

# Vremenske promjene prozirnosti mora na srednjem Jadranu

---

**Bačinić, Monika**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split / Sveučilište u Splitu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:226:018697>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-27**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of University Department of Marine Studies](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA**  
**DIPLOMSKI STUDIJ EKOLOGIJA I ZAŠTITA MORA**

**Monika Bačinić**

**VREMENSKE PROMJENE PROZIRNOSTI MORA NA**  
**SREDNJEM JADRANU**

**Diplomski rad**

**Split, rujan 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA**  
**DIPLOMSKI STUDIJ EKOLOGIJA I ZAŠTITA MORA**

**VREMENSKE PROMJENE PROZIRNOSTI MORA NA**  
**SREDNJEM JADRANU**

**Diplomski rad**

**Predmet:** Mikrometeorologija

**Mentor:**

Doc. dr. sc. Frano Matić

**Student:**

Monika Bačinić

**Split, rujan 2022.**

Sveučilište u Splitu  
Sveučilišni odjel za studije mora  
Diplomski studij Ekologija i zaštita mora

Diplomski rad

## VREMENSKE PROMJENE PROZIRNOSTI MORA NA SREDNJEM JADRANU

**Monika Bačinić**

### Sažetak

U diplomskom radu su detektirana tri moguća tipa promjena prozirnosti na srednjem Jadranu. Prvi tip je otvoreno more srednjeg Jadrana, točnije Stončica na otoku Visu, gdje se ne uočava višegodišnji trend unutar srednjih vrijednosti, dok postoji vjerojatni trend za maksimalne vrijednosti. Drugi tip je obalno područje u Kaštelanskom zaljevu gdje se uočava poboljšanje ekološkog statusa gdje se vjerojatno povećava prozirnost mora, to jest, trend prozirnosti mora raste. Treći tip je ušće rijeke Neretve gdje se vidi moguće smanjenje prozirnosti, odnosno, trend prozirnosti opada. Koristili su se podaci prozirnosti mora prikupljeni kroz razdoblje od 1998. do 2021. godine izmjereni s mjesečnom ili sezonskom frekvencijom. Ukupan broj podataka korišten za potrebe rada iznosio je 634. Prosječna prozirnost na otvorenom moru iznosi 20,61, prozirnost u Kaštelanskom zaljevu iznosi 10,15 te prozirnost na ušću rijeke Neretve iznosi 9,25 metara. Rezultati pokazuju sezonalnost kod sva tri tipa promjena prozirnosti s dva razdoblja, ljetno i zimsko razdoblje. Tijekom ljetnog razdoblja uočeni su najveći maksimumi prozirnosti, dok su tijekom zimskog razdoblja uočeni najveći minimumi prozirnosti. Ekološko stanje tipova prema srednjim vrijednostima prozirnosti mora na tipu otvorenog mora iznosio je dobar na granici sa vrlo dobrim, na tipu zaljeva, to jest Kaštelanskog zaljeva iznosio je dobar, a na tipu ušća rijeke Neretve iznosio je dobar na granici s lošim.

(34 stranice, 19 slika, 6 tablica, 16 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

**Ključne riječi:** prozirnost mora, secchi disk, Jadransko more

**Mentor:** Doc. dr. sc. Frano Matić

**Ocjenjivači:** 1. Doc. dr. sc. Zvezdana Popović Perković  
2. Doc. dr. sc. Frano Matić  
3. Doc. dr. sc. Žarko Kovač

University of Split  
Department of Marine Studies  
Graduate study Marine ecology and protection

MSc Thesis

## WEATHER CHANGES IN SEA TRANSPARENCY IN THE MIDDLE ADRIATIC

Monika Bačinić

### Abstract

In this thesis, three possible types of transparency changes in the middle Adriatic were detected. The first type is the open sea of the middle Adriatic, specifically Stončica on the island of Vis, where no multi-year trend is observed within the mean values, while there is a probable trend for the maximum values. The second type is the coastal area in Kaštela Bay, where an improvement of the ecological status is observed, where the sea transparency is probably increasing, that is, the trend of sea transparency is increasing. The third type is the mouth of the river Neretva, where a possible decrease in transparency can be seen, that is, the trend of transparency is decreasing. Sea transparency data collected over the period from 1998 to 2021, measured with a monthly or seasonal frequency, were used. The total number of data used for the purposes of the work was 634. The average transparency in the open sea is 20.61, the transparency in the Kaštela Bay is 10.15, and the transparency at the mouth of the Neretva river is 9.25 meters. The results show seasonality in all three types of transparency changes with two periods, summer and winter. During the summer period, the highest transparency maxima were observed, while during the winter period, the highest minimums were observed. The ecological condition of the types according to the mean values of sea transparency on the open sea was good on the border with very good, on the bay type, that is, Kaštela Bay, it was good, and on the Neretva river estuary type, it was good on the border with bad.

(34 pages, 19 figures, 6 tables, 16 references, original in: Croatian)

**Keywords:** sea transparency, secchi disc, Adriatic Sea

**Supervisor:** Frano Matic, PhD / Assistant Professor

**Reviewers:**

1. Zvezdana Popović Perković, PhD / Assistant Professor
2. Frano Matic, PhD / Assistant Professor
3. Žarko Kovač, PhD / Assistant Professor

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Dosadašnja istraživanja .....	2
1.2. Svrha i ciljevi rada .....	3
2. MATERIJALI I METODE.....	4
2.1. Metoda mjerenja secchi diskom.....	4
2.2. Podaci .....	7
3. REZULTATI.....	10
3.1. Temeljna analiza podataka .....	10
3.1.1. Stončica, Vis .....	11
3.1.2. Ušće rijeke Neretve .....	14
3.1.3. Kaštelanski zaljev .....	18
3.2 Prostorno - vremenska analiza .....	22
3.2.1. Stončica, Vis .....	23
3.2.2. Ušće rijeke Neretve .....	25
3.2.3. Kaštelanski zaljev .....	27
4. RASPRAVA .....	30
5. ZAKLJUČCI.....	32
6. LITERATURA.....	33

## 1. UVOD

Secchi disk kružni je bijeli disk promjera 20 ili 30 centimetara pričvršćen za užu koje ljudski promatrač spušta u vodeno tijelo dok ne nestane iz vidnog polja pri čemu se dubina na kojoj nestane smatra vizualnom dubinom prozirnosti vodenog tijela (Pitarch, 2020; Postma, 1961; Preisendorfer, 1986; Lee i sur., 2015; Brewin i sur., 2019; Boyd, 2014; Bowers i sur., 2020; Lee i sur., 2018). Točnije, dubina nestanka diska obrnuto je proporcionalna prosječnoj količini organskih i anorganskih čestica duž vidljive dubine u vodenom tijelu, a može se reći i da je dubina secchi diska ( $z_{sd}$ ) proporcionalna čistoći ili prozirnosti vodenog tijela (Preisendorfer, 1986; Brewin i sur., 2019). Prozirnost vodenog tijela spada u osnovne fizikalno-kemijske elemente koji prate biološke elemente u određivanju kakvoće vodenog tijela te je jedan od pokazatelja eutrofikacije u priobalnim vodama, a iskazuje se u metrima (Vlada Republike Hrvatske, 2013; Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2022). Eutrofikacijom se smatra proces povećanog prihranjivanja vodenog tijela hranjivim tvarima, pri čemu dolazi do povećanog razvoja primarnih proizvođača organske tvari (Strategija upravljanja vodama, 2008). Kategorija stanja priobalne vode na temelju prozirnosti kroz prosječnu godišnju vrijednost izosi: vrlo dobro, ako je prozirnost veća od 10 metara; dobro, ako je prozirnost manja od 10 metara; umjereno, ako je prozirnost manja od 3 metra te loše, ako je prozirnost manja od 3 metra (Vlada Republike Hrvatske, 2013). Kod određivanja stanja vodenog tijela na temelju eutrofikacije važno je napomenuti da osim prozirnosti treba pratiti i ostale pokazatelje poput zasićenja kisikom, otopljeni anorganski dušik, otopljeni fosfor, klorofil-a i TRIX (Vlada Republike Hrvatske, 2013).

Disk je dobio ime po svojem izumitelju, Angelo-u Secchi-ju, koji je 1865-te godine opisao metodu mjerenja secchi diskom i pružio uvid u njegovu fiziku koja je u upotrebi i dan danas u svom izvornom obliku unatoč razvoju tehnologije (Pitarch, 2020; Preisendorfer, 1986; Boyd, 2014; Lee i sur., 2018). Mnogi biolozi i oceanografi cijene ovu metodu upravo iz razloga što pruža koristan i neformalni vizualni indeks trofičke aktivnosti vodenog tijela u smislu da popisi dubine nestanka diska, u funkciji sezonalnosti i mjesta mjerenja kroz više godina, pružaju razumljiv i koristan zapis o čistoći vodenog tijela i biološke aktivnosti (Preisendorfer, 1986; Brewin i sur., 2019; Lee i sur., 2015; Bowers i sur., 2020). Tijekom mjerenja secchi diskom, raspon vidljivosti varira od nekoliko desetaka metara u bistroj

oceanskoj vodi pa sve do nekoliko centimetara u mutnim obalnim vodama (Postma, 1961). Poput svake metode, tako i metoda mjerenja secchi diskom ima određene nedostatke. Mjerenja secchi diskom se mogu obaviti samo za površinske vode i mogu se provoditi samo tokom dana za vrijeme dovoljne količine Sunčeve svjetlosti te ovisi općenito o vremenskim uvjetima (Postma, 1961). Također, kontinuirana registracija podataka nije moguća, kao ni određivanje različitih valnih duljina, a najvećim nedostatkom smatra se činjenica da rezultati mjerenja secchi diskom ovise o samome promatraču koji vrši mjerenja, poput kuta s kojeg promatrač vrši mjerenje, njegovom vidu te utjecaju osvjetljenja i odraza površine vodenog tijela (Postma, 1961; Brewin i sur., 2019). Međutim, iskustvo mjerenja secchi diskom pokazuje da ukoliko se mjerenja vrše u odgovarajućim uvjetima i s odgovarajućim promatračem su ponovljiva, te se ta ponovljena mjerenja razlikuju za ne više od 5 centimetara u dobivenim podacima, što samo dodatno potvrđuje činjenicu o čestoj upotrebi ovakve metode (Pitarch, 2020; Postma, 1961).

### **1.1. Dosadašnja istraživanja**

Upotreba secchi diska u oceanografskim istraživanjima na području Jadranskog mora traje od 1911. godine (Justić, 1988; Morović i sur, 2010). Za potrebe istraživanja na području sjevernog Jadrana, u razdoblju od 1911. do 1982. godine, mjerenja su se obavljala samo tijekom ljetnih mjeseci (Justić, 1988). Uočen je značajan pad prozirnosti mora, koji je na području istočnog Jadrana iznosio 4 metra, dok je na zapadnom dijelu iznosio 6 metara (Justić, 1988). Pad prozirnosti povezan je s utjecajem rijeke Po, pri čemu se smanjila dubina eufotičkog sloja zbog čega se smanjila primarna proizvodnja te je to pridonijelo smanjenju kisika u blizini morskog dna (Justić, 1988). Općenito se prozirnost na području sjevernog Jadrana kontrolira otjecanjem vode i zamuljivanjem od strane rijeka, a najviše rijeke Po, te raspodjelom fitoplanktonke biomase (Justić, 1988).

Istraživanje prozirnosti, koje je obuhvaćalo 16 postaja na istočnom dijelu Jadrana, koristilo je podatke prikupljane od 1911. godine sve do 2007. godine (Morović i sur, 2010). Od 16 postaja tri su bile na sjevernom Jadranu, deset na srednjem i tri na južnom Jadranu (Morović i sur, 2010). Do 1997. godine monitoring je obavljan na mnogim postajama na području priobalnog i otvorenog mora, a većinom je uzorkovano na mjesečnoj ili sezonalnoj



bazi (Morović i sur, 2010). 1998. godine osnovan je nacionalni monitoring projekt „Jadran“ od strane šire skupine znanstvenika na izričit zahtjev Vlade Republike Hrvatske. Projekt se održavao na području istočnog Jadrana, pri čemu je dodano više postaja za mjerenje tokom osam krstarenja brodom godišnje, dok su na određenim postajama mjerenja i dalje obavljana na mjesečnoj bazi (Morović i sur, 2010). Prikupljeni podaci grupirani su u skupine toplih i hladnih sezona, to jest, od svibnja do listopada te od studenog do travnja (Morović i sur, 2010). Veća prozirnost mora bila je na području otvorenog mora, dok je na području priobalja prozirnost bila manja (Morović i sur, 2010). Rezultati su pokazali kako se kroz godine prozirnost smanjila i na području otvorenog i priobalnog mora (Morović i sur, 2010). Također, na svim postajama uočena je jaka sezonalna i međugodišnja varijabilnost u prozirnosti (Morović i sur, 2010). Na varijabilnost prozirnosti mora utječu rijeke, resuspenzija, antropološki čimbenici te vremenske, odnosno, meteorološke prilike. Ovi čimbenici utječu najviše na priobalna područja, dok na područja otvorenog mora najveći utjecaj imaju kolebanj prirodnih čimbenika, s najistaknutijim utjecajem prodora mediteranskih voda (Morović i sur, 2010).

Istraživanje na području srednjeg i južnog Jadrana iz 2003. godine obuhvaćalo je podatke s nekoliko različitih projekata uključujući projekt Jadran (Morović i sur, 2008). Ovo istraživanje uključivalo je različite tipove vodenih tijela poput otvorenog mora, morske kanale i zaljeve te priobalne vode. Rezultati su pokazali kako postaje na otvorenom moru imaju veću prozirnost od priobalnih te zaljevnih postaja (Morović i sur, 2008). Također, rezultati su pokazali kako utjecaj rijeka također utječe na prozirnost vodenog tijela te da jak antropogeni utjecaj smanjuje prozirnost (Morović i sur, 2008).

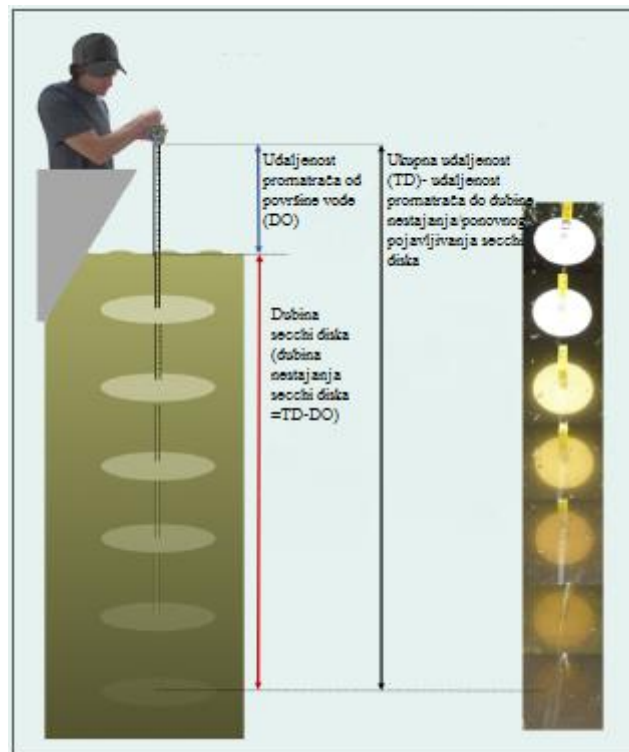
## **1.2. Svrha i ciljevi rada**

Ovaj diplomski rad pruža bazični korak u izračunu i procjeni prozirnosti vodenog tijela na tri lokacije za podršku rezultata za stanje eutrofikacije na stranici Ministarstva zaštite okoliša i energetike <http://baltazar.izor.hr/>. Jedan od ciljeva ovog rada je određivanje sezonskih i višegodišnjih oscilacija prozirnosti mora na području srednjeg Jadrana. Cilj je određivanje sezonskih i višegodišnjih oscilacija prozirnosti mora te analiziranje postojanja trenda i klimatskih režima.

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1. Metoda mjerenja secchi diskom

Metoda mjerenja secchi diskom na prvi se pogled čini prilično jednostavnom. Disk, koji je pričvršćen užetom vertikalno spušta se u vodeno tijelo do trenutka njegova nestajanja te se dubina na kojoj je nestao uzima kao vizualna mjera prozirnosti vodenog tijela (Slika 1) (Preisendorfer, 1986; Brewin i sur., 2019).



**Slika 1.** Mjerenje dubine secchi diska gdje je dubina secchi diska razlika ukupne udaljenosti (TD) i udaljenosti promatrača od površine vode (DO) (izvor: Brewin i sur., 2019).

No, kako bi metoda bila ispravno odrađena potrebno je u obzir uzeti i ostale čimbenike koji mogu utjecati na očitavanje dubine. Prvi glavni čimbenik je kvaliteta vodenog tijela, to jest, njena optička svojstva, a ostale čimbenike čini niz faktora poput karakteristika diska (materijal i promjer), stanje mora, zasjenjenje, osvjetljenje i oblačni pokrov (Pitarch, 2020; Preisendorfer, 1986; Smith i Hoover, 2000). Tako možemo reći da dubina nestanka secchi

diska ovisi obrnuto optičkom stanju površine vodenog tijela te se računa prema sljedećoj formuli:

$$\frac{\delta z_{sd}}{z_{sd}} = \Gamma^{-1} \frac{\delta T_0}{T_0}$$

gdje je:

$\delta$ - perturbacija

$z_{sd}$ - dubina secchi diska (m)

$\Gamma^{-1}$ -koeficijent sprezanja

$T_0$ -propusnost kontrasta.

Glavna karakteristika diska je da je on bijele boje, a razlog tome je da reflektivnost diska, koja ovisi o fizikalnim svojstvima istog, utječe na vidljivost i točnost rezultata te se uočavanje diska utvrđuje kontrastom svjetlosti između objekta i okoline (Pitarch, 2020). Tako možemo reći da dubina secchi diska ovisi izravno o refleksiji samog secchi diska te se računa prema sljedećoj formuli:

$$\frac{\delta z_{sd}}{z_{sd}} = \Gamma^{-1} \frac{\delta R}{R}$$

gdje je :

$\delta$ - perturbacija

$z_{sd}$ - dubina secchi diska (m)

$\Gamma^{-1}$ - koeficijent sprezanja

$R$ - funkcija refleksije.

Tako prilikom uranjanja disk, koji je bijele boje, poprima boju drugačiju od ostatka vodenog tijela te ta boja varira kako disk tone (Pitarch, 2020; Preisendorfer, 1986). Varijacija boje događa se kada se disk nalazi na dubini između površine i dubine nestanka diska i pri tome reflektira dolazno sunčevo zračenje čije su spektralne komponente prigušene u različitim stupnjevima pri povratku na površinu (Pitarch, 2020; Preisendorfer, 1986). Tako možemo reći da dubina secchi diska ovisi obrnuto refleksiji vodenog tijela te se računa prema sljedećoj formuli:

$$\frac{\delta z_{sd}}{z_{sd}} = \Gamma^{-1} \frac{\delta R_{\infty}}{R_{\infty}}$$

gdje je:

$\delta$ - perturbacija

$z_{sd}$ - dubina secchi diska (m)

$\Gamma^{-1}$ - koeficijent sprezanja

$R_{\infty}$ - srednjak funkcije refleksije.

Također, vrsta, veličina i količina organskih i anorganskih čestica koje se nalaze u vodenom tijelu i pri uranjanju secchi diska utječu na njegovu vidljivost (Preisendorfer, 1986). Tako možemo reći da dubina secchi diska ovisi obrnuto s prosječnom količinom prigušnih čestica između diska i površine te se računa prema formuli:

$$\frac{\delta z_{sd}}{z_{sd}} = - \frac{\delta(\alpha + K)}{(\alpha + K)}$$

gdje je:

$\delta$ - perturbacija

$z_{sd}$ - dubina secchi diska (m)

$\alpha$ - funkcija prigušivanja volumena

$K$ - funkcija difuznog slabljenja.

Razlika u veličini diska utječe na brzinu nestajanja diska, pri čemu manji disk (promjer 43 centimetra) nestaje brže uglavnom zbog loma svjetlosti i miješanja vode, a veći disk (promjer 237 centimetra) ne nestaje iako gubi pravilne konture (Pitarch, 2020; Preisendorfer, 1986).

Utjecaj razlike u veličini diska u mutnim vodenim tijelima pokazao se minimalan, točnije predviđena je razlika od samo nekoliko centimetara za vidljivost oko 5 metara pri jednakoj brzini vjetra (Pitarch, 2020).

Okolišni čimbenici također imaju utjecaja na ispravnost rezultata mjerenja secchi diskom. Ukoliko je oblačno, oblaci blokiraju sunčevu svjetlost, čime smanjuju silazno zračenje u vodenom tijelu, a time dolazi do produljenja puta i manje vertikalne vidljivosti (Pitarch, 2020). Zasjećenost vodenog tijela utječe na ispravnost rezultata tako da manja zasjenjenost vodenog tijela smanjuje kontrast uronjenog diska zbog odsjaja sunca na površini

vodenog tijela, dok je pri većoj zasjenjenosti uronjeni disk vidljiviji (Pitarch, 2020; Preisendorfer, 1986; Boyd, 2014).

Također, smatralo se da položaj Sunca i upada njegovih zraka na vodeno tijelo gdje se vrše mjerenja utječu na rezultate.

Smatralo se da je najpovoljnije vrijeme za vršenje mjerenja kad se Sunce nalazi u zenitu zbog kuta upada sunčevih zraka i optičkih svojstava vodenog tijela, no, potrebno je u obzir uzeti i druge varijable poput klorofila i suspendiranih tvari koje se nalaze u vodenome tijelu kako bi mjerenja bila što preciznija uz kalibraciju dobivenih podataka uz pomoć satelitskih procjena dubine prozirnosti mora (Pitarch, 2020; Preisendorfer, 1986). Osim okolišnih čimbenika, na rezultate utječe i položaj promatrača iznad vodenog tijela te njegova veličina, čime se također utječe na zasjenjenost i optička svojstva vodenog tijela tokom mjerenja (Preisendorfer, 1986; Boyd, 2014).

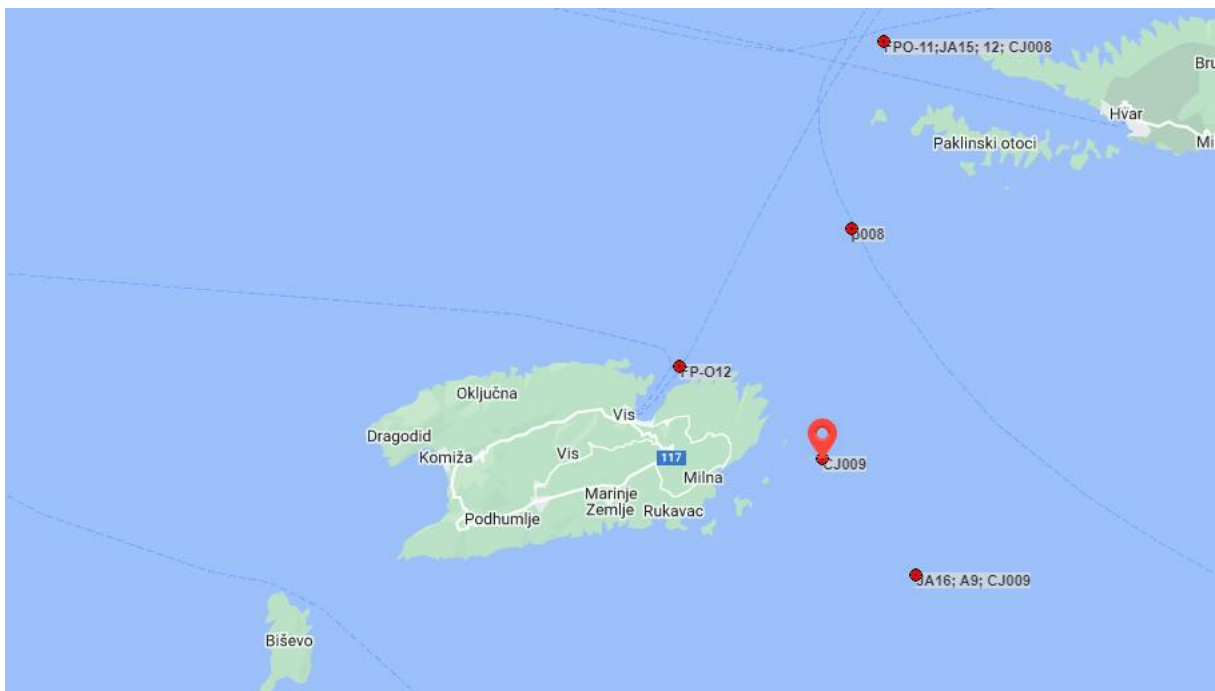
## **2.2. Podaci**

U ovom radu koristili su se podaci prozirnosti mora izmjereni od strane Instituta za oceanografiju i ribarstvo, Laboratorija za fiziku mora. Podaci su izmjereni u sklopu projekata financiranih od strane Instituta, Hrvatskih voda te Ministarstva. Podaci prozirnosti mora koriste se kao jedan od tri pokazatelja stanja eutrofikacije u Jadranskom moru. Meta podaci mogu se pronaći u ROSCOP bazi (<https://vrtlac.izor.hr/ords/roscop/pocetna>) na mrežnim stranicama Instituta za oceanografiju i ribarstvo.

Prozirnost mora mjerena je secchi diskovima koji su izrađeni i kalibrirani u Laboratoriju za fiziku mora Instituta za oceanografiju. U razdoblju od 1998. do 2021. godine prozirnost se mjerila pomoću dva secchi diska. Zamjena diskova napravljena je u veljači 2014. godine kad je i napravljena kalibracija novog diska. Nisu napravljena paralelna mjerenja s oba diska. Mjerenje prozirnosti radilo se s dva broda Bios i Bios Dva, a prozirnost su mjerile tri osobe.

Prozirnost je mjerena na tri lokacije, postaja Stončica na otoku Visu (N43°0'0" E16°20'00") (Slika 2), postaja u Kaštelanskom zaljevu (N43°31'16" E16°22'54") (Slika 3) te postaja u blizini ušća rijeke Neretve i luke Ploče (N43°1'30" E17°24'48") (Slika 4). Na spomenutim lokacija podaci su prikupljeni u razdoblju od 1998. do 2021. godine.

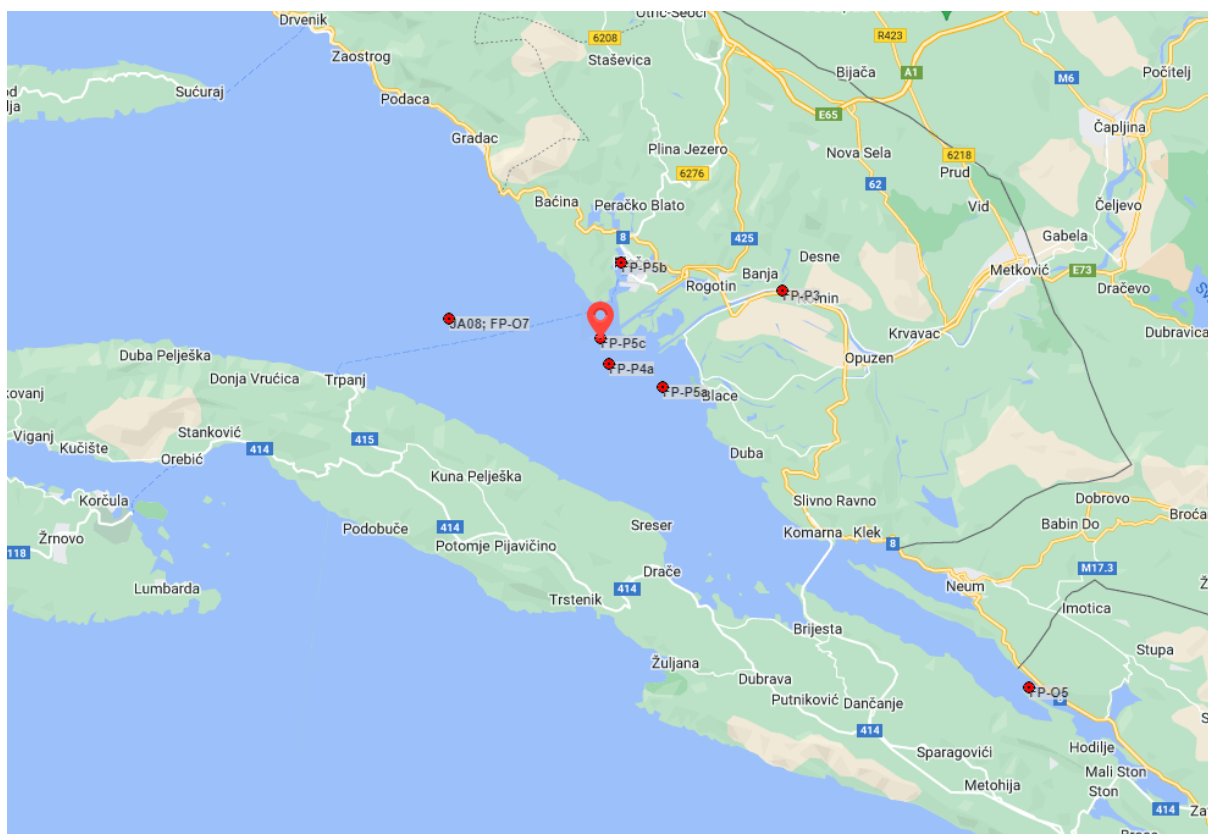
Odabrane se postaje nalaze u tri različita vodna tijela. Postaja Stončica na otoku Visu karakteristična je za otvoreno more srednjeg Jadrana koje karakterizira slab utjecaj istočnojadranskih rijeka te priobalne antropogene aktivnosti. Nasuprot njoj, postaju Ploče karakterizira izražen utjecaj rijeke Neretve i luke Ploče. Postaja ploče smještena je u blizini i malostonskih uzgajališta školjaka. Postaja u Kaštelanskom zaljevu pod utjecajem je rijeke Jadro te raznih kanalizacijskih ispusta u Kaštelanskom zaljevu i Splitskom kanalu. Važno je napomenuti da je u promatranom razdoblju punim pogonom počeli raditi kanalizacijski ispusti gradova Stobreča, Splita, Solina, Kaštela i Trogira.



**Slika 2.** Postaja Stončica na otoku Visu označena crvenom oznakom i šifrom CJ009 (N43°0'0" E16°20'00") (izvor: IZOR, 2022).



**Slika 3.** Postaja u Kaštelanskom zaljevu označena crvenom oznakom i šifrom ST101 (N43°31'16" E16°22'54") (izvor: IZOR, 2022).



**Slika 4.** Postaja na području ušća rijeke Neretve označena crvenom oznakom i šifrom FP-P5c (N43°1'30" E17°24'48") (izvor: IZOR, 2022).

### **3. REZULTATI**

#### **3.1. Temeljna analiza podataka**

Prvi korak u analizi prozirnosti mora je provjera izmjerenih podataka. Prikazat će se osnovni statistički parametri te dnevna, mjesečna i godišnja distribucija prozirnosti na svim postajama.

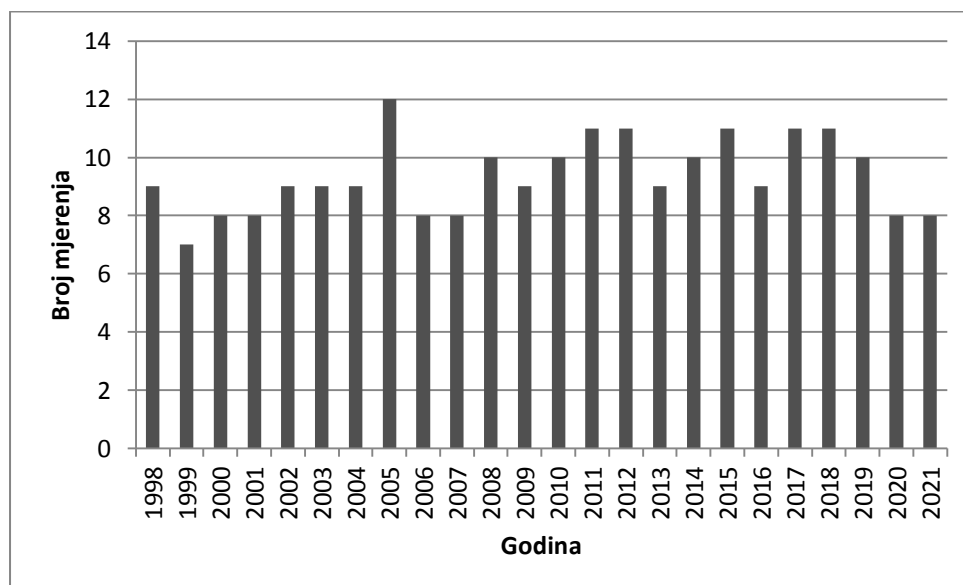
Prikaz rezultata započet će se tabličnim prikazom temeljnih statističkih veličina, srednje vrijednosti, standardne devijacije te minimuma i maksimuma. U tablicama (Tablica 1, Tablica 3 i Tablica 5) je prikazana promjenjivost prozirnosti mora u razdoblju od 1998. do 2021. godine odvojenu za sve tri analizirane postaje. Minimum i maksimum odnose se na izmjerenu dubinu secchi diska na pojedinoj postaji za cjelokupno analizirano razdoblje te predstavlja apsolutni maksimum/minimum za posljednjih 25 godina. Nasuprot tome, srednja vrijednost i standardna devijacija izračunate za svaku pojedinu godinu. Sljedeća veličina u tablici broj je podataka koja se odnosi na broj mjerenja obavljenih te godine. Prikaz rezultata nastavljen je drugom skupinom tablica (Tablica 2, Tablica 4 i Tablica 6) u kojima se promatra mjesečna promjenjivost podataka. Analiziraju se isti podaci kao i u prvoj skupini tablica, a razlikuju se u tome da se u tablici mjesečne promjenjivosti podataka promatra na razini sezonalnosti, odnosno, promatra se kako je koji mjesec i godišnje doba varirala prozirnost vodenog tijela. Grafovi koji prikazuju broj podataka kroz godine (Slika 5, Slika 8 i Slika 11) prikazuju broj mjerenja kroz svaku godinu u razdoblju od 1998. do 2021. godine. Maksimalan broj podataka je 12, iz razloga što je uzet broj mjerenja po mjesecu te mora biti najmanje jedno mjerenje taj mjesec da bi bilo uzeto u izračun. Grafovi koji prikazuju broj podataka kroz mjesece (Slika 6, Slika 9 i Slika 12) prikazuju broj mjerenja kroz mjesece gdje se promatra promjenjivost broja mjerenja kroz godišnja doba, odnosno sezonalnost broja mjerenja. Grafovi koji promatraju broj mjerenja kroz sate u danu (Slika 7, Slika 10 i Slika 13) prikazuju kako su se mjerenja vršila kroz sate, to jest, je li učestalost mjerenja veća u jutarnjim ili popodnevnim satima ili kroz cijeli dan.



### 3.1.1. Stončica, Vis

Podaci prikupljeni kroz godine na postaji Stončica na otoku Visu (N43°0'0" E16°20'00") u Tablici 1 pokazuju tijek podataka kroz godine. Raspon godina koji je promatran od 1998. do 2021. godine. U tablici je vidljiva promjenjivost u prozirnosti kroz godine. Na primjeru godina 2003. i 2004. te na temelju srednje vrijednosti dubine diska vidljiv je pad od gotovo 5 metara. U zadnje dvije godine mjerenja, to jest, u godinama 2020. i 2021. vidljiv je također blagi pad dubine secchi diska od tri metra. Mjerenja su rađena gotovo svakog mjeseca u godini s 2005. godinom sa mjerenjima u svakom mjesecu.

Usporedivši broj mjerenja kroz godine na postaji Stončica na otoku Visu na Slici 5 vidljivo je da je najveći broj mjerenja obavljen 2005. godine, dok je najmanji broj mjerenja obavljen 1999. godine. Također je vidljivo da je broj mjerenja obavljan gotovo na mjesečnoj razini kroz sve godine, s najmanjim brojem mjerenja 1999. godine sa 7 mjerenja. Zadnje dvije godine, 2020. i 2021., broj mjerenja bio je manji nego prijašnjih godina, sa 8 mjerenja te dvije godine, što i dalje predstavlja visok broj mjerenja.



**Slika 5.** Broj mjerenja secchi diskom na postaji Stončica (N43°0'0" E16°20'00") u razdoblju od 1998. do 2021. godine.

**Tablica 1.** Promjenjivost podataka na postaji Stončica na otoku Visu (N43°0'0" E16°20'00") u razdoblju od 1998. do 2021. godine.

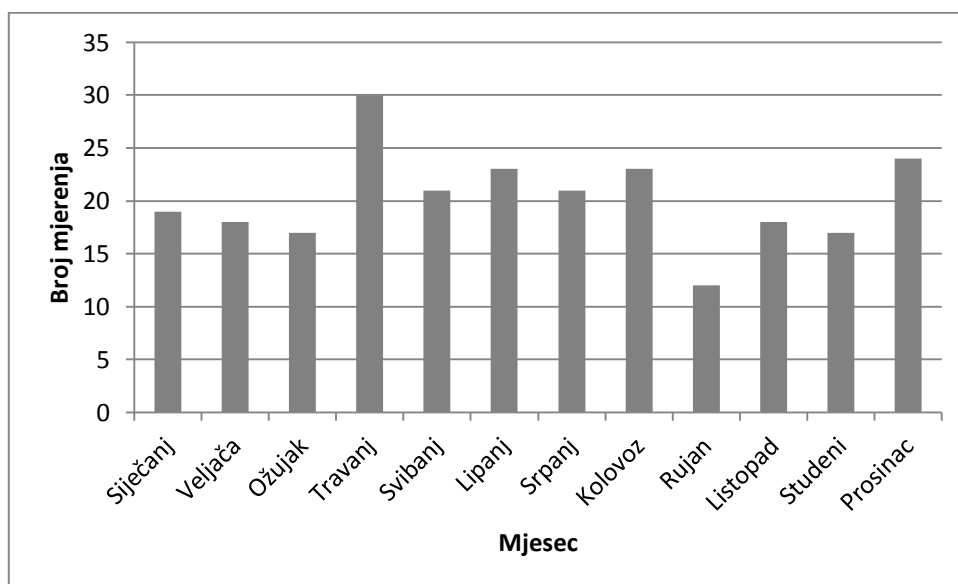
<b>Godina</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	<b>Standardna devijacija</b>	<b>Broj podataka</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
1998	21,38	5,05	9	17	30
1999	19,57	3,37	7	13	23
2000	21,75	4,18	8	17	30
2001	22,44	3,37	8	14	26
2002	23,25	6,12	9	16	33
2003	22,22	4,52	9	17	31
2004	17,33	4,35	9	11	25
2005	17,25	3,34	12	13	24
2006	20,63	4,12	8	13	25
2007	20,71	4,37	8	17	28
2008	20,56	2,27	10	17	25
2009	17,67	4,50	9	13	25
2010	19,10	2,43	10	15	24
2011	22,64	2,50	11	18	27
2012	20,10	4,30	11	13	26
2013	18,88	3,62	9	14	27
2014	21,80	3,79	10	15	29
2015	21,59	2,33	11	16	27
2016	19,22	1,99	9	17	23
2017	19,35	3,76	11	16	27
2018	21,45	5,52	11	14	32
2019	21,00	5,93	10	13	34
2020	23,88	5,75	8	17	31
2021	20,88	4,83	8	17	33

Podaci prikupljeni na mjesečnoj razini i njihova promjenjivost vidljivi su u Tablici 2. Tablica pokazuje odnos prozirnosti u određenom mjesecu. Tako je vidljivo kako je prozirnost najveća u ljetnim mjesecima, to jest, u srpnju i kolovozu, a najmanja je u mjesecu svibnju.

**Tablica 2.** Promjenjivost podataka na postaji Stončica na otoku Visu (N43°0'0" E16°20'00")  
kroz mjesece.

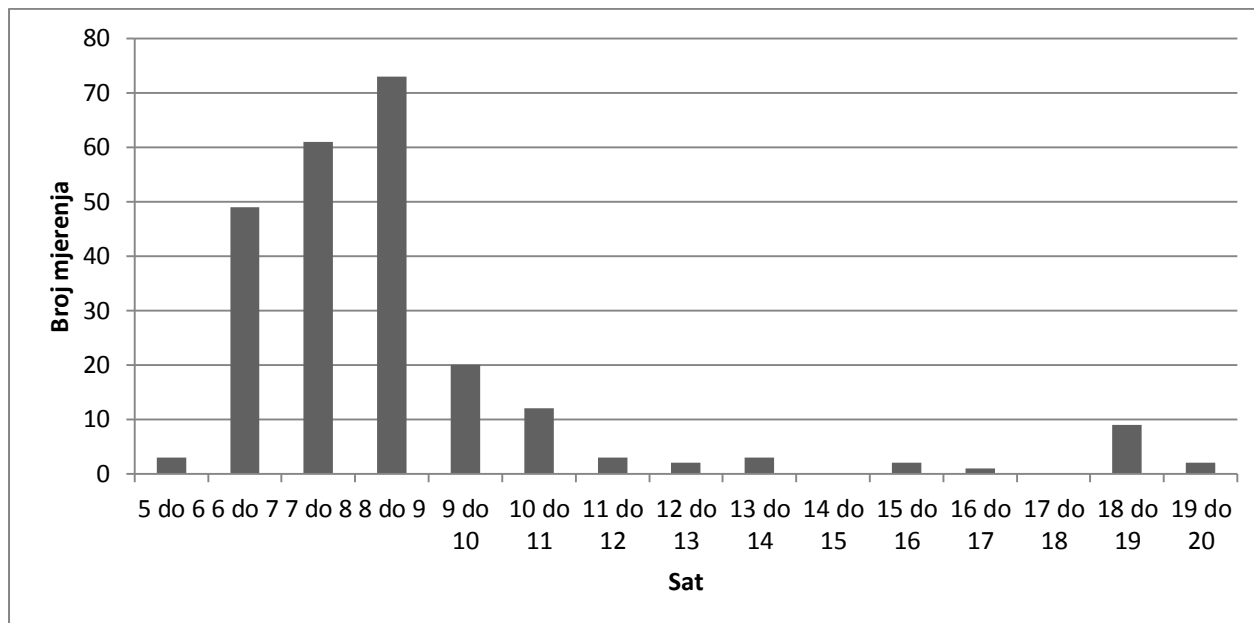
Mjesec	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Broj podataka	Minimum	Maksimum
Siječanj	17,63	2,68	19	13	25
Veljača	19,50	4,21	18	13	28
Ožujak	19,13	4,37	17	13	31
Travanj	19,32	3,08	30	13	24
Svibanj	17,85	2,85	21	11	22
Lipanj	22,50	3,51	23	17	33
Srpanj	24,06	4,34	21	17	34
Kolovoz	24,96	4,47	23	17	33
Rujan	21,73	3,36	12	18	29
Listopad	23,60	3,09	18	19	29
Studeni	19,94	4,83	17	13	30
Prosinac	18,30	2,91	24	13	25

Mjesečna mjerenja na Slici 6 pokazuju kako je najveći broj podataka prikupljen tokom mjeseca travnja, a zatim slijedi prosinac te kolovoz i lipanj. Najmanji broj mjerenja obavljen je u mjesecu rujnu. Također je vidljivo da su mjerenja obavljena kroz sve mjesece te da nema mjeseca sa nula mjerenja.



**Slika 6.** Broj mjerenja secchi diskom na postaji Stončica (N43°0'0" E16°20'00") kroz mjesece.

Što se tiče mjerenja kroz sate, kao što je vidljivo na Slici 7, najveći broj mjerenja obavljen je u jutarnjim satima od 6 do 9 sati. Mjerenja nisu obavljena u popodnevnim satima s rijetkim izuzecima u mjerenju.

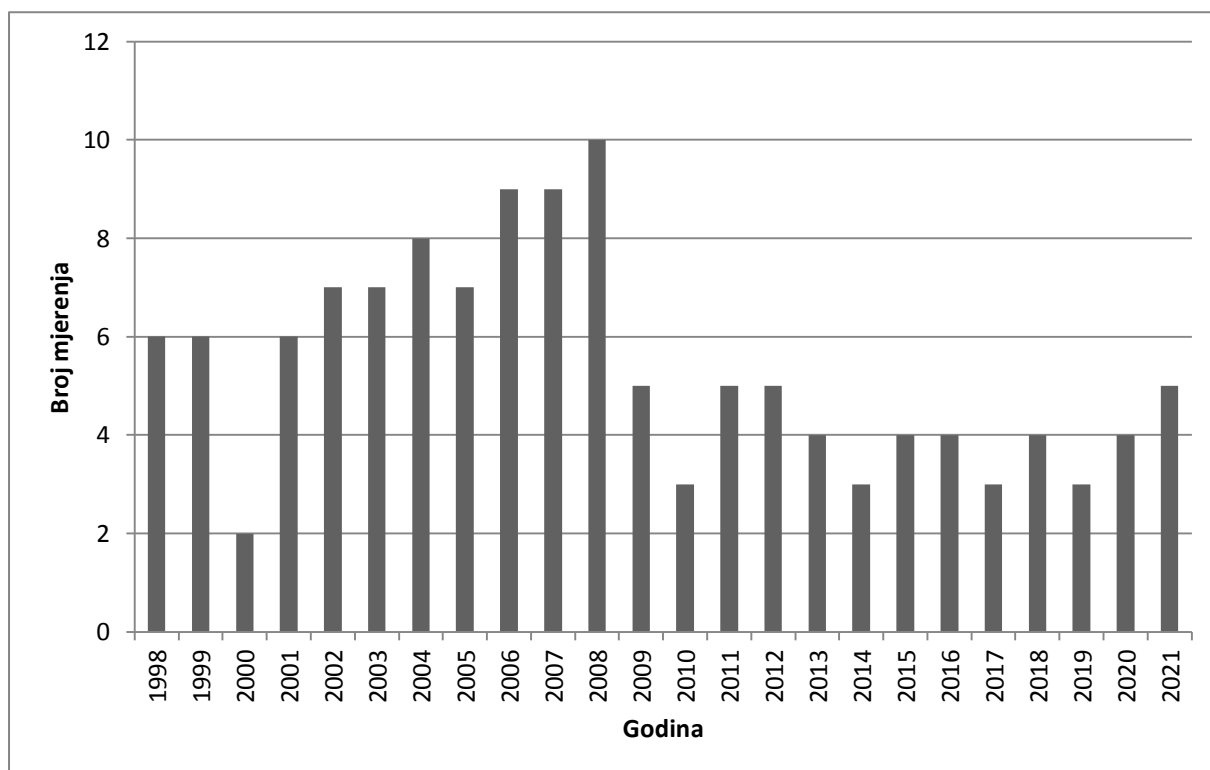


**Slika 7.** Broj mjerenja secchi diskom na postaji Stončica (N43°0'0" E16°20'00") kroz sate.

### 3.1.2. Ušće rijeke Neretve

Podaci prikupljeni kroz godine od 1998. do 2021. godine i njihova promjenjivost na postaji na području ušća rijeke Neretve (N43°1'30" E17°24'48") vidljivi su u Tablici 3. Tablica pokazuje vrlo niske vrijednosti dubine secchi diska, s najvećom srednjom vrijednosti izmjerenom 2014. godine 12.33, a najnižom 2006. sa srednjom vrijednosti 7,11 metara. Također, vidljiv je veoma mali broj mjerenja kroz godine te minimumi dubine secchi diska sa 2 metra vrijednosti dok je maksimum dostignut na 23 metra.

Broj mjerenja kroz razdoblje od 1998. do 2021. godine na postaji na ušću rijeke Neretve vidljiv je na Slici 8. Vidljivo je kako je najmanji broj mjerenja bio 2000. sa dva mjerenja, a najveći 2008. godine sa deset mjerenja. Također je vidljiv porast broja mjerenja od 2001. do 2008. godine nakon čega se događa pad u broju mjerenja te nakon 2008. godine nije bilo više od 5 mjerenja godišnje.



**Slika 8.** Broj mjerenja secchi diskom na postaji na ušću rijeke Neretve (N43°1'30" E17°24'48") u razdoblju od 1998. do 2021. godine.

**Tablica 3.** Promjenjivost podataka na postaji na području ušća rijeke Neretve (N43°1'30" E17°24'48") u razdoblju od 1998. do 2021. godine.

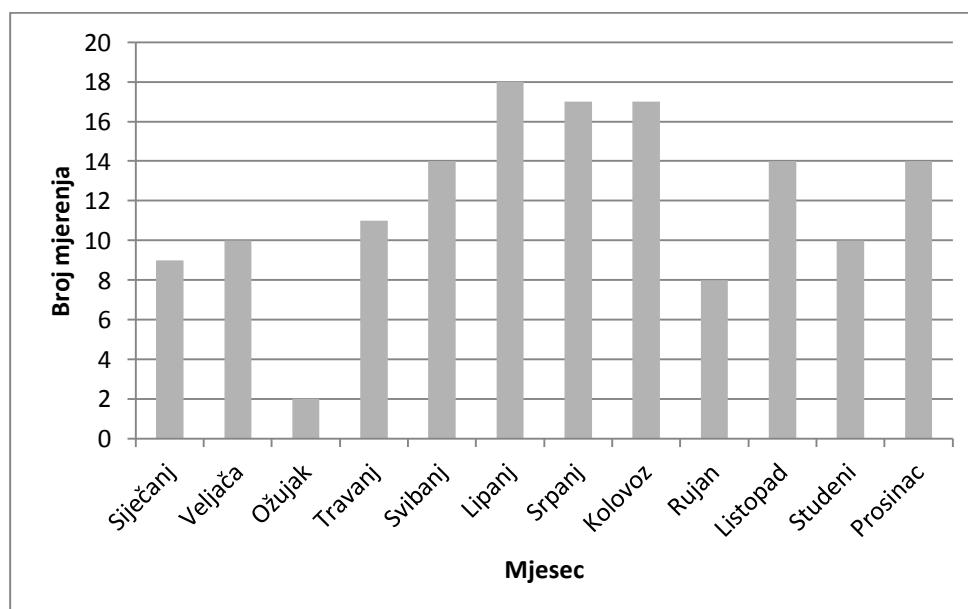
<b>Godina</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	<b>Standardna devijacija</b>	<b>Broj podataka</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
1998	9,00	2,28	6	5	12
1999	7,00	2,61	6	5	12
2000	13,00	0	2	13	13
2001	9,17	3,89	6	5	16
2002	8,50	1,38	7	7	11
2003	10,00	0,63	7	9	11
2004	8,57	5,45	8	3	21
2005	8,33	3,04	7	3	12
2006	7,11	1,85	9	5	10
2007	11,39	5,11	9	6	23
2008	10,89	5,04	10	5	21
2009	8,17	2,67	5	5	12
2010	9,33	5,74	3	2	16
2011	13,40	5,89	5	7	21
2012	10,00	1,73	5	7	11
2013	8,33	4,78	4	4	15
2014	12,33	5,56	3	7	20
2015	8,75	2,28	4	5	11
2016	8,50	1,66	4	7	11
2017	8,00	1,00	3	7	9
2018	9,67	4,50	4	6	16
2019	6,00	0,82	3	5	7
2020	9,25	3,96	4	6	16
2021	7,40	2,42	5	4	11

Podaci prikupljeni na mjesečnoj razini i njihova promjenjivost na postaji na području ušća rijeke Neretve vidljivi su u Tablici 4. Iz tablice je vidljivo kako najveću srednju vrijednost dubine secchi diska ima mjesec rujan sa vrijednosti 13, dok je najmanja vrijednost vidljiva u mjesecu veljači sa vrijednosti 5,88. Također, minimum dubine secchi diska dostignut je u mjesecu veljači sa 2 metra, dok je maksimum dostignut u mjesecu srpnju sa 23 metra.

**Tablica 4.** Promjenjivost podataka na postaji na području ušća rijeke Neretve (N43°1'30" E17°24'48") kroz mjesece.

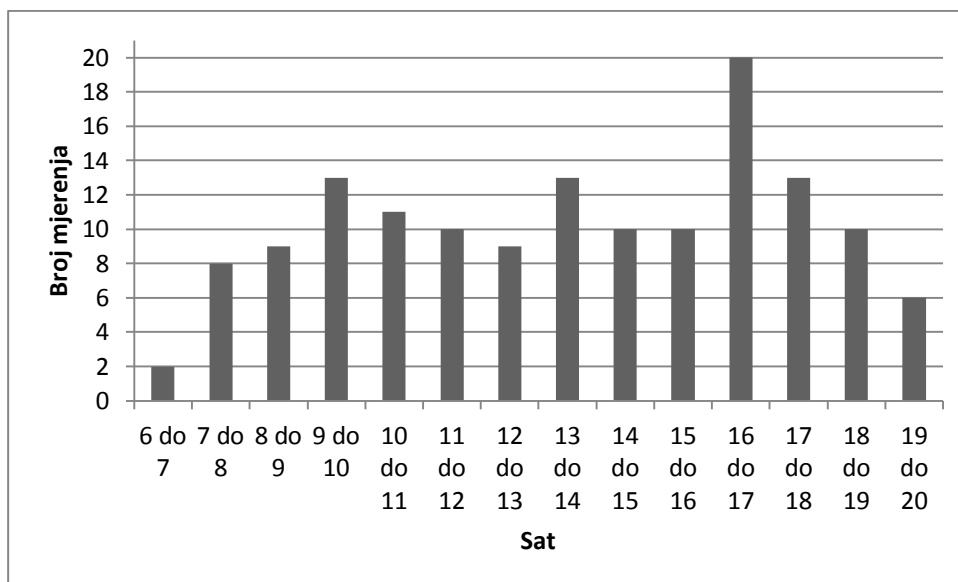
Mjesec	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Broj podataka	Minimum	Maksimum
Siječanj	6,67	1,70	9	5	9
Veljača	5,88	1,83	10	2	8
Ožujak	6,50	2,50	2	4	9
Travanj	7,73	2,26	11	5	11
Svibanj	8,23	2,33	14	5	12
Lipanj	9,64	2,74	18	5	16
Srpanj	11,06	4,75	17	7	23
Kolovoz	11,36	4,30	17	3	21
Rujan	13,00	5,04	8	7	21
Listopad	12,58	5,36	14	5	21
Studeni	8,44	3,37	10	5	16
Prosinac	8,11	2,02	14	6	11

Broj mjerenja kroz mjesece na postaji na ušću rijeke Neretve vidljiv je na Slici 19. Vidljivo je kako je najmanji broj mjerenja obavljen kroz mjesec ožujak sa 2 mjerenja, najveći broj mjerenja obavljen je u mjesecu lipnju sa 18 mjerenja, a prate ga srpanj i kolovoz sa 17 mjerenja.



**Slika 9.** Broj mjerenja secchi diskom na postaji na ušću rijeke Neretve (N43°1'30" E17°24'48") kroz mjesece.

Na Slici 10 je prikazan broj mjerenja secchi diskom na postaji na ušću rijeke Neretve kroz sate. Vidljivo je kako su mjerenja obavljena kroz cijeli dan, od 7 do 17 sati, gotovo jednolično.



**Slika 10.** Broj mjerenja secchi diskom na postaji na ušću rijeke Neretve (N43°1'30" E17°24'48") kroz sate.

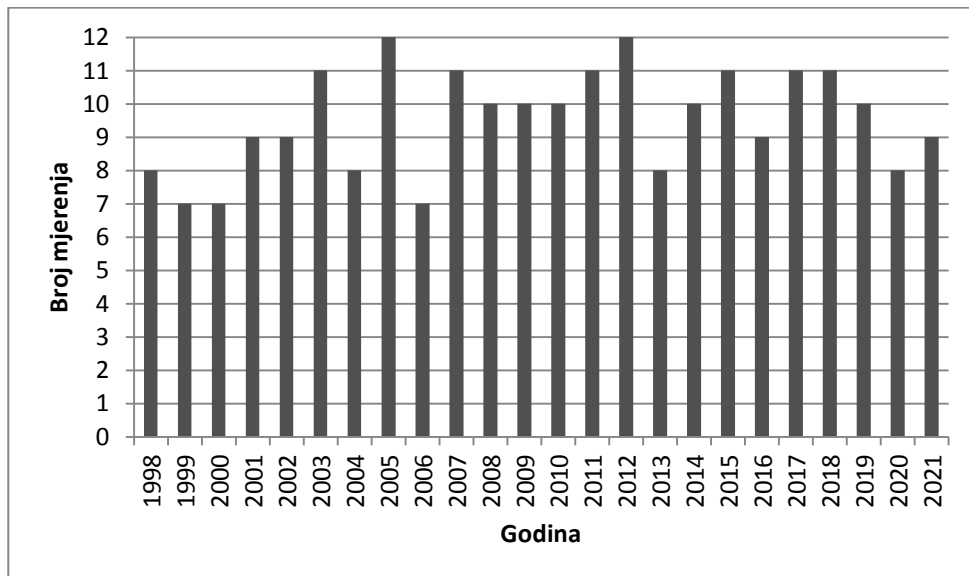
### 3.1.3. Kaštelanski zaljev

Podaci prikupljeni u rasponu godina od 1998. do 2021. godine na postaji u Kaštelanskom zaljevu (N43°31'16" E16°22'54") i njihova promjenjivost prikazani su u Tablici 5. Tablica pokazuje promjenjivost rasta i pada dubine secchi diska s vidljivim porastom zadnjih godina mjerenja. Najniža srednja vrijednost vidljiva je 2004. godine sa vrijednosti 6,67, a najviša 2008. godine 12,83. Minimum dubine secchi diska izmjeren je 2004. godine sa vrijednosti 3 metra, a maksimum je izmjeren 2008. godine i iznosio je 25 metara. U zadnje dvije godine, 2020. i 2021., uočen je blagi pad srednje vrijednosti dubine secchi diska, s razlikom 1,75 metara.

Broj mjerenja kroz godine u razdoblju od 1998. do 2021. godine vidljiv je na Slici 11. Vidljiv je visok broj mjerenja, sa mjerenjima svaki mjesec u godinama 2005. i 2012. Najmanji broj mjerenja obavljen je 1999., 2000. i 2006. godine sa 7 mjeseci mjerenja. Također je



vidljivo kako je godine 2021. porastao broj mjerenja u odnosu na prethodnu 2020. godinu za jedan.



**Slika 11.** Broj mjerenja secchi diskom na postaji u Kaštelanskom zaljevu (N43°31'16" E16°22'54") u razdoblju od 1998. do 2021. godine.

**Tablica 5.** Promjenjivost podataka na postaji u Kaštelanskom zaljevu (N43°31'16" E16°22'54") u razdoblju od 1998. do 2021. godine.

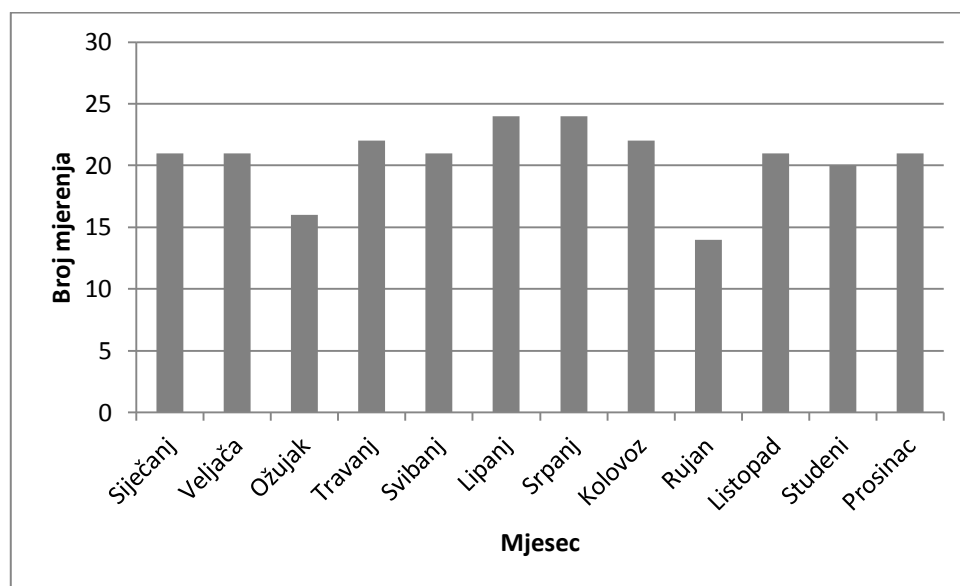
<b>Godina</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	<b>Standardna devijacija</b>	<b>Broj podataka</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
1998	9,50	2,66	8	6	14
1999	8,79	3,48	7	5	15
2000	9,50	1,50	7	7	12
2001	9,20	3,22	9	6	18
2002	11,30	4,75	9	6	21
2003	9,60	3,88	11	5	18
2004	6,67	1,83	8	3	9
2005	8,33	2,49	12	5	14
2006	11,00	3,12	7	7	16
2007	11,68	2,89	11	7	17
2008	12,83	5,06	10	8	25
2009	10,22	2,70	10	6	14
2010	9,10	3,05	10	5	16
2011	11,91	3,32	11	8	19
2012	11,50	3,18	12	6	17
2013	8,50	1,66	8	6	11
2014	9,10	1,97	10	6	12
2015	11,00	1,94	11	8	14
2016	10,44	2,59	9	8	15
2017	11,00	3,13	11	6	17
2018	9,55	3,06	11	7	16
2019	11,20	4,92	10	6	22
2020	11,75	2,22	8	8	15
2021	10,00	2,40	9	7	14

Podaci prikupljeni kroz mjesece i njihova promjenjivost na postaji u Kaštelanskom zaljevu vidljivi su u Tablici 6. Iz tablice je vidljivo da je najveća srednja vrijednost dubine secchi diska bila najveća u mjesecu kolovozu sa vrijednošću 14,5, a najmanja u ožujku sa vrijednošću 8,5 metara. Minimum dubine secchi diska izmjeren je u mjesecu travnju sa vrijednosti 3 metra, dok je maksimum sa vrijednosti 25 metara izmjeren u rujnu. Iz tablice je također vidljivo kako je najveća srednja vrijednost u mjesecima lipnju, srpnju, kolovozu i rujnu, na što nije utjecao broj podataka jer gotovo za svaki mjesec mjerenje obavljeno najmanje 20 puta, osim u ožujku sa 16 i u rujnu sa 14 mjerenja.

**Tablica 6.** Promjenjivost podataka na postaji u Kaštelanskom zaljevu (N43°31'16" E16°22'54") kroz mjesece.

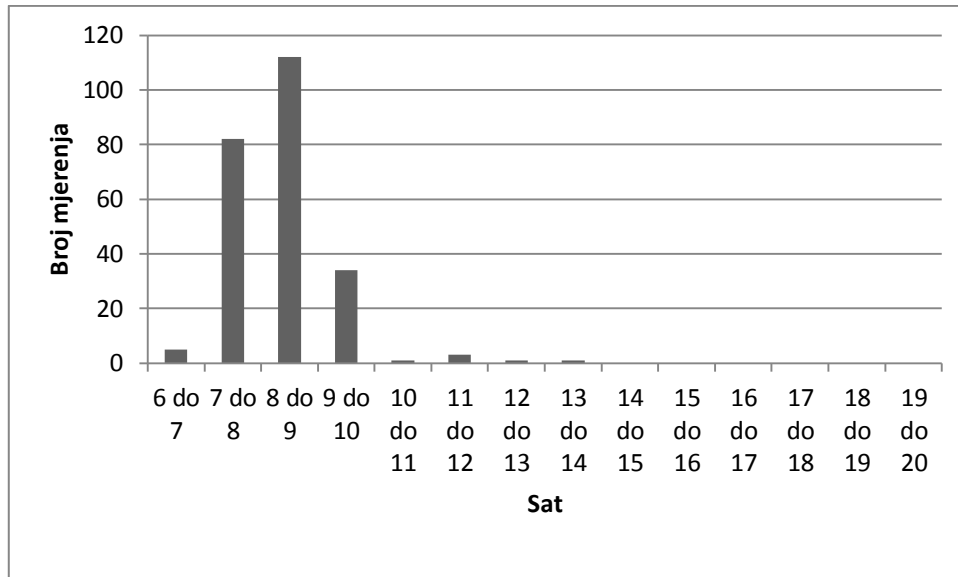
Mjesec	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Broj podataka	Minimum	Maksimum
Siječanj	8,90	2,17	21	6	13
Veljača	9,00	1,67	21	6	13
Ožujak	8,50	2,15	16	5	14
Travanj	9,02	3,49	22	3	15
Svibanj	8,95	1,89	21	6	12
Lipanj	11,46	3,63	24	5	24
Srpanj	12,05	3,64	24	5	21
Kolovoz	14,50	3,59	22	8	22
Rujan	11,23	5,12	14	5	25
Listopad	10,15	3,47	21	5	17
Studeni	9,94	2,59	20	6	14
Prosinac	8,93	2,15	21	6	15.5

Slika 12 prikazuje broj mjerenja secchi diskom na postaju u Kaštelanskom zaljevu kroz mjesece. Na slici je vidljiv relativno kontinuirani broj mjerenja, osim u mjesecu ožujku i rujnu. Najveći broj mjerenja obavljen je u mjesecima lipnju i srpnju.



**Slika 12.** Broj mjerenja secchi diskom na postaji u Kaštelanskom zaljevu (N43°31'16" E16°22'54") kroz mjesece.

Na Slici 13 vidljiv je broj mjerenja secchi diskom na postaji u Kaštelanskom zaljevu kroz sate. Slika prikazuje kako je najveći broj mjerenja obavljen u jutarnjim satima, sa najvećim brojem mjerenja od 7 do 10 sati. Nema mjerenja u popodnevnim satima.



**Slika 13.** Broj mjerenja secchi diskom na postaji u Kaštelanskom zaljevu (N43°31'16" E16°22'54") kroz sate.

### 3.2 Prostorno - vremenska analiza

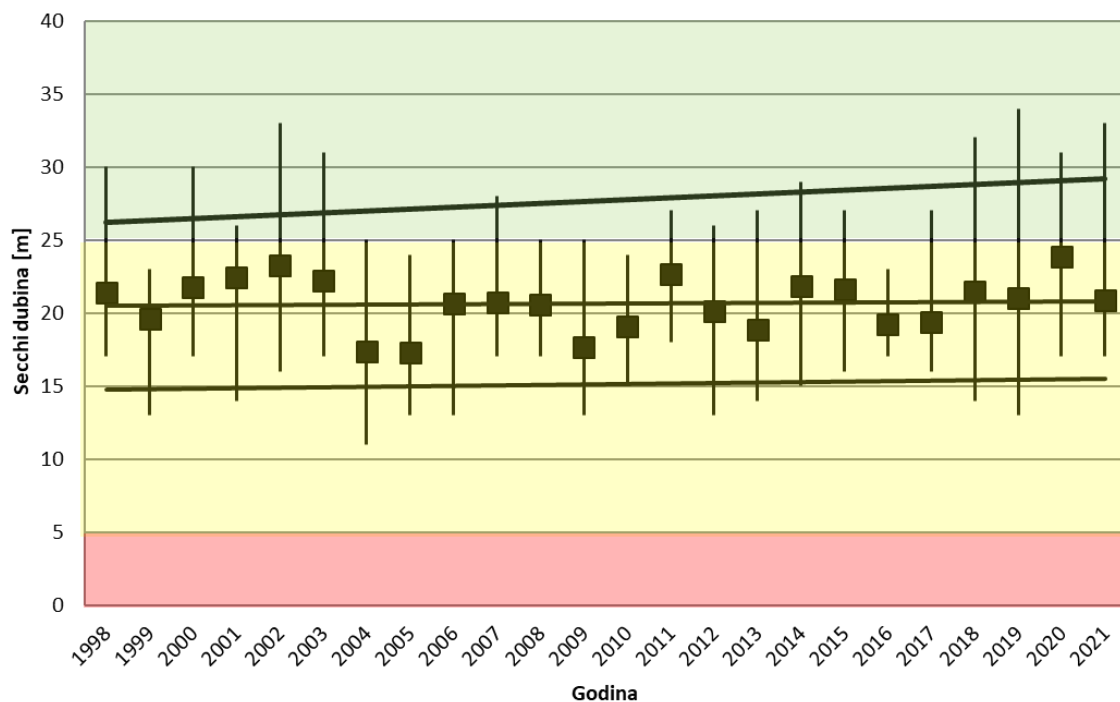
Iz grafova koji prikazuju odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska kroz godine od 1998. do 2021. (Slika 14, Slika 16 i Slika 18) vidljiva je promjenjivost prozirnosti vodenog tijela kroz godine na određenoj postaji. Vidljiv je tijek i promjene prozirnosti mora te moguća međugodišnja promjenjivost. Također je vidljiv nagli pad ili porast prozirnosti mora na određenoj postaji. Grafovi koji prikazuju odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska kroz mjesece (Slika 15, Slika 17 i Slika 19) pobliže prikazuju moguću sezonalnost te nagli pad i porast prozirnosti mora na određenoj postaji.

### 3.2.1. Stončica, Vis

Graf na Slici 14 prikazuje odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska kroz razdoblje od 1998. do 2021. godine na postaji Stončica na otoku Visu. Iz grafa je vidljiva promjenjivost u dubini secchi diska kroz godine te je očita fluidnost prozirnosti mora na tom području s porastom prozirnosti mora zadnje četiri godine mjerenja. Također se uočava međugodišnja promjenjivost u prozirnosti vodenog tijela gdje se prozirnost vodenog tijela na postaji Stončica ne mijenja drastično iz godine u godinu već zadržava porast ili pad prosječno dvije ili tri godine.

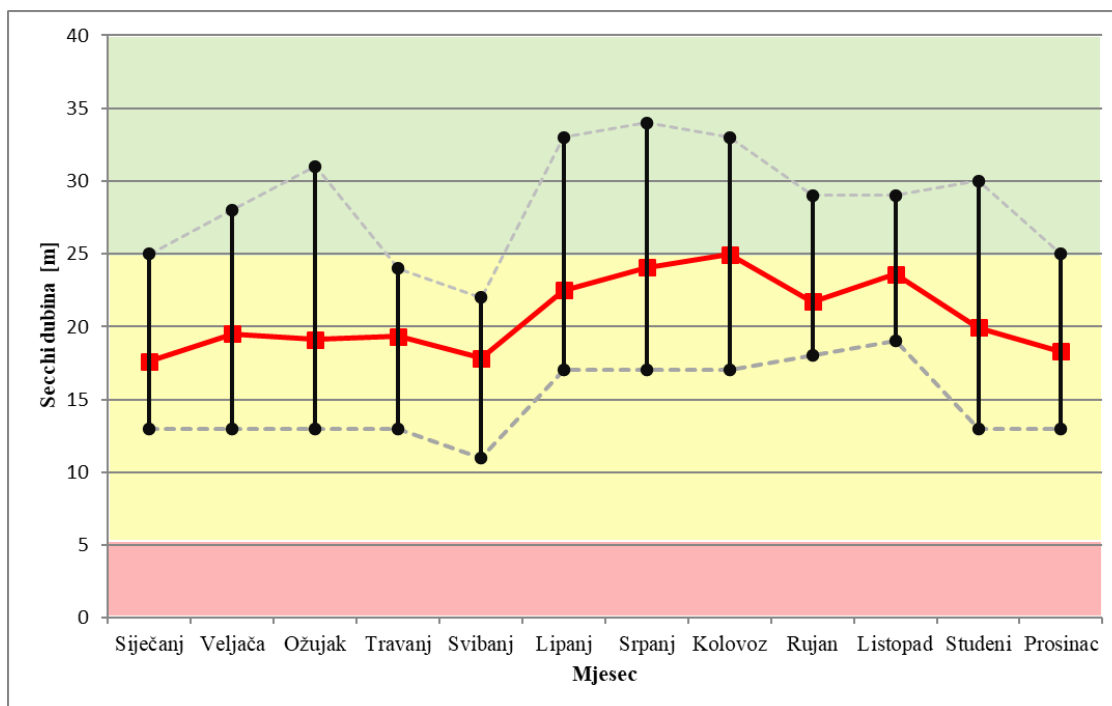
Trend prozirnosti mora među srednjim vrijednostima ne postoji, među minimalnim vrijednostima trend postoji, no nije statistički značajan, dok je trend maksimalnih vrijednosti vidljiv i statistički je značajan. Prosječna vrijednost prozirnosti mora iznosi otprilike 21 metar te se nalazi unutar dobrog ekološkog stanja.

Najniže vrijednosti dubine secchi diska izmjerene su 1999., 2001., 2004., 2005., 2006., 2009., 2012., 2013., 2018. i 2019. godine te su iznosile manje od 15 metara, no te niske vrijednosti prozirnosti nemaju veliki značaj za trend u porastu. Nasuprot tome, za maksimalne vrijednosti dubine secchi diska vidljiv je u zadnjih pet godina, 2017., 2018., 2019., 2020. i 2021. godine, pozitivan trend. Prema tome se vide bilježenja velikih vrijednosti prozirnosti mora. Za njih se može reći kako su to vrijednosti izvrsnog ekološkog stanja. Općenito, kako je vidljivo na Slici 14, možemo reći kako od 2011. godine imamo porast prozirnosti mora na Stončici.



**Slika 14.** Odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska s prikazom trenda te ekološkog stanja na postaji Stončica (N43°0'0" E16°20'00") u razdoblju od 1998. do 2021. godine.

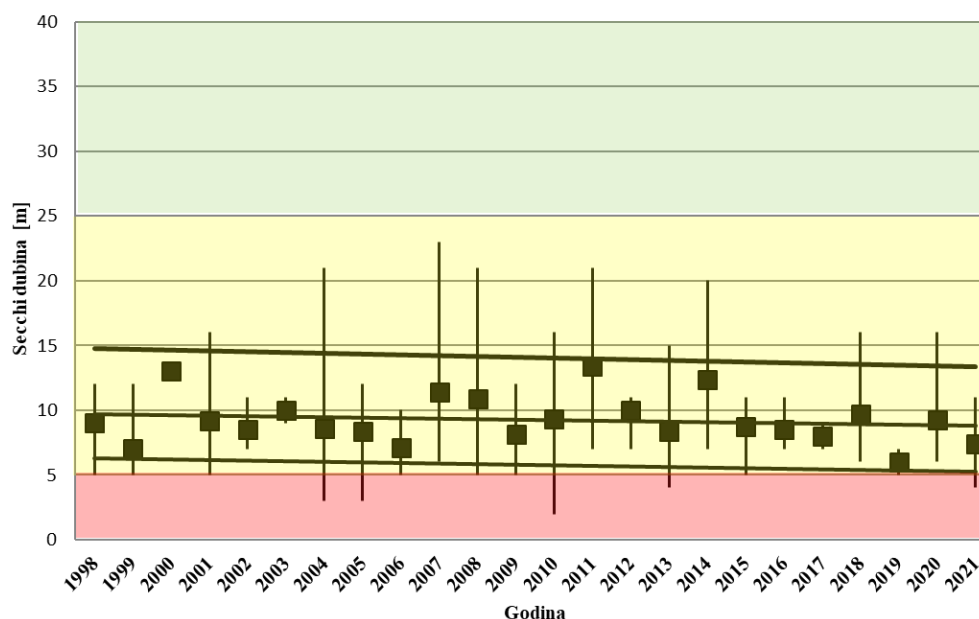
Slika 15 prikazuje odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska kroz mjeseci na postaji Stončica na otoku Visu. Na Slici je vidljiva sezonska raspodjela prozirnosti. Uvjetno rečeno, prikazana su dva razdoblja, hladno zimsko razdoblje koje obuhvaća siječanj, veljaču, ožujak, travanj, svibanj, studeni i prosinac, dok je drugo razdoblje ljetno razdoblje koje obuhvaća lipanj, srpanj, kolovoz, rujanj i listopad. Prijelazi sezona mogu se smatrati mjeseci svibanj i lipanj te listopad i studeni.



**Slika 15.** Odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska s prikazom sezonalnosti te ekološkog stanja na postaji Stončica (N43°0'0" E16°20'00") kroz mjesece.

### 3.2.2. Ušće rijeke Neretve

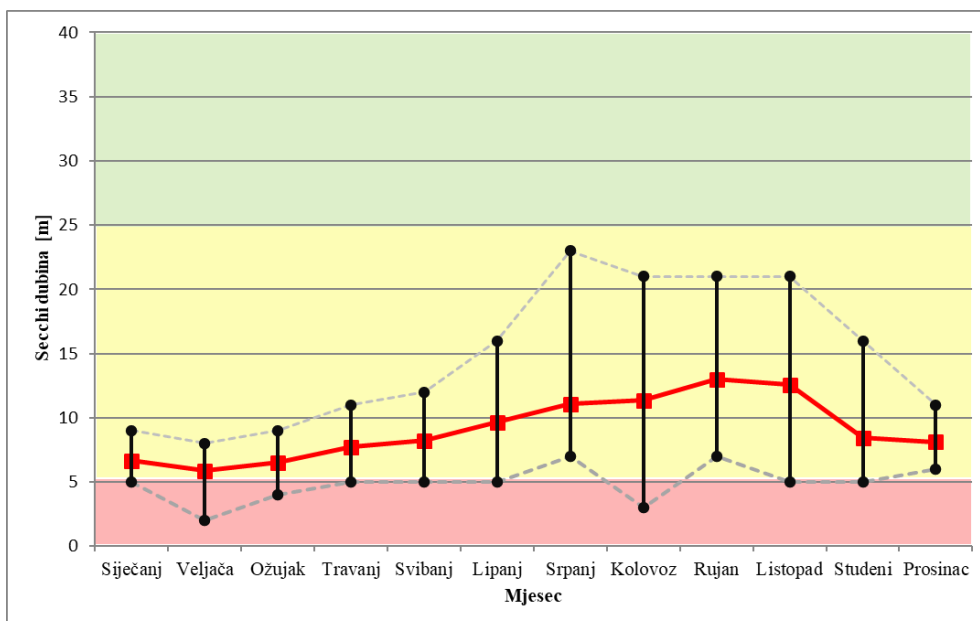
Na Slici 16 prikazan je odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska u razdoblju od 1998. do 2021. godine na postaji na ušću rijeke Neretve. Na slici je vidljiva varijacija i skokovitost rezultata po godinama. Vidljiv je trend opadanja prozirnosti mora. 2010. godine vidljiv je značajan pad prozirnosti mora, kao i 2004. i 2005. godine. Prozirnost mora na postaji na ušću rijeke Neretve možemo okarakterizirati kao dobrog ekološkog stanja na granici sa lošim ekološkim stanjem. Za prozirnost mora na postaji na ušću rijeke Neretve u razdoblju od 1998. do 2021. godine ne možemo reći da je bila u izvrsnom ekološkom stanju.



**Slika 16.** Odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska s prikazom trenda te ekološkog stanja na postaji na ušću rijeke Neretve (N43°1'30" E17°24'48") u razdoblju od 1998. do 2021. godine.

Slika 17 prikazuje odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska kroz mjesec na postaji na ušću rijeke Neretve. Na slici je vidljiva sezonalnost prozirnosti s dva razdoblja, ljetnim i zimskim. Ljetno razdoblje obuhvaća mjesec srpanj, kolovoz, rujan i listopad, a nakon listopada prozirnost naglo opada na niske vrijednosti u studenom i prosincu te je u veljači minimum prozirnosti mora najveći. Vidljivo je kako je ljetni maksimum jako mali, a da je zimski minimum dodatno pojačan.

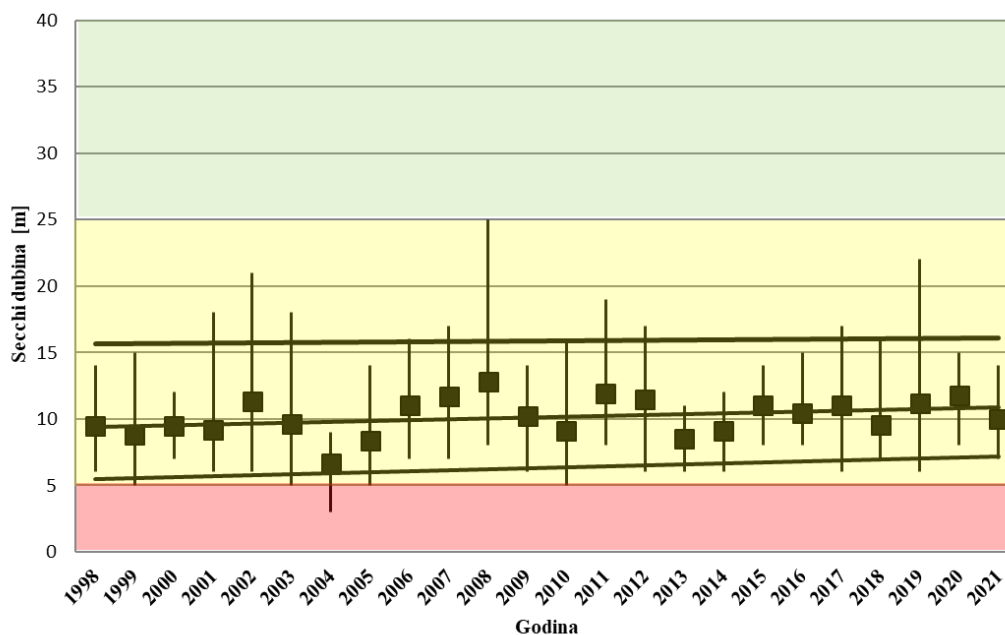




**Slika 17.** Odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska s prikazom sezonalnosti te ekološkog stanja na postaji na ušću rijeke Neretve (N43°1'30" E17°24'48") kroz mjesece.

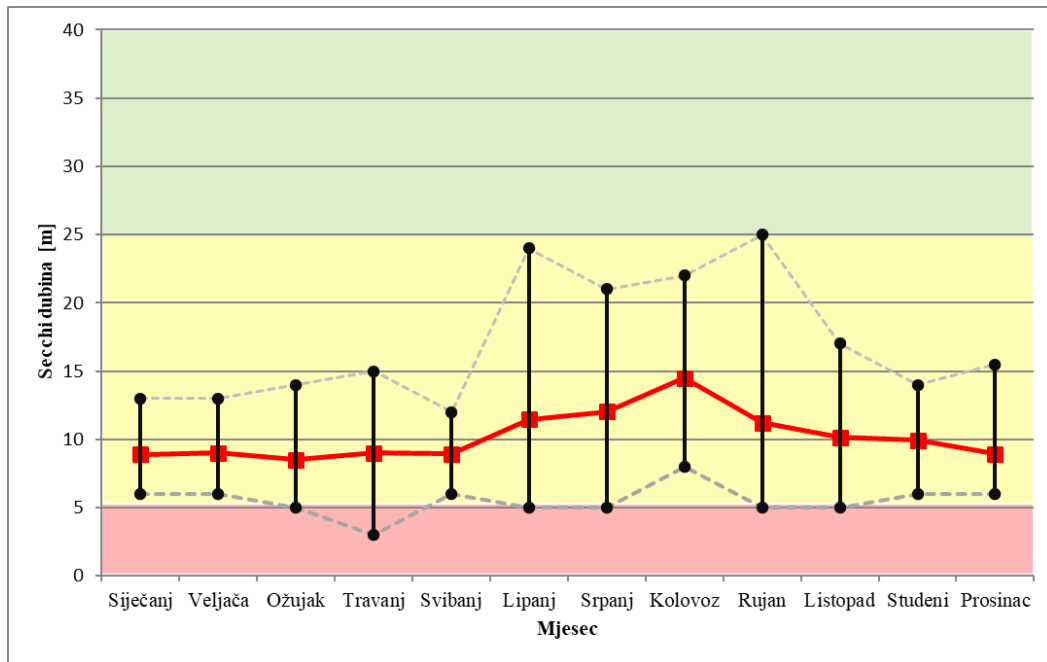
### 3.2.3. Kaštelanski zaljev

Slika 18 prikazuje odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska u razdoblju od 1998. do 2021. godine na postaji u Kaštelanskom zaljevu. Iz slike se može očitati promjenjivost rasta i pada prozirnosti vodenog tijela te možemo reći da je vidljiva međugodišnja promjenjivost u prozirnosti na postaji. Vidljivo je također da je trend prozirnosti mora u porastu. Kod maksimalnih vrijednosti nema vidljivog trenda, dok je kod srednjih vrijednosti vidljiv blagi rastući trend. Kod minimalnih vrijednosti vidljivo je da se one smanjuju, to jest, minimalne vrijednosti dubine secchi diska su sve dublje te prozirnost na postaji u Kaštelanskom zaljevu raste.



**Slika 18.** Odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska s prikazom trenda te ekološkog stanja na postaji u Kaštelanskom zaljevu (N43°31'16" E16°22'54") u razdoblju od 1998. do 2021. godine.

Slika 19 prikazuje odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti kroz mjesec na postaji u Kaštelanskom zaljevu. Sa slike je vidljiva sezonalnost s dva razdoblja, ljetnim i zimskim. Ljetno razdoblje obuhvaća mjesec lipanj, srpanj, kolovoz, rujanj i listopad, dok zimsko razdoblje obuhvaća studeni, prosinac, siječanj, veljaču, ožujak, travanj i svibanj. Također, uočava se velika varijabilnost, odnosno, razlika između maksimuma i minimuma, tijekom ljetnog razdoblja.



**Slika 19.** Odnos minimuma, maksimuma i srednje vrijednosti dubine secchi diska s prikazom sezonalnosti te ekološkog stanja na postaji u Kaštelanskom zaljevu (N43°31'16" E16°22'54") kroz mjesece.

## 4. RASPRAVA

Broj mjerenja kroz godine razlikuje se na postajama u Kaštelanskom zaljevu i na Stončici od postaje na ušću rijeke Neretve. Iz rezultata je vidljivo kako je postaja Stončica redovito mjerena kroz godine, kao i postaja u Kaštelanskom zaljevu, a postaja na ušću rijeke Neretve je nakon 2008. godine znatno manje mjerena sa manje od 6 mjerenja godišnje. Broj mjerenja kroz mjesece na sve tri postaje je relativno učestao. Na postaji na ušću rijeke Neretve u mjesecu ožujku nalazi se izuzetak sa najnižim brojem mjerenja. Općenito za postaju na ušću rijeke Neretve na temelju rezultata možemo reći da ima najmanji broj mjerenja. Broj mjerenja kroz mjesece možemo povezati s razdobljima kada se vrše određena mjerenja te manjak broja mjerenja kroz određene mjesece možemo smatrati da nisu bila u sklopu tih istraživanja. Velika razlika u slikama koje prikazuju broj mjerenja u satima može se objasniti tako što da bi se izmjerile sve postaje potrebno je doći do njih i nije moguće sve postaje mjeriti u isto vrijeme. Također, mjerenja su većinom obavljena u sklopu većih istraživanja s određenim brojem ljudi na svakom istraživanju te, ukoliko su mjerenja obavljena ispravno, podaci su valjani.

Što se tiče same prozirnosti vodenog tijela na postajama kroz godine, vidljiva je međugodišnja promjenjivost na sve tri postaje. Također, vidljiva je i izražena sezonalnost prozirnosti mora sa dva razdoblja, ljetnim i zimskim. Ljetno razdoblje karakterizira stratifikacija vodenog stupca, raslojavanje vodenog stupca, pri čemu je površinski sloj ugrijan i manje gustoće od dubljeg sloja. Također, u površinskom sloju dolazi do smanjenja primarne proizvodnje te se prozirnost povećava. Na postaji na ušću rijeke Neretve vidljiv je izraženiji sezonski hod prozirnosti u smislu da je minimum u zimskom razdoblju jako izražen. Također, vidljiv je trend prozirnosti u opadanju, s jako niskim vrijednostima dubine secchi diska. U određenim razdobljima vrijednosti su se nalazile u lošem ekološkom stanju. Mogući razlozi su utjecaj rijeke Neretve s pritokom slatke vode, razvoj luke Ploče te cirkulacija vode. Na postaji u Kaštelanskom zaljevu nema maksimalnih vrijednosti trenda, no vidljiv je pozitivan trend s blagim porastom. Porast trenda nije vidljiv kod maksimalnih vrijednosti, dok se kod srednjih i minimalnih vrijednosti uočava blagi porast prozirnosti. Tokom ljetnih mjeseci izraženi minimumi mogu biti posljedica primarne proizvodnje, odnosno cvatnje algi. Također je uočena velika varijabilnost između minimuma i maksimuma, a mogući razlozi su cvatnja algi

te nagli pad nutrijenata u površinskom sloju pri čemu se smanji primarna proizvodnja. Kod izraženih maksimuma na postaji u Kaštelanskom zaljevu izmjerene dubine dosežu gotovo samo dno postaje što označava porast prozirnosti. Porast prozirnosti može se objasniti premještanjem kanalizacijskog ispusta na područje Splitskog kanala. Na postaji Stončica na otoku Visu uočen je pozitivan trend i porast prozirnosti mora. Također, zadnjih 5 godina mjerenja uočene su velike vrijednosti maksimalne dubine secchi diska, što dodatno pokazuje rast prozirnosti mora. Jedan od mogućih uzroka porasta prozirnosti bi bila stratifikacija, a drugi mogući uzrok bila bi jačina valovanja mora pri čemu se miješa i obogaćuje površinski sloj mora. Na postaji Stončica nisu uočene velike varijabilnosti kao na postaji u Kaštelanskom zaljevu.

## 5. ZAKLJUČCI

Jednostavnost upotrebe secchi diska te njegova preciznost mjerenja jasno dokazuju zašto je i nakon toliko godina i dalje u redovnoj upotrebi. Tri postaje koje su odabrane za potrebe ovog diplomskog rada jasno pokazuju porast u prozirnosti mora na postaji u Kaštelanskom zaljevu i na području ušća rijeke Neretve, a blagi pad u prozirnosti mora na postaji Stončica na otoku Visu. Prema definiciji kategorija stanja priobalne vode na temelju prozirnosti okvirnu ocjenu vrlo dobar ima jedino postaja Stončica, dok postaje u Kaštelanskom zaljevu i na ušću rijeke Neretve imaju ocjenu dobar, no za pravilnu i detaljnu dodjelu kategorije stanja priobalne vode potrebno je analizirati i ostale pokazatelje poput zasićenja kisikom, otopljeni anorganski dušik, otopljeni fosfor, klorofil-a i TRIX. Redovitost mjerenja na sve tri postaje omogućuje dovoljnu količinu podataka za izračun i usporedbu prozirnosti mora.

Na svim postajama izmjerene vrijednosti prozirnosti su se kretale u intervalu između 5 i 25 metara (interval dobrog ekološkog statusa za priobalne vode), osim na postaji na ušću rijeke Neretve, gdje su se izmjerene vrijednosti najviše kretale između 5 i 15 metara, na samoj granici lošeg ekološkog stanja.

Za postaju na ušću rijeke Neretve preporuča se izračunavanje dodatnih bioloških i kemijskih parametara, utjecaj toka rijeke Neretve te upotreba satelitskih mjerenja koja su prostorno-vremenski puno preciznija te usporedba s dosadašnjim mjerenjima. Također, preporuča se dodatna provjera lokacije mjerenja u slučaju da je došlo do promjene u cirkulaciji vodenog tijela.

Premještanje kanalizacijskog sustava iz Kaštelanskog u Splitski kanal može se smatrati mogućim razlogom povećanja prozirnosti mora na toj postaji, te se preporuča praćenje utjecaja kanalizacijskog sustava na Splitski kanal pri čemu bi se potvrdio ili negirao utjecaj kanalizacijskog sustava na prozirnost mora.

## 6. LITERATURA

- Bowers, D. G., Roberts, E. M., Hogue, A. M., Fall, K. A., Massey, G. M. i Friedrichs, C. T. 2020. Secchi disk measurements in turbid water. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(5), e2020JC016172.
- Boyd, C. E. 2014. Secchi disk visibility: Correct measurement, interpretation. Dostupno sa: <https://www.globalseafood.org/advocate/secchi-disk-visibility-correct-measurement-interpretation/>, pristupljeno: srpanj 2022.
- Brewin, R. J., Brewin, T. G., Phillips, J., Rose, S., Abdulaziz, A., Wimmer, W., ... i Platt, T. 2019. A printable device for measuring clarity and colour in lake and nearshore waters. *Sensors*, 19(4), 936.
- Institut za oceanografiju i ribarstvo. nd. Dostupno sa: [https://vrtlac.izor.hr/ords/roscop/roscopi\\_sel2](https://vrtlac.izor.hr/ords/roscop/roscopi_sel2), pristupljeno svibanj 2022.
- Justić, D. 1988. Trend in the transparency of the northern Adriatic Sea 1911–1982. *Marine Pollution Bulletin*, 19(1), 32-35.
- Lee, Z., Shang, S., Hu, C., Du, K., Weidemann, A., Hou, W., ... i Lin, G. 2015. Secchi disk depth: A new theory and mechanistic model for underwater visibility. *Remote sensing of environment*, 169, 139-149.
- Lee, Z., Shang, S., Du, K. i Wei, J. 2018. Resolving the long-standing puzzles about the observed Secchi depth relationships. *Limnology and Oceanography*, 63(6), 2321-2336.
- Ministarstvo zaštite okoliša i energetike. 2022. Baza podataka i pokazatelja stanja morskog okoliša, marikulture i ribarstva. Dostupno sa: <http://baltazar.izor.hr/azopub/bindex>, pristupljeno: svibanj 2022.
- Morović, M., Grbec, B., Matić, F., Bone, M. i Matijević, S. 2008. Optical characterization of the eastern Adriatic waters. *Fresenius environmental bulletin*, 17, 1679-1687.
- Morović, M., Precali, R., Grbec, B. i Matijević, S. 2010. Spatial and temporal variability of transparency in the eastern Adriatic Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(9), 1862-1868.
- Pitarch J. 2020. A review of Secchi's contribution to marine optics and the foundation of Secchi disk science. *Oceanography*, 33(3), 26-37.

- Pitarch, J., Bellacicco, M., Marullo, S. i Van Der Woerd, H. J. 2021. Global maps of Forel–Ule index, hue angle and Secchi disk depth derived from 21 years of monthly ESA Ocean Colour Climate Change Initiative data. *Earth System Science Data*, 13(2), 481-490.
- Postma H. 1961. Suspended matter and Secchi disk visibility in coastal waters. *Netherlands Journal of Sea Research*, 1(3), 359-390.
- Preisendorfer R. W. 1986. Secchi disk science: Visual optics of natural waters 1. *Limnology and oceanography*, 31(5), 909-926.
- Smith, D. G. i Hoover, M. 2000. Standardization of Secchi disk measurements, including use of a viewer box. In *NWQMC National Monitoring Conference 2000*, April 25-27, 2000, Austin, Texas: Monitoring for the Millennium (p. 259). The Council.
- Strategija upravljanja vodama. 2008. Narodne novine 91, Zagreb.
- Vlada Republike Hrvatske. 2013. Uredba o standardu kakvoće voda, Dostupno sa: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cro163468.pdf>, pristupljeno: lipanj 2022.