenčni točki za slovensko morje (točka MeZa_1 v Mesečevem zalivu, znotraj travnika kolenčaste cimodoceje v Strunjanu). Julija 2023 in julija 2024 smo na tej točki vzorčili kolenčasto cimodocejo v okviru drugega raziskovalnega projekta.

V Tabela 15 so prikazane minimalne in maksimalne dolžine fotosintetsko aktivnega dela listov kolenčaste cimodoceje, povprečne vrednosti, vrednosti mediane in absolutne vrednosti koeficienta asimetrije ln-transformiranih dolžin fotosintetsko aktivnega dela odraslih in srednjih listov na delovnih točkah, ki smo jih v letu 2025 vzorčili v SI5VT5 in v Mesečevem zalivu (Cy2). Iz Tabela 15 je tudi razvidno, da v vzorcih nabranih na točkah mesta vzorčenja **Cy4_b ni bilo mogoče izmeriti 300 nepoškodovanih listov kolenčaste cimodoceje**, saj je bila gostota šopov prenizka. **Zato je treba te rezultate obravnavati z zadržkom.**

Vrednosti v Tabela 15 kažejo, da so bili listi kolenčaste cimodoceje na točkah mesta vzorčenja Cy3 primerljivo dolgi kot v travniku v Mesečevem Zalivu v letu 2024, posledično pa tudi vrednosti mediane. Listi kolenčaste cimodoceje na mestu vzorčenja Cy4_b so pa bili krajši. Poudariti je treba, da so bile minimalna in maksimalna dolžina listov, povprečna vrednost ter mediana na referenčni točki (MeZa_1) v 2024 znatno višje kot v 2023, kar lahko nakazuje na povečane pritiske na travnik kolenčaste cimodoceje v Mesečevem zalivu. Ker zaposleni v KP Strunjan na tem območju praviloma nadzorujejo antropogene dejavnosti, menimo, da je razloge za daljše liste kolenčaste cimodoceje v juliju 2024 smiselno iskati tudi v višjih pritokih rek v pomladnem obdobju 2024, pojavu površinskih sluzastih agregatov poleti 2024 in v posledicah podnebnih sprememb.

Nedavno objavljena študija (Gianni in sod., 2025) je analizirala prostorsko in časovno dinamiko morskih travnikov v Tržaškem zalivu v obdobju 2009–2018. Avtorji so ugotovili, da je bil upad morskih travnikov bistveno izrazitejši na italijanski strani (–89%) v primerjavi s slovensko (–30%). Ključni vzrok za to razliko naj bi bile višje poletne temperature morske vode in daljša obdobja toplotnega stresa na italijanski strani zaliva. Od začetka osemdesetih let 20. stoletja se je Sredozemsko morje segrevalo s povprečno hitrostjo približno 0,31 °C na desetletje, pri čemer se je v zadnjih dveh desetletjih trend pospešil na skoraj 0,45 °C na desetletje, kar ga uvršča med najhitreje segrevajoče se morske regije na svetu (Skliris in sod., 2025). V Jadranskem morju opaženi trendi kažejo segrevanje okoli 0,04 °C na leto ($\approx 0,40$ °C na desetletje) v številnih območjih, zlasti izrazito poleti, pri čemer je pomembno segrevanje zaznано tudi v priobalnih in globljih vodah srednjega in severnega Jadrana (Tojčić in sod., 2023).

Savva in sod. (2018) poudarjajo, da so morski travniki kolenčaste cimodoceje na splošno bolj odporni na vročinske valove kot travniki pozejdonke (*Posidonia oceanica*), kar pripisujejo tropskemu izvoru rodu *Cymodocea*. Višje temperature morja sicer pospešijo rast listov, vendar lahko ob preseganju kritičnih pragov vodijo do energetske izčrpanosti in zmanjšane biomase. Peralta in sod. (2021) so pokazali, da je kolenčasta cimodoceja sposobna aklimatizacijskih strategij (npr. spremembe v fotosintetski učinkovitosti in vsebnosti klorofila), ki lahko ublažijo posledice toplotnega stresa, a še vedno ostaja negotovo, ali bo ta prilagodljivost zadostovala v prihodnjih scenarijih podnebnih sprememb. Poleg temperaturnih vplivov v zadnjem času vse pogostejše poročajo tudi o okužbah z enoceličnim evkariontom *Labyrinthula*, ki lahko povzročijo obsežne propade morskih travnikov (Sullivan in sod., 2023). Vendar pri natančnem pregledu listov kolenčaste cimodoceje tako v SI5VT5 kot v Mesečevem zalivu okužbe na listih te morske trave nismo zasledili.

Tabela 15: Minimalne in maksimalne dolžine fotosintetsko aktivnega dela listov kolenčaste cimodoceje, število izmerjenih listov, povprečne vrednosti, mediane in absolutna vrednost koeficienta asimetrije ln-transformiranih dolžin fotosintetsko aktivnega dela odraslih in srednjih listov na delovnih točkah mest vzorčenja v SI5VT5 in v Mesečevem zalivu. Z rdečo barvo je označena referenčna vrednost mediane za leti 2023 in 2024 ter število izmerjenih listov kolenčaste cimodoceje na mestu vzorčenja Cy4_b v letu 2025.

Mesto	Točka	Datum	Število izmerjenih listov	min dolžina (cm)	max dolžina (cm)	povprečna vrednost	mediana	G
Cy2	MeZa_1	12.7.2023	300	5,1	20,4	11,0	10,95	0,347
	MeZa_2	12.7.2023	300	3,5	19,5	11,7	11,80	0,497
Cy2	MeZa_1	18.7.2024	300	10,8	37,8	24,46	24,55	0,623
	MeZa_2	18.7.2024	292	8,7	39,1	21,65	21,60	0,468
Cy3	Cy3_1	2.7.2025	300	6,3	36,6	22,71	23,10	1,224
	Cy3_2	2.7.2025	300	6,8	38,0	21,98	22,05	0,968
Cy4_b	Cy4_b_1	2.7.2025	218	5,3	21,2	11,99	11,50	0,278
	Cy4_b_2	2.7.2025	265	5,0	22,4	11,70	11,20	0,227

Pri zadnjem koraku obdelave podatkov smo izračunali vrednosti indeksa MediSkew za vodno telo SI5VT5 za leto 2025 (Tabela 16). Stanje na vseh štirih točkah vzorčenja v SI5VT5 je bilo ocenjeno kot **dobro**. Ponovno poudarjamo, da rezultate za mesto vzorčenja Cy4_b podajamo z nizko stopnjo zaupanja, saj na posamezni točki ni bilo mogoče izmeriti 300 listov.

Na podlagi izračunanih vrednosti indeksa MediSkew je okoljsko stanje celotnega morskega travnika kolenčaste cimodoceje v SI5VT5 za leto 2025 ocenjeno kot **dobro**, z nizko stopnjo zaupanja. Vendar je treba poudariti, da indeks MediSkew upošteva morfološko stanje listov in ne vključuje ocene prostorskega obsega in površine travnika. **Terenski podatki in opažanja kažejo, da se travnik kolenčaste cimodoceje v vodnem telesu SI5VT5 krči**, kar pomeni, da ugodna vrednost indeksa MediSkew sama po sebi ne odraža dejanskega splošnega stanja travnika. Poleg tega je bila ocena za del travnika (mesto Cy4_b) podana z nizko stopnjo zaupanja, saj gostota šopov ni omogočala izvedbe metodološko optimalnega ovrednotenja.

Spodnje globinske meje pojavljanja šopov kolenčaste cimodoceje so bile: na točki Cy3_1 = 4,5 m, na točki Cy3_2 = 4,2 m, na točki Cy4_b_1 = 5,5 m in na točki Cy4_b_2 = 5,1 m.

Za celovitejšo presojo stanja kritosemenk v prihodnje bi bilo smiselno **razširiti spremljanje tudi na sistematično preverjanje prostorske razširjenosti travnikov**. Primerjava trenutnega obsega travnikov z obsegom, zabeleženim v preteklih letih, bi omogočila boljše oceno dolgoročnih trendov in zgodnje zaznavanje morebitnega nadaljnjega krčenja. Rezultati poudarjajo potrebo po nadaljnjem, nadgrajenem spremljanju biološkega elementa kritosemenke z vključitvijo prostorskih kazalnikov stanja morskih travnikov.

Tabela 16: Vrednosti MediSkew indeksa za točke, mesta in travnik kolenčaste cimodoceje v SI5VT5 v letu 2025 in na referenčnem mestu MeZa v 2024.

Datum	Točka	MediSkew točke	MediSkew mesta	MediSkew travnika	REK travnika	Ekološko stanje
18.7.2024	MeZa_1	0,155	0,173			Zelo Dobro
18.7.2024	MeZa_2	0,190				
2.7.2025	Cy3_1	0,342	0,323	0,36	0,64	Dobro
2.7.2025	Cy3_2	0,304				
2.7.2025	Cy4_b_1	0,396	0,393			
2.7.2025	Cy4_b_2	0,391				

V Tabela 17 prikazujemo vrednosti skupnega organskega ogljika (TOC) na delovnih točkah Cy3_1 in Cy4_b_1 v vodnem telesu SI5VT5 v letu 2025. Ker gre za na novo predlagane analize in je obstoječe število podatkov nezadostno, se bo razvoj metodologije vrednotenja ekološkega stanja na podlagi teh parametrov šele začel oziroma bo predmet nadaljnega načrtovanja.

Tabela 17: Vrednosti skupnega organskega ogljika (TOC) v vzorcih sedimenta na delovnih točkah Cy3_1 in Cy4_b_1, v travniku kolenčaste cimodoceje v vodnem telesu SI5VT5 v letu 2025.

Mesto	globina korerja (cm)	Organski ogljik (ut%; TOC)
Cy3_1	0-2	1,34
	2-4	1,17
	4-6	1,31
	6-8	1,18
	8-10	1,23
	10-12	1,20
	12-14	1,07
	14-16	1,10
	16-18	0,93
	18-20	0,80
Cy4_1_b	0-2	1,72
	2-4	1,62
	4-6	1,39
	6-8	1,35
	8-10	1,36
	10-12	1,23
	12-14	1,22
	14-16	1,25
	16-18	1,25
	18-20	1,24

Tabela 18: 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
Bentoški nevretenčarji cirkalitoral	MBNCV300K	V300K	-			45°33.579'	13°43.199'
	MBNCV30KK	V30KK	-			45°35.500'	13°40.000'
	MBNCV10CZ	V10CZ	-			45°37.400'	13°37.930'
	MBNCV4TI1	V4TR1	-			45°32.748'	13°34.878'
	MBNCV1TI2	V1TR2	-			45°34.937'	13°34.103'

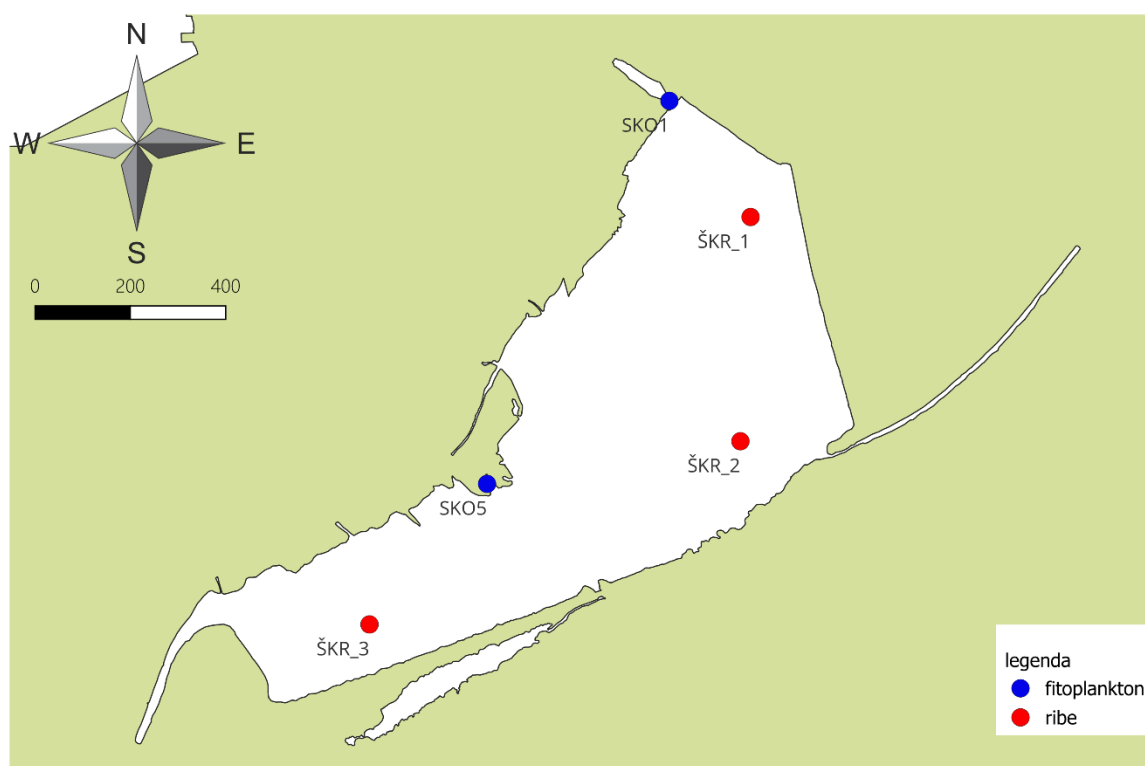
	MBNCV1TP3	V1TP3	-			45°35.000'	13°28.600'
	MBNC00TS2	V1TS2	-			45°33.590'	13°24.756'
	MBNC00TS1	V1TS1	-			45°32.694'	13°26'893'
	MBNCV50MA	V50MA	-			45°30.009'	13°34.326'
	MBNCV5TP2	V5TP2	-			45°33.074'	13°30.457'
Makroalge	MMA0203	DR2	-	398655	50977	45,591317	13,701117
	MMA0204	DR3	-	399478	51247	45,593867	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
Kritosemenke	?	Cy3	3			45,48202	13,58958
	?	Cy4	3			45.50357	13.5885
	?	Cy4_b	3			45.50377	13.58988

6 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 2025 smo v Škocjanskem zatoku nadaljevali z vzorčenjem in analizami fitoplanktona, poleg tega pa smo opravili še spomladansko vzorčenje za ribe, ki je leta 2024 izpadlo. V Tabela 19 so prikazana mesta vzorčenja z geografskimi koordinatami ter novimi in starimi poimenovanji, zemljevid Škocjanskega zatoka z vrisanimi mesti vzorčenja pa prikazuje Slika 11.

Tabela 19: Mesta vzorčenja bioloških elementov kakovosti v Škocjanskem zatoku v letu 2025 s koordinatami

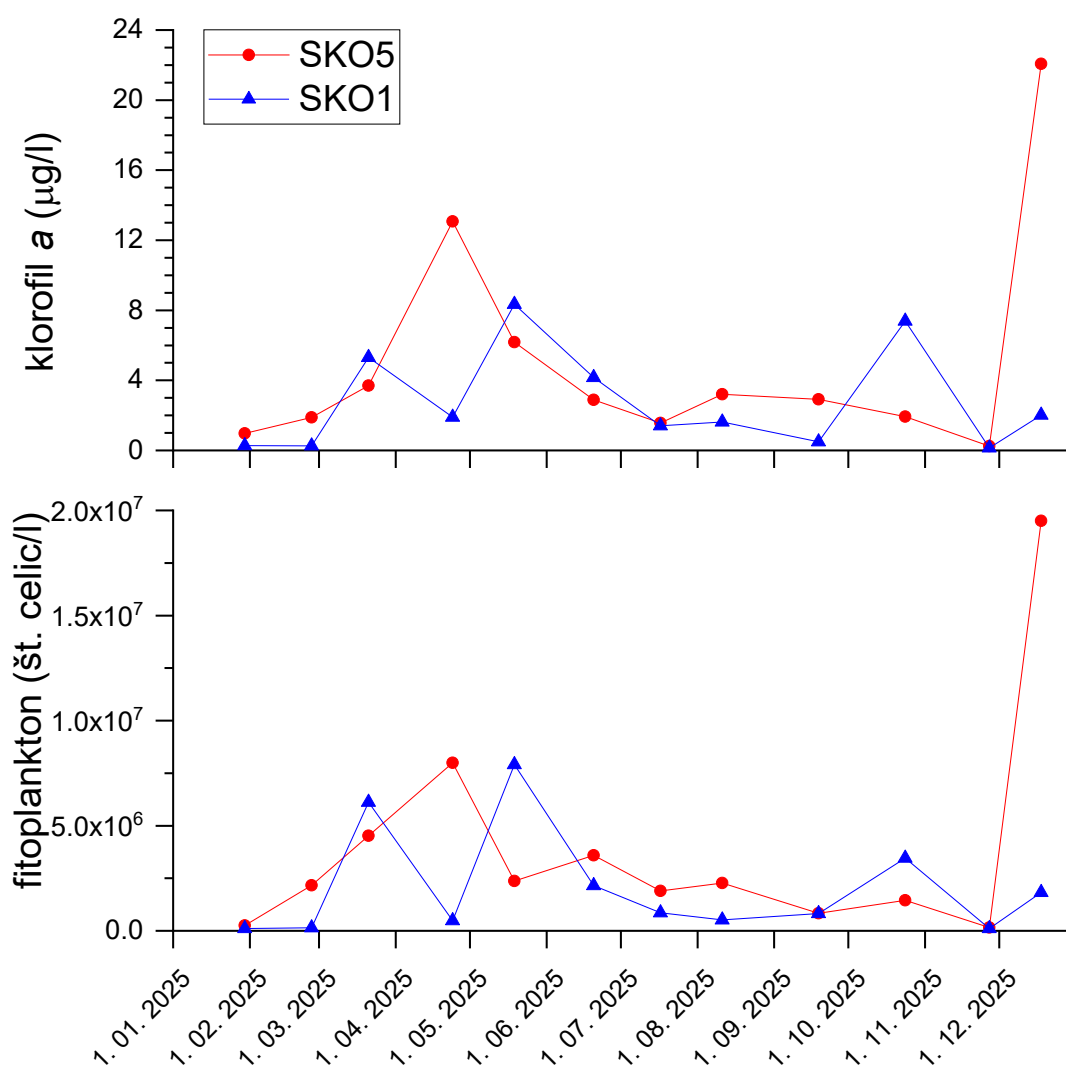
BEK	Mesto vzorčenja -ARSO poimenovanje	Mesto vzorčenja - MBP poimenovanje	Geografska širina	Geografska dolžina
fitoplankton	ŠZ1_01_blizKanal	SKO1	45,55151	13,75135
	ŠZ2_08_medOtoki	SKO5	45,54422	13,74661
ribe	ŠZ1_05_desBreg	ŠKR_1	45,54934	13,75358
	ŠZ2_02_blizAre	ŠKR_2	45,5451	13,7534
	ŠZ3_05_osreDel	ŠKR_3	45,54153	13,74351



Slika 11: Zemljevid Škocjanskega zatoka (vodno telo SI5VT6) z vrisanimi mesti vzorčenja za biološke elemente kakovosti (stara poimenovanja)

6.1 Biološki element: fitoplankton

V okviru monitoringa fitoplanktona v Škocjanskem zatoku smo v letu 2025 vzorčili dve izbrani vzorčni mesti z enomesečno frekvenco. Glede na ugotovitve iz vzorčenja na treh mestih v letu 2024 in rezultatov analiz (Francé in sod., 2025) smo izbrali naslednji mesti vzorčenja: SKO1 (ARSO poimenovanje ŠZ1_01_bližKanal), ki leži na SV delu lagune poleg zapornice, s katero regulirajo dotok morske vode, in SKO5 (ARSO poimenovanje ŠZ2_08_medOtoki), ki leži ob severni obali osrednjega dela Škocjanskega zatoka (Tabela 19, Slika 11). Vzorčenje vode je potekalo iz obale z vedrom, vedno po en vzorec na vzorčno mesto. Vodo smo po zajetu spravili v 2,5 l plastične posode in vzorce obdelali takoj 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.



Slika 12: Koncentracija klorofila *a* (zgoraj) in skupna abundanca fitoplanktona (spodaj) na dveh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025

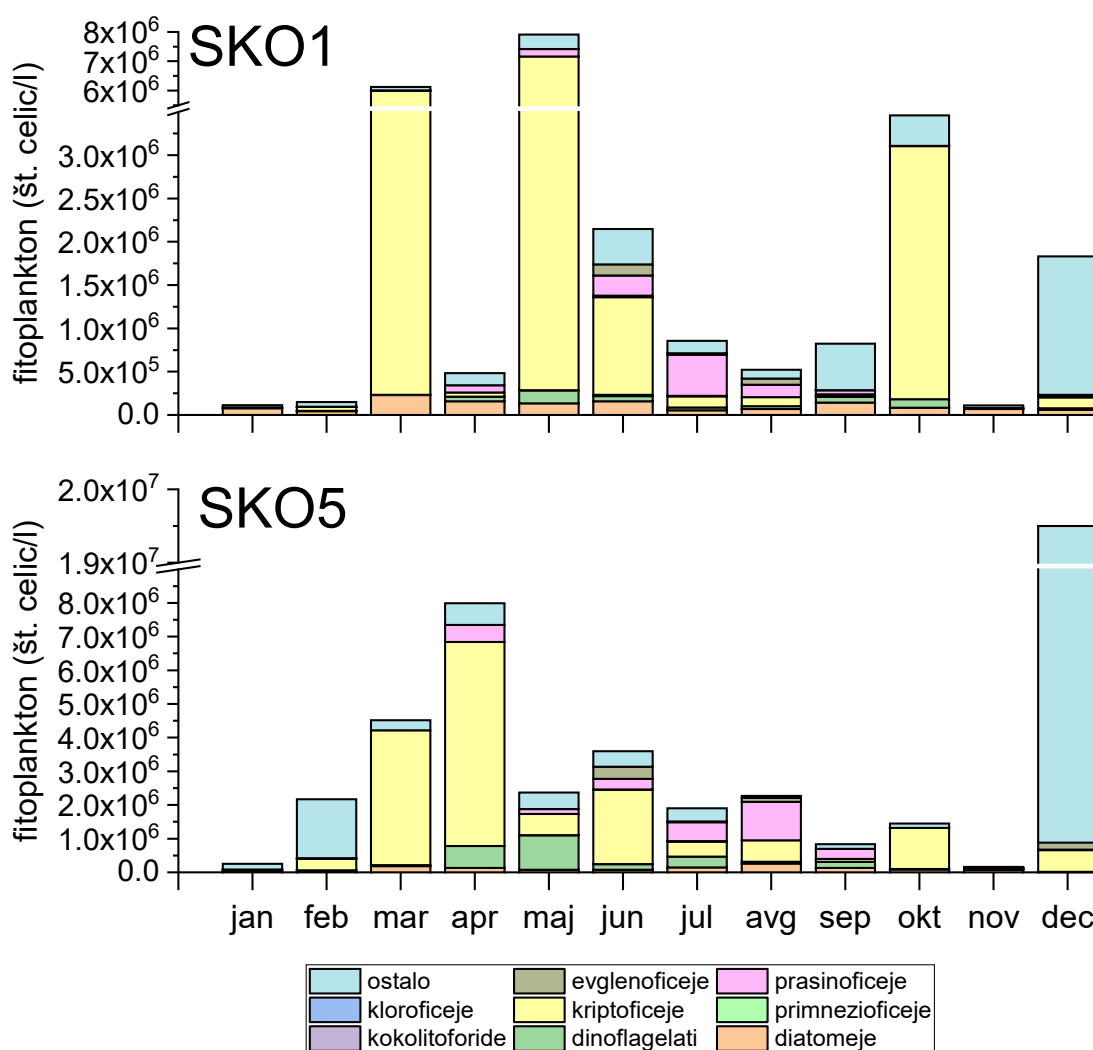
Letni potek koncentracij klorofila *a* na dveh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025 prikazuje Slika 12 (zgoraj). Po pričakovanju je razpon koncentracij klorofila *a* veliko večji kot tisti v morju: 0,15–8,35 µg/l na postaji SKO1 in 0,25–22,07 µg/l na postaji SKO5. Na mestu vzorčenja SKO1 je bila dinamika precej podobna tisti v vodnih telesih obalnega morja, z dvema viškoma spomladi (5,31 µg/l marca in 8,35 µg/l maja), nižjimi poletnimi vrednostmi in ponovnim jesenskim viškom (7,39 µg/l oktobra). Na mestu vzorčenja SKO5 je bila dinamika klorofilne biomase drugačna: spomladanski višek je bil izrazit aprila (13,08 µg Chl-*a*/l), nato pa so bile koncentracije klorofila *a* relativno nizke vse do decembra, ko smo izmerili najvišjo vrednost, kar 22,07 µg Chl-*a*/l. Najnižje vrednosti so bile na obeh mestih vzorčenja izmerjene pozimi (januarja in februarja) in poleti (julij do september), poleg tega pa so bile zelo nizke tudi novembra.

Čeprav ni nujno, da se dinamika koncentracij klorofila *a* ujema z dinamiko številčnosti fitoplanktona (leta 2024 je prihajalo do velikih razhajanj), sta bila mesečna poteka obeh v letu 2025 zelo usklajena, z ujemajočimi se viški (Slika 12, spodaj; Slika 13). Na mestu vzorčenja SKO5 je bila skupna abundanca fitoplanktona najvišja aprila s skoraj 8.500.000 celic/l, potem pa še višja decembra s skoraj 20.000.000 celic/l. Januarja in novembra so bile abundance najnižje, okoli 250.000 in 160.000 celic/l, v vmesnih obdobjih pa od enega do štirih milijonov celic na liter. Na mestu vzorčenja SKO1 je bila najvišja spomladanska abundanca zelo podobna tisti na SKO5, vendar zabeležena en mesec kasneje, poleg tega pa je bil še en višek marca (okoli 6.000.000 celic/l), zabeležen tudi pri klorofilu *a*. Jesenski višek na postaji SKO1 je bil nižji in je nastopil oktobra (skoraj 3.500.000 celic/l), pa tudi v ostalih mesecih so bile abundance nižje kot na postaji SKO5, od 100.000 do 2.000.000 celic/l.

Dinamika fitoplanktonske združbe v letu 2025 na obeh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku se je precej razlikovala od tiste leta 2024, tako glede skupne abundance kot glede sestave (Slika 13). Na mestu vzorčenja SKO1, ki leži poleg zapornice in je pod največjim vplivom dotoka morske vode, so med viški abundanc marca, maja in oktobra (pa tudi junija) prevladovala kriptoficeje s 84–94 % deležem. Najvišjo abundanco kriptoficej smo zabeležili maja s 6.880.000 celic/l. Omeniti je potrebno, da so bile kriptoficeje najverjetneje dominantne tudi decembra, vendar takrat identitete enoceličnih alg nismo mogli z gotovostjo potrditi, zato smo jih uvrstili med ostale skupine. Nasprotno so bile v mesecih najnižje skupne abundance, januarja, februarja, aprila in novembra, najbolj dominantne diatomeje, ki so predstavljale od 30 % do 68 % delež, vendar njihova abundanca ni presegla 230.000 celic/l (marca). Za poletne mesece od julija do septembra je bila značilna mešana združba mikroalg, v kateri so imele pomemben delež tudi prazinofoceje (do 55 %, julija, ko so dosegle tudi najvišjo abundanco okoli 470.000 celic/l). Dinoflagelati so imeli največji delež v združbi aprila (11 %), čeprav smo najvišje abundance te skupine zabeležili maja, junija, septembra in oktobra (do 144.400 celic/l maja). Evglenoficeje so se pretežno pojavljale v poletnih mesecih in so imele največji delež avgusta (14 %), najvišjo abundanco pa junija (128.000 celic/l). Kokolitoforide, ki so v obalnem morju leta 2025 predstavljale v povprečju 4 % delež (glej poglavje 3.2), so bile v vzorcih s Škocjanskega zatoka zelo redke, čeprav so se na postaji SKO1 v nekaterih mesecih pojavljale. Največ vrst smo zabeležili septembra, ko so dosegle 1 % skupne abundance.

Na mestu vzorčenja SKO5 so bile, tako kot na SKO1, v mesecih z visokimi abundancami dominantne kriptoficeje (Slika 13). Tako je bil njihov delež najvišji marca, aprila in junija, pa tudi oktobra, v razponu od 76 do 89 %. V vseh teh mesecih so bile njihove abundance zelo visoke, od 1.220.000 celic oktobra do 6.060.000 celic /l aprila. Kot smo že omenili za SKO1, so kriptoficeje najverjetneje prevladovala decembra, ko je neidentificirana mikroalga, ki pa najverjetneje pripada tej skupini, predstavljala več kot 90 % delež v združbi. Diatomeje so imele na mestu SKO5 podobne abundance kot na SKO1 in so imele največji delež v mesecih z nizko skupno abundanco (največ 51 % novembra). Podobno kot na mestu vzorčenja SKO1, je bila tudi na SKO5 v poletnih mesecih zastopanost različnih skupin mikroalg

bolj enakomerna, s pomembnim deležem prazinoficej. Te so avgusta predstavljale 50 % delež v združbi z abundanco 1.144.000 celic/l. Dinoflagelati so na merilnem mestu SKO5 višje abundance in večji delež v združbi kot na merilnem mestu SKO1, zlasti od aprila do septembra. Maja so dinoflagelati dosegli najvišjo abundanco (dober 1.000.000 celic/l) in so imeli 43 % delež. Evglenoficeje so se tudi tu pojavljale poleti in so imele največji delež junija (10 %) z abundanco 360.000 celic/l. Kokolitoforide so bile na tem mestu vzorčenja najdene le redkokdaj, z zelo nizkimi abundancami.



Slika 13: Abundanca fitoplanktona po skupinah na dveh mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025

Določanje vrstne sestave fitoplanktona v Škocjanskem zatoku je precej težavno, saj je zaradi narave habitata (plitkost, zamuljenost, brakično okolje) v fitoplanktonskih vzorcih veliko bentoških vrst mikroalg, poleg tega pa so prisotne tudi pelagične vrste prilagojene na brakično okolje in je zato vrstna sestava zelo drugačna od tiste v morju. Velikokrat je 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 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.

V Tabela 20 je prikazana frekvenca pojavljanja najbolj pogostih taksonov (vrst, rodov, skupin) na mestih vzorčenja, do vključno taksonov, ki so se pojavljali v 50 % vzorcev. Na obeh mestih vzorčenja so se poleg neidentificiranih vrst mikroalg v vseh vzorcih pojavljale kriptoficeje in nekatere skupine/vrste diatomej, na mestu SKO5 pa poleg tega še nanoflagelati. Čeprav diatomeje v Škocjanskem zatoku ne dosegajo zelo visokih abundanc, ima kar nekaj taksonov diatomej na obeh mestih vzorčenja visoko frekvenco pojavljanja. To so predvsem bentoški taksoni, kot je vrsta *Cylindrotheca closterium*, majhne vrste iz rodu *Navicula*, vrste iz rodov *Nitzschia*, *Achnanthes* in *Cocconeis* oziroma podobnih. Med dinoflagelati je bila, poleg neidentificiranih, običajno golih vrst, najpogostejša še vrsta bentoškega dinoflagelata, najverjetneje iz rodu *Durinskia*, ki je bila bolj pogosta na mestu SKO5, kjer je spomladi dosegla tudi zelo visoko abundanco 876.000 celic/l. Na obeh mestih vzorčenja je bila pogosta tudi potencialno toksična bentoška vrsta *Prorocentrum lima*. Ta proizvaja toksine, ki povzročajo diaročno zastrupitev s školjkami, vendar je v vzorcih iz obalnega morja zabeležimo le redko. Nasprotno lahko potrdimo, da je vrsta *P. lima* v Škocjanskem zatoku zelo pogosta in dosega tudi visoke abundance, predvsem v spomladanskih mesecih (najvišje abundance 24.000 celic/l na SKO1 in kar 120.000 celic/l na SKO5). Za združbo mikroalg na mestu vzorčenja SKO5 je značilna še ena vrsta bentoškega dinoflagelata, *Blixaea quinquecornis*, ki se pojavlja spomladi in je imela najvišjo abundanco maja (84.000 celic/l). Na mestu vzorčenja SKO1 se je v polovici vzorcev pojavljala tudi diatomeja *Melosira nummuloides*, ki je značilna za morske epibentoške habitate.

Tabela 20: Najpogostejši taksoni najdeni v fitoplanktonskih vzorcih z dveh mest vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025 s frekvenco pojavljanja (%) in najvišjo zabeleženo abundanco (št celic/l)

SKO1			SKO5		
takson	frekvenca	najvišja abundanca	takson	frekvenca	najvišja abundanca
kriptoficeje	100,0	6.880.000	algae non ident.	100,0	17.660.000
algae non ident.	100,0	1.412.000	kriptoficeje	100,0	6.060.000
cf. <i>Navicula</i>	100,0	104.000	nanoflagelati	100,0	408.000
diatom non ident.	100,0	52.400	cf. <i>Navicula</i>	100,0	89.600
<i>Cylindrotheca closterium</i>	100,0	12.000	<i>Nitzschia</i> spp.	100,0	16.000
nanoflagelati	91,7	516.800	cf. <i>Peridinium</i> (<i>Durinskia</i>)	91,7	876.000
prazinficeje	91,7	473.600	<i>Cylindrotheca closterium</i>	91,7	92.800
<i>Nitzschia</i> spp.	91,7	4.000	diatom non ident.	91,7	64.000
dinoflagellatae non ident.	75,0	52.400	<i>Apedinella radians</i>	83,3	1.704.000
<i>Cocconeis</i> spp.	75,0	24.000	<i>Cocconeis</i> spp.	83,3	36.000
<i>Apedinella radians</i>	66,7	96.000	prazinficeje	75,0	1.144.000
<i>Halamphora</i> spp.	66,7	28.000	dinoflagellatae non ident.	75,0	172.000
<i>Prorocentrum lima</i>	58,3	24.000	<i>Prorocentrum lima</i>	66,7	120.000
<i>Achnanthes</i> sp.	58,3	4.000	cf. <i>Achnanthes longipes</i>	50,0	4.000
<i>Nitzschia longissima</i>	58,3	1.600			
evglénoficeje	50,0	128.000			
cf. <i>Peridinium</i> (<i>Durinskia</i>)	50,0	84.000			
cf. <i>Achnanthes longipes</i>	50,0	12.000			
<i>Entomoneis</i> sp.	50,0	4.000			
<i>Melosira nummuloides</i>	50,0	600			

Omeniti moramo še vrsto *Apedinella radians* iz družine Actinomonadaceae, ki smo jo letos pravilno določili, leta 2024 pa napačno uvrščali med kloroficeje (na Slika 13 je prikazana v skupini *ostalo*). Ta je bila na obeh mestih vzorčenja zelo pogosta, z najvišjimi abundancami v hladnih mesecih (februarja na SKO5 1.704.000 celic/l). *A. radians* je kozmopolitska vrsta, zelo pogosta v planktonskih vzorcih obalnih območij.

Kot najustreznejša metoda za oceno stanja Škocjanskega zatoka po biološkem elementu fitoplankton je bila izbrana italijanska metoda (Knehtl in Leban, 2023), pri kateri se uporablja indeks MPI (*Multimetric Phytoplankton Index*, Facca in sod., 2014). Indeks MPI 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:

1. Hulburtov indeks dominantnosti (v %),
2. pogostost cvetenja (frekvenca cvetenja v %),
3. Menhinickov diverzitetni indeks in
4. koncentracija klorofila *a* (geometrična srednja vrednost).

Metrike smo izračunali po navodilih v Facca in sod. (2017), nato pa smo 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 mestih vzorčenja SKO5 in SKO1 v Škocjanskem zatoku prikazuje Tabela 21. Pri izračunu geometrične srednje vrednosti klorofila *a* je bilo za vrednosti, ki so bile nižje od LOD (samo novembrska vrednost na SKO1), uporabljena vrednost LOD/2, kar znaša 0,105 µg/l. Višje vrednosti prvih treh metrik kažejo na boljše stanje, medtem ko višje vrednosti klorofila *a* kažejo na slabše stanje.

Tabela 21: Rezultati posameznih metrik, ki sestavljajo MPI indeks za dve mesti vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025. Dodane so referenčne vrednosti (RC) za soroden tip lagun

	SKO5	SKO1	RC
100 - Hulburt (%)	19,91	28,52	50,00
100 – frekvenca cvetenja (%)	66,67	50,00	80,00
Menhinick (corrected)	0,010	0,016	0,012
Chl <i>a</i> (geometrična srednja vrednost; µg/l)	2,81	1,37	1,00

Vse REK vrednosti posameznih metrik so se v letu 2025 na dveh mestih vzorčenja razlikovale za en razred kakovosti, vendar so bile nekatere boljše za SKO1 (Hulburtov indeks dominantnosti in klorofil *a*), nekatere pa za SKO5 (pogostost cvetenja) (Tabela 22). Menhinickov diverzitetni indeks je bil višji na SKO1 in ker je bil višji tudi od referenčne vrednosti, je bila REK vrednost višja od 1. Vendar, če ga zaokrožimo na teoretično najvišjo vrednost 1, kažeta obe mesti vzorčenja za to metriko zelo dobro stanje. Dobra stanja v letu 2025 ni dosegla le metrika Hulburtov indeks dominantnosti na mestu SKO5, kar je podobno kot v letu 2024. REK vrednosti indeksa MPI smo izračunali na dva načina (Tabela 22). Prva vrednost je brez upoštevanja Menhinickovega indeksa (tak način smo uporabili leta 2024),

druga pa z upoštevanjem vseh metrik, pri čemer smo REK (Menhinick) za SKO1 zaokrožili na 1. Primerjava z mejnimi vrednostmi (Tabela 23) kaže, da imata ne glede na način izračuna obe mesti vzorčenja **dobro ekološko stanje**.

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 dinamičnosti 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. Po dveh letih vzorčenj kaže, da je dinamika precej variabilna, podobno kot je to značilno za obalno morje.

*Tabela 22: REK vrednosti za posamezne metrike in MPI za dve mesti vzorčenja v Škocjanskem zatoku v letu 2025. Ekološko stanje je označeno z barvo: modro - zelo dobro stanje, zeleno - dobro stanje, rumeno - zmerno stanje. *Opomba: REK za MPI z uporabo vseh metrik je bil izračunan tako, da je bil REK (Menhinick) za SKO1 zaokrožen na 1 (najvišja možna vrednost)*

	SKO5	SKO1
REK (100 – Hulburt)	0,40	0,57
REK (100 – frekvenca cvetenja)	0,83	0,63
REK (Menhinick)	0,83	1,35
REK (Chl a)	0,36	0,73
REK (MPI, brez Menhinick)	0,53	0,64
REK (MPI, zaokrožen Menhinick)*	0,61	0,73

Tabela 23: Meje vrednosti razredov kakovosti ekološkega stanja za indeks MPI in njegove posamezne metrike

Razred kakovosti – ekološko stanje	Mejne vrednosti REK za indeks MPI	Mejne vrednosti REK za metriko 100 – Hulburt	Mejne vrednosti REK za metriko 100 – frekvenca cvetenja	Mejne vrednosti REK za metriko Menhinick	Mejne vrednosti REK za metriko Chl s
Zelo dobro	≥ 0,78	≥ 0,80	≥ 0,80	≥ 0,83	≥ 0,67
Dobro	0,51 - 0,77	0,55 - 0,79	0,55 - 0,79	0,56 - 0,79	0,29 - 0,66
Zmerno	0,25 - 0,50	0,30 - 0,54	0,30 - 0,54	0,28 - 0,55	0,13 - 0,28
Slabo	0,04 - 0,24	0,04 - 0,29	0,04 - 0,29	0,04 - 0,27	0,05 - 0,12
Zelo slabo	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,04

6.2 Biološki element: ribe

V letu 2025 smo v okviru monitoringa rib v brakični laguni Škocjanskega zatoka izvedli spomladansko vzorčenje, ki je predstavljalo nadomestek spomladanskega vzorčenja, predvidenega za leto 2024. To je bilo odpovedano zaradi prihoda gnezdečih ptic, saj bi vzorčenje lahko povzročilo njihovo vznemirjanje v času gnezdenja. Posledično smo spomladansko vzorčenje zamaknili za eno leto in ga izvedli pred prihodom gnezdečih ptic v letu 2025.

Vzorčenje je bilo opravljeno 18. 4. 2025 na enakih lokacijah kot jeseni 2024 (Tabela 19, Slika 11), le da smo tokrat na vsaki lokaciji opravili po dva potega z mrežo namesto enega. Metodologija vzorčenja je bila povzeta po smernicah ISPRA (2018, 2019). Uporabili smo predpisano vlečno mrežo dolžine 10 m, z višino 2,30 m v sredini in 1,90 m na koncih ter z velikostjo mrežnih okenc 2×2 mm. Mrežo smo vlekli 10 m po dnu lagune, pri čemer je razdalja med osebama, ki sta mrežo vlekli, znašala 7 m. Vzorčna površina enega potega je tako znašala 70 m². Jeseni je bilo vzorčenih 210 m² površine brakične lagune, v spomladanskem času pa 420 m², saj smo na vsaki lokaciji opravili po dva potega z mrežo. Posamezni vzorčni mesti na eni lokaciji sta bili med seboj oddaljeni približno 25 m. Na vsaki vzorčevalni lokaciji smo zbrali tudi podatke o trenutni globini in okoljskih parametrih (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**). Na vseh vzorčnih lokacijah so prevladovala brakična razmere, pri čemer so se vrednosti slanosti gibale med 17,1 in 30,5. Na vseh treh lokacijah so bile slanosti v spomladanskem času nižje kot v jesenskem. Najvišja povprečna slanost je bila izmerjena na lokaciji ŠKR_3.

Tabela 24: Okoljski parametri izmerjeni ob vzorčenju rib v Škocjanskem zatoku v jeseni 2024 in spomladi 2025

obdobje vzorčenja	mesto vzorčenja	globina (m)	slanost	raztopljeni kisik (mg/l)	Temperatura (°C)
jesen 2024	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
pomlad 2025	ŠKR_1	1,4	17,1	9,03	16,8
	ŠKR_2	1,3	17,4	9,22	16,8
	ŠKR_3	1,6	27	10,14	19,2

Kot je opisano v poročilu Francé in sod. (2025), smo način vlečenja mreže prilagodili specifičnim lastnostim lagunskih tal, saj so ta premehka za hojo po dnu, kot zahteva vzorčenje po standardni metodi ISPRA (2018, 2019). Pri tem smo si pomagali s kajaki ter sistemom vrvi in sider, pri čemer smo pazili, da je metoda ostala primerljiva s standardno metodologijo in da prilagoditve niso vplivale na rezultate vzorčenja.

Po ulovu so bile ribe pripeljane na obalo, kjer so bile nameščene v 10-litrskih vedrih z vodo iz okolja. Sledila sta identifikacija, slikanje, tehtanje in merjenje osebkov, nato pa so bile ribe izpuščene nazaj na mesto ulova. Posebno pozornost smo namenili temu, da so bili osebkii tehtani in merjeni v senci ter na mokri površini, ki smo jo med obdelavo posameznih vzorcev tudi razkuževali, z namenom preprečevanja prenosa bolezni in parazitov.

Za oceno ekološkega stanja vodnega telesa smo uporabili indeks za vrednotenje ekološkega stanja somornic na podlagi rib – HFBI (*Habitat Fish Bio Indicator*) (ISPRA, 2023). Indeks HFBI je multimetrični 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; dopolnitve ISPRA, 2023):

- Margalefov indeks, ocenjen na podlagi biomase prevladujočih vrst (ddom),
- povprečna teža osebkov (B/N),
- Margalefov indeks, ocenjen na podlagi biomase migratornih vrst rib (dmig),
- gostota biomase bentivornih vrst rib (Bbent),
- Margalefov indeks, ocenjen na podlagi biomase bentivornih vrst rib (dbent),
- Margalefov indeks, ocenjen na podlagi biomase hiperbentivornih, zooplanktivornih in piscivornih vrst rib (dhzp).

Na podlagi dobljene vrednosti indeksa smo s pomočjo mejnih vrednosti za razrede kakovosti (Tabela 25) ocenili ekološko stanje vodnega telesa.

Tabela 25: Meje razredov kakovosti ekološkega stanja za indeks HFBI (*Habitat Fish Bio Indicator*)(ISPRA, 2023)

Razred kakovosti – ekološko stanje	Meje razredov za HFBI - 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 v spomladanskem vzorčenju 2025 ujetih 167 osebkov rib, ki so pripadali šestim vrstam: *Knipowitschia panizzae*, *Atherina boyeri*, *Syngnathus abaster*, *Aphanius fasciatus*, *Ninnigobius canestrinii* in cf. *Sardina pilchardus*. Najštevilčnejši so bili gavuni (*Atherina boyeri*; n = 137), sledili so osebkovi vrste *Knipowitschia panizzae* (n = 23), medtem ko so bile preostale vrste zastopane le s posameznimi primerki. V jesenskih vzorčenjih 2024 pa je bilo ujetih skupno 21 osebkov rib, ki so pripadali dvema vrstama, in sicer *Atherina boyeri* (n = 7) in *Knipowitschia panizzae* (n = 14). V primerjavi z jesenskim vzorčenjem smo tako v spomladanskem času dodatno potrdili prisotnost vrst *Syngnathus abaster*, *Aphanius fasciatus* in cf. *Sardina pilchardus*.

V laguni smo tako potrdili prisotnost tipičnih predstavnikov lagunske ribje favne, kot so *Knipowitschia panizzae*, *Aphanius fasciatus* in *Ninnigobius canestrinii*, katerih pojavljanje je vezano izključno na obalna mokrišča. Vse tri vrste so navedene v Prilogi II (Annex II) Direktive o habitatih (92/43/EGS) kot vrste, ki zahtevajo varstvene ukrepe, vzpostavitev posebnih varovanih območij (SAC) ter ustrezno upravljanje habitatov v okviru omrežja Natura 2000. Poseben pomen ima potrditev vrste *Ninnigobius canestrinii*, ki je bila šele leta 2022 (Trkov in Fortič, 2023) prvič potrjena v Sloveniji, in sicer v kanalu na območju Bonifike. Brakična laguna Škocjanski zatok tako predstavlja prvo območje, kjer so bili potrjeni tudi primerki samic te vrste.

Poleg vrst, ki so strogo vezane na lagunske habitate, smo potrdili tudi prisotnost vrst, ki v lagune migrirajo iz morja. S tega vidika je posebej zanimiva prisotnost vrste cf. *Sardina pilchardus*, saj so bili v spomladanskem vzorčenju potrjeni njeni juvenilni primerki. Za migratorne vrste je ključnega pomena dobra povezanost lagune z morjem. To problematiko smo podrobneje obravnavali v poročilu Francé in sod. (2025), kjer smo izpostavili tudi težave pri zaznavanju večjih in bolj mobilnih rib, kot so ciplji (*Chelon* sp. in *Mugil* sp.), ki se ob motnji hitro umaknejo iz preučevanega območja in jih z uporabljenimi

metodo vzorčenja večinoma ne uspemo zanesljivo potrditi. S podobnimi omejitvami se soočajo tudi italijanski raziskovalci (Bettoso *oseb. kom.*) zato teh težav ni mogoče pripisati neustreznosti prilagoditvi vzorčenja, temveč bi jo v tem primeru lahko obravnavali kot napako, ki se sistematično prisotna pri tem načinu vzorčenja.

Kljub navedenim omejitvam, se je uporabljena metoda vzorčenja izkazala za razmeroma učinkovito, zlasti pri zaznavanju manjših in manj mobilnih vrst, ki so z vidika spremljanja ribjih združb v lagunskih ekosistemih izjemno pomembne. Metoda se je izkazala tudi kot zelo primerna za potrjevanje majhnih, redkih in ogroženih vrst, katerih pojavljanje je vezano na lagunska območja (npr. *K. panizzae*, *A. fasciatus* in *N. canestrinii*). Spremljanje stanja rib v brakični laguni z opisano metodo zato priporočamo tudi v prihodnje, saj omogoča pridobivanje pomembnih informacij o ključnih lagunskih vrstah in njihovem pojavljanju. Ob tem bi bilo z vidika spremljanja večjih bolj mobilnih vrst smiselno razviti tudi dodatne, dopolnilne metode, prilagojene njihovi ekologiji in mobilnosti.

Izračun indeksa HFBI je za celotno vodno telo podal povprečno vrednost 0,057, kar na podlagi ribje združbe kaže na **zelo slabo ekološko stanje** (Tabela 26). Zelo slabo stanje je bilo potrjeno na vseh treh vzorčevalnih lokacijah. Na lokacijah ŠKR_1 in ŠKR_3 je HFBI znašal 0,059, na lokaciji ŠKR_2 pa 0,054. Na lokaciji ŠKR_1 smo v jesenskem vzorčenju potrdili prisotnost treh vrst rib, vrednost indeksa HFBI pa je znašala 0,117, medtem ko smo spomladi na isti lokaciji potrdili dve vrsti, indeks pa je znašal le 0,001. Na lokaciji ŠKR_2 smo jeseni potrdili dve vrsti rib, vrednost indeksa HFBI je znašala 0,001, spomladi pa smo na tej lokaciji zaznali štiri vrste, pri čemer je indeks znašal 0,107. Na lokaciji ŠKR_3 smo v jesenskem vzorčenju potrdili le eno vrsto rib, indeks HFBI pa je znašal 0,001, medtem ko smo spomladi potrdili štiri vrste, vrednost indeksa pa je znašala 0,117. Kljub enakemu številu potrjenih vrst v posameznih vzorcih, se vrednosti indeksa razlikujejo zaradi izrazite prevlade biomase osebkov posameznih vrst v vzorcu. Indeks HFBI namreč pri izračunu daje velik poudarek tudi na biomaso rib in enakomerno zastopanost vrst, ne samo na vrstno pestrost. To je lahko v določenih primerih tudi pomanjkljivost indeksa, denimo, če na vzorčevanem območju zajamemo jato migratornih vrst, kot je na primer gavun (*A. boyeri*), to lahko močno vpliva na znižanje vrednosti indeksa, saj velik delež celotne biomase predstavlja ena sama vrsta.

Tabela 26: Vrednosti indeksa HFBI na mestih vzorčenja v Škocjanskem zatoku glede na obdobje vzorčenja.

mesto vzorčenja	obdobje vzorčenja	HFBI	klasifikacija	povprečni letni indeks HFBI	letna klasifikacija
ŠKR_1	jesen 2024	0,117	slabo	0,059	zelo slabo
	pomlad 2025	0,001	zelo slabo		
ŠKR_2	jesen 2024	0,001	zelo slabo	0,054	zelo slabo
	pomlad 2025	0,107	zelo slabo		
ŠKR_3	jesen 2024	0,001	zelo slabo	0,059	zelo slabo
	pomlad 2025	0,117	slabo		

Kljub temu pa lahko nizke vrednosti indeksa kažejo tudi na dejansko porušeno ravnovesje ribje združbe v brakični laguni. V primeru brakične lagune Škocjanskega zatoka je zelo slabo ekološko verjetno posledica več razlogov, predvsem zaprtosti habitata in velike zamuljenosti. Velika količina mulja v laguni se nedvomno odraža tudi v strukturi vegetacije. Na vzorčnih lokacijah morske cvetnice zaradi visoke motnosti vode ne uspevajo, zato je bilo vzorčenje opravljeno predvsem na golem sedimentu, kjer so se pojavljali le posamezni skupki alg. Odsotnost morskih cvetnic pomeni manj razpoložljivih

skrivališč in posledično manjšo vrstno pestrost ter nižjo abundanco nekaterih vrst, kar se neposredno odraža tudi v vrednosti indeksa HFBI. Poleg tega je vodostaj v laguni reguliran z zapornicami, kar prispeva k bolj ekstremnim okoljskim razmeram ter dodatno otežuje ali onemogoča preživetje manj odpornih, predvsem morskih vrst, hkrati pa omejuje tudi prehode migratornih vrst med laguno in morjem. Ker pa lagunsko območje predstavlja pomembno gnezditveno območje za številne vrste ptic, je upravljanje z zapornicami nujno. Zapornice lahko obenem predstavljajo tudi učinkovit ukrep prilagajanja na globalne podnebne spremembe, zlasti v povezavi z marinizacijo, t. j. vdiranjem morske vode zaradi dviga morske gladine v brakična in sladkovodna območja. V prihodnje bi bilo smiselno razmisliti o vzpostavitvi sistema ribje steze, ki bi omogočal nemoten prehod rib med laguno in morjem, ter hkrati ohranjal varstvene cilje območja.

Predlagan indeks, s katerim se je ovrednotilo ribjo združbo, odraža obremenitev **hidromorfološko spremenjenost in splošno degradiranost** habitata brakične lagune Škocjanskega zatoka. Upravljanje z zapornicami vpliva na povezanost z morskimi in sladkovodnimi habitati in na migracije rib. Smiselno bi bilo razmisliti o uporabi drugačnih mejnih vrednosti za HFBI, saj je to mogoče, ker je Škocjanski zatok klasificiran kot močno preoblikovano vodno telo (MPVT).

Kljub temu, da smo z uporabo indeksa HFBI ugotovili zelo slabo ekološko stanje lagune, je vzorčenje potrdilo prisotnost ključnih lagunskih vrst, kar je pomemben rezultat. Zato predlagamo spremljanje ribje favne v brakični laguni tudi v prihodnje, saj bo boljše razumevanje pojavljanja ribjih vrst v tem specifičnem, a ekološko zelo pomembnem vodnem telesu omogočilo boljše načrtovanje in izvajanje učinkovitih ukrepov za izboljšanje stanja habitata.

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. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00061-8](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00061-8)

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. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.025>

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.

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. <https://www.int-res.com/articles/meps2008/354/m354p219.pdf>

Gianni, F., Falace, A., Orlando-Bonaca, M., Ciriaco, S., Ivajnšič, D., Kaleb, S., Lipej, L., Mavrič, B., Querin, S., Bandelj, V., 2025. Environmental alterations and sea warming drive seagrass meadow decline in urbanized coastal areas of the northern Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 327, 109563. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2025.109563>.

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]

Jarni, K., Kovač Viršek, M., 2022. 3. Priprava in sodelovanje pri razvoju metodologij za NUMO. 3.2 Priprava metodologij za izvajanje monitoringa okolja in vrednotenje stanja morskega okolja skladno z določbami Okvirne direktive o morskii strategiji (2008/56/ES, zadnjič spremenjene 7. junija 2017) in Uredbe o podrobnejši vsebini načrta upravljanja z morskim okoljem (Uradni list RS, št. 92/10, 20/13 in 60/18) in pripravo predpisa, ki bo podrobneje urejal spremljanje in vrednotenje stanja morskega okolja (Metodološki zvezek D5 – Evtrofikacija). IzVRS, 80 str.

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

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.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.05.025>

Orlando-Bonaca, M., Lipej, L., Malej, A., Francé, J., Čermelj, B., Bajt, O., Kovač, N., Mavrič, B., Turk, V., Mozetič, P., Ramšak, A., Kogovšek, T., Šiško, M., Flander Putrle, V., Grego, M., Tinta, T., Petelin, B., Vodopivec, M., Jeromel, M., Martinčič, U., Malačič, V., 2012. Začetna presoja stanja slovenskega morja. Poročilo za člen 8 Okvirne direktive o morski strategiji. Zaključno poročilo za leto 2012. Poročila MBP 140. Morska biološka postaja, Nacionalni Inštitut za Biologijo, Piran, 345 s.

Orlando-Bonaca, M., Bajt, O., Čermelj, B., Deželjin, D., Francé, J., Kogovšek, T., Kovač, N., Lipej, L., Malačič, V., Malej, A., Mavrič, B., Mozetič, P., Ramšak, A., Šiško, M., Tinta, T., Turk, V., 2013. Strokovne podlage za implementacijo Okvirne direktive o morski strategiji (2008/56/ES). Zaključno poročilo za leto 2013. Poročila 148. Morska Biološka Postaja, Nacionalni Inštitut za Biologijo, Piran, 201 str.

Orlando-Bonaca, M., Francé, J., Mavrič, B., Grego, M., Lipej, L., Flander Putrle, V., Šiško, M., Falace, A., 2015. A new index (MediSkew) for the assessment of the *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson meadows's status. Marine Environmental Research, 110: 132-141.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.08.009>

Peralta, G., Godoy, O., Egea, L.G., de los Santos, C.B., Jiménez-Ramos, R., Lara, M., Brun, F.G., Hernández, I., Olivé, I., Vergara, J.J., González-Ortiz, V., Moreno-Marín, F., Morris, E.P., Villazán, B., Pérez-Lloréns, J.L., 2021. The morphometric acclimation to depth explains the long-term resilience of the seagrass *Cymodocea nodosa* in a shallow tidal lagoon. Journal of Environmental Management, 299, 113452. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113452>

Savva, I., Bennett, S., Roca, G., Jordà, G., Marbà, N., 2018. Thermal tolerance of Mediterranean marine macrophytes: vulnerability to global warming. Ecol. Evol., 8, 12032-12043.
<https://doi.org/10.1002/ece3.4663>

Skirris, N., Marsh, R., Breedon, M., Josey, S.A., 2025. Accelerated Warming and Salinification of the Mediterranean Sea: Implications for Dense Water Formation. Journal of Marine Science and Engineering, 13(1), 25. <https://doi.org/10.3390/jmse13010025>

Sullivan, B.K., Martin, D.L., Yoshioka, R.M., Brakel, J., Jakobsson-Thor, S., Eisenlord, M., Trevathan-Tackett, S.M., 2023. Standard ecological and molecular research methods and techniques for *Labyrinthula* spp. Front. Mar. Sci., 10, 1092587. doi: 10.3389/fmars.2023.1092587

Tojčić, I., Denamiel, C., Vilibić, I., 2023. Kilometer-scale trends and variability of the Adriatic present climate (1987–2017). *Climate Dynamics*, 61, 2521-2545. <https://doi.org/10.1007/s00382-023-06700-2>

Trkov, D., Fortič, A., 2023. First record of the Canestrini's goby *Ninnigobius canestrinii* (Ninni, 1883); a rare and endangered fish species from Slovenian waters. *Acta Adriatica*, 64 (2), 175-179. <https://doi.org/10.32582/aa.64.2.5>

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.