Allegato al protocollo ARPAT n° 0092620 del 05/11/2025

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

ARPAT
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

REGIONE TOSCANA

MONITORAGGIO
LAGUNA DI ORBETELLO

Report mensile
chimico e fisico
Laguna di Levante e Ponente

Ottobre 2025

REPORT
ACQUA

SOMMARIO

SOMMARIO 2
LAGUNA DI ORBETELLO 3
ATTIVITA' DI MONITORAGGIO SVOLTE NELLA LAGUNA DI ORBETELLO 8
a) Monitoraggio ambientale della laguna 8
b) Monitoraggio gestionale della laguna 10
DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME 13
RISULTATI MONITORAGGIO GESTIONALE DELLA LAGUNA 15
a) Manutenzione strumentazione 15
b) Validazione dati 15
c) Andamenti mensili dati chimico-fisici 15
d) Superamento Soglie di Attenzione e/o Allarme 22
CONCLUSIONI 22

LAGUNA DI ORBETELLO

La Laguna di Orbetello è un corpo idrico di transizione (Dir. 2000/60/CE), riconosciuto come zona umida di interesse internazionale dalla Convenzione Ramsar (1971), meglio classificato con il termine di "lago costiero" a causa dei suoi ridotti volumi di scambio con il mare (2% del volume totale ad ogni ciclo di marea), delle correnti di marea circoscritte alle aree prossime ai canali direttamente comunicanti con il mare e dell'incremento del suo idrodinamismo solo in determinate condizioni di vento.

La Laguna di Orbetello presenta un'estensione complessiva di 27 km², è delimitata dal promontorio del Monte Argentario e dai Tomboli della Feniglia (a Sud) e Giannella (a Nord), ed è costituita da due bacini comunicanti: la Laguna di Ponente (15 km²) e la Laguna di Levante (12 km²). La profondità media è circa 1 metro, con massimi di circa 1,8 metri, e le escursioni di marea non superano gli 0,4 metri. Informazioni di maggior dettaglio sulla batimetria lagunare sono disponibili nel documento di Caratterizzazione in ambiente lagunare - il caso di Orbetello (https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003900/3991-c2738-m2-u7.pdf), che identifica su base modellistica le profondità delle diverse aree lagunari, associando alle zone con batimetria minore anche quella a bassissimo idrodinamismo.
Tra i due bacini di Levante e Ponente è presente una striscia istmica dove sorge l'abitato di Orbetello, da cui la laguna prende il nome. La comunicazione diretta con il mare avviene grazie al canale Ansedonia, per la laguna di Levante, mentre la Laguna di Ponente, comunica direttamente con il mare per mezzo del canale Nassa-Santa Liberata (porto canale, ora chiuso), e, indirettamente, con il canale Fibbia, collegato con il tratto terminale del fiume Albegna.

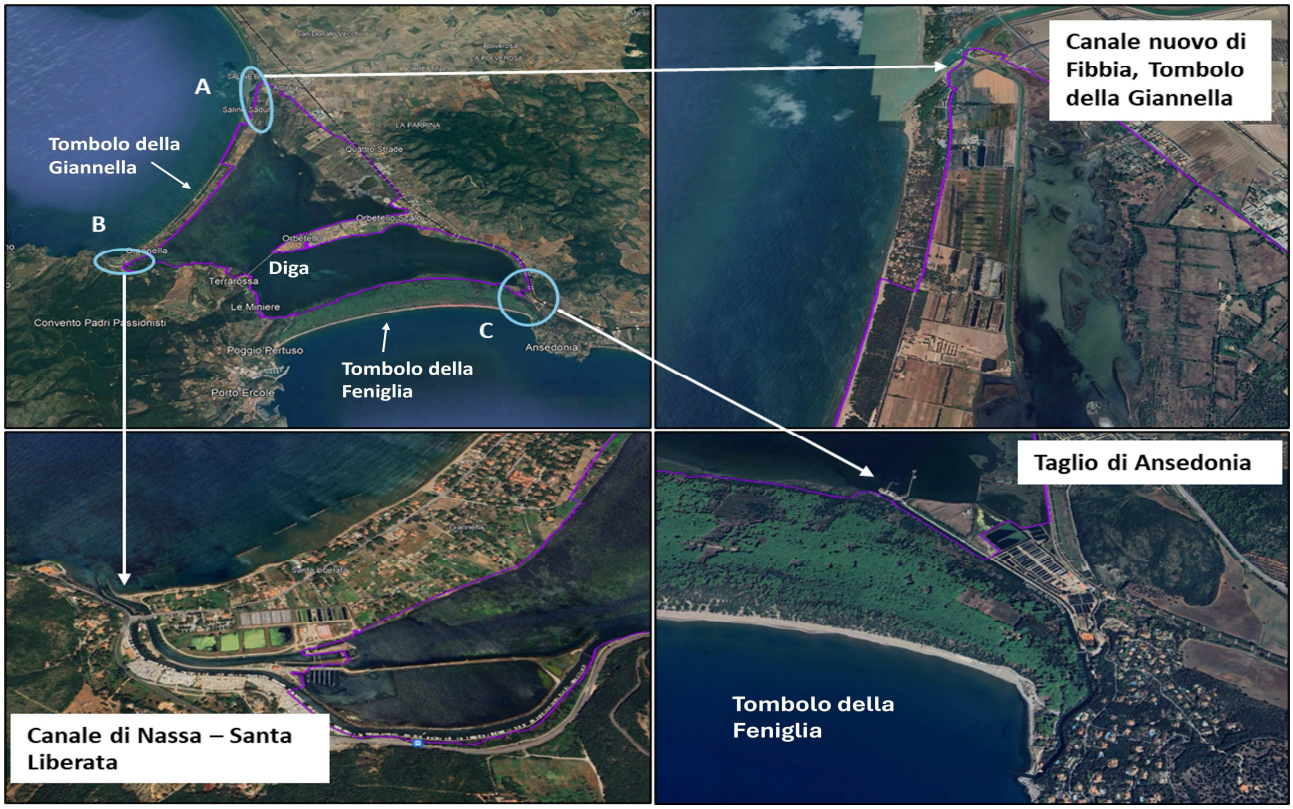

Figura 1: Laguna di Orbetello con individuazione dei canali di scambio delle acque lagunari con il mare (Fonte: Google Earth, mod).

Il bacino risulta fortemente eutrofico[1], presentando cioè enormi disponibilità nutrizionali, in grado di sostenere intensi sviluppi algali macrofitici e microfitici. La capacità di penetrazione dell'ossigeno nello strato sedimentario accumulatosi per eccesso di biomassa sul fondale non va oltre un millimetro di profondità. Tale circostanza comporta la presenza di sedimenti costantemente anossici. Quando il detrito organico sui sedimenti si accumula in quantità eccessiva, vista l'assenza di ossigeno, i processi di decomposizione microbica del materiale organico avvengono per via anaerobia mediante attività solfo-riducenti, formando idrogeno solforato (H_2S), gas tossico per numerosi organismi acquatici, anche a concentrazioni non elevate[2], e innescando quindi una crisi distrofiche.

I ridotti volumi di scambio con il mare (2% del volume totale ad ogni ciclo di marea), delle correnti di marea circoscritte alle aree prossime ai canali direttamente comunicanti con il mare e dell'incremento del suo idrodinamismo solo in determinate condizioni di vento, unitamente alla significativa presenza di nutrienti (azoto e fosforo) comporta la proliferazione algale con distrofie più o meno gravi, in funzione anche della temperatura, comportando l'innesco delle crisi distrofiche[3]. Eventi distrofici si ripetono costantemente in tale ambiente lagunare e gli ultimi eventi più significativi sono stati quelli del luglio 2015 e 2024 e degli anni 1992 e 1993[4].

Il regime di circolazione naturale delle acque lagunari è attivo da ottobre ad aprile, mentre da maggio a settembre, a causa anche dell'elevate temperature, è sostenuto da una circolazione forzata possibile solo tramite pompaggio artificiale di acqua dal mare.

L'ecosistema lagunare di Orbetello rappresenta una zona umida di importanza internazionale[5], con caratteristiche ambientali particolarmente adatte allo svernamento, alla sosta ed alla riproduzione di numerose specie di avifauna (*Cavaliere d'Italia, Fenicottero rosa, Airone bianco maggiore, Airone cinerino, Falco pescatore, ecc.*).

L'area lagunare, con codice IT51A0026 «Laguna di Orbetello» è stata individuata quale Zona Speciale di Conservazione (ZSC) e Zona di Protezione Speciale (ZPS), rispettivamente ai sensi delle Direttive 92/43/CEE "Habitat" e 2009/147/CE "Uccelli" (Figura 2) ed è pertanto rientrante nella rete ecologica europea Natura 2000. Rappresenta infatti un'area di elevatissimo valore ambientale, soprattutto sotto il profilo ornitologico. Nell'area sono altresì presenti la ZPS IT51A0028 "Duna di Feniglia" e il sito ZSC/ZPS IT51A0025 "Monte Argentario, Isolotto di Porto Ercole e Argentarola", non interessati dalla presenza di ambienti umidi o lagunari.

---

1 Lenzi, M., Palmieri, R., Porrello, S., 2003. Restora_on of the eutrophic Orbetello lagoon (Tyrrhenian Sea, Italy): water quality management. Marine Pollu_on Bulle_n 46, 1540-1548.

2 Le dinamiche ecologiche dell'ecosistema lagunare – All. 1, scheda 1, Delibera n.626 del 27/06/2016

3 Crisi distrofiche: evento determinato da un'elevata produzione primaria vegetale che causa un alto consumo di ossigeno, portando a condizioni di anossia e alla produzione di idrogeno solforato, con conseguenti morie diffuse degli organismi acquatici.

4https://www.arpat.toscana.it/datiemappe/bollettini/bollettino-mensile-sulla-laguna-di-orbetello-gr/archivio-bollettini-laguna-di-orbetello-gr/relazione-mensile-laguna-orbetello-giugno-2024.pdf

5 SIC (Sito di Interesse Comunitario); ZPS (Zona di Protezione Speciale); Zona umida di interesse nazionale (Convenzione di Ramsar, 1971); Riserva Naturale Statale di Popolamento Animale (WWF Italia); Riserva Naturale Statale per la Duna Feniglia; Riserva Naturale Provinciale.

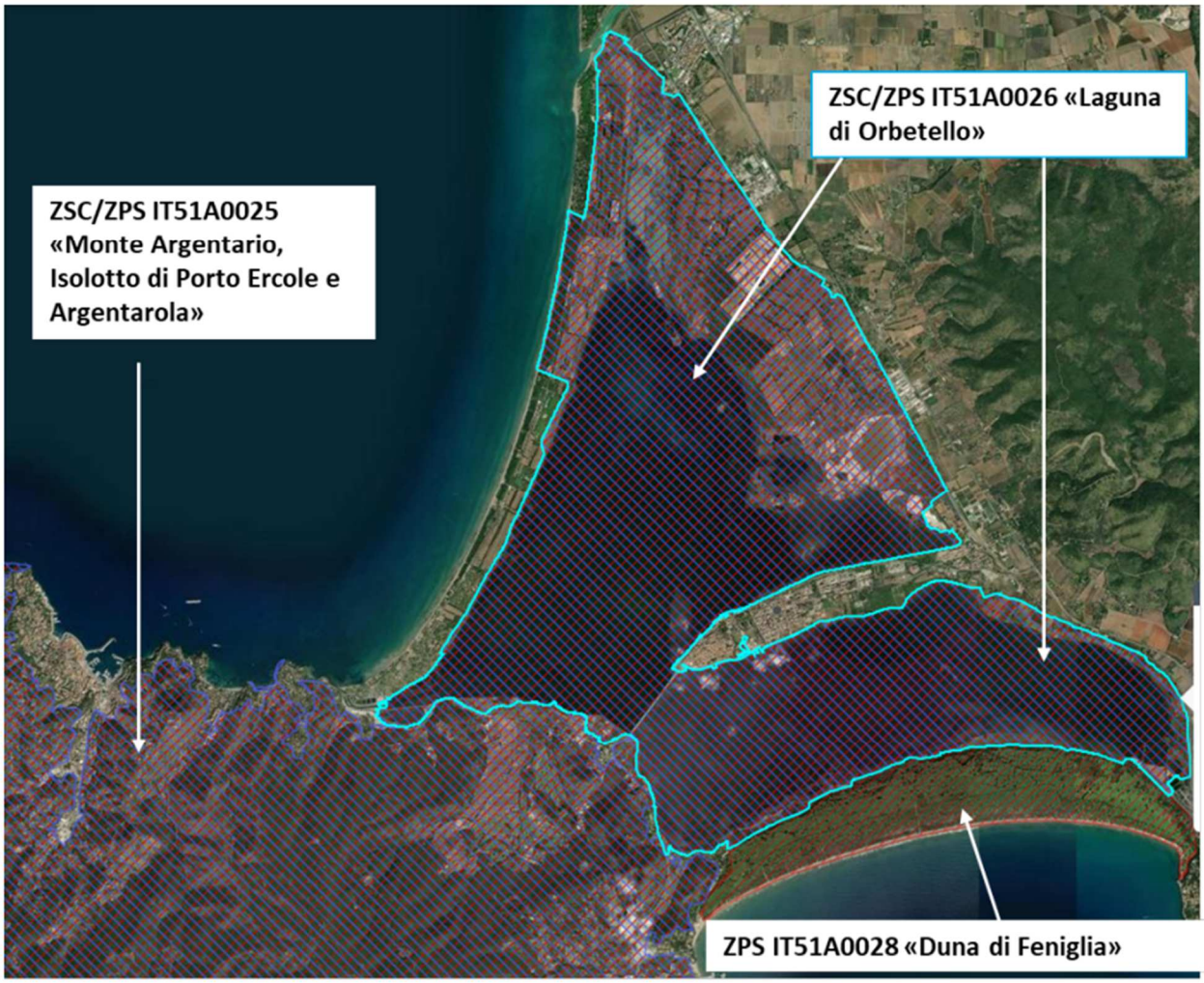

Figura 2: Sistema dei siti Natura 2000, presenti nell'area della Laguna di Orbetello, area contornata in azzurro rappresenta il sito Natura 2000 ZSC/ZPS IT51A0026 «Laguna di Orbetello» (Fonte: Natura 2000 network viewer).

Le misure di conservazione del sito Natura 2000 "Laguna di Orbetello" sono state approvate dalla Regione Toscana con D.G.R. n.6 del 21/01/2004 e D.G.R. n. 1223 del 15/12/2015. Il sito è stato designato quale Zona Speciale di Conservazione con DM 22/12/2016 - G.U. 19 del 24-01-2017. Ulteriori misure gestionali sono state approvate con DGR 15 dicembre 2015, n. 1231 recante "D.P.R. 357/1997-L.R.30/2015 - Approvazione misure di salvaguardia per la gestione del SIC-ZPS "Laguna di Orbetello". Successivamente con D.G.R. n.626 del 27/06/2016, recante "Attuazione misure di salvaguardia per la gestione del SIC ZPS "Laguna di Orbetello" di cui alla DGR 1231/2015 e ss.mm" sono stati approvati il Piano di Sicurezza Ambientale e il Protocollo Operativo per il pompaggio delle acque in Laguna. Gli obiettivi di conservazione del Sito, oltre che per le specie avifaunistiche, sono stati individuati per habitat connessi agli ecosistemi lagunari e dunali. Quello maggiormente rilevante, per il caso di specie, è l'habitat di interesse comunitario prioritario cod. 1150* "lagune costiere", esteso, sulla base dei dati dello Standard Data Form (SDF)9 del Sito Natura 2000, per 2443.12 Ha, e con uno stato di conservazione "B", ossia "Moderato". Tra le specie tipiche dell'ambiente lagunare è presente la specie ittica Aphanius fasciatus. L'intera Laguna di Ponente presenta forme di tutela ulteriori, ossia rientra nella Riserva naturale regionale Laguna di Orbetello (EUAP1030), con una porzione di questa classificata anche come Riserva naturale statale Laguna di Orbetello di Ponente (EUAP0127) e Zona Umida di Importanza Internazionale RAMSAR LAGUNA DI ORBETELLO (PARTE NORD) (Figura 3). Lo specchio dell'acqua della Laguna di Levante non presenta forme di tutela ulteriori, ai sensi della Legge 394/91 o di altre convenzioni internazionali, come la Laguna di Ponente.

Il tombolo della Feniglia è invece inserito nella Riserva naturale statale Duna Feniglia (EUAP0123). Infine, tutta l'area marina antistante alla laguna è annessa al Santuario dei Cetacei Pelagos.

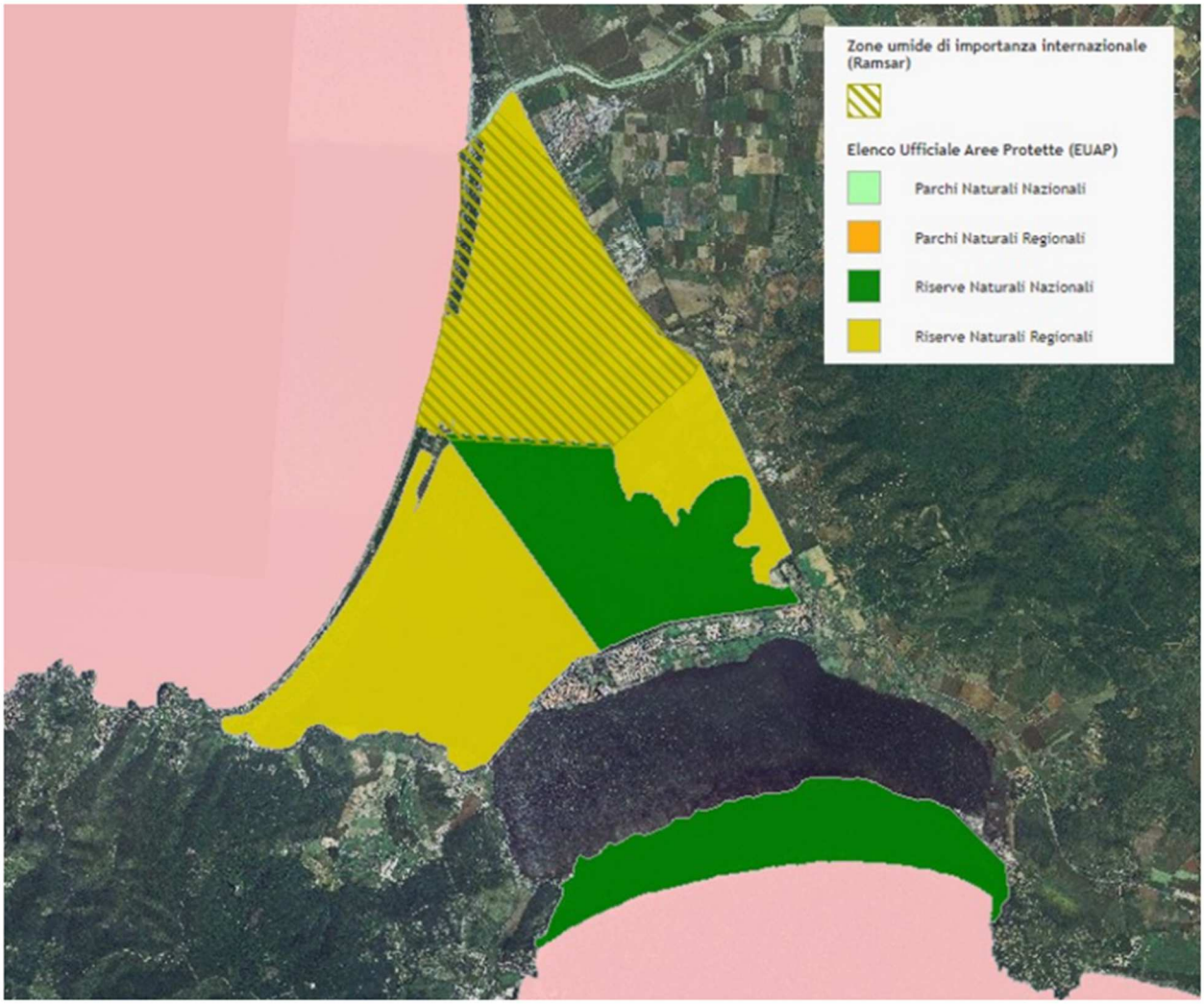

Figura 3: Sistema delle aree protette e tutele presenti nella porzione della Laguna di Ponente di Orbetello. In verde la Riserva naturale statale Laguna di Orbetello di Ponente (EUAP0127) e la Riserva naturale statale Duna Feniglia (EUAP0123); in giallo la Riserva regionale Laguna di Orbetello (EUAP1030) e in giallo con campitura con rigature la Zona RAMSAR LAGUNA DI ORBETELLO. (PARTE NORD) (Fonte: Geoportale nazionale, mod.)

L'intero sistema lagunare è ricompreso all'interno del Sito di bonifica di Interesse Nazionale (SIN) di Orbetello denominato "Area ex Sitoco". A seguito di diverse fasi di riperimetrazione, in ultimo il DM 26 dicembre 2007 e l'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei ministri 19 gennaio 2010, n. 3841, il SIN è stato esteso alla configurazione attuale, riportata in Figura 4. Il SIN interessa i comuni di Orbetello e del Monte Argentario e comprende sia aree pubbliche che private. Nel sito del MASE, nella sezione specifica dedicata al SIN di Orbetello, a riguardo della storia produttiva del Sito viene riportato che "[…] *le straordinarie risorse e la particolare configurazione territoriale hanno determinato, a partire da fine '800, lo sviluppo di storiche iniziative industriali. Sul promontorio dell'Argentario viene dato corso allo sfruttamento di ferro magnesifero delle miniere del Passo, già attive dagli anni 1872 – 1874 e viene costruito l'impianto chimico di acido solforico (zona Orbetello scalo). Nell'area adiacente ad Orbetello scalo nel 1906 viene attivato lo stabilimento chimico per la produzione di prodotti chimici, colla e concimi. Si tratta degli impianti dello stabilimento ex-Sitoco […]" e che "[…] il processo produttivo, impiegato per circa mezzo secolo, consisteva*

nella produzione di fertilizzanti chimici a mezzo di attacco di materie prime con acido solforico, prodotto nello stesso stabilimento a partire dalla pirite con il sistema delle camere a piombo. Le ceneri di pirite sono state accumulate nei terreni circostanti lo stabilimento e nell'area lagunare contigua all'impianto, nonché utilizzate come materiale per la realizzazione di stagni, attraverso la costruzione di argini. Negli anni '70, cessata la produzione di acido solforico, è proseguita l'attività con la produzione di fertilizzanti. Intorno agli anni '30 […]", allo stabilimento chimico della ex-Sitoco, "[…] si aggiunge anche la fabbrica di dinamite, esplosivi e munizioni, con uno stabilimento realizzato a monte di Orbetello scalo. L'attività mineraria si è conclusa nel 1974, mentre quelle industriali sopra indicate sono terminate tra il 1990 ed il 2006 […]

Figura 4: Perimetrazione attualmente in vigore del SIN di Orbetello - "Area ex Sitoco" (Fonte: MASE).

Tra le problematiche ambientali legate al SIN si riscontra che:

- le attività di caratterizzazione delle matrici ambientali hanno evidenziato lo stato di contaminazione dei suoli per la presenza di metalli pesanti diffusa nelle aree a terra, con presenza di metalli pesanti e ceneri di pirite limitatamente all'area denominata "Bacini", prospiciente l'ex stabilimento Sitoco (Laguna di Ponente). Nelle acque sotterranee si è rilevata la presenza di manganese, ferro, solfati, per i quali sono stati definiti dall'ARPAT anche i valori di fondo naturale;
- nei sedimenti lagunari è stata riscontrata la presenza diffusa di metalli pesanti, con presenza di metil-mercurio principalmente nella Laguna di Levante, limitatamente all'area prospiciente la Miniera Ex Ferromin e a un'area sotto Ansedonia. Diversi interventi sono stati ricompresi nell'Accordo di programma sottoscritto tra il Ministero dell'Ambiente, la Regione Toscana e i Comuni di Orbetello e di Monte Argentario.

Come noto, sono in corso le attività di “attualizzazione e completamento delle indagini per la determinazione dei valori di riferimento nell’area lagunare”, finalizzate alla riperimetrazione del SIN, di cui alla Convenzione ISPRA, CNR-IAS, ISS, UNIVPM-DiSVA e ARPAT, la cui attuazione potrebbe favorire la realizzazione di alcuni interventi gestionali di carattere infrastrutturale all’interno della Laguna.

La Laguna di Orbetello è anche un “sistema produttivo” avendo stabilimenti di acquacoltura che insistono sui suoi bacini per l'allevamento di alcune specie di ittiofauna come S*pigole, Orate, Cefali* ed *Anguille.*
Nello specifico, gli allevamenti attualmente produttivi sono:

- 2 allevamenti intensivi con vasche a terra: “Ittima S.r.l.” e “Vigneto S.r.l.”;
- 1 allevamento estensivo in Laguna: “Orbetello Pesca Lagunare S.r.l.”.

Nella Laguna di Ponente e precisamente nel canale di conterminazione situato in località Neghelli di Orbetello, vengono scaricati, in caso di emergenza, i reflui provenienti dal Depuratore di Terrarossa (Stazione di sollevamento e rilancio S3A/B - scarico in emergenza condizione “A” prevista in AIA).

ATTIVITA’ DI MONITORAGGIO SVOLTE NELLA LAGUNA DI ORBETELLO

a) Monitoraggio ambientale della laguna

Le acque di transizione fanno parte del complesso della rete del monitoraggio ambientale regionale che comprende fiumi, laghi e quei corpi idrici quali foci o lagune costiere che hanno caratteristiche salmastre, quindi si configurano come *ecotoni*, in cui gli indici biologici applicati sono quelli mutuati dal monitoraggio marino e non fluviale.

L’intero sistema lagunare della Laguna di Orbetello, che per la profondità batimetrica ridotta e per lo scarso ricambio idrico con il mare è assimilabile ad uno “stagno costiero”, è tutelato ai sensi della parte terza del D. Lgs. 152/06. Entrambi i bacini individuati dalle Lagune di Ponente e di Levante sono classificati quali corpo idrico superficiale di transizione: la Laguna di Levante, con codice di bacino distrettuale IT09R000OM006AT, e la Laguna di Ponente, con codice IT09R000OM007AT. Inoltre, entrambe le Lagune sono classificate come corpi idrici fortemente modificati e individuate come corpi idrici a specifica destinazione “idonea alla vita dei pesci” (art. 84, D. Lgs. 152/06).

ARPAT, per valutare lo stato ecologico e chimico della Laguna di Orbetello, espleta l’attività di monitoraggio ambientale ai sensi della seguente normativa:

- D. Lgs. 130/1992;
- D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.;
- D. M. 260/2010 e s.m.i.;
- D.G.R.T. 847/2013;
- D. Lgs. 172/2015;
- Direttiva 2000/60 CE.

Dai risultati del monitoraggio ambientale effettuato nella Laguna di Ponente (MAS 089) nel triennio 2022 - 2024 emerge quanto di seguito riportato:

- Stato chimico biota (*Liza ramada* – Cefalo calamita): non buono (parametri critici: mercurio);
- Stato chimico acqua: non buono (parametri critici: Acido perfluoroottansolfonico "Pfos";
- Stato ecologico: sufficiente;
- Stato trofico: sufficiente;
- Sostanze pericolose Tab. 1/B D. Lgs. 152/2006: buono;
- Stato chimico sedimenti (Tab. A2 e A3 D. Lgs. 152/2006): non buono (parametri critici: DDD, DDE, cadmio, piombo, mercurio);

Dai risultati del monitoraggio ambientale effettuato nella Laguna di Levante (MAS 088) nel triennio 2022 - 2024 emerge quanto di seguito riportato:

- Stato chimico biota (*Liza ramada* – Cefalo calamita): non buono (parametri critici: mercurio);
- Stato chimico acqua: non buono (parametri critici: Acido perfluoroottansolfonico "Pfos", piombo;
- Stato ecologico: sufficiente;
- Stato trofico: sufficiente;
- Sostanze pericolose Tab. 1/B D. Lgs. 152/2006: buono;
- Stato chimico sedimenti (Tab. A2 e A3 D. Lgs. 152/2006): non buono (parametri critici: DDT, DDD, DDE, piombo, mercurio).

ARPAT, inoltre, ha espletato anche l'attività di monitoraggio delle acque a specifica destinazione, tra cui quelle "idonee alla vita dei pesci"; tale monitoraggio è previsto dal D. Lgs. 152/2006 all'art. 84 "acque dolci idonee alla vita dei pesci".

Ai fini dell'idoneità alla vita dei pesci, i corsi d'acqua sono stati suddivisi in tratti "a salmonidi" e "a ciprinidi". Generalmente, i tratti di fiumi o torrenti a vocazione salmonide sono quelli a monte, dove insistono in misura minore le pressioni antropiche; hanno spiccato carattere torrentizio per cui sono caratterizzati da temperature più fresche e livelli di ossigenazione più alti. Le zone a ciprinidi si trovano nei tratti più a valle dei corsi d'acqua, dove le pressioni antropiche aumentano.

I valori soglia con cui confrontare le determinazioni analitiche sono diversi per le acque classificate a salmonidi e ciprinidi.

Dai risultati del monitoraggio effettuato nella Laguna di Ponente (VTP-135A) nel 2020 emerge quanto di seguito riportato:

- Classificazione "acque a ciprinidi": non conforme (parametro critico: ossigeno disciolto).

Dai risultati del monitoraggio effettuato nella Laguna di Levante (VTP-135B) nel 2020 emerge quanto di seguito riportato:

- Classificazione "acque a ciprinidi": conforme.

Ai sensi della Delibera di Giunta Regionale Toscana n. 1589 del 23/12/2024 "*Attuazione D. Lgs. 152/2006 e D. Lgs. 30/2009. Monitoraggio dei corpi idrici superficiali interni e*

sotterranei della Toscana. Modifiche ed integrazioni alle Delibere di Giunta n. 847/2013 e n. 926/2023" e della Circolare Dispositiva del Direttore Tecnico ARPAT n. 1 del 14/01/2025 *"Programma monitoraggio acque superficiali interne e sotterranee triennio 2025-2027 e dettaglio anno 2025"*, attualmente tale monitoraggio risulta soppresso; pertanto, gli ultimi dati disponibili sono quelli sopra riportati.

b) Monitoraggio gestionale della laguna

Su commissione di Regione Toscana, come "Attività Istituzionale non obbligatoria" (INO) indicata nel Piano annuale delle Attività, ARPAT svolge attività di supporto alla Regione per "fini gestionali" della Laguna di Orbetello.

L'attività di supporto ai "fini gestionali" della Laguna di Orbetello comprende anche il controllo e la validazione dei dati ambientali acquisiti in continuo dal seguente sistema di strumentazione:

- 6 sonde multiparametriche;
- 3 correntometri;
- 3 anemometri;
- 4 idrometri.

Le 6 sonde multiparametriche (Tabella 1, Figura 5, Figura 6 e Figura 7) sono installate: 2 su piattaforme fisse posizionate nella Laguna di Levante (denominata Levante 1) e di Ponente (denominata Ponente 1), mentre le altre 4 sono posizionate su piattaforme galleggianti posizionate nella Laguna di Levante (denominate Levante 2 e Levante 3) e nella Laguna di Ponente (denominate Ponente 2 e Ponente 3).

Tali strumenti misurano: pH, conducibilità, temperatura dell'acqua, potenziale redox ed ossigeno disciolto.

I 3 correntometri sono installati: 2 nei canali Fibbia ed Ansedonia ed 1 in prossimità della Diga (infrastruttura che collega Orbetello al Monte Argentario).
Tali strumenti misurano: la velocità unidirezionale in ingresso ed in uscita delle correnti.

I 3 anemometri sono installati: 2 su piattaforme fisse posizionate nella Laguna di Levante e di Ponente ed 1 in corrispondenza della stazione meteo del Servizio Idrologico Regionale *"Orbetello"* localizzata in prossimità della Diga (infrastruttura che collega Orbetello al Monte Argentario).
Tali strumenti misurano: velocità dei venti e loro direzione.

I 4 idrometri sono installati: 3 nei canali Nassa, Fibbia ed Ansedonia, ed 1 in prossimità della Diga (infrastruttura che collega Orbetello al Monte Argentario).
Tali strumenti misurano: il livello idrometrico dell'acqua e sono gestiti direttamente dal Servizio Idrologico Regionale.

Tabella 1 - Coordinate GPS (gradi decimali) delle 6 sonde multiparametriche posizionate nella Laguna di Orbetello

CENTRALINA	LATITUDINE	LONGITUDINE
Ponente 1	42.447930°	11.205762°
Ponente 2	42.463710°	11.200257°
Ponente 3	42.437573°	11.181318°
Levante 1	42.430296°	11.262599°
Levante 2	42.431202°	11.224462°
Levante 3	42.423489°	11.210131°

Figura 5– Esempio di stazione di monitoraggio fissa posizionata nella Laguna di Orbetello

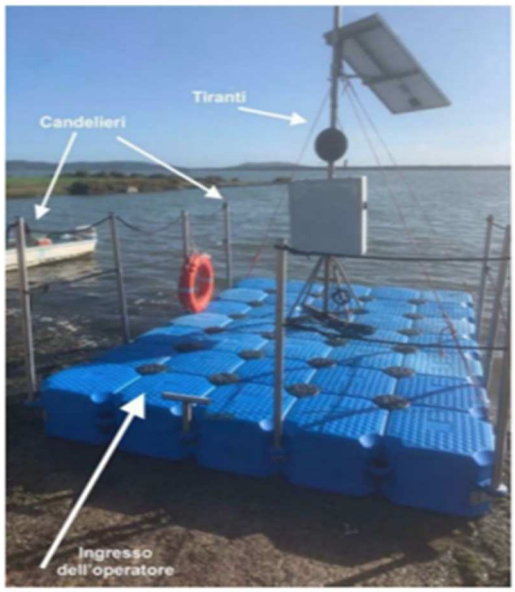

Figura 6 – Esempio di stazione di monitoraggio galleggiante posizionata nella Laguna di Orbetello

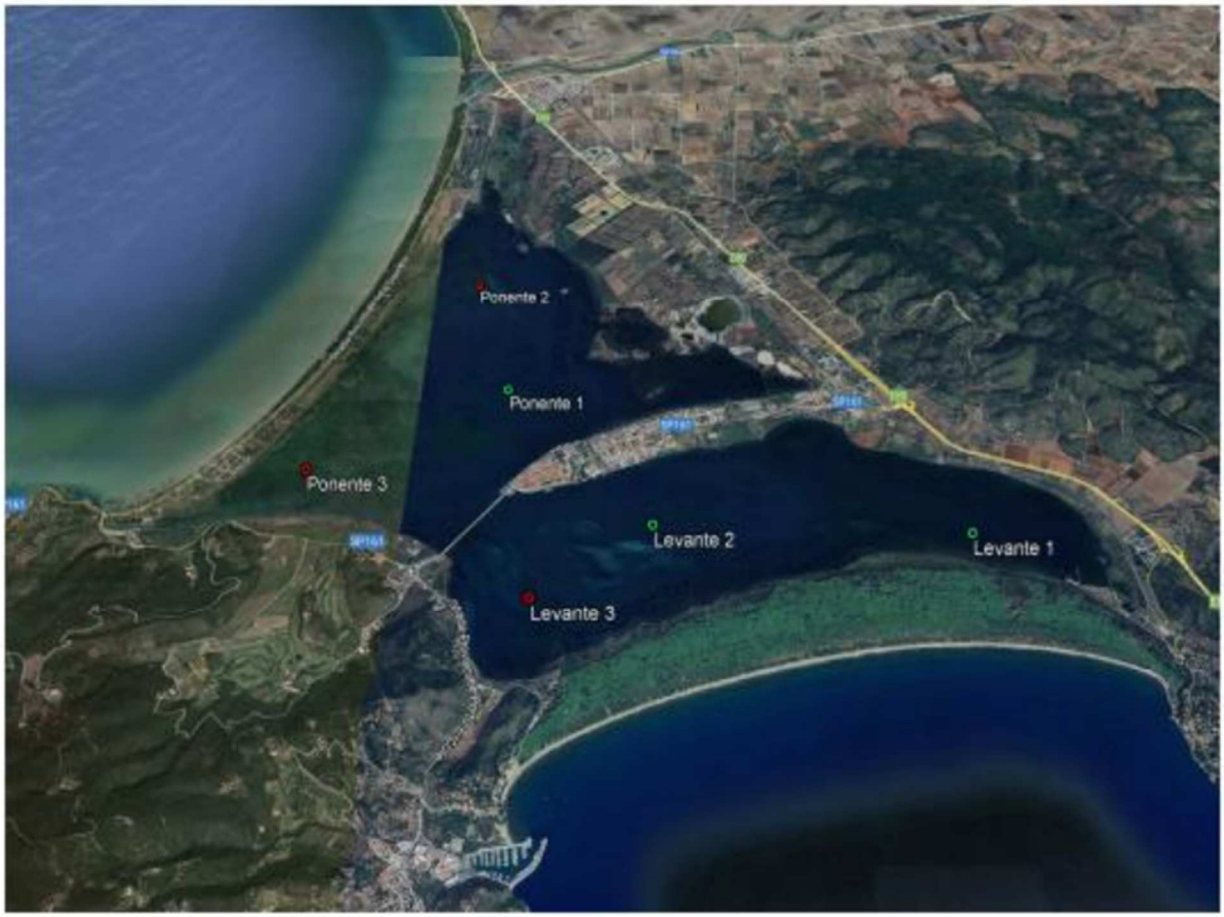

Figura 7 – Posizione delle stazioni di monitoraggio nella Laguna di Orbetello

Inoltre, nell'ambito dell'attività di supporto ai "fini gestionali" della Laguna di Orbetello, le attività di monitoraggio hanno previsto la raccolta di informazioni scientifiche di diversa tipologia, sia provenienti direttamente dalle postazioni fisse gestite da ARPAT (sopra descritte) sia da monitoraggi svolti in campo su matrici ambientali specifiche, avvalendosi di collaborazioni con Enti ed operatori esterni.

All'interno del capitolato speciale descrittivo e prestazionale (che accompagna i singoli bandi regionali) sono richieste dalla Regione Toscana, a cadenza fissa, informazioni di varia natura.

Attualmente, per l'analisi della biomassa algale, la stima del carico organico labile presente nei sedimenti (LOM) e la composizione/densità dei macronutrienti principali presenti nella matrice acquosa, la raccolta e la catalogazione di tali dati è svolta dal Dott. Marco Leporatti Persiano che, all'interno dell'attuale sistema di gestione lagunare (facente capo al Settore "Direzione Ambiente ed Energia" della Regione Toscana), ricopre il ruolo di Consulente ambientale e Supporto Tecnico Scientifico al Direttore dell'esecuzione.

DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME

In riferimento alla Deliberazione della Regione Toscana n. 1231 del 15/12/2015 *"D.P.R. 357/1997 – L.R. 30/2015 - Approvazione delle misure di salvaguardia per la gestione del SIC-ZPS "Laguna di Orbetello"",* per ottemperare a quanto indicato nel Paragrafo "*Piano di sicurezza*" dell'allegato A, sono state elaborate delle Soglie di Attenzione e di Allarme inerenti temperatura, concentrazione di ossigeno disciolto (O.D) e pH, misurate dalle tre sonde multiparametriche, poste nella Laguna di Orbetello.

In considerazione della modesta profondità e del debole ricambio naturale con le acque marine, e per i suoi ben noti elevati valori di sostanza organica e nutrienti contenuti nei sedimenti e quindi nelle sue acque, la Laguna di Orbetello, al pari di analoghi ecosistemi marino costieri, è per sua natura soggetta a mostrare frequenti fenomeni eutrofici che possono più raramente trasformarsi in eventi distrofici.

Proprio per le citate peculiarità, eventi distrofici possano accadere in maniera estremamente repentina, e risulta pertanto estremamente difficile prevederne il fenomeno con esattezza. Poiché, tuttavia, sono note le condizioni, dirette ed indirette, che favoriscono tali eventi distrofici, appara meno ardua la possibilità, pertanto, di "quantificare" tali condizioni.

Data l'esigenza di individuare pertanto quelle condizioni ambientali, che possano indicare situazione di pericolo di eventi distrofici, sono state definite due "condizioni standard di riferimento" dell'ecosistema lagunare, in grado di allertare in maniera progressiva Enti e strutture organizzate per gli eventuali provvedimenti del caso.
Pertanto, sono state individuate due condizioni ambientali a soglia, una di attenzione ed una di allarme (Tabella 2).

I parametri individuati per la definizione di tali condizioni a soglia sono:

- la temperatura delle acque;
- il carico percentuale di sostanza organica labile;
- l'ossigeno disciolto.

Tabella 2 - Soglie di Attenzione e di Allarme nella Laguna di Orbetello.

INDICATORE	TEMPERATURA MEDIA GIORNALIERA	OSSIGENO DISCIOLTO	SOSTANZA ORGANICA LABILE
Soglia Attenzione*	28° C	Almeno 4 ore < 2 mg/L	8 %
Soglia Allarme**	30° C	Almeno 2 ore < 1 mg/L e contemporaneo pH < 8,2	
		Almeno 2 ore < 1 mg/L e contemporanea temperatura > 27° C	

**La soglia di attenzione, è definita da due parametri, la temperatura dell'acqua o l'ossigeno disciolto. Il raggiungimento di almeno una delle condizioni soglia fa scattare l'avviso di attenzione.*

***La soglia di allarme è definita da due parametri, la temperatura dell'acqua o l'ossigeno disciolto. Per l'ossigeno si distingue perché è "a doppia entrata", vale a dire che oltre al raggiungimento di almeno due ore di ossigeno disciolto inferiore a 1 mg/L, è necessaria anche la contemporanea presenza di una delle due condizioni descritte dalla temperatura contemporanea (> 27 °C) o dal pH (< 8,2).*

La soglia di attenzione è di facile comprensione; la sostanza organica descrive il quantitativo di materiale organico che inevitabilmente necessiterà di essere mineralizzato e quindi rappresenta il potenziale fabbisogno e consumo di ossigeno da parte dell'ecosistema, la temperatura contestualizza tale situazione con le condizioni meteo-climatiche del momento e la concentrazione di ossigeno disciolto dà la misura dei processi fotosintetici in antitesi con i processi respiratori, questi ultimi particolarmente intensi conseguente al consumo di ossigeno da parte del materiale organico contenuto nel sedimento.

La soglia di allarme è definita da due parametri, la temperatura dell'acqua o l'ossigeno disciolto. Analogamente alla soglia di attenzione, il raggiungimento di almeno una delle condizioni soglia fa scattare l'allarme. La soglia di allarme per l'ossigeno si distingue perché è "a doppia entrata", vale a dire che oltre al raggiungimento di almeno due ore di ossigeno disciolto inferiore a 1 mg/L, è necessaria anche la contemporanea presenza di una delle due condizioni descritte dalla temperatura (> 27°C) o dal pH (< 8,2).

Le scelte di tali valori sorgono sia da riferimenti ambientali qualitativi tipici di questi ambienti ma anche e soprattutto dalle analisi e simulazione delle suddette soglie con gli eventi ed i dati ambientali "storici" registrati nella Laguna di Orbetello.

Le soglie individuate con tale metodologia dovrebbero rappresentare delle condizioni di riferimento sufficientemente realistiche e non "eccessivamente" allarmistiche.

Si deve evidenziare che i dati delle centraline, trattandosi di misurazioni puntuali, rappresentano gli andamenti generali del "sistema laguna", e che all'evidenza dei superamenti delle suddette soglie devono essere condotte ulteriori indagini ambientali al fine di valutare nel dettaglio lo stato ambientale della laguna.

RISULTATI MONITORAGGIO GESTIONALE DELLA LAGUNA

a) Manutenzione strumentazione

Attualmente il servizio di manutenzione e gestione della rete di monitoraggio della Laguna di Orbetello è affidato alla Società Orion S.r.l.

La suddetta Società, in condizioni di normale funzionamento della strumentazione di misura, effettua la manutenzione e la calibrazione con cadenza quindicinale da ottobre ad aprile e con cadenza settimanale da maggio a settembre.

Nel mese di Ottobre 2025 la Società Orion S.r.l. ha provveduto ad effettuare la manutenzione e calibrazione della strumentazione nei seguenti giorni:

- 10/10/2025
- 22/10/2025

b) Validazione dati

Il controllo della qualità dei dati registrati dal sistema di monitoraggio e la relativa validazione, da parte degli operatori di ARPAT, è avvenuta quotidianamente.

c) Andamenti mensili dati chimico-fisici

pH (unità)

Tale parametro misura il tenore di acidità o alcalinità del mezzo acquoso. L'acidità totale è la somma dell'acidità forte (acidi completamente dissociati) e dell'acidità debole (acidi parzialmente dissociati) e misura la capacità di un'acqua di neutralizzare le basi forti. L'acidità corrisponde all'attività dello ione idrogeno. L'alcalinità totale di un'acqua rappresenta la sua capacità di neutralizzare gli acidi ed è la somma di tutte le basi titolabili da un acido. L'alcalinità di un'acqua dipende principalmente dal contenuto di bicarbonati, carbonati ed idrossidi. Gli acidi e le basi influenzano la velocità delle reazioni chimiche, la speciazione ed i processi biologici.

Conducibilità (µs/cm 20°C)

La conduttività elettrica o conducibilità elettrica specifica dell'acqua è la capacità dell'acqua di condurre corrente elettrica ed è legata alla quantità di sali (ioni) presenti in soluzione; i sali disciolti in acqua in forma ionica (come ioni potassio, ioni sodio, ioni solfato. ecc.), sono dotati di una o più cariche elettriche, che consentono il passaggio di corrente. La conducibilità elettrica può essere considerata, quindi, una misura indiretta del contenuto di sali minerali disciolti in acqua: i sali minerali favoriscono il passaggio di corrente nell'acqua e, quindi, più è elevata la loro concentrazione, più è elevata la conducibilità elettrica dell'acqua.

Potenziale Redox (mV)

Tale parametro valuta la capacità ossidativa delle acque ed è in stretta correlazione con l'Ossigeno Disciolto (ma non in maniera proporzionale). Valori di Redox superiori a 200 mV sono caratteristici di ambienti in condizioni aerobiche (adeguato tenore di ossigeno disciolto), mentre valori inferiori di 100 mV evidenziano la predisposizione all'anaerobiosi (condizione di incompatibilità alla vita della maggior parte degli organismi acquatici), con possibilità di sviluppo di idrogeno solforato, tossico per la flora e la fauna acquatiche.

Temperatura acqua (°C)

La misura della temperatura consente di controllare il problema dell'inquinamento conseguente all'immissione di energia termica nei corpi idrici. Tale parametro, oltre che ad influenzare direttamente lo sviluppo delle biocenosi nell'ambiente acquatico, è utile anche ad osservare la capacità delle acque di trattenere l'ossigeno disciolto (che è inversamente proporzionale all'innalzamento della temperatura ed è fondamentale per la vita degli organismi acquatici).

Ossigeno disciolto (mg/L)

L'ossigeno disciolto è un parametro chimico che caratterizza l'idoneità alla vita, per gli esseri viventi che lo utilizzano, come per esempio la fauna e la flora acquatiche. Tale indicatore è utile, quindi, per registrare la capacità ossidante delle acque.

Di seguito sono riportati i grafici degli andamenti mensili per i parametri monitorati nella Laguna di Levante e di Ponente:

- pH (Figura 8 - 9);
- Conducibilità (Figura 10 - 11);
- Potenziale Redox (Figura 12 – 13);
- Temperatura acqua (Figura 14 -15);
- Ossigeno disciolto (Figura 16 -17).

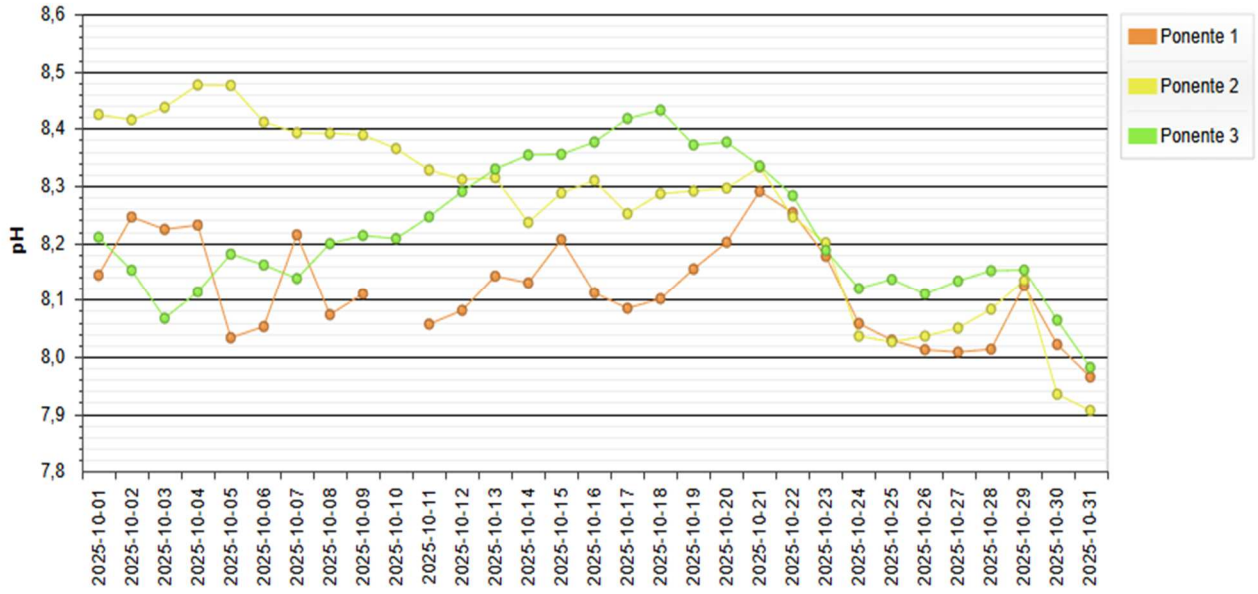

Figura 8 – Andamento medio giornaliero del pH nella Laguna di Ponente.

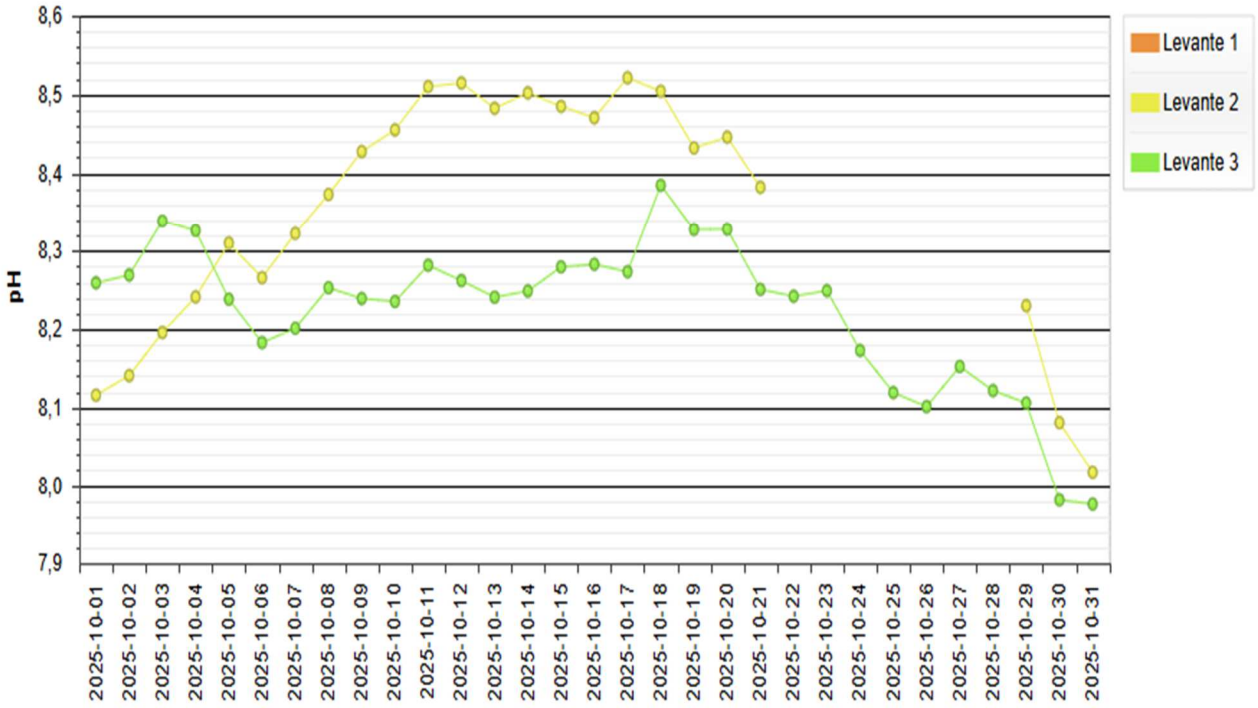

Figura 9 – Andamento medio giornaliero del pH nella Laguna di Levante.

Figura 10 - Andamento medio giornaliero della Conducibilità nella Laguna di Ponente.

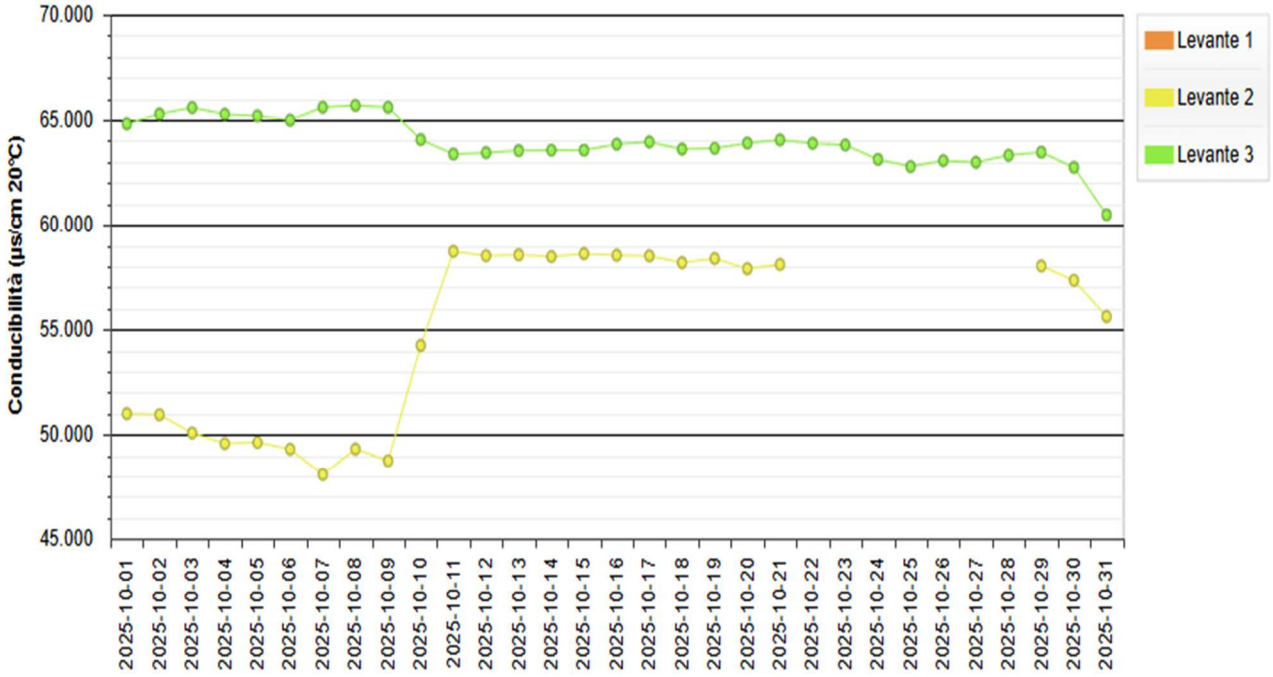

Figura 11 - Andamento medio giornaliero della Conducibilità nella Laguna di Levante.

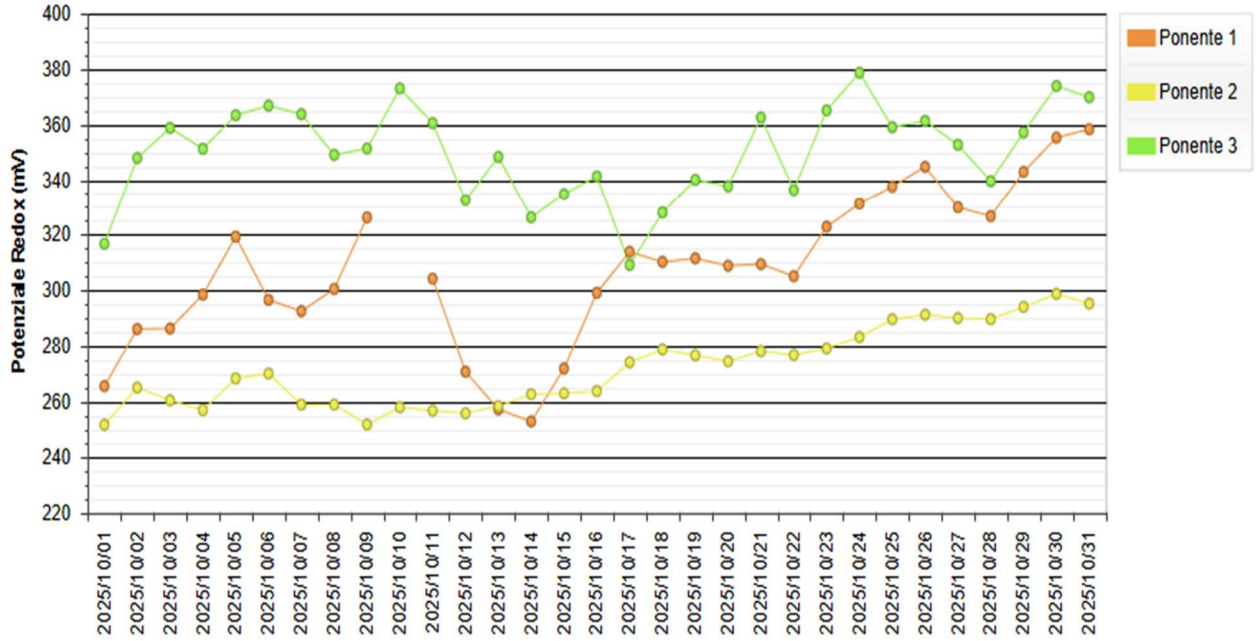

Figura 12 - Andamento medio giornaliero del Potenziale Redox nella Laguna di Ponente.

Figura 13 - Andamento medio giornaliero del Potenziale Redox nella Laguna di Levante.

Figura 14 - Andamento medio giornaliero della Temperatura nella Laguna di Ponente.

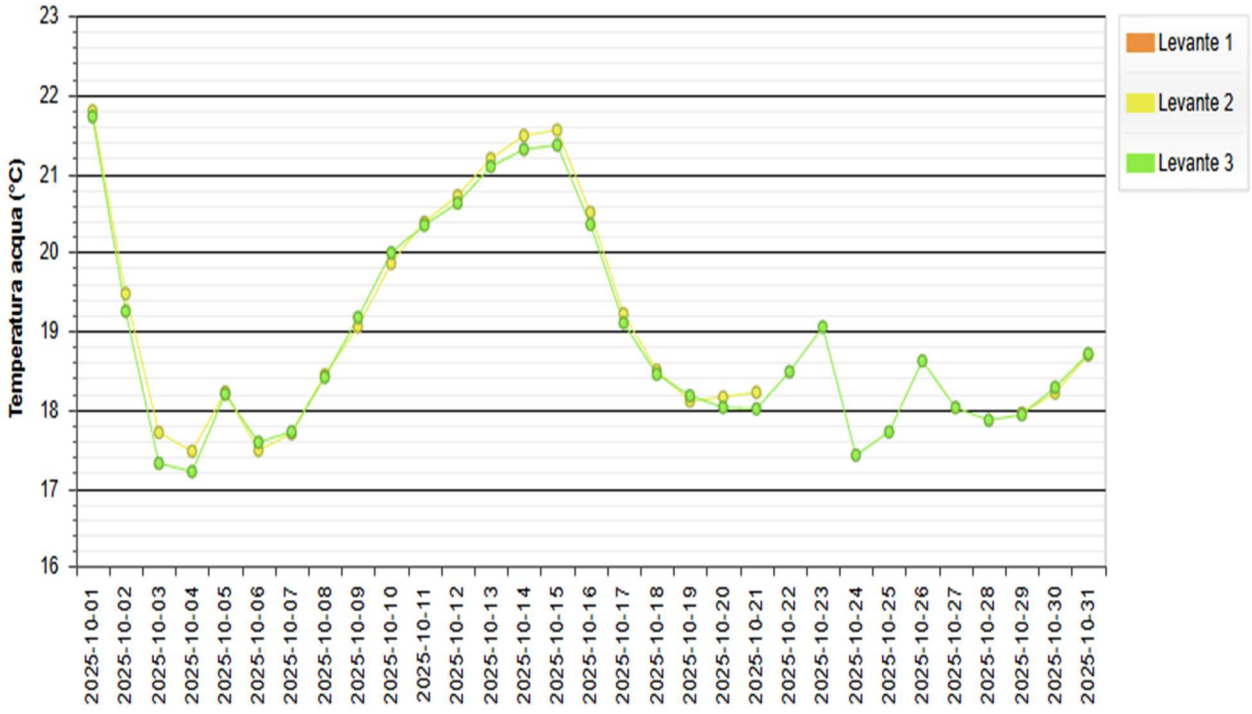

Figura 15 - Andamento medio giornaliero della Temperatura nella Laguna di Levante.

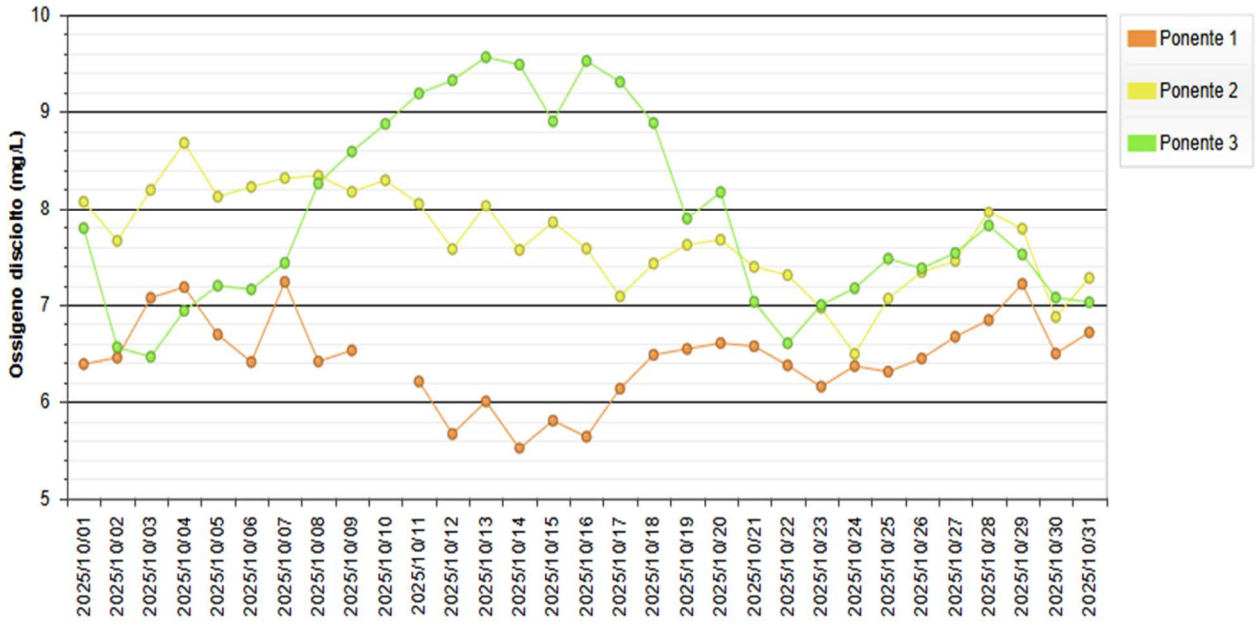

Figura 16 - Andamento medio giornaliero dell'Ossigeno disciolto nella Laguna di Ponente.

Figura 17 - Andamento medio giornaliero dell'Ossigeno disciolto nella Laguna di Levante.

d) Superamento Soglie di Attenzione e/o Allarme

Il monitoraggio effettuato nella Laguna di Orbetello nel mese di Ottobre 2025 non ha rilevato eventi di superamento delle Soglie di Attenzione e di Allarme in entrambi gli specchi lagunari.

Si segnala l'interruzione della trasmissione dei dati di monitoraggio dalla centralina Levante 2 nel periodo 22–28 ottobre 2025**,** dovuta a problemi tecnici. L'anomalia è stata risolta con un intervento di manutenzione straordinaria**,** al termine del quale la funzionalità del sistema è stata ripristinata regolarmente**.**

CONCLUSIONI

Nel mese di Ottobre 2025 non sono state rilevate situazioni ambientali ed ecologiche critiche nei due specchi lagunari di Orbetello.