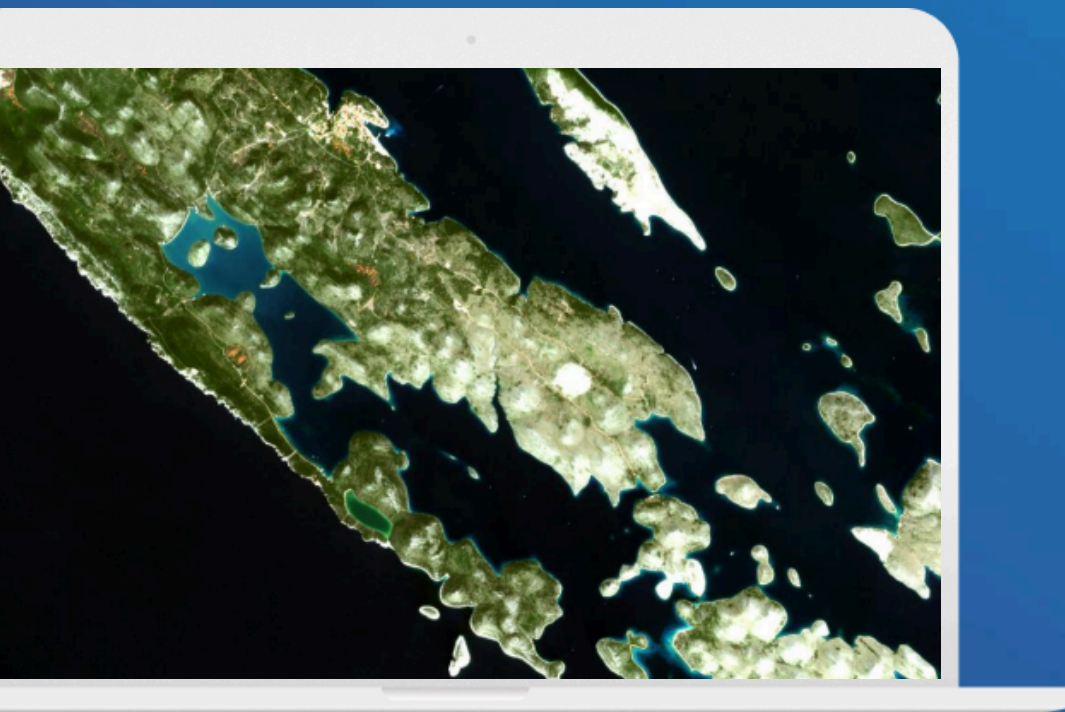


EUTROFIKACIJA MORA
“PARKA PRIRODE TELAŠĆICA”,
TRAVANJ, 2024.



PARK PRIRODE TELAŠĆICA - MJESEČNI IZVJEŠTAJ

Izradili: Sea Cras d.o.o.

Datum: 09. svibnja 2024.

Mjesto: Zagreb

Usluga: Monitoring eutrofikacije mora "Park prirode Telašćica" satelitima

Naručitelj: Park Prirode Telašćica, Sali X1, Općina Sali

OIB: 39112943608



TELAŠĆICA

Park prirode
Nature Park

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”, travanj, 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.....	16
Statistička analiza cijelog područja PP Telašćica.....	18
Statistička analiza posebno definiranih područja unutar PP Telašćica.....	20
ZAKLJUČAK.....	23

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 11:45 – 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 01.04.2024. do 01.05.2024. U tom periodu je pet satelitskih snimaka zadovoljavalo 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 01.04.2024. do 01.05.2024.

Datumi obrađenih snimaka su: 04.04., 06.04., 11.04., 14.04., i 21.04.

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: 04.04.2024.

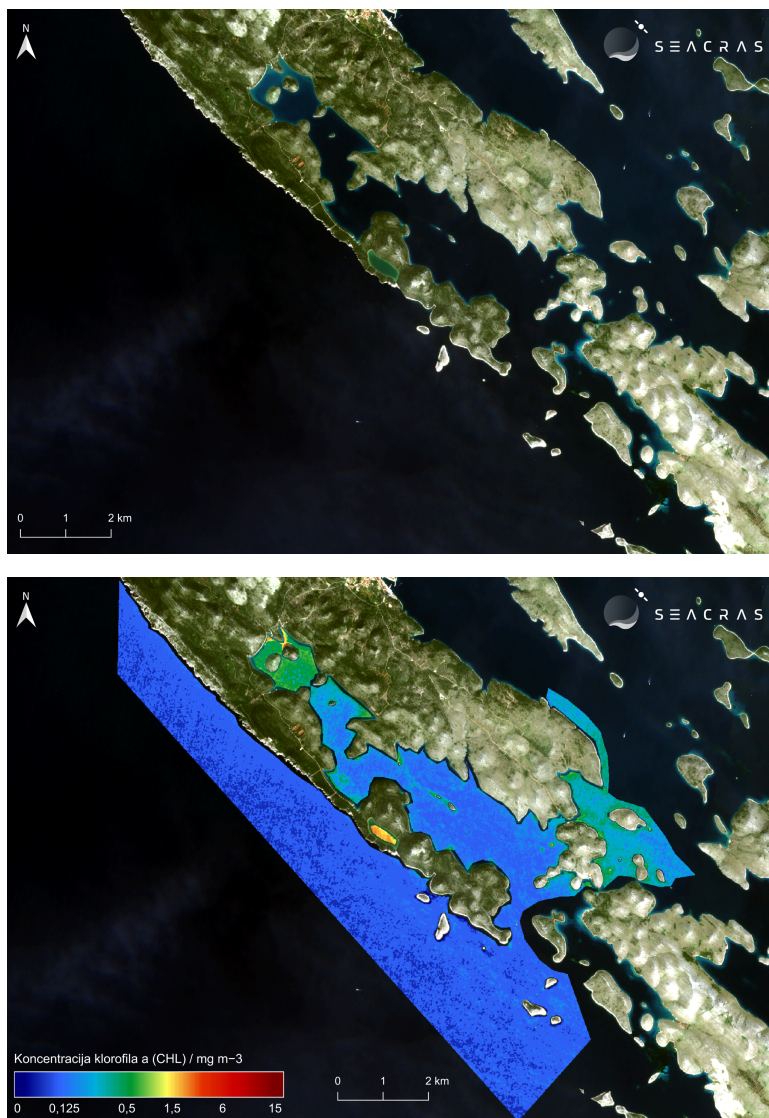


Slika 2. Panel sa satelitskom snimkom u RGB formatu (gore), te obrađenom snimkom na kojoj je kartirana vrijednost koncentracije klorofila α za područje Parka prirode Telašćica (dolje) na datum 04.04.2024.

Na datum 04.04.2024. zabilježeno je sunčano vrijeme sa slabom naoblakom. Prema podacima Europskog centra za srednjoročne prognoze vremena (ECMWF) temperatura mora iznosila je 15 °C, površinski tlak zraka iznosio je 1021 hPa, relativna vlažnost iznosila je oko 83 %, ukupna količina vodene pare u stupcu zraka iznosila je 17 kg m⁻² a ukupna količina ozona u vertikalnom stupcu pri površini izražena u Dobsonovim jedinicama iznosila je 369 D.U. Na slici 2 prikazane su karte koncentracije klorofila *a*.

Procjenu koncentracije klorofila *a*, s obzirom na slabu naoblaku prilikom satelitskog snimanja nad promatranim područjem, nije bilo moguće u potpunosti provesti. Oblaci, koji se mogu zamijetiti na snimkama korištene prostorne rezolucije, onemogućuju dovoljno dobru procjenu klorofila *a*, te su ta područja maskirana i nisu uzeta u obzir tijekom obrade snimke. Zbog istog razloga moguće je da su vrijednosti procjene koncentracije klorofila *a* na području na kojem je provedena obrada blago povišene u odnosu na stvarne vrijednosti.

DATUM: 06.04.2024.

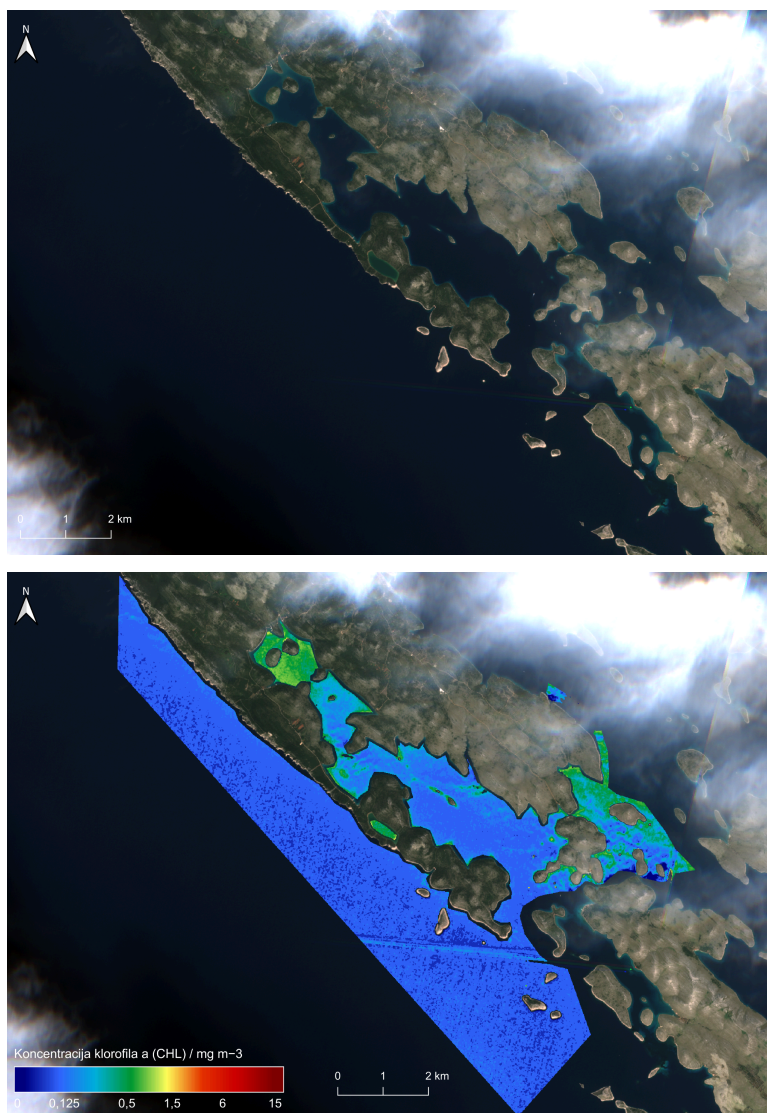


Slika 3. Panel sa satelitskom snimkom u RGB formatu (gore), te obrađenom snimkom na kojoj je kartirana vrijednost koncentracije klorofila a za područje Parka prirode Telašćica (dolje) na datum 06.04.2024.

Na datum 06.04.2024. zabilježeno je sunčano vrijeme bez naoblake. Prema podacima ECMF-a temperatura mora iznosila je 15 °C, površinski tlak zraka iznosio je 1025 hPa, relativna vlažnost iznosila je oko 67 %, ukupna količina vodene pare u stupcu zraka iznosila je 21 kg m⁻² a ukupna količina ozona u vertikalnom stupcu pri površini izražena u Dobsonovim jedinicama iznosila je 373 D.U. Na slici 3 prikazane su karte koncentracije

klorofila a.

DATUM: 11.04.2024.



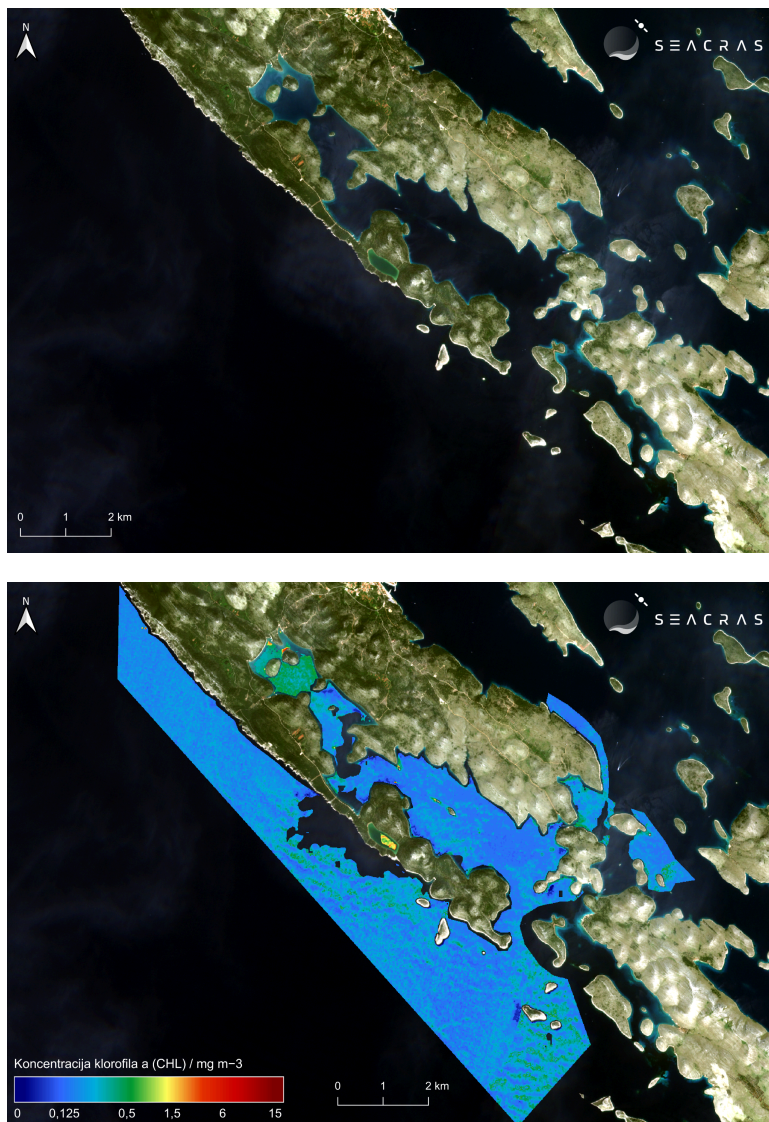
Slika 4. Panel sa satelitskom snimkom u RGB formatu (gore), te obrađenom snimkom na kojoj je kartirana vrijednost koncentracije klorofila a za područje Parka prirode Telašćica (dolje) na datum 11.04.2024.

Na datum 11.04.2024. zabilježeno je sunčano vrijeme sa slabom naoblakom. Prema podacima ECMF-a temperatura mora iznosila je 15 °C, površinski tlak zraka iznosio je 1025 hPa, relativna vlažnost iznosila je oko 56 %, ukupna količina vodene pare u stupcu zraka

iznosila je 21 kg m^{-2} , a ukupna količina ozona u vertikalnom stupcu pri površini izražena u Dobsonovim jedinicama iznosila je 350 D.U. Na slici 4 prikazane su karte koncentracije klorofila *a*.

Procjenu koncentracije klorofila *a*, s obzirom na slabu naoblaku prilikom satelitskog snimanja nad promatranim područjem, nije bilo moguće u potpunosti provesti. Oblaci, koji se mogu zamijetiti na snimkama korištene prostorne rezolucije, onemogućuju dovoljno dobru procjenu klorofila *a*, te su ta područja maskirana i nisu uzeta u obzir tijekom obrade snimke. Zbog istog razloga moguće je da su vrijednosti procjene koncentracije klorofila *a* blago povišene u odnosu na stvarne vrijednosti na području nad kojim se, i u njemu neposrednoj blizini, nalazi naoblaka.

DATUM: 14.04.2024.



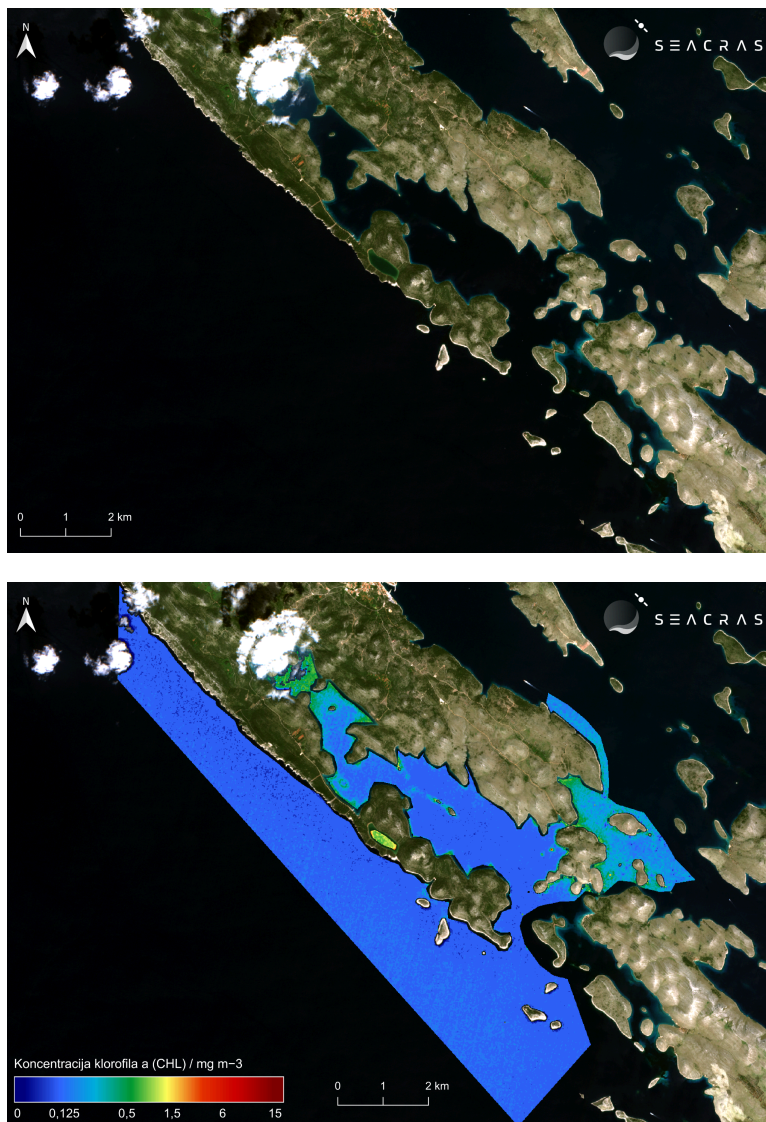
Slika 5. Panel sa satelitskom snimkom u RGB formatu (gore), te obrađenom snimkom na kojoj je kartirana vrijednost koncentracije klorofila a za područje Parka prirode Telašćica (dolje) na datum 14.04.2024.

Na datum 14.04.2024. zabilježeno je sunčano vrijeme s djelomičnom naoblakom. Prema podacima ECMWF-a temperatura mora iznosila je 17 °C, površinski tlak zraka iznosio je 1024 hPa, relativna vlažnost iznosila je oko 48 %, ukupna količina vodene pare u stupcu zraka iznosila je 15 kg m⁻², a ukupna količina ozona u vertikalnom stupcu pri površini izražena u Dobsonovim jedinicama iznosila je 288 D.U. Na slici 5 prikazane su karte

koncentracije klorofila *a*.

Procjenu koncentracije klorofila *a*, s obzirom na slabu naoblaku prilikom satelitskog snimanja nad promatranim područjem, nije bilo moguće u potpunosti provesti. Oblaci, koji se mogu zamijetiti na snimkama korištene prostorne rezolucije, onemogućuju dovoljno dobru procjenu klorofila *a*, te su ta područja maskirana i nisu uzeta u obzir tijekom obrade snimke. Zbog istog razloga moguće je da su vrijednosti procjene koncentracije klorofila *a* na području na kojem je provedena obrada blago povišene u odnosu na stvarne vrijednosti.

DATUM: 21.04.2024.



Slika 6. 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 21.04.2024.

Na datum 21.04.2024. zabilježeno je sunčano vrijeme bez naoblake. Prema podacima ECMWF temperatura mora iznosila je 16 °C, površinski tlak zraka iznosio je 1013 hPa, relativna vlažnost iznosila je oko 49 %, ukupna količina vodene pare u stupcu zraka iznosila je 10 kg m⁻², a ukupna količina ozona u vertikalnom stupcu pri površini izražena u

Dobsonovim jedinicama iznosila je 453 D.U. Na slici 6 prikazane su karte koncentracije klorofila *a*.

Procjenu koncentracije klorofila *a*, s obzirom na slabu naoblaku prilikom satelitskog snimanja nad promatranim područjem, nije bilo moguće u potpunosti provesti. Oblaci, koji se mogu zamijetiti na snimkama korištene prostorne rezolucije, onemogućuju dovoljno dobru procjenu klorofila *a*, te su ta područja maskirana i nisu uzeta u obzir tijekom obrade snimke. Zbog istog razloga moguće je da su vrijednosti procjene koncentracije klorofila *a* na području na kojem je provedena obrada blago povišene u odnosu na stvarne vrijednosti.

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 7. 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.

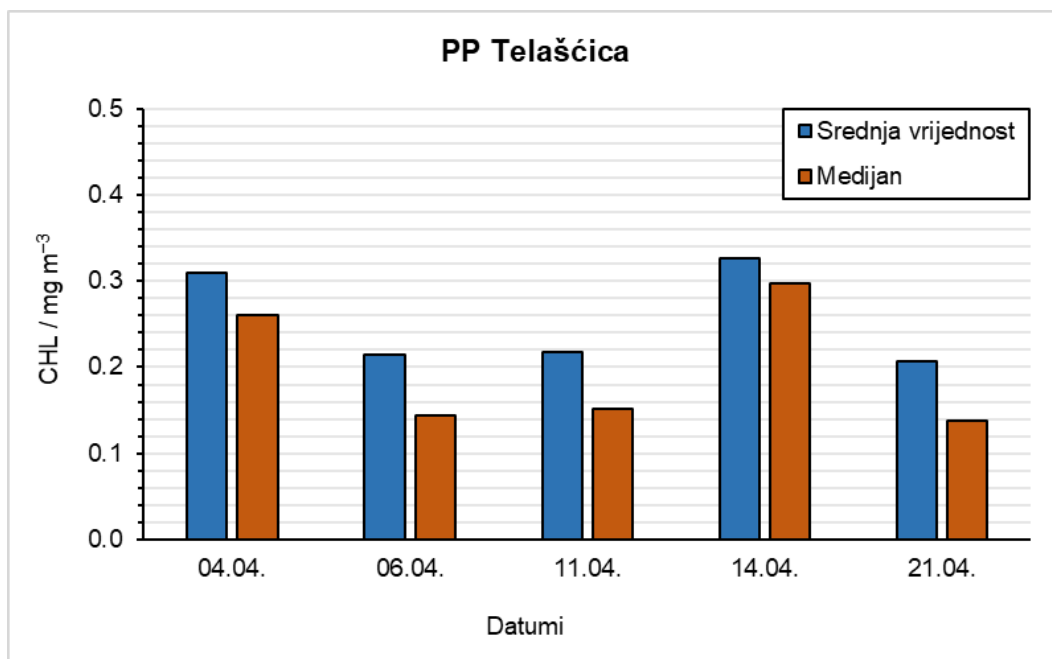
Ulogu standardne devijacije treba uzeti u razmatranje kao veličinu koja definira kolika je varijabilnost u vrijednostima na određenom prostoru i ne mora biti prava procjena standardne greške, pogotovo jer nije riječ o standardnoj raspodjeli vrijednosti koncentracije klorofila *a*. Usporedba srednje vrijednosti 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 travnju. Srednja vrijednost određena je kao usrednjenje svih validnih piksela unutar zadanog poligona (slika 7). 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 travnju 2024.

Datum	CHL / mg m ⁻³		
	srednja vrijednost	standardna devijacija	medijan
04.04.	0,31	0,28	0,26
06.04.	0,22	0,19	0,14
11.04.	0,22	0,21	0,15
14.04.	0,33	0,14	0,30
21.04.	0,21	0,21	0,14



Slika 8. Stupčasti grafikon s prikazom srednje vrijednosti i medijana koncentracije klorofila a za sve datume u travnju 2024.

Iz tablice 1 i slike 8 vidljivo je da koncentracija srednje vrijednosti klorofila a na području PP Telašćica varira u rasponu od 0,21 do 0,33 mg m⁻³, dok medijan vrijednosti koncentracije klorofila a varira u rasponu od 0,14 do 0,30 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 7).

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

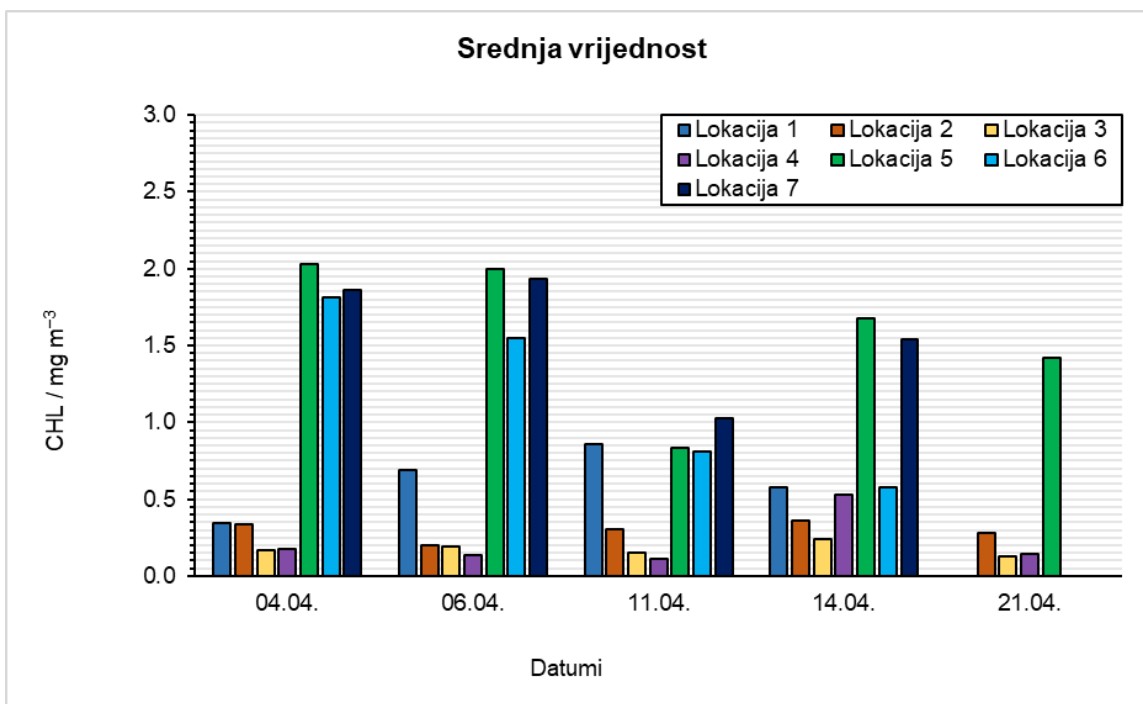
Lokacija	Geografska dužina	Geografska širina
1	15,1426° E	43,9182° N
2	15,1539° E	43,9058° N
3	15,1910° E	43,8880° N
4	15,1497° E	43,8846° N
5	15,1658° E	43,8862° N
6	15,1389° E	43,9264° N
7	15,1349° E	43,9250° N

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

Tablica 3. Srednja vrijednost koncentracije klorofila a u travnju 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
04.04.	0,35	0,33	0,17	0,18	2,03	1,81	1,86
06.04.	0,69	0,20	0,19	0,14	2,00	1,55	1,94
11.04.	0,86	0,31	0,16	0,11	0,84	0,81	1,03
14.04.	0,57	0,36	0,24	0,53	1,68	0,58	1,54
21.04.	/*	0,28	0,13	0,14	1,42	/*	/*

*Nema podataka zbog nepovoljnih atmosferskih uvjeta nad promatranim područjem u trenutku prolaska satelita



Slika 9. Stupčasti grafikon s prikazom srednje vrijednosti koncentracije klorofila a na Lokacijama 1 - 7 za sve datume u travnju 2024.

Iz tablice 3 i grafikona slike 9 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 7.

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 0,35 i 0,86 mg m^{-3} . Koncentracija klorofila a na lokaciji 2 varira između 0,20 i 0,36 mg m^{-3} . Koncentracija klorofila a na lokaciji 3 varira između 0,13 i 0,24 mg m^{-3} . Koncentracija klorofila a na lokaciji 4 varira između 0,11 i 0,53 mg m^{-3} . Koncentracija klorofila a na lokaciji 5 varira između 0,84 i 2,03 mg m^{-3} .

Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 6 varira između 0,58 i 1,81 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 7 varira između 1,03 i 1,94 mg m⁻³.

ZAKLJUČAK

U periodu od 01.04.2024. do 01.05.2024. proveden je satelitski monitoring na području PP Telašćica. Obradom pet satelitskih snimaka 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 **travnju** na širem području PP Telašćica koncentracija klorofila *a* varirala između 0,21 do 0,33 mg m⁻³, dok je medijan vrijednosti koncentracije klorofila *a* varirao u rasponu od 0,14 do 0,30 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 te zatvorenost vodnog tijela na razinu eutrofikacije.

Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 1 varira između 0,35 i 0,86 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 2 varira između 0,20 i 0,36 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 3 varira između 0,13 i 0,24 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 4 varira između 0,11 i 0,53 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 5 varira između 0,84 i 2,03 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 6 varira između 0,58 i 1,81 mg m⁻³. Koncentracija klorofila *a* na lokaciji 7 varira između 1,03 i 1,94 mg m⁻³.