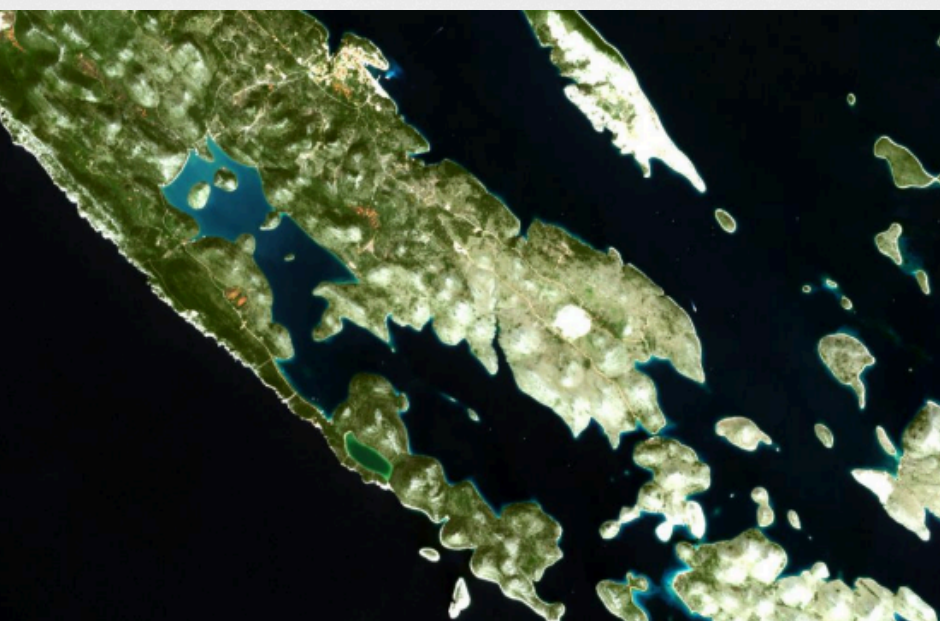


EUTROFIKACIJA MORA
“PARKA PRIRODE TELAŠĆICA”,
SVIBANJ, 2024.



PARK PRIRODE TELAŠĆICA - MJESEČNI IZVJEŠTAJ

Izradili: Sea Cras d.o.o.

Datum: 10. lipnja 2024.

Mjesto: Zagreb

Usluga: Monitoring eutrofikacije mora "Park prirode Telašćica" satelitima

Naručitelj: Park Prirode Telašćica, Sali X1, Općina Sali
OIB: 39112943608



Izvršitelj: SEA CRAS d.o.o. Avenija Dubrovnik 15, Zagreb,
OIB: 70844303390



SEA CRAS d.o.o.


Direktor:
dr. sc. Mario Špadina




EUTROFIKACIJA MORA „Parka Prirode TELAŠĆICA“, svibanj, 2024.

PARK PRIRODE TELAŠĆICA - MJESEČNI IZVJEŠTAJ

Voditelj izrade dr.sc. Mario Špadina



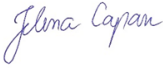
Stručni suradnik dr.sc. Stipe Lukin



Ostali suradnici Robert Šulc, mag. geogr.



Jelena Capan, mag. chem.



SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	3
PODRUČJE I VRIJEME MONITORINGA.....	4
SATELITSKI MONITORING PP TELAŠĆICA.....	6
SATELITSKE SNIMKE ZA OBRADU.....	6
REZULTATI OBRADU SATELITSKIH SNIMKI.....	7
KARTE KONCENTRACIJE KLOROFILA a.....	7
STATISTIČKA ANALIZA.....	12
Statistička analiza cijelog područja PP Telašćica.....	14
Statistička analiza posebno definiranih područja unutar PP Telašćica.....	16
ZAKLJUČAK.....	19

PODRUČJE I VRIJEME MONITORINGA



Slika 1. Pregled područja satelitskog monitoringa eutrofikacije na području PP Telašćica. Satelitska snimka parka prirode Telašćica snimljenog Sentinel-2 satelitom u RGB formatu. Narančasti poligon definira područje monitoringa. Nad svim područjima je izvršena statistička analiza.

Ukupna vodna površina za monitoring iznosi 40,81 km². Na tom području vršio se monitoring eutrofikacije praćenjem koncentracije klorofila *a* dobivene spektralnom analizom satelitskih snimki Sentinel-2 satelita. Satelit Sentinel-2 prelazi preko definiranog područja monitoringa uvijek u jutarnjim satima, između 10:45 – 12:00 h i sve snimke su se prikupile u tom vremenskom periodu.

Satelitsko praćenje koncentracije klorofila *a* kao indikatora eutrofikacije provedeno je u vremenu od 01.05.2024. do 01.06.2024. U tom periodu su tri satelitske snimke zadovoljavale meteorološke kriterije potrebne za uspješnu analizu, a to je prvenstveno odsutnost naoblake iznad i oko definiranog područja monitoringa. Osim odsutnosti naoblake direktno iznad područja monitoringa, nije zabilježena i sjena koja može biti rezultat oblaka izvan područja monitoringa i ovisi o upadnom kutu zračenja Sunca i položaja satelita u trenutku prikupljanja podataka. U transparentnim vodama (visoke prozirnosti) dolazi do refleksije svjetlosti s dna do dubina od 10 – 15 m. Uslijed toga,

spektroskopskom analizom u takvim pličinama je moguće zamijetiti povećanu procjenu klorofila a, koja je rezultat spomenutog efekta za čiju su korekciju potrebni precizni batimetrijski podaci. Dodatno, u slučaju da je morsko dno u takvim pličinama prekriveno morskim cvjetnicama (e.g. *Posidonia oceanica*), efekt je još izraženiji.

SATELITSKI MONITORING PP TELAŠĆICA

SATELITSKE SNIMKE ZA OBRADU

Satelitsko praćenje koncentracije klorofila *a* kao indikatora eutrofikacije provedeno je u vremenu od 01.05.2024. do 01.06.2024.

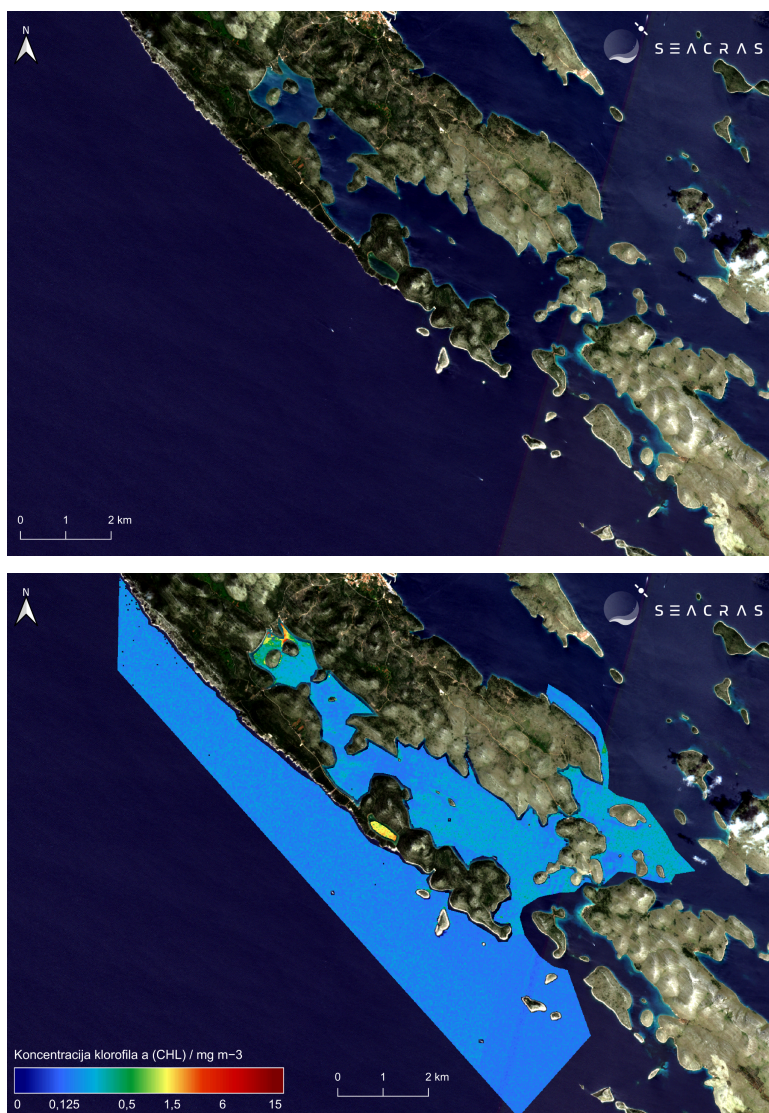
Datumi obrađenih snimaka su: 04.05., 11.05. i 31.05.

U ovom *Izveštaju* prezentirani su obrađeni podaci, napravljena je statistička analiza i prikazane su karte klorofila *a* na području od interesa za PP Telašćica.

REZULTATI OBRADJE SATELITSKIH SNIMKI

KARTE KONCENTRACIJE Klorofila α

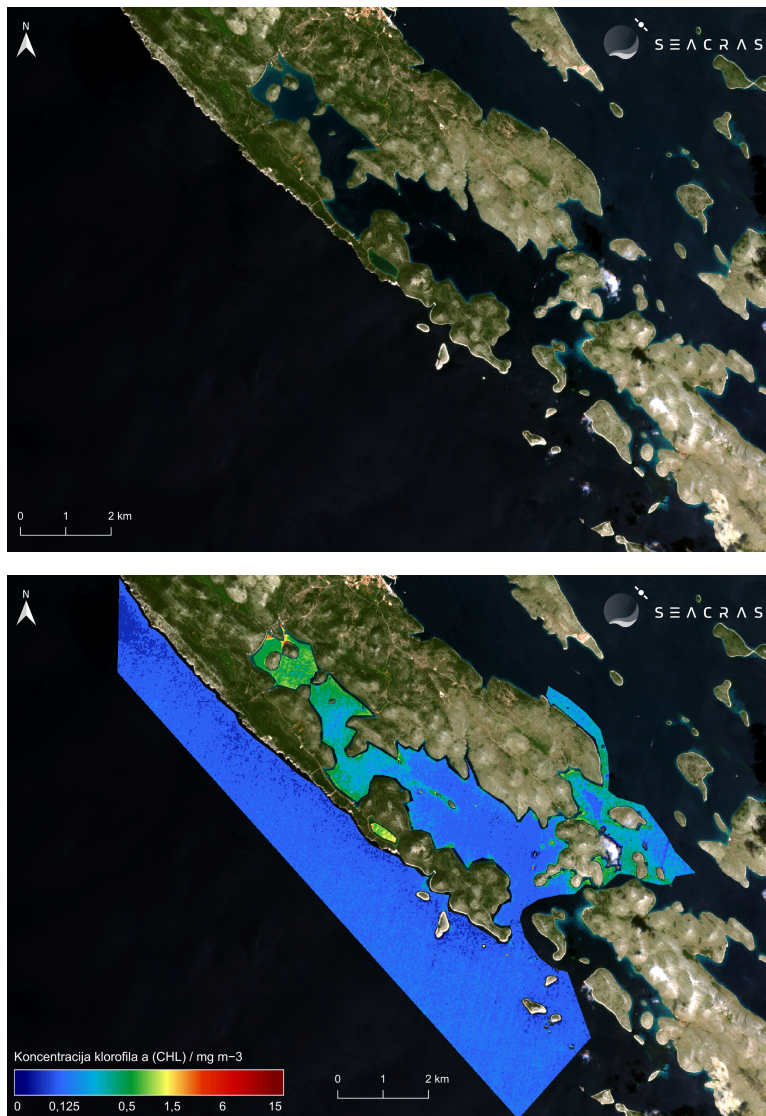
DATUM: 04.05.2024.



Slika 2. Panel sa satelitskom snimkom u RGB formatu (gore), te obrađenom snimkom na kojoj je kartirana vrijednost koncentracije klorofila α za područje Parka prirode Telašćica (dolje) na datum 04.05.2024.

Na datum 04.05.2024. zabilježeno je sunčano vrijeme bez naoblake. Prema podacima Europskog centra za srednjoročne prognoze vremena (ECMWF) temperatura mora iznosila je 17 °C, površinski tlak zraka iznosio je 1015 hPa, relativna vlažnost iznosila je oko 80 %, ukupna količina vodene pare u stupcu zraka iznosila je 22 kg m⁻² a ukupna količina ozona u vertikalnom stupcu pri površini izražena u Dobsonovim jedinicama iznosila je 385 D.U. Na slici 2 prikazane su karte koncentracije klorofila a.

DATUM: 11.05.2024.

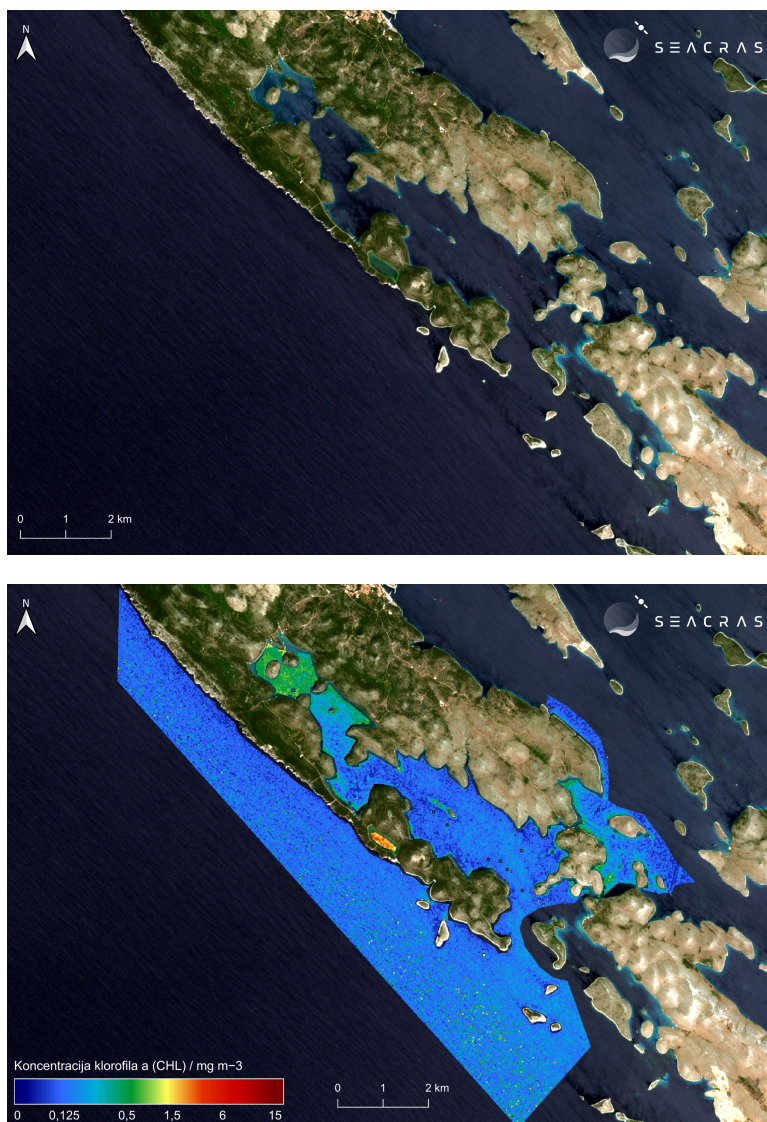


Slika 3. Panel sa satelitskom snimkom u RGB formatu (gore), te obrađenom snimkom na kojoj je kartirana vrijednost koncentracije klorofila a za područje Parka prirode Telašćica (dolje) na datum 11.05.2024.

Na datum 11.05.2024. zabilježeno je sunčano vrijeme bez naoblake. Prema podacima ECMF-a temperatura mora iznosila je 18 °C, površinski tlak zraka iznosio je 1018 hPa, relativna vlažnost iznosila je oko 46 %, ukupna količina vodene pare u stupcu zraka iznosila je 16 kg m⁻² a ukupna količina ozona u vertikalnom stupcu pri površini izražena u Dobsonovim jedinicama iznosila je 395 D.U. Na slici 3 prikazane su karte koncentracije

klorofila a.

DATUM: 31.05.2024.



Slika 4. Panel sa satelitskom snimkom u RGB formatu (gore), te obrađenom snimkom na kojoj je kartirana vrijednost koncentracije klorofila a za područje Parka prirode Telašćica (dolje) na datum 31.05.2024.

Na datum 31.05.2024. zabilježeno je sunčano vrijeme bez naoblake. Prema podacima ECMF-a temperatura mora iznosila je 20 °C, površinski tlak zraka iznosio je 1004 hPa, relativna vlažnost iznosila je oko 82 %, ukupna količina vodene pare u stupcu zraka iznosila

je 25 kg m^{-2} , a ukupna količina ozona u vertikalnom stupcu pri površini izražena u Dobsonovim jedinicama iznosila je 366 D.U. Na slici 4 prikazane su karte koncentracije klorofila a.

STATISTIČKA ANALIZA

Na slici 1 je prikazano područje na kojim je provedena statistička analiza valjanih piksela. Srednja vrijednost određena je kao usrednjenje svih validnih piksela unutar zadanog poligona:

$$\text{CHL} = \frac{\sum_i^N p_i}{N} \quad \text{Jed. 1}$$

gdje je p vrijednost pojedinog piksela, a N ukupni broj piksela. Standardna devijacija određena je izrazom:

$$\text{s. d.} = \frac{\sum_i^N (p_i - \text{CHL})^2}{N-1} \quad \text{Jed. 2}$$

Medijan predstavlja srednju vrijednost u nizu podataka nekog statističkog skupa poredanih od najmanjeg prema najvećem koja dijeli skup na dva jednaka dijela. Za asimetrične distribucije (kakve su uobičajeno za koncentracije klorofila a u priobalnim vodama) medijan je bolji procjenitelj prave očekivane vrijednosti distribucije, pogotovo u slučaju većeg broja odstupanja (outlier-a).



Slika 5. Definirano područje statističke analize. Narančastom bojom je definirano cijelo područje, dok su Lokacije 1 - 7 posebno istaknuta područja nad kojima je izvršena dodatna statistička analiza.

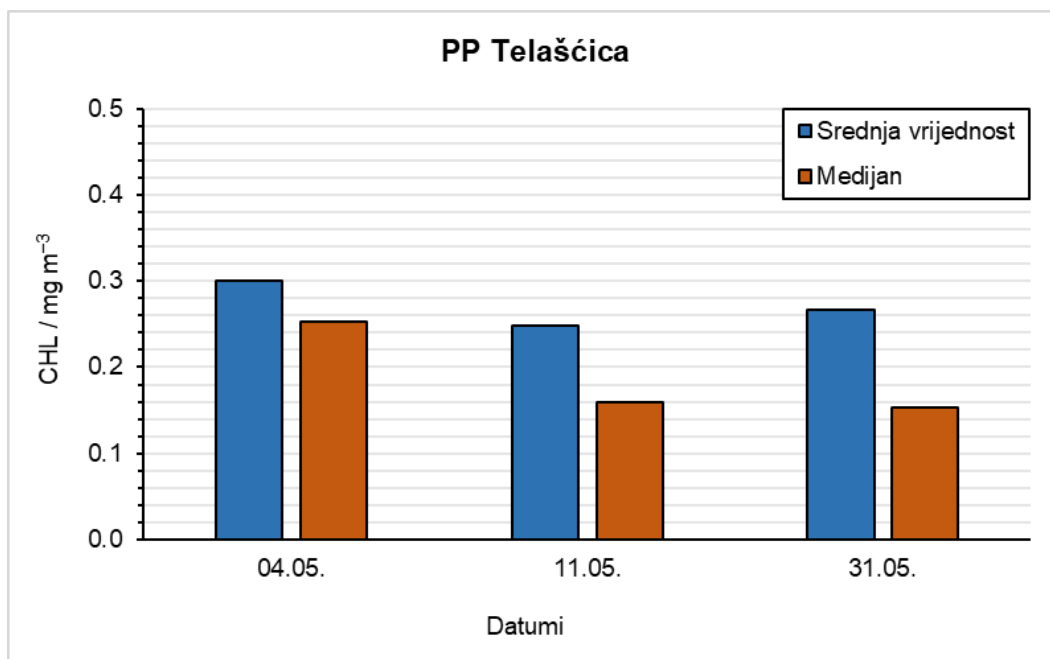
Ulogu standardne devijacije treba uzeti u razmatranje kao veličinu koja definira kolika je varijabilnost u vrijednostima na određenom prostoru i ne mora biti prava procjena standardne greške, pogotovo jer nije riječ o standardnoj raspodjeli vrijednosti koncentracije klorofila *a*. Usporedba srednje vrijednosti i medijana je još jedan pokazatelj prave prosječne vrijednosti koncentracije klorofila *a* nad određenim prostorom. Naime što je sličnija vrijednosti medijana i srednje vrijednosti to ukazuje na manju varijabilnost u podacima i potencijalno manjem broju outlier-a, a u odsustvu sistematičnog doprinosa koncentraciji klorofila *a* ukazuje i na pravu vrijednost takve distribucije.

Statistička analiza cijelog područja PP Telašćica

U tablici 1 dane su brojčane vrijednosti statističkog određivanja koncentracije klorofila *a* za cijelu površinu PP Telašćica, svih pet datuma u svibnju. Srednja vrijednost određena je kao usrednjenje svih validnih piksela unutar zadanog poligona (slika 5). Srednja vrijednost prikazana je na dvije signifikantne znamenke, iako je standardna devijacija svih piksela na jednoj signifikantnoj znamenki. Razlog je što standardna devijacija u ovom slučaju nije najbolja procjena standardne greške već upućuje na značajnu prostornu varijabilnost u koncentraciji klorofila *a*.

Tablica 1. Srednja vrijednost, standardna devijacija i medijan vrijednosti koncentracije klorofila *a* za piksele unutar područja monitoringa za PP Telašćica u svibnju 2024.

Datum	CHL / mg m ⁻³		
	srednja vrijednost	standardna devijacija	medijan
04.05.	0,30	0,20	0,25
11.05.	0,25	0,26	0,16
31.05.	0,27	0,38	0,15



Slika 6. Stupčasti grafikon s prikazom srednje vrijednosti i medijana koncentracije klorofila a za sve datume u svibnju 2024.

Iz tablice 1 i slike 6 vidljivo je da koncentracija srednje vrijednosti klorofila a na području PP Telašćica varira u rasponu od 0,25 do 0,30 mg m⁻³, dok medijan vrijednosti koncentracije klorofila a varira u rasponu od 0,15 do 0,25 mg m⁻³ što spada u kategoriju oligotrofnih priobalnih voda s niskom stopom eutrofikacije.

Statistička analiza posebno definiranih područja unutar PP Telašćica

U tablici 2 prikazane su koordinate posebno definiranih područja, Lokacije 1-7 nad kojima je izvršena statistička analiza (slika 5).

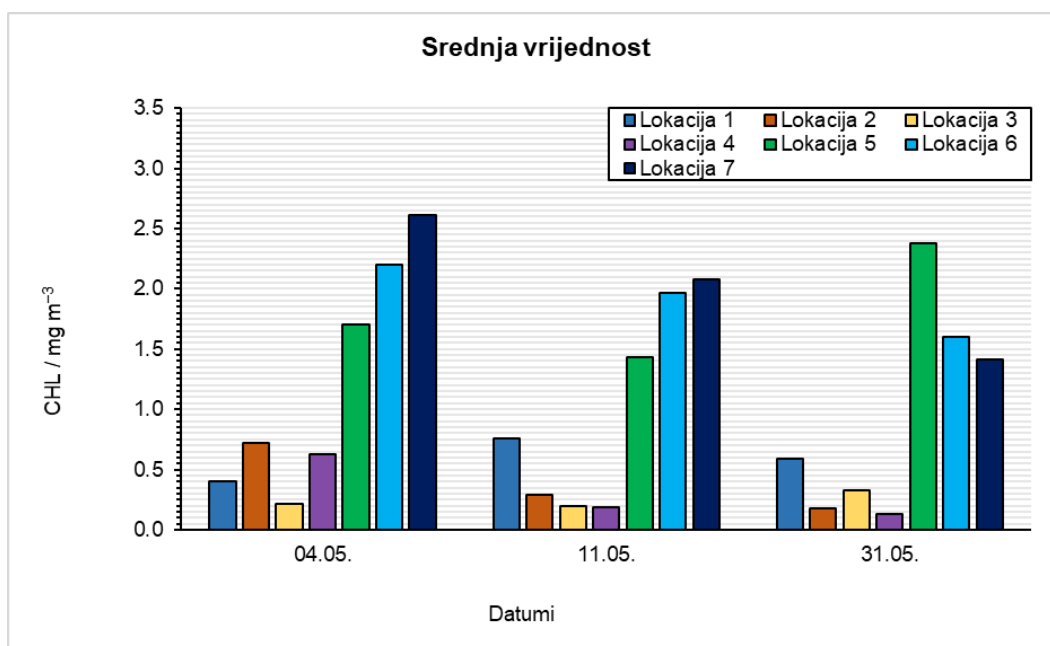
Tablica 2. Posebno definirane lokacije monitoringa unutar područja monitoringa za PP Telašćica (Lokacije 1 - 4).

Lokacija	Geografska dužina	Geografska širina
1	15,1426° E	43,9182° N
2	15,1539° E	43,9058° N
3	15,1910° E	43,8880° N
4	15,1497° E	43,8846° N
5	15,1658° E	43,8862° N
6	15,1389° E	43,9264° N
7	15,1349° E	43,9250° N

U tablici 3 dane su brojčane vrijednosti statističkog određivanja koncentracije klorofila a u PP Telašćica za sva tri datuma na posebno definiranim područjima, Lokacijama 1-7 definiranim u tablici 2 i na slici 5.

Tablica 3. Srednja vrijednost koncentracije klorofila a u svibnju za posebno definirane lokacije monitoringa unutar područja monitoringa za PP Telašćica (Lokacije 1 - 7).

Datum	CHL / mg m ⁻³						
	Lokacija 1	Lokacija 2	Lokacija 3	Lokacija 4	Lokacija 5	Lokacija 6	Lokacija 7
04.05.	0,40	0,72	0,22	0,62	1,70	2,20	2,61
11.05.	0,76	0,29	0,20	0,19	1,44	1,97	2,08
31.05.	0,59	0,18	0,33	0,13	2,38	1,60	1,41



Slika 7. Stupčasti grafikon s prikazom srednje vrijednosti koncentracije klorofila a na Lokacijama 1 - 7 za sve datume u svibnju 2024.

Iz tablice 3 i grafikona slike 7 vidljivo je da srednje vrijednosti koncentracije klorofila a na području PP Telašćica imaju dodatnu prostornu varijabilnost, ovisno o koordinatama mikrolokacija (Lokacije 1 – 7) koje su naznačene na slici 5.

Sve lokacije spadaju u kategoriju oligotrofnih priobalnih voda s niskom stopom eutrofikacije. Lokacija 5 odnosi se na jezero Mir te je najzatvoreniji tip vodnog tijela od svih proučavanih mikrolokacija te pokazuje sustavno znatno veću eutrofikaciju što je očekivano. Lokacije 1, 6 i 7 također se nalaze u zatvorenijem tipu vodnog tijela te pokazuju veću eutrofikaciju od prosjeka. Uz to, na lokacijama 6 i 7 (uvale Magrovica i Podugopolje) zamijećena je povećana procjena klorofila a koja je rezultat jače refleksije s dna.

Koncentracija klorofila a na lokaciji 1 varira između 0,40 i 0,76 mg m⁻³. Koncentracija klorofila a na lokaciji 2 varira između 0,18 i 0,78 mg m⁻³. Koncentracija klorofila a na lokaciji 3 varira između 0,20 i 0,33 mg m⁻³. Koncentracija klorofila a na lokaciji 4 varira između 0,13 i 0,62 mg m⁻³. Koncentracija klorofila a na lokaciji 5 varira između 1,44 i 2,38 mg m⁻³.

Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 6 varira između 1,60 i 2,20 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 7 varira između 1,41 i 2,61 mg m⁻³.

ZAKLJUČAK

U periodu od 01.05.2024. do 01.06.2024. proveden je satelitski monitoring na području PP Telašćica. Obradom tri satelitske snimke određena je vrijednost koncentracije klorofila *a* i kreirane su karte koncentracije klorofila *a* na području monitoringa.

Provedena je statistička analiza i zaključeno je da je u **svibnju** na širem području PP Telašćica koncentracija klorofila *a* varirala između 0,25 do 0,30 mg m⁻³, dok je medijan vrijednosti koncentracije klorofila *a* varirao u rasponu od 0,15 do 0,25 mg m⁻³ što spada u kategoriju oligotrofnih priobalnih voda s niskom stopom eutrofikacije.

Provedena je dodatna statistička analiza utjecaja mikrolokacije gdje se promatrao utjecaj otvorenog mora i zatvorenost vodnog tijela na razinu eutrofikacije.

Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 1 varira između 0,40 i 0,76 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 2 varira između 0,18 i 0,78 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 3 varira između 0,20 i 0,33 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 4 varira između 0,13 i 0,62 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 5 varira između 1,44 i 2,38 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 6 varira između 1,60 i 2,20 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 7 varira između 1,41 i 2,61 mg m⁻³.