



Interreg



UNIONE EUROPEA

retralags

rete transfrontaliera delle lagune, dei laghi e degli stagni

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

**PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA
ITALIA – FRANCIA MARITTIMO 2014-2020**

ATTIVITÀ T2.3

AZIONE PILOTA COMUNE DI ORBETELLO

T.2.3.4 MONITORAGGIO

REPORT IT/FR

**LA COOPERAZIONE AL CUORE DEL MEDITERRANEO
LA COOPÉRATION AU CŒUR DE LA MÉDITERRANÉE**

Estensione delle attività di ricerca svolte nell'ambito del
“Servizio specialistico per la realizzazione di attività sperimentali di
monitoraggio ambientale nella Laguna di Orbetello tramite natante a
controllo remoto nell'ambito del progetto RETRALAGS”

Relazione delle attività svolte e prime valutazioni

Ottobre 2020

SOMMARIO

PREMESSA	pag. 1
1. AREA DI STUDIO	pag. 2
2. ORGANIZZAZIONE DELLE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO	pag. 4
3. ELABORAZIONE DATI	pag. 4
4. RISULTATI	pag. 5
4.1 Campagna di monitoraggio del 25 e 26 giugno 2020 (1° campagna)	pag. 6
4.2 Campagna di monitoraggio del 9 e 10 luglio 2020 (2° campagna)	pag. 11
4.3 Campagna di monitoraggio del 1 e 2 ottobre 2020 (3° campagna)	pag. 16
4.4 Campagna di monitoraggio del 5 e 6 ottobre 2020 (4° campagna)	pag. 21
5. DISCUSSIONE	pag. 24
6. CONCLUSIONI	pag. 27
Bibliografia	pag. 28
APPENDICE	pag. 29

PREMESSA

Come estensione del **“Servizio specialistico per la realizzazione di attività sperimentali di monitoraggio ambientale nella Laguna di Orbetello tramite natante a controllo remoto”** affidato al Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell’Ambiente (DSFTA) dell’Università di Siena, il Comune di Orbetello ha incaricato lo stesso Dipartimento all’esecuzione di nuove attività da svolgersi nel periodo febbraio-aprile 2020 (Determinazione Comunale n° 224 del 20-03-2020), ai fini di una maggiore conoscenza dei processi caratterizzanti le acque lagunari.

In particolare, le prestazioni previste comprendevano:

- esecuzione di ulteriori n° 4 campagne di monitoraggio delle acque lagunari tramite il natante USV da svolgersi nel periodo febbraio-aprile 2020;
- predisposizione di data report da avviare al sistema di validazione dell’Organo di Controllo (ARPAT);
- elaborazione con interpolazione dati tramite software GIS, restituzione cartografica e prima valutazione dei risultati ottenuti, anche alla luce delle indagini già svolte dal DSFTA nell’ambito del suddetto affidamento.

Le attività di monitoraggio sono state sospese a causa dell’emergenza sanitaria da Covid-19 e riprese nel mese di giugno 2020 (O.d.S. Comune Orbetello, Prot. n° 21698/2020 del 18/06/2020). Successive criticità tecniche, derivate dalla necessità di sostituire la motherboard sul drone natante e di aggiornare i software dedicati, non hanno reso possibile l’attuazione delle campagne nei tempi previsti; le attività si sono concluse in data 6 ottobre 2020.

Nella presente relazione sono esposti i risultati relativi alle quattro campagne di monitoraggio svolte durante l’esecuzione dell’impegno progettuale assunto, con alcune considerazioni sugli stessi.

1. AREA DI STUDIO

La Laguna di Orbetello (GR) occupa una superficie di circa 27 km² ed è costituita da due bacini comunicanti denominati Laguna di Ponente e Laguna di Levante, separati da un istmo che ospita l'abitato di Orbetello e da un ponte artificiale (diga Leopoldiana) di collegamento tra la città e il Monte Argentario (Fig. 1). Al di sotto del ponte l'acqua circola attraverso aperture di circa 30 m che permettono, insieme al canale Glacis che divide il centro storico di Orbetello, la comunicazione tra i due bacini.

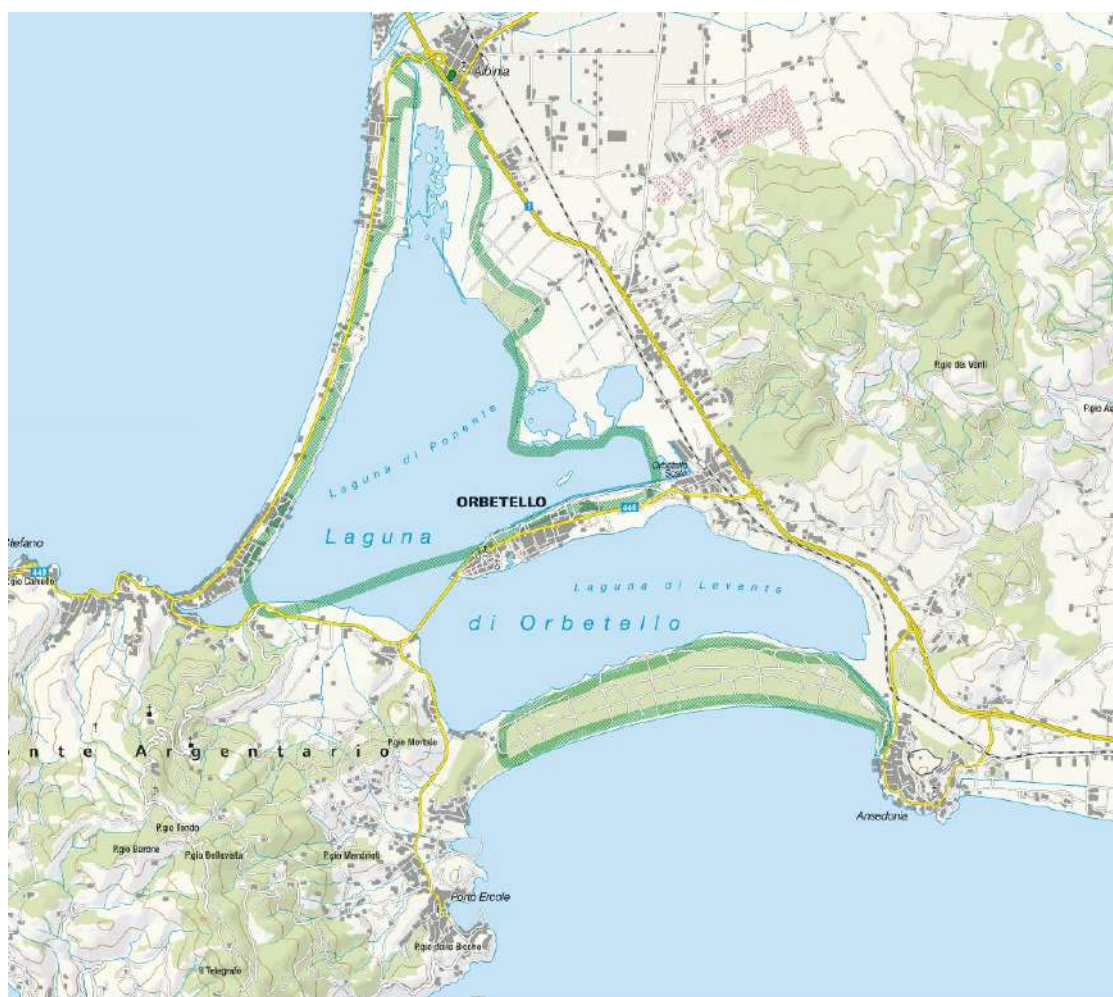


Figura 1 – Laguna di Orbetello

L'intera Laguna è separata dal Mar Tirreno dal Tombolo della Giannella a Nord Ovest, dal Tombolo di Feniglia a Sud Est e dal promontorio dell'Argentario a Ovest. La Laguna di Ponente comunica con il mare tramite i canali di Nassa e di Fibbia (quest'ultimo collegato al tratto terminale del Fiume Albegna), la Laguna di Levante per mezzo del Canale di Ansedonia.

L'area lagunare, di elevatissimo valore naturalistico, ospita una Riserva Regionale, due Riserve Statali, un'area RAMSAR ed è designata, nella sua interezza, come SIC e ZPS.

Numerosi fattori, primi fra tutti lo scarso ricambio idrico, la bassa profondità e le elevate concentrazioni di nutrienti hanno determinato negli anni e tuttora determinano un forte disequilibrio trofico. Le distrofie della Laguna sono ben documentate (Cognetti et. al., 1978; Cognetti et. al., 1981; Lenzi, 1992 Lenzi, 2020) e sono state frequentemente accompagnate da morie della fauna ittica che hanno causato seri danni all'economia locale (Innamorati, 1998), l'ultima delle quali risale all'estate 2015.

Da tempo le procedure gestionali prevedono azioni di risanamento e di monitoraggio del sistema lagunare per comprenderne l'evoluzione ecologica e prevenire l'insorgenza di eventi critici. Con il proposito di migliorare le condizioni ambientali, a partire dal 1992 è stata istituita una Gestione Commissariale che si è protratta fino al 2013. Gli interventi migliorativi messi in opera dal Commissario Straordinario per l'emergenza ambientale della Laguna di Orbetello erano finalizzati al contenimento dell'eutrofizzazione e prevedevano tre misure di intervento principali:

1. la riduzione crescente dell'immissione diretta di nutrienti provenienti dai reflui della depurazione civile e dagli impianti di acquacoltura;
2. la rimozione delle biomasse macroalgali in eccesso mediante l'impiego di battelli raccogli-alghe;
3. l'incremento dello scambio tra mare e laguna tramite l'utilizzo di idrovore; il pompaggio diretto di acqua marina permette di ottenere un regime di circolazione forzata dal mare al bacino di Ponente, quindi a quello di Levante e di nuovo al mare dal canale di Ansedonia.

Con la conclusione della gestione commissariale la Regione Toscana, la Provincia di Grosseto e il Comune di Orbetello hanno sottoscritto nel febbraio 2014 un accordo (ex art. 15 L. 241/1990) per la "Gestione integrata del sistema lagunare". L'accordo individuava La Regione Toscana quale soggetto attuatore fino al 31 dicembre 2014 a cui subentrava il Comune di Orbetello dal 1° gennaio 2015 fino al 31 dicembre 2016. Dopo la crisi distrofica dell'estate 2015, che ha creato condizioni di particolare criticità ambientale, nel maggio 2016 la Regione Toscana è a sua volta subentrata al Comune di Orbetello e dal 2017 al 2020 ha assicurato la gestione del sistema integrato della Laguna, occupandosi dell'affidamento di una serie di interventi tra i quali:

- funzionamento degli impianti di pompaggio e ricircolo idraulico;
- manutenzione di due impianti di ossigenazione a servizio dell'area di Ansedonia;
- attivazione della tecnica della "risospensione dei sedimenti";
- raccolta di biomasse algali, manutenzione mezzi, impianti e attrezzature.

Inoltre, a partire da maggio 2013 la Regione Toscana ha affidato ad ARPAT l'attività di monitoraggio in Laguna, da svolgere in maniera continuativa mediante tre sonde multiparametriche (una a Ponente, due a Levante) e quattro idrometri.

2. ORGANIZZAZIONE DELLE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO

Le ulteriori quattro campagne sperimentali di rilevamento dei principali parametri chimico-fisico-biologici (Temperatura, pH, Conducibilità, Potenziale redox, Salinità, Ossigeno Disciolto e Clorofilla) sono state eseguite nei mesi di giugno, luglio e ottobre 2020. Come anticipato in premessa, le misure adottate ai fini del contenimento e gestione dell'emergenza epidemiologica da Covid-19 e il guasto strumentale occorso il 30 luglio hanno impedito il rispetto del calendario programmato, imponendo lo slittamento del termine delle attività al 7 ottobre.

Come da prassi, all'inizio di ogni giornata di monitoraggio gli operatori hanno svolto sopralluoghi da terra e, quando necessario, in laguna (con barca) per individuare la presenza di masse algali superficiali e nuovi ostacoli sommersi in modo da evitare, per quanto possibile, l'interruzione del monitoraggio causato dal blocco della navigazione del drone.

La definizione preliminare dei settori oggetto di indagine e la programmazione delle missioni del drone USV sono state eseguite a terra, nelle stazioni di partenza individuate. Il criterio adottato nella selezione delle zone lagunari da monitorare, considerando il carattere innovativo e prototipale di questa metodologia, ha tenuto conto della necessità di massimizzare l'estensione dell'area per valutare le capacità di copertura spaziale e, al contempo, rendere minima la probabilità di interruzione della missione per ottenere misure omogenee, nel tempo e nello spazio, in corrispondenza di ogni nodo della griglia di campionamento.

Per una prima valutazione della variabilità ambientale (spaziale e/o temporale) delle misure dei parametri selezionati, sia nel corso di una singola missione che in due giorni successivi (in orario simile), la campagna del 25-26 giugno e quella del 9-10 luglio sono state eseguite nel medesimo settore lagunare invertendo il verso della missione di monitoraggio (primo giorno in direzione Nord→Sud, secondo giorno in direzione Sud→Nord). Le successive due campagne (1-2 ottobre e 5-6 ottobre) sono state svolte secondo le consuete modalità: un giorno (al mattino, salvo diverse necessità) è stata monitorata una sezione di un bacino lagunare e il giorno successivo una sezione dell'altro. Un imprevisto meccanico, unitamente alle avverse condizioni meteorologiche, hanno forzato l'esecuzione della prima campagna di ottobre verso un monitoraggio meno rigoroso della griglia a maglia regolare, utilizzando un sistema a transetto irregolare per mezzo di barchino, con acquisizione di un numero minore di misure. Lo stesso procedimento è stato utilizzato per la campagna successiva, raccogliendo un numero maggiore di dati.

3. ELABORAZIONE DATI

La registrazione dei dati è avvenuta per mezzo del *notebook* posizionato a bordo del drone natante. Utilizzando una connessione remota, l'operatore ha controllato l'andamento delle missioni dalla stazione a terra, fino alle distanze coperte da segnale.

I punti di monitoraggio sono georeferenziati e i parametri monitorati vengono registrati in formato CSV, esportabili e rielaborabili in ambiente GIS.

Per l'elaborazione dei dati e la restituzione cartografica interpolata dei parametri Temperatura (°C), pH, Conducibilità (mS/cm), Potenziale redox (mV) e Ossigeno Disciolto (mg/L) sono stati utilizzati i software Excel 2013 e QGIS 3.10 (*open source*). Con l'interpolazione viene stimata nelle zone non monitorate una superficie di valori del parametro considerato a partire dai valori noti dei punti circostanti.

4. RISULTATI

Nelle pagine che seguono sono riportate le mappe di interpolazione spaziale delle misure dei principali parametri chimico-fisici selezionati per il monitoraggio delle acque lagunari. Nelle figure, agli estremi dell'intervallo cromatico visibile in legenda corrispondono valori prossimi al minimo e massimo registrati durante il singolo monitoraggio. I dati relativi a ogni punto di campionamento, con l'indicazione di data, ora e coordinate geografiche, sono mostrati in Appendice.

4.1 Campagna di monitoraggio del 25 e 26 giugno 2020 (1° campagna)

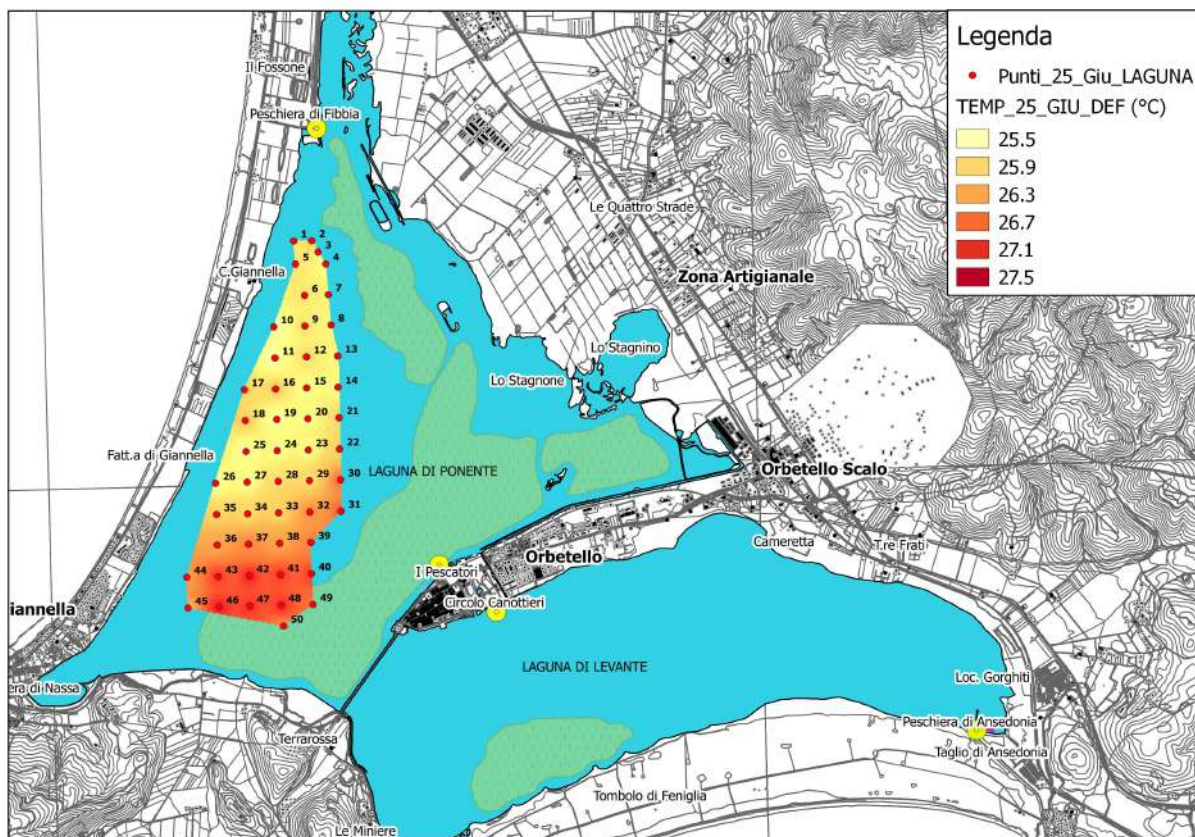


Figura 2. 1°campagna - monitoraggio del 25 giugno 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 8:40 (punto 1), termine h 12:27 (punto 50) – Temperatura (°C).

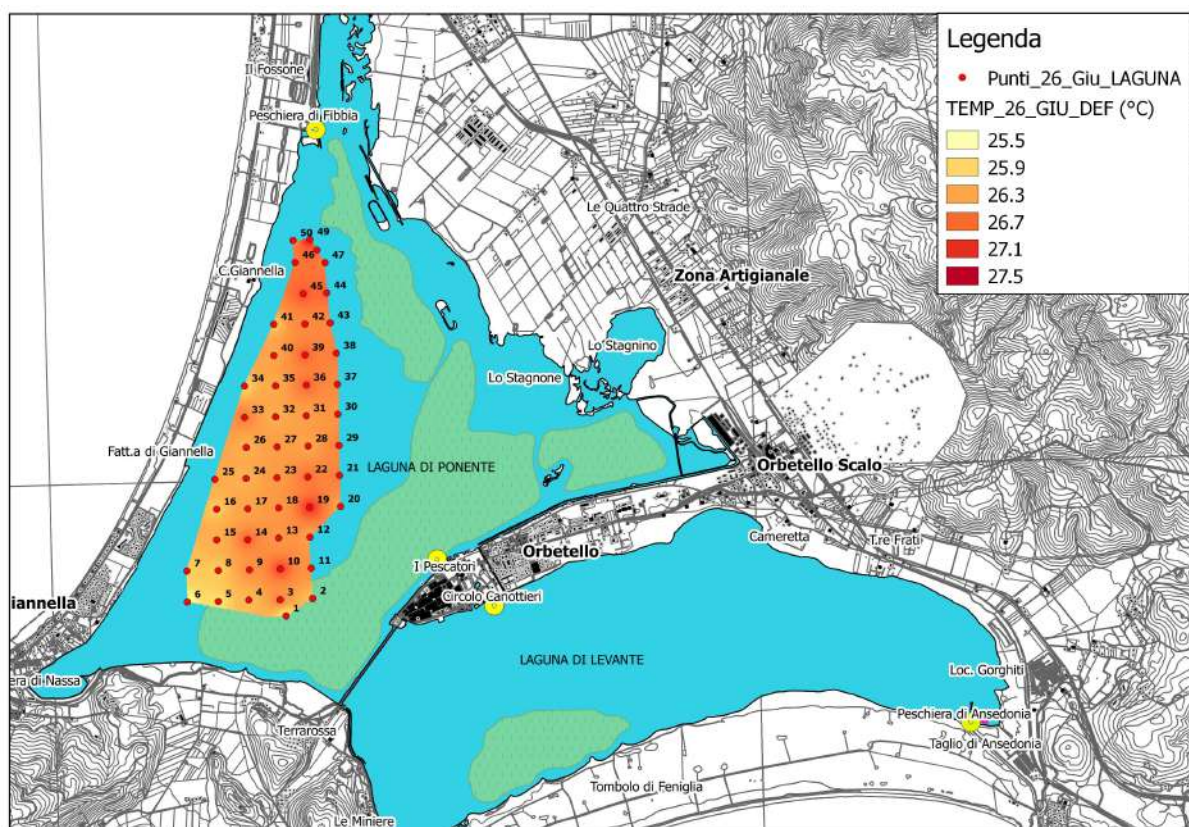


Figura 3. 1° campagna - monitoraggio del 26 giugno 2020 in direzione Sud→Nord; inizio h 8:00 (punto 1), termine h 10:46 (punto 50) – Temperatura (°C).

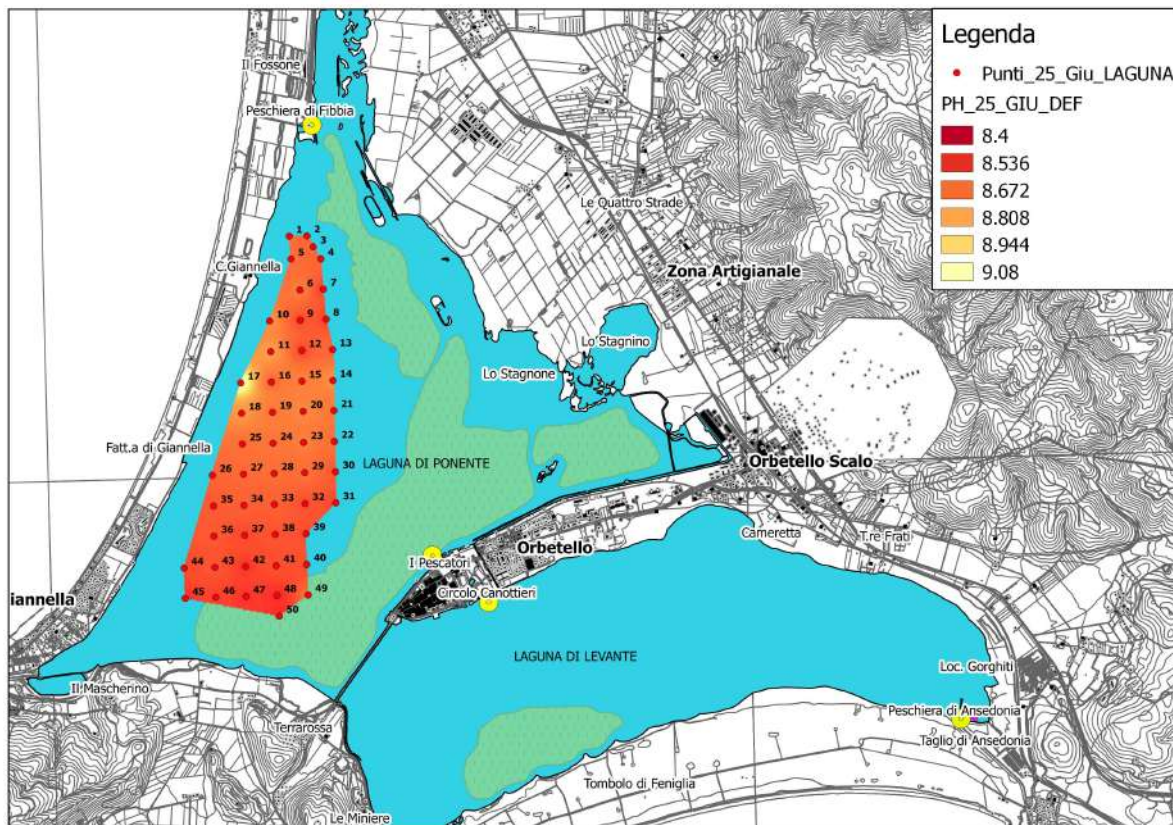


Figura 4. 1° campagna - monitoraggio del 25 giugno 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 8:40 (punto 1), termine h 12:27 (punto 50) – pH.

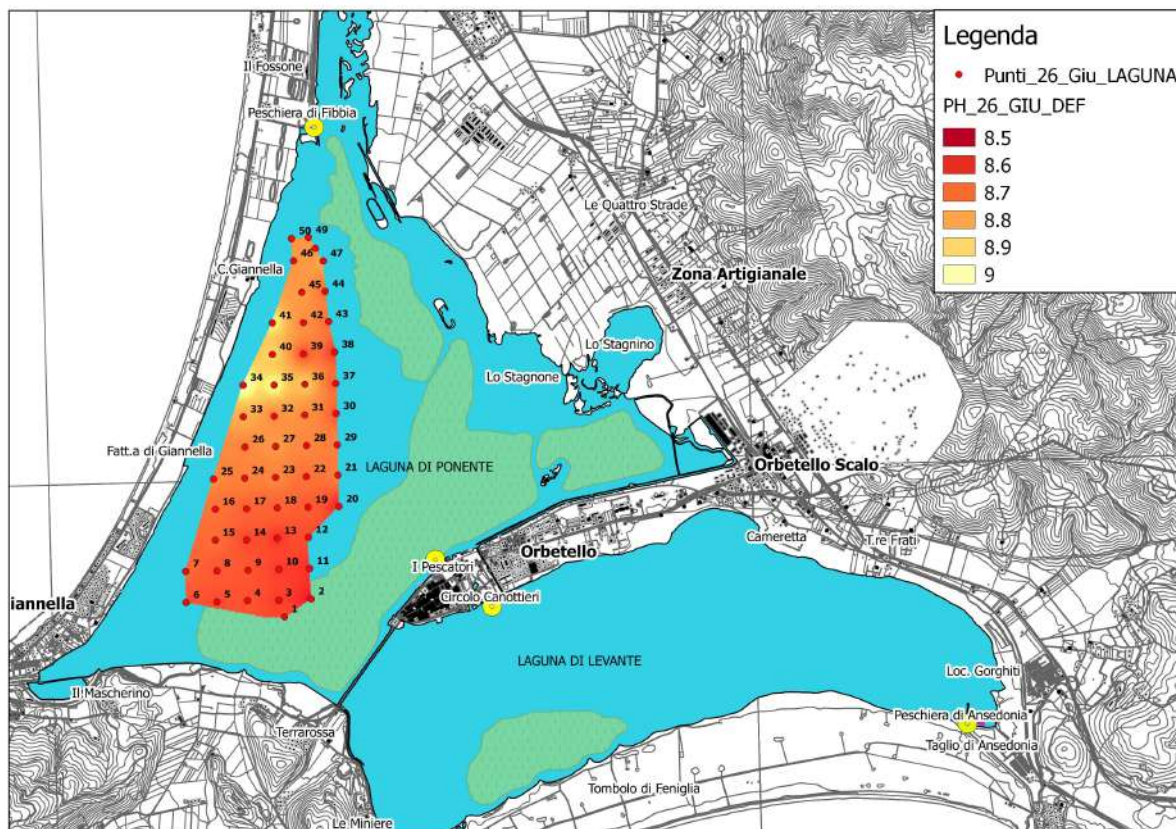


Figura 5. 1° campagna - monitoraggio del 26 giugno 2020 in direzione Sud→Nord; inizio h 8:00 (punto 1), termine h 10:46 (punto 50) – pH.

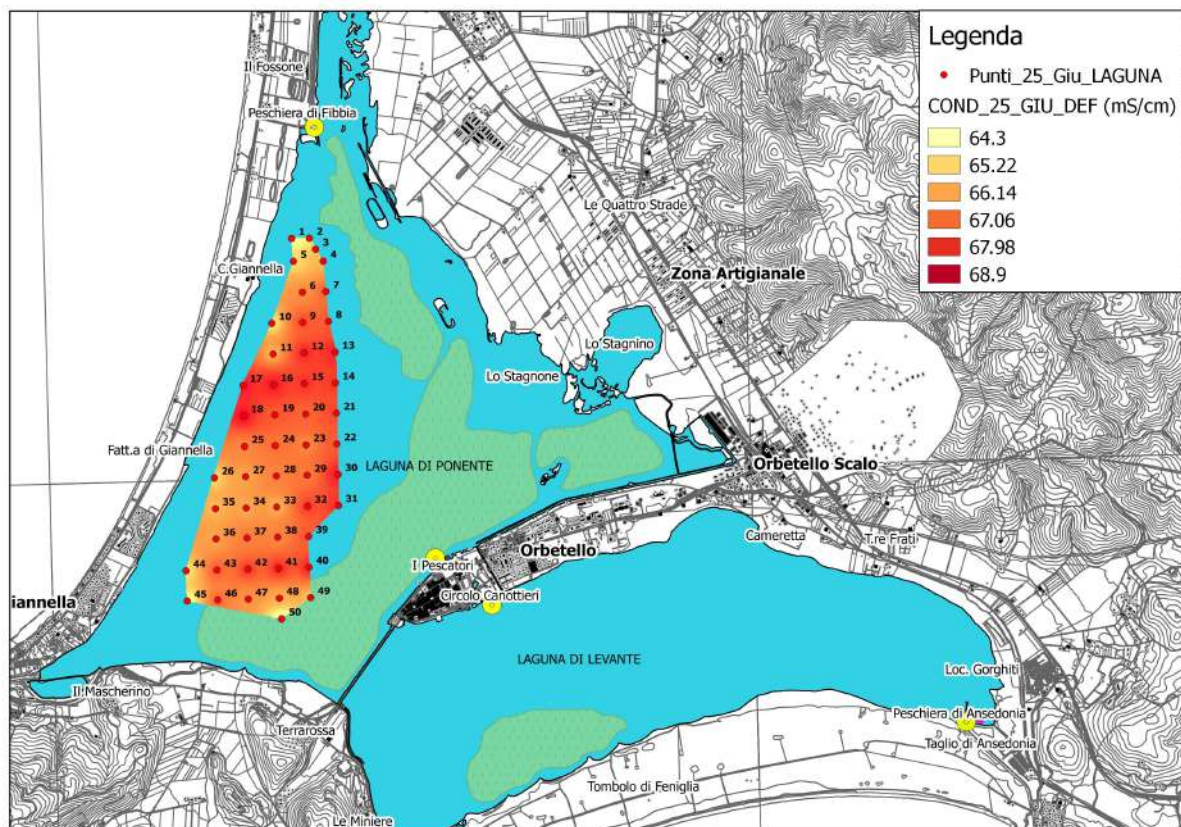


Figura 6. 1° campagna - monitoraggio del 25 giugno 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 8:40 (punto 1), termine h 12:27 (punto 50) – Conducibilità (mS/cm).

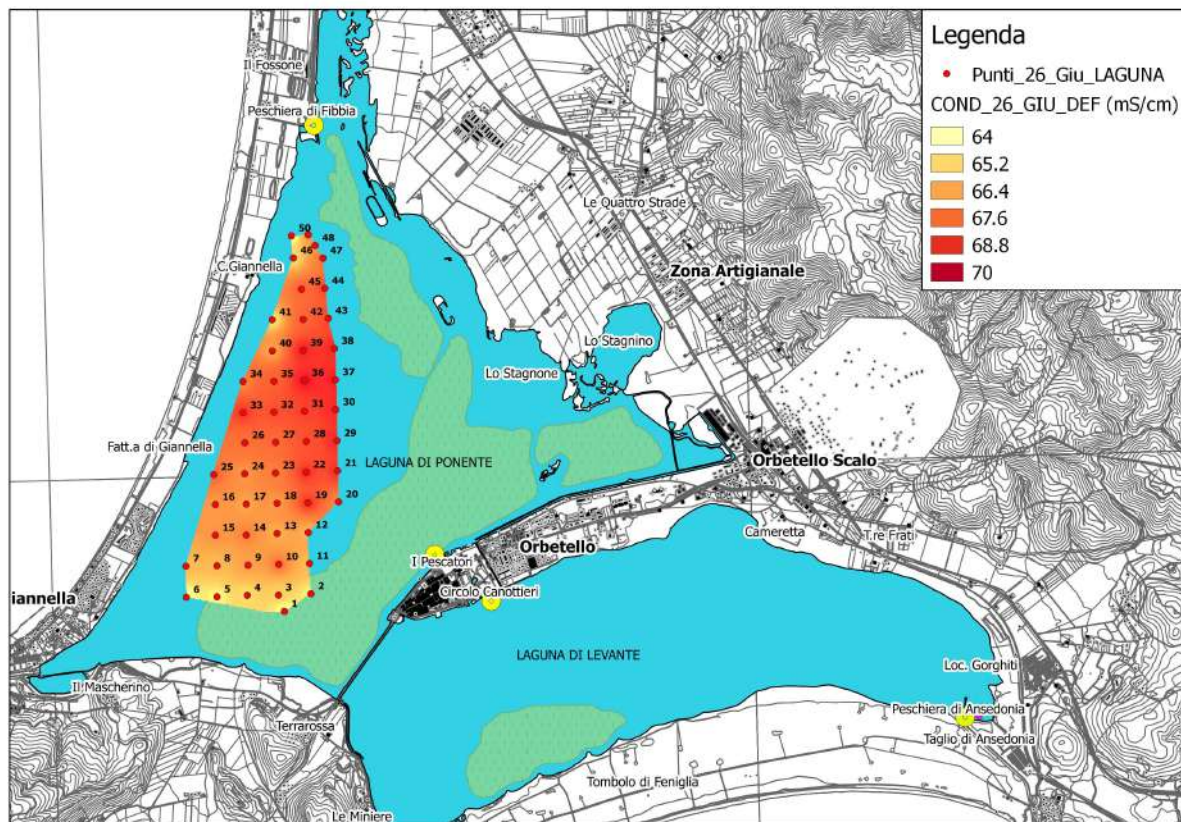


Figura 7. 1° campagna - monitoraggio del 26 giugno 2020 in direzione Sud→Nord; inizio h 8:00 (punto 1), termine h 10:46 (punto 50) – Conducibilità (mS/cm).

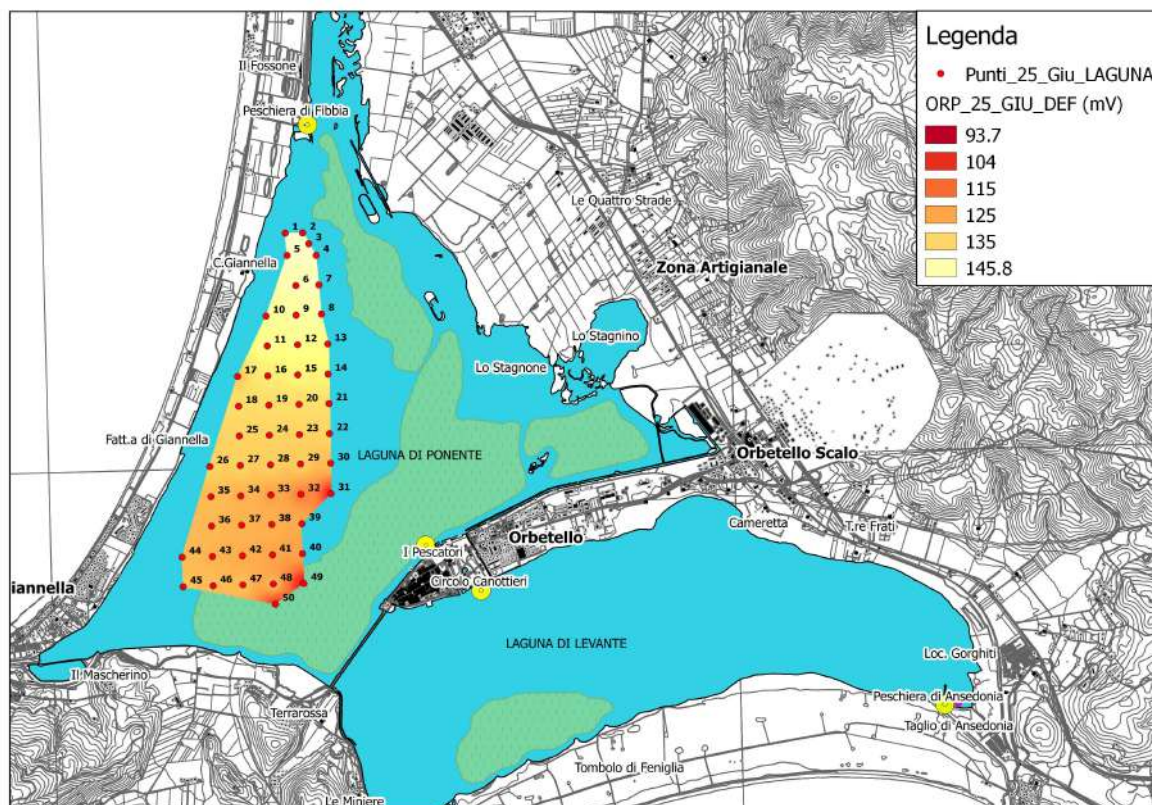


Figura 8. 1° campagna - monitoraggio del 25 giugno 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 8:40 (punto 1), termine h 12:27 (punto 50) – Potenziale redox (mV).

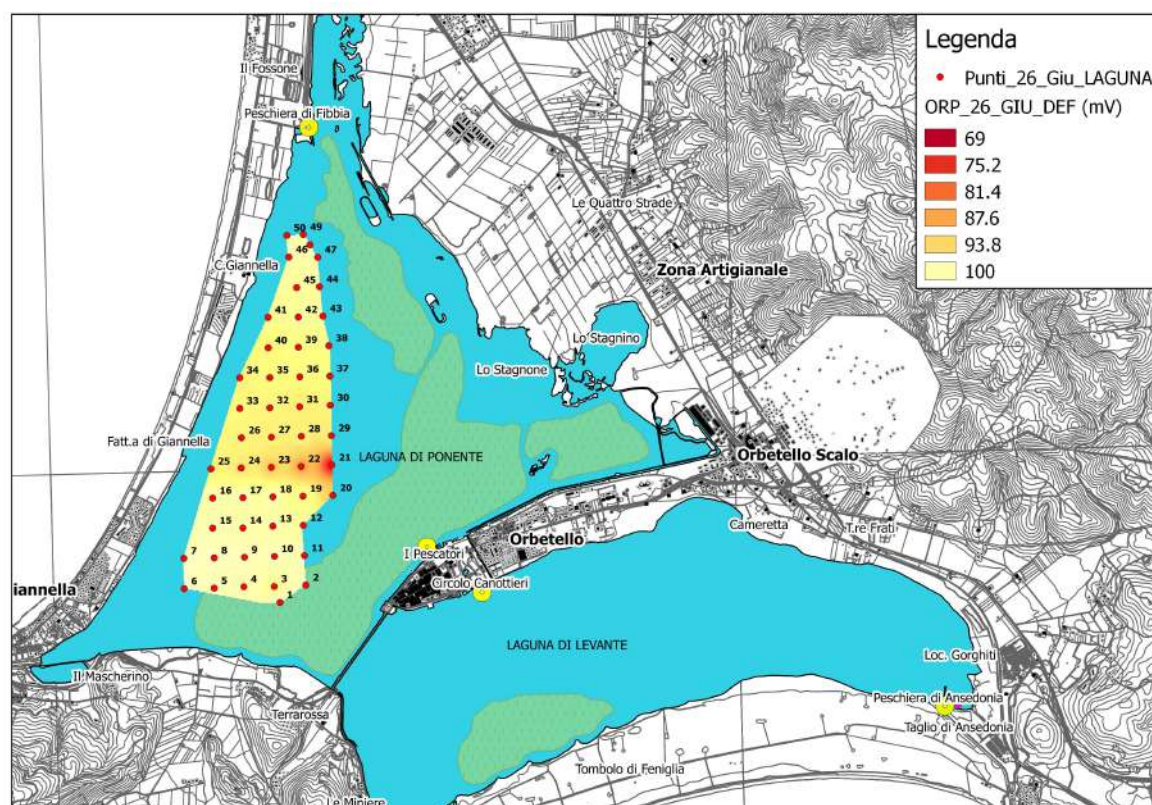


Figura 9. 1° campagna - monitoraggio del 26 giugno 2020 in direzione Sud→Nord; inizio h 8:00 (punto 1), termine h 10:46 (punto 50) – Potenziale redox (mV).

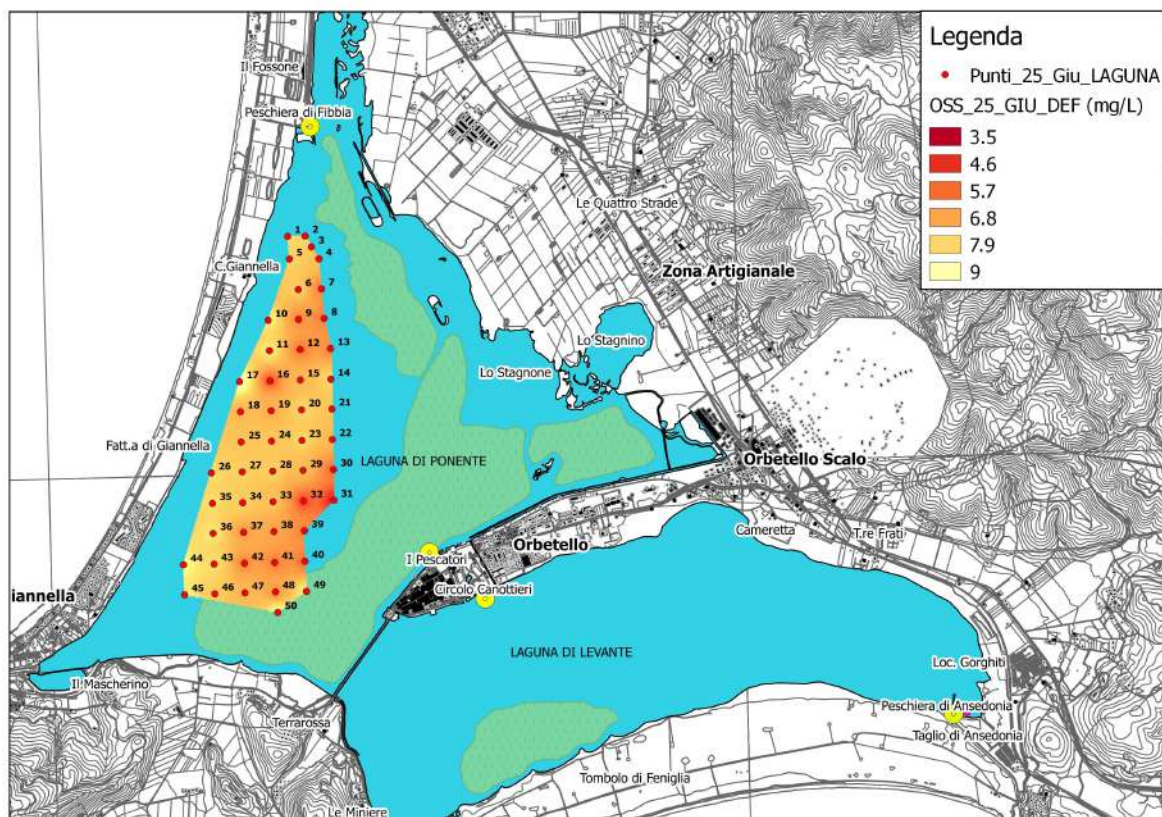


Figura 10. 1° campagna - monitoraggio del 25 giugno 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 8:40 (punto 1), termine h 12:27 (punto 50) – Ossigeno Disciolto (mg/L).

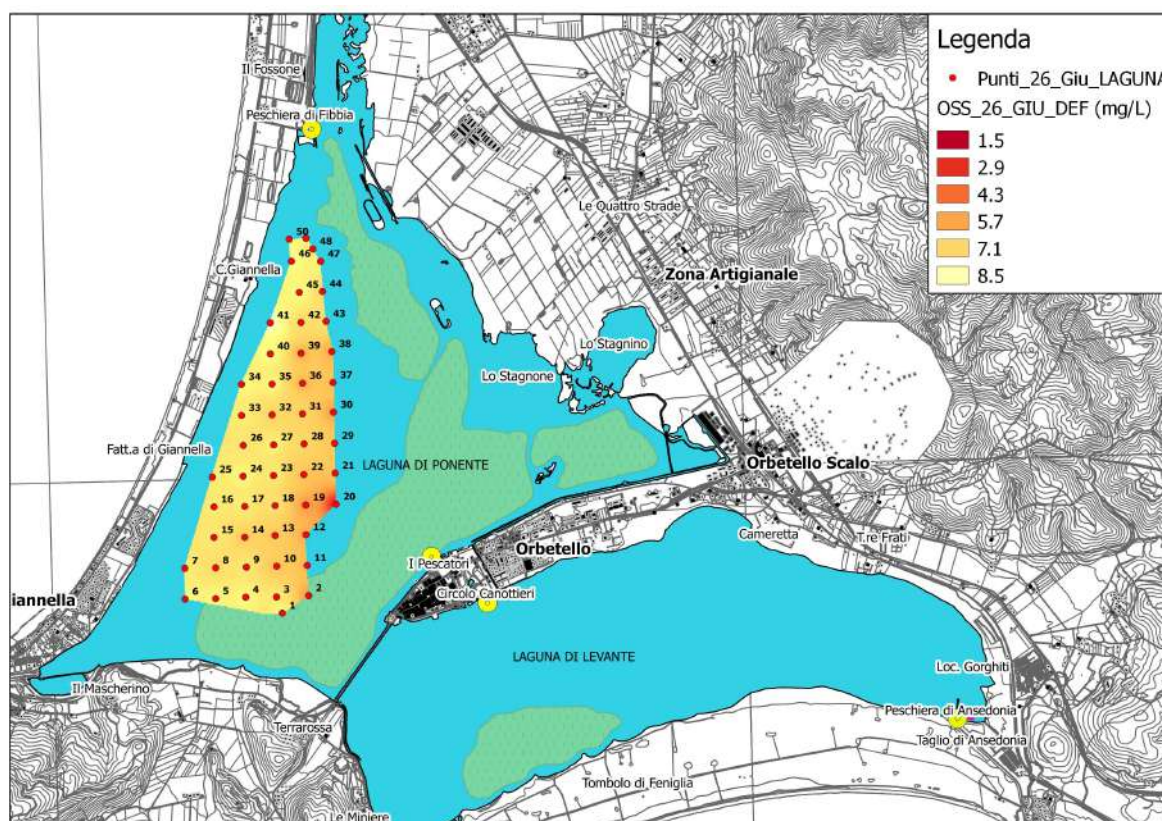


Figura 11. 1° campagna - monitoraggio del 26 giugno 2020 in direzione Sud→Nord; inizio h 8:00 (punto 1), termine h 10:46 (punto 50) – Ossigeno Disciolto (mg/L).

4.2 Campagna di monitoraggio del 9 e 10 luglio 2020 (2° campagna)

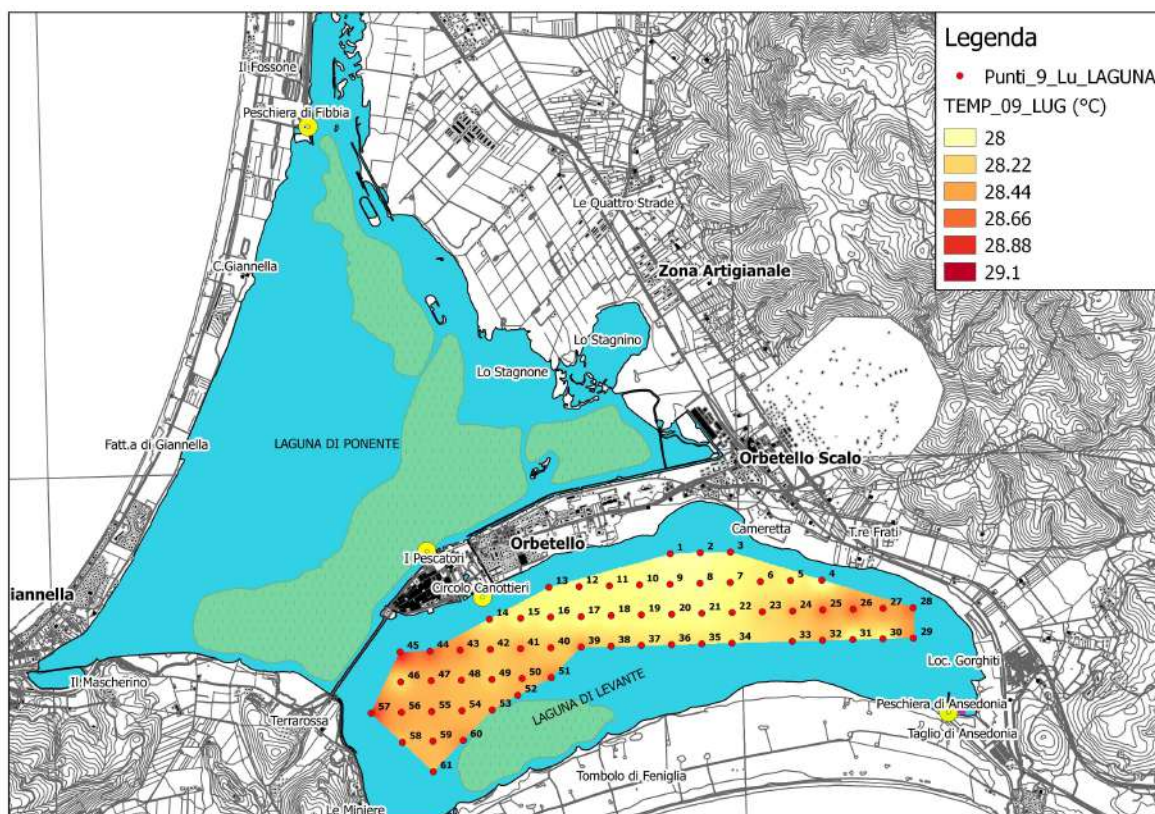


Figura 12. 2° campagna - monitoraggio del 9 luglio 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 10:25 (punto 1), termine h 14:18 (punto 61) – Temperatura (°C).

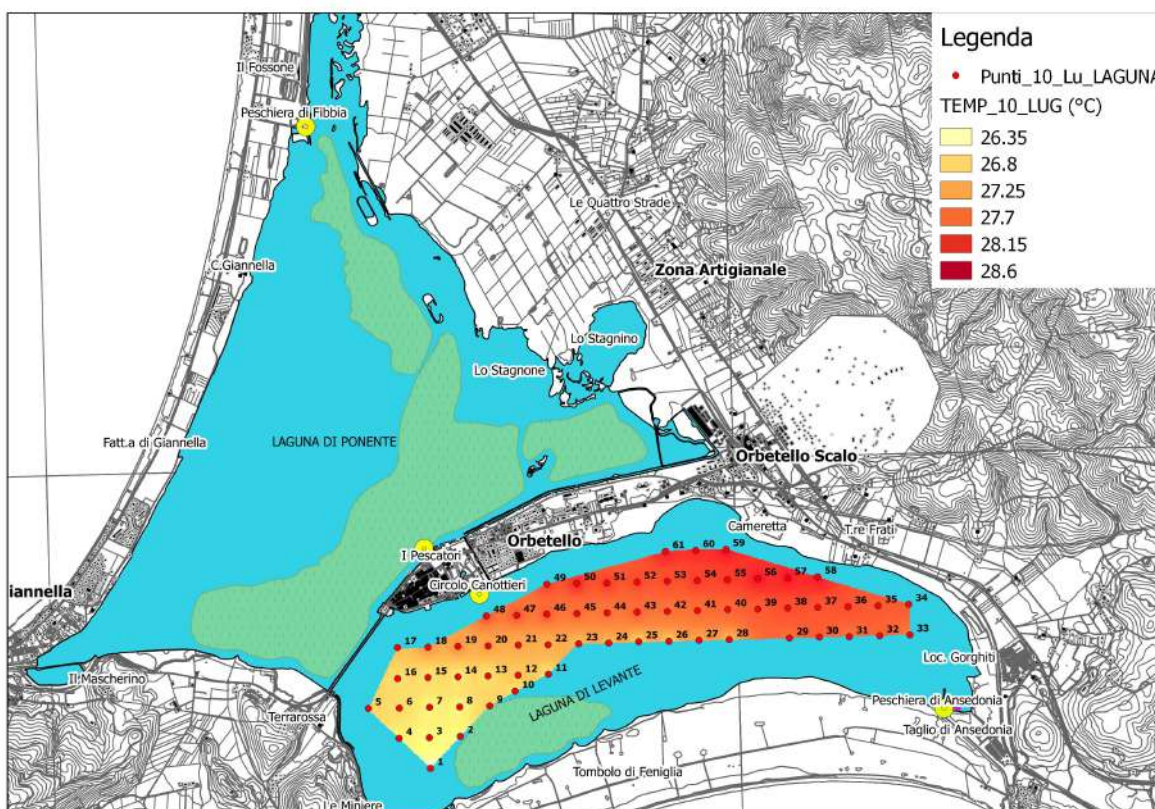


Figura 13. 2° campagna - monitoraggio del 10 luglio 2020 in direzione Sud→Nord; inizio h 9:33 (punto 1), termine h 13:18 (punto 61) – Temperatura (°C).

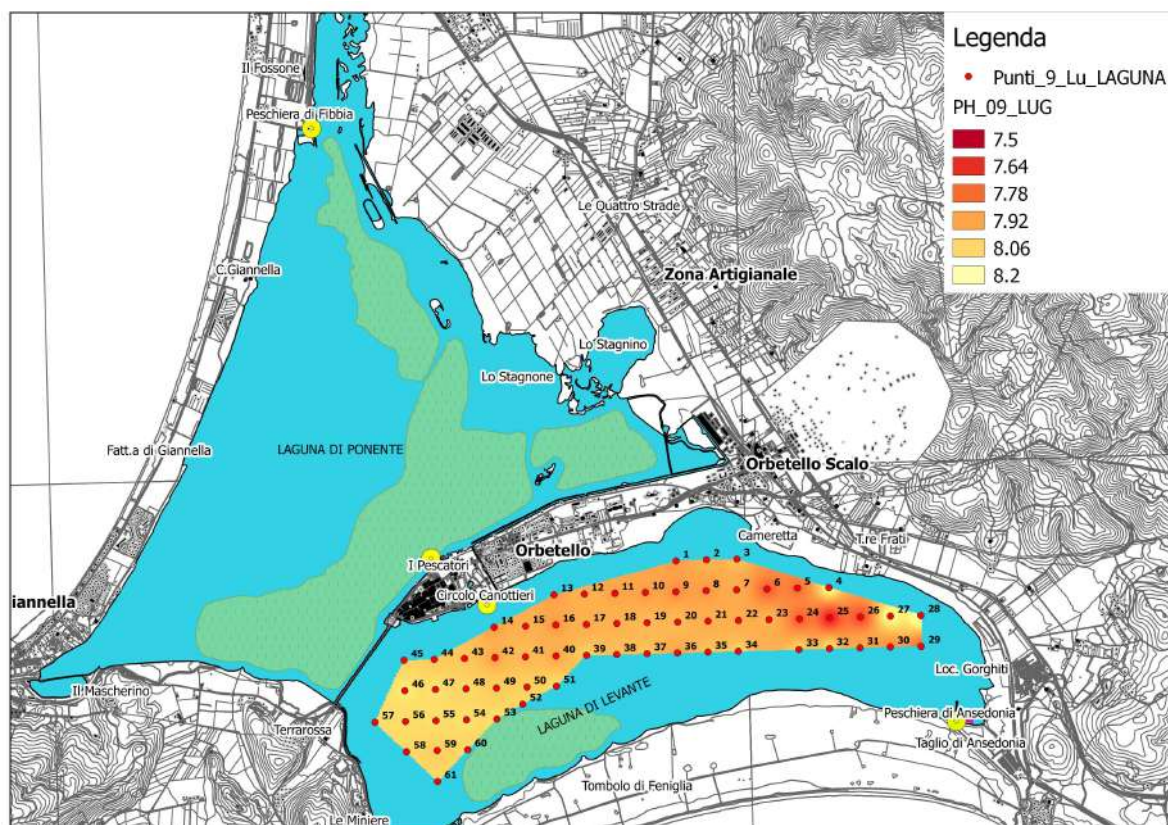


Figura 14. 2° campagna - monitoraggio del 9 luglio 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 10:25 (punto 1), termine h 14:18 (punto 61) – pH.

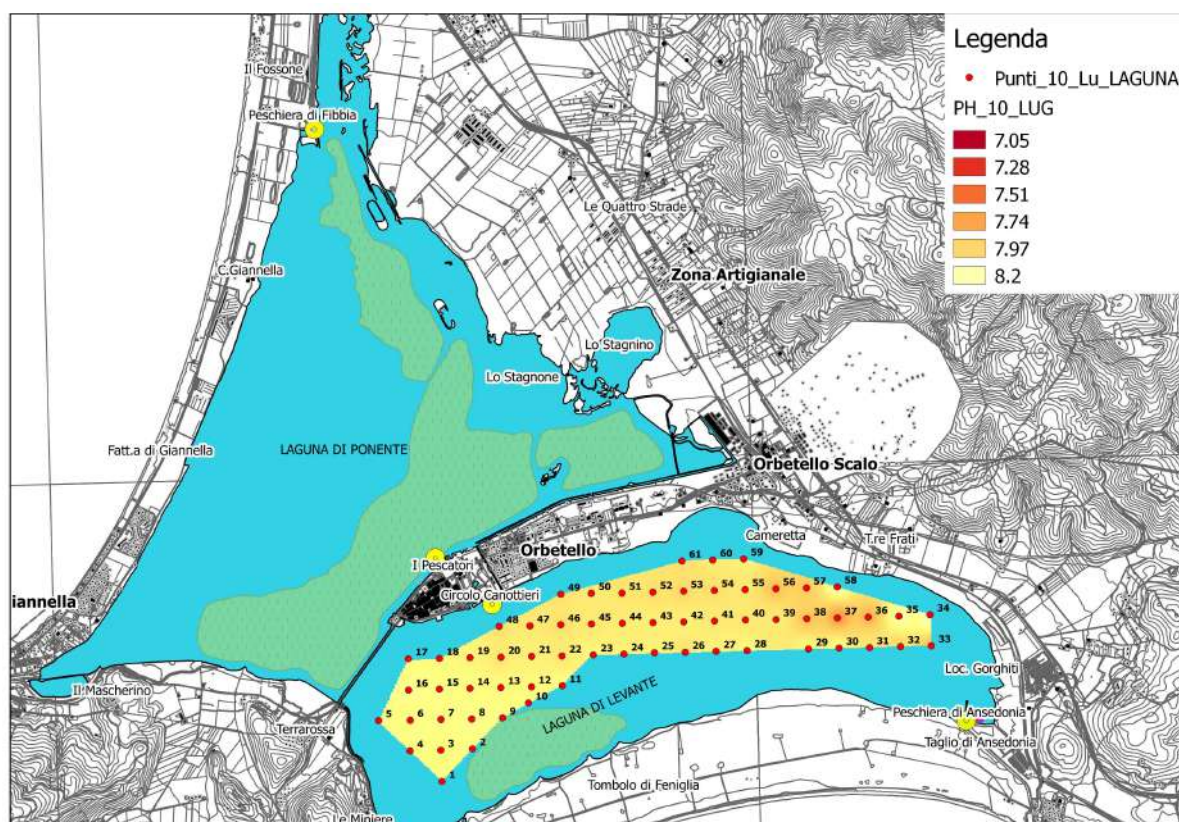


Figura 15. 2° campagna - monitoraggio del 10 luglio 2020 in direzione Sud→Nord; inizio h 9:33 (punto 1), termine h 13:18 (punto 61) – pH.

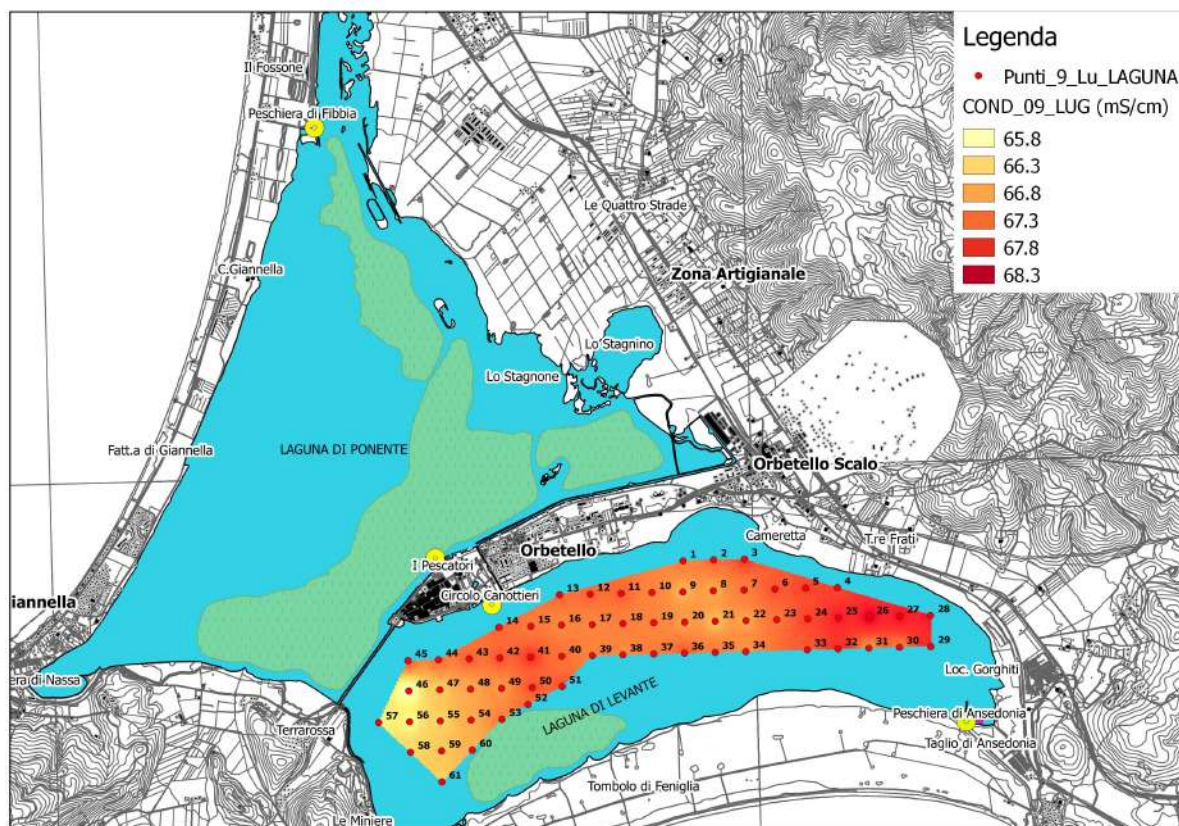


Figura 16. 2° campagna - monitoraggio del 9 luglio 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 10:25 (punto 1), termine h 14:18 (punto 61) – Conducibilità (mS/cm).

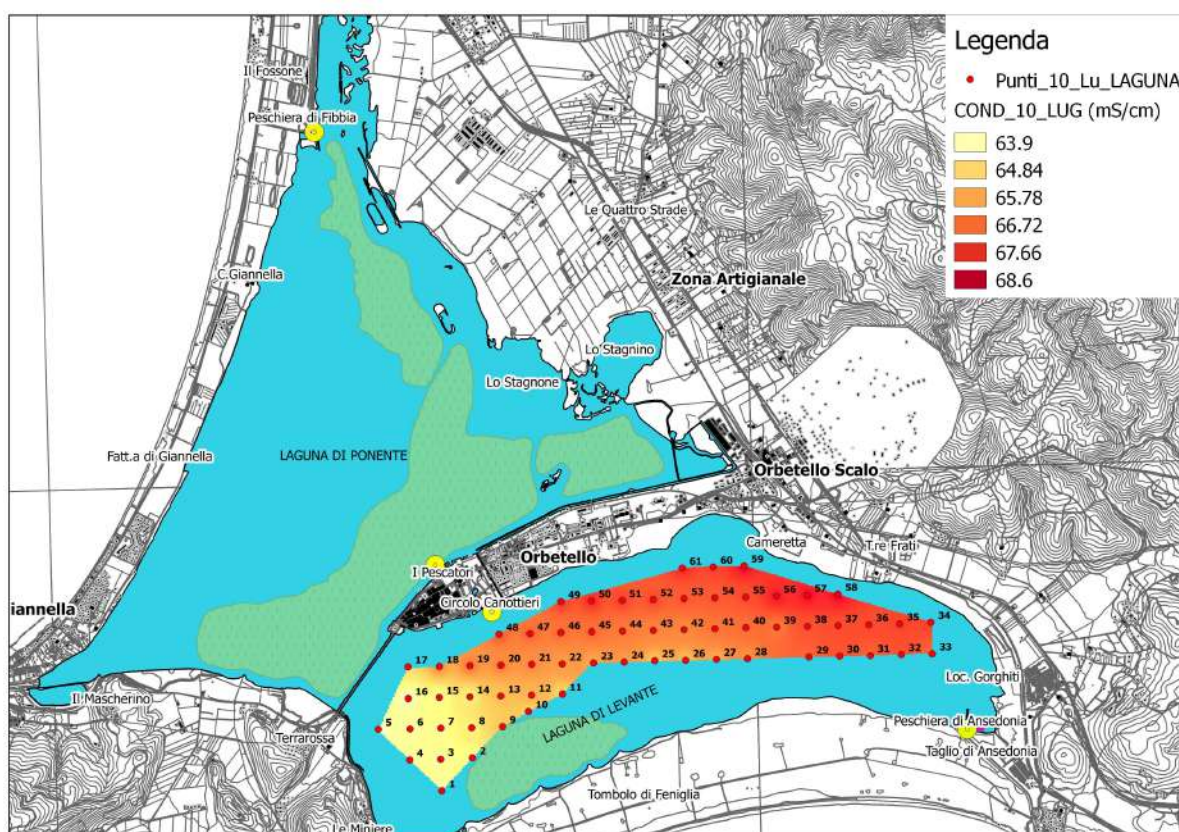


Figura 17. 2° campagna - monitoraggio del 10 luglio 2020 in direzione Sud→Nord; inizio h 9:33 (punto 1), termine h 13:18 (punto 61) – Conducibilità (mS/cm).

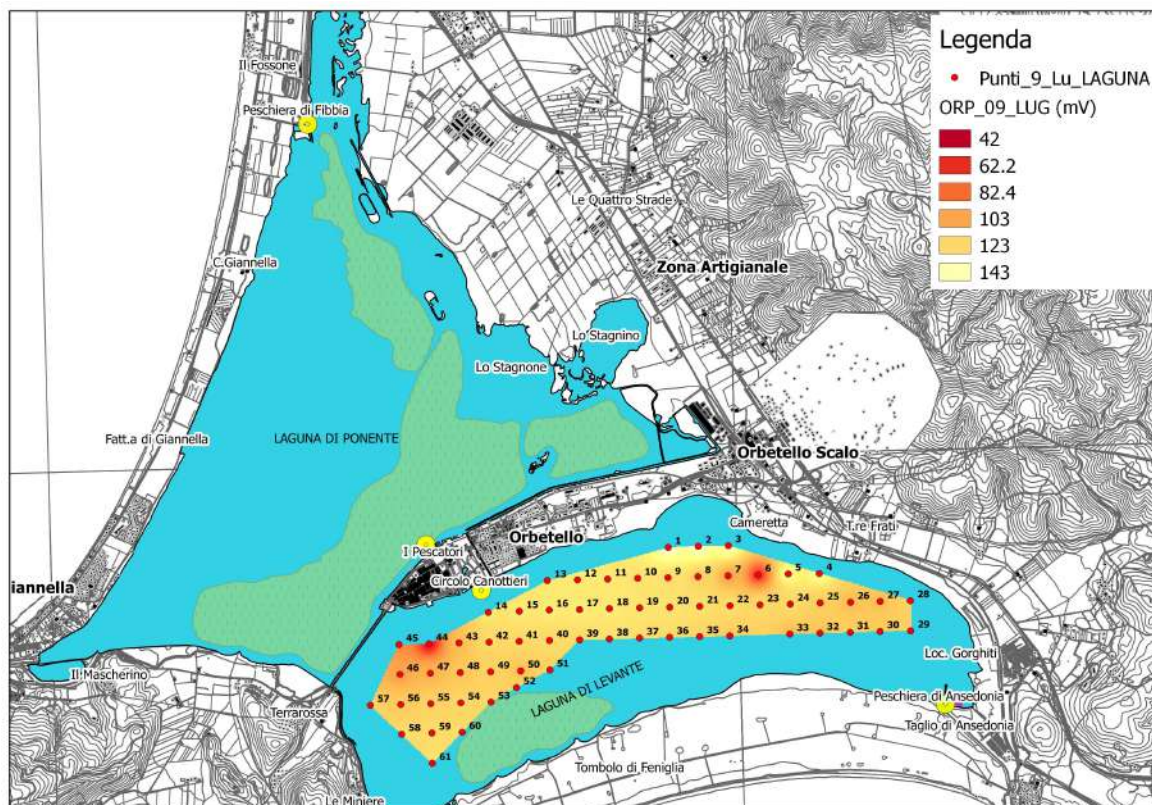


Figura 18. 2° campagna - monitoraggio del 9 luglio 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 10:25 (punto 1), termine h 14:18 (punto 61) – Potenziale redox (mV).

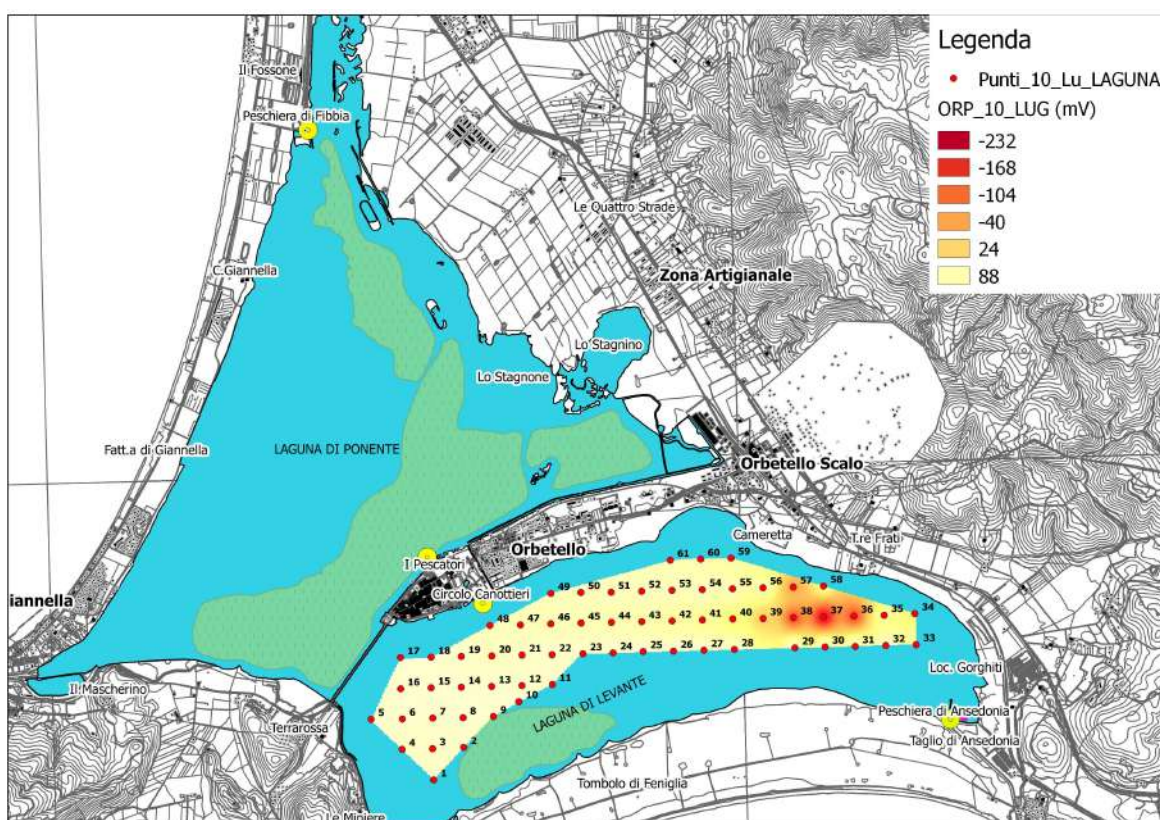


Figura 19. 2° campagna - monitoraggio del 10 luglio 2020 in direzione Sud→Nord; inizio h 9:33 (punto 1), termine h 13:18 (punto 61) – Potenziale redox (mV).

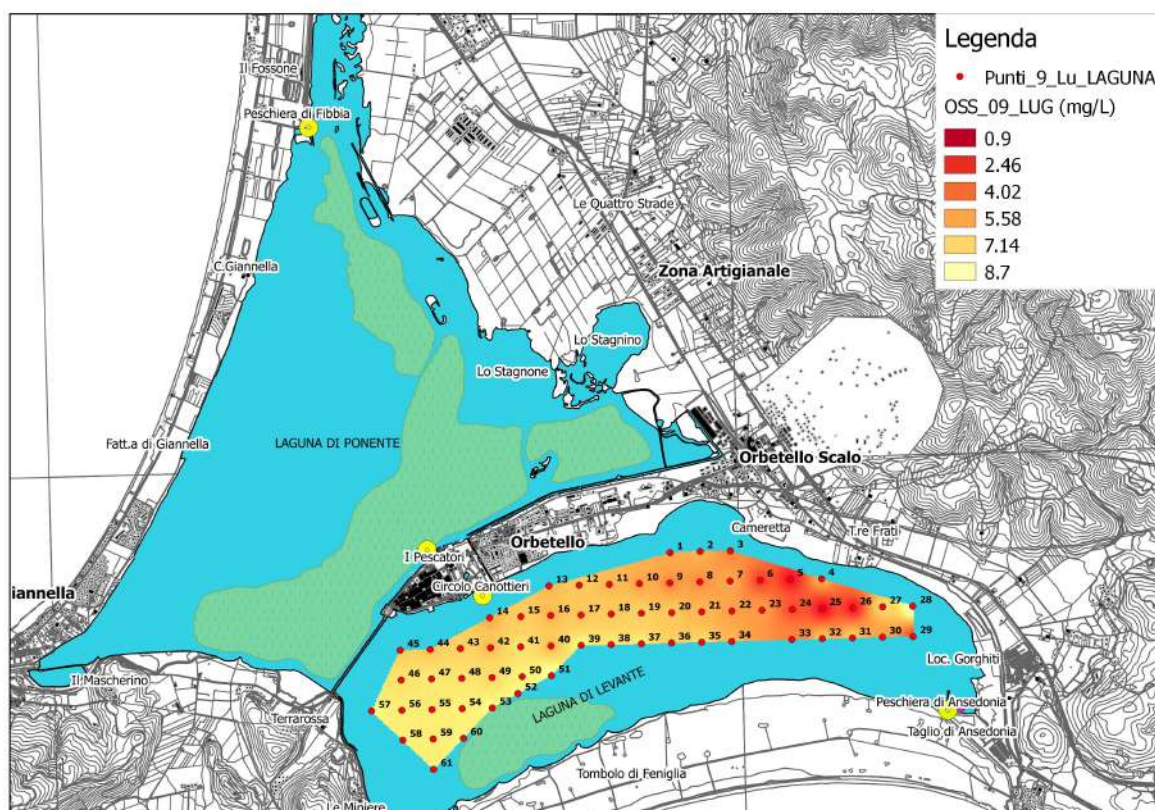


Figura 20. 2° campagna - monitoraggio del 9 luglio 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 10:25 (punto 1), termine h 14:18 (punto 61) – Ossigeno Disciolto (mg/L).

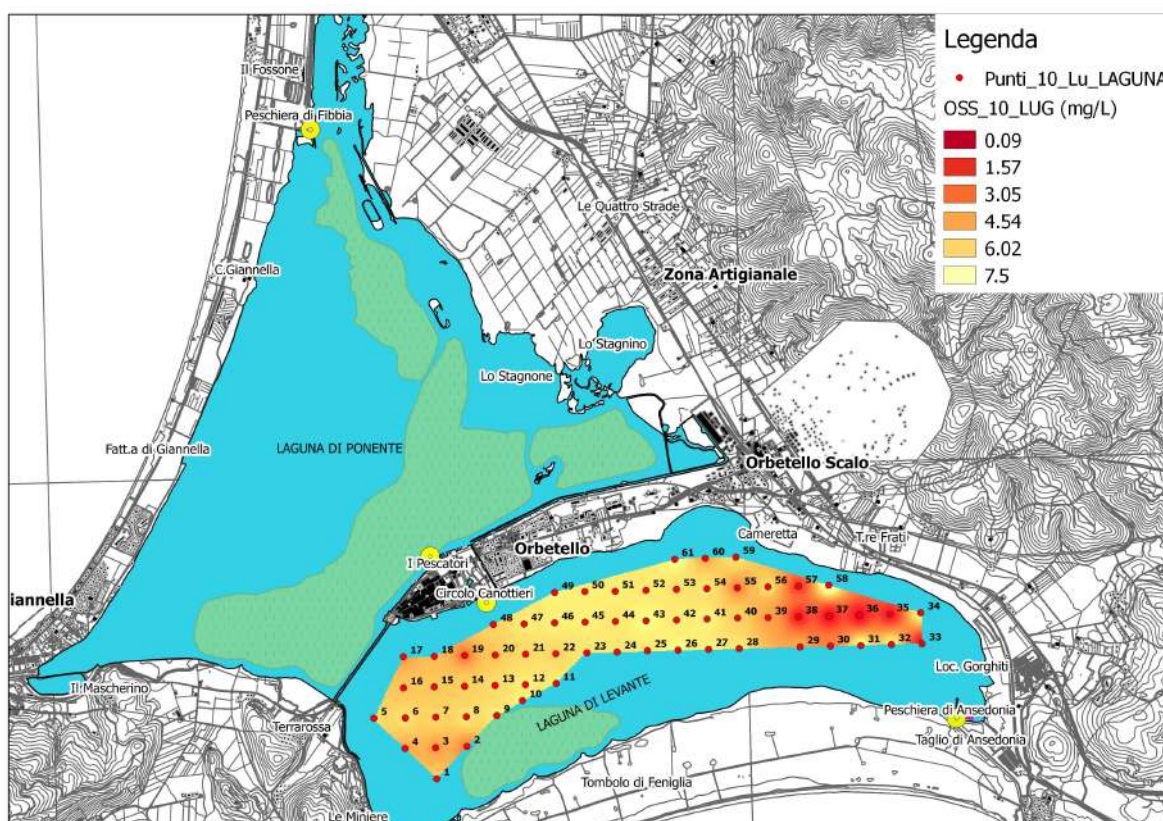


Figura 21. 2° campagna - monitoraggio del 10 luglio 2020 in direzione Sud→Nord; inizio h 9:33 (punto 1), termine h 13:18 (punto 61) – Ossigeno Disciolto (mg/L).

4.3 Campagna di monitoraggio del 1 e 2 ottobre 2020 (3° campagna)

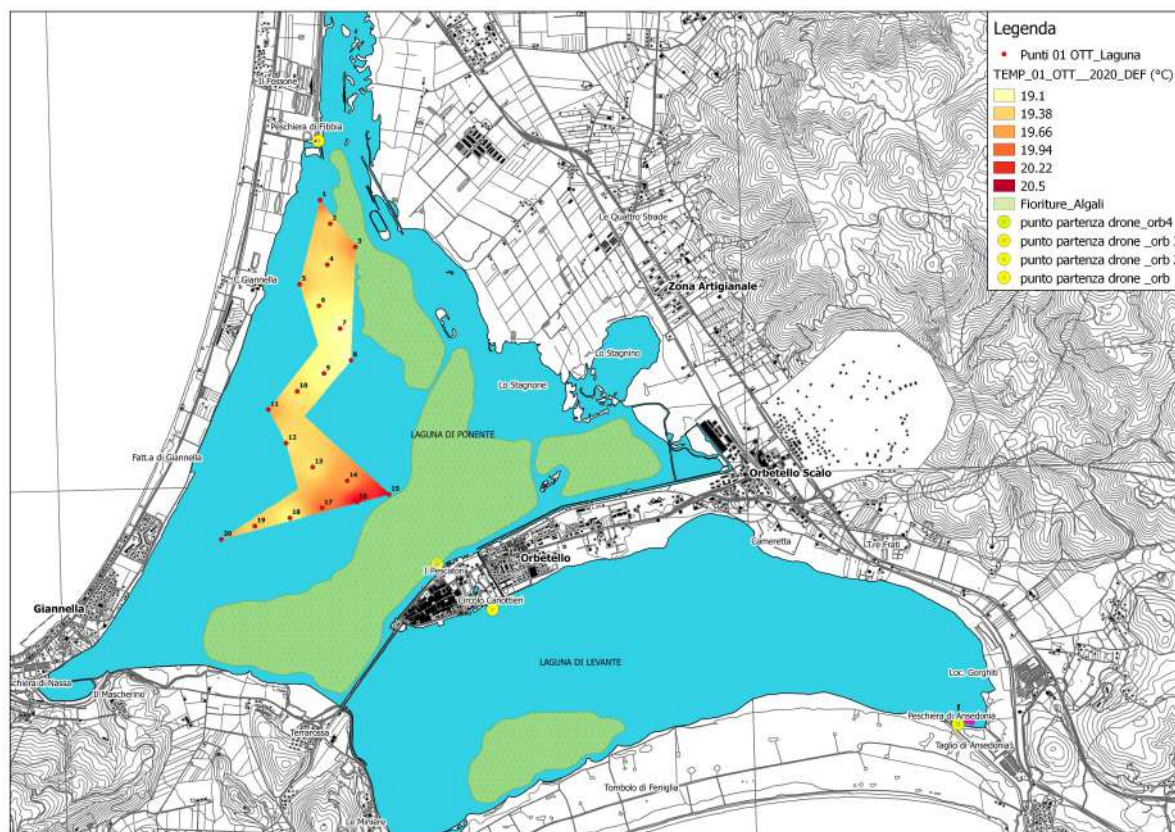


Figura 22. 3° campagna - monitoraggio del 1 ottobre 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 12:43 (punto 1), termine h 13:48 (punto 20) – Temperatura (°C).

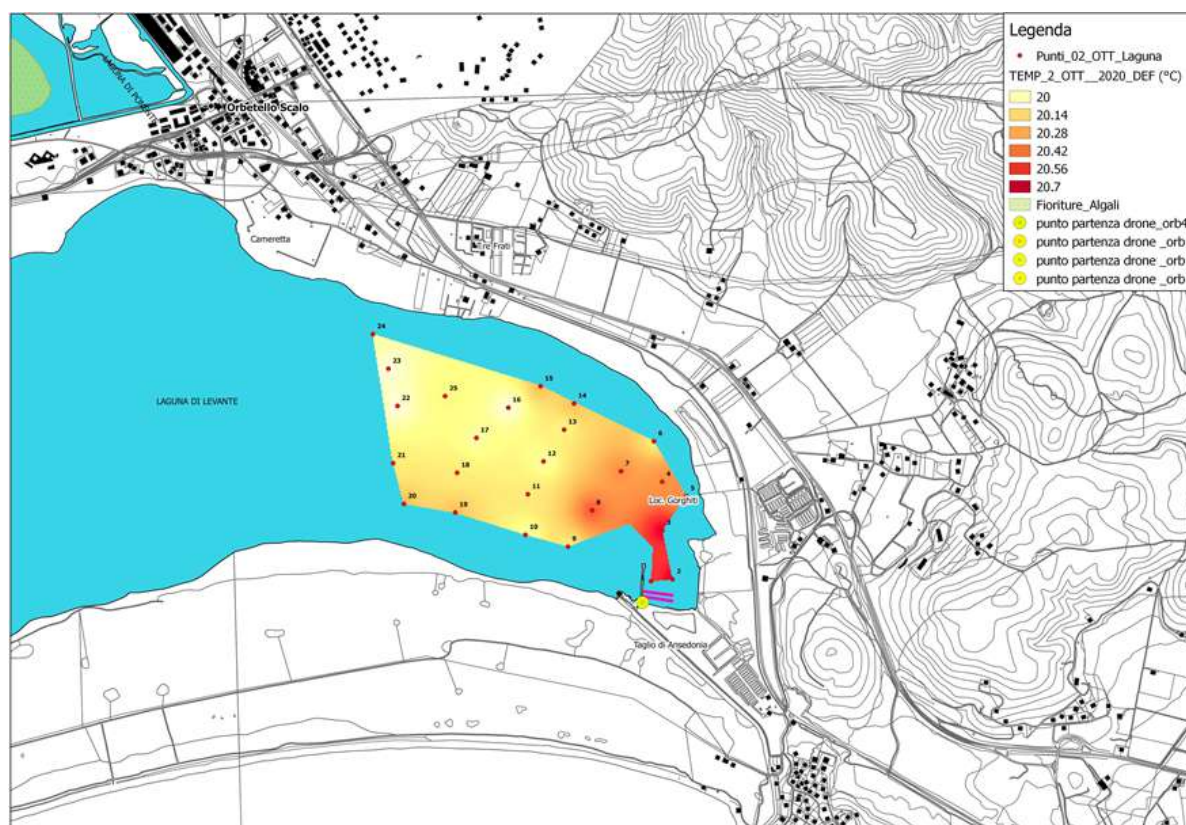


Figura 23. 3° campagna - monitoraggio del 2 ottobre 2020 in direzione Est→Ovest; inizio h 8:49 (punto 1), termine h 10:32 (punto 25) – Temperatura (°C).

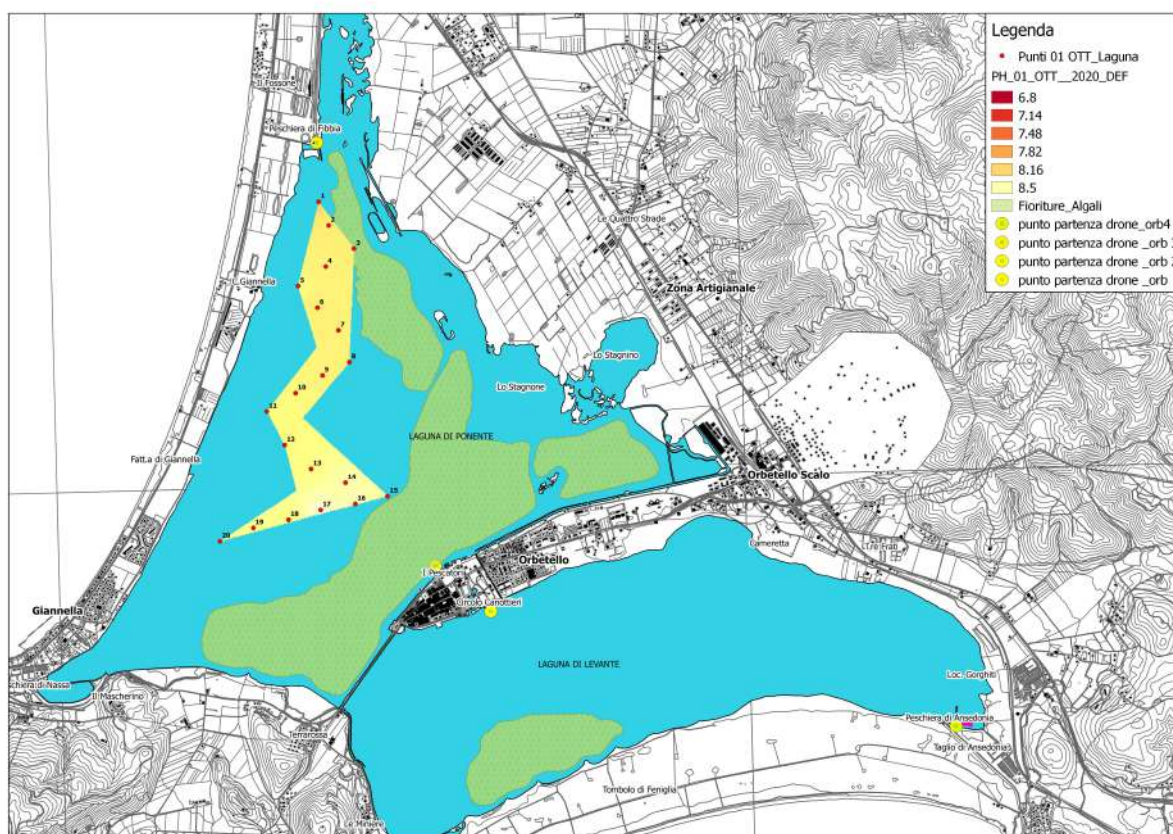


Figura 24. 3° campagna - monitoraggio del 1 ottobre 2020 in direzione Nord→Sud; inizio h 12:43 (punto 1), termine h 13:48 (punto 20) – pH.

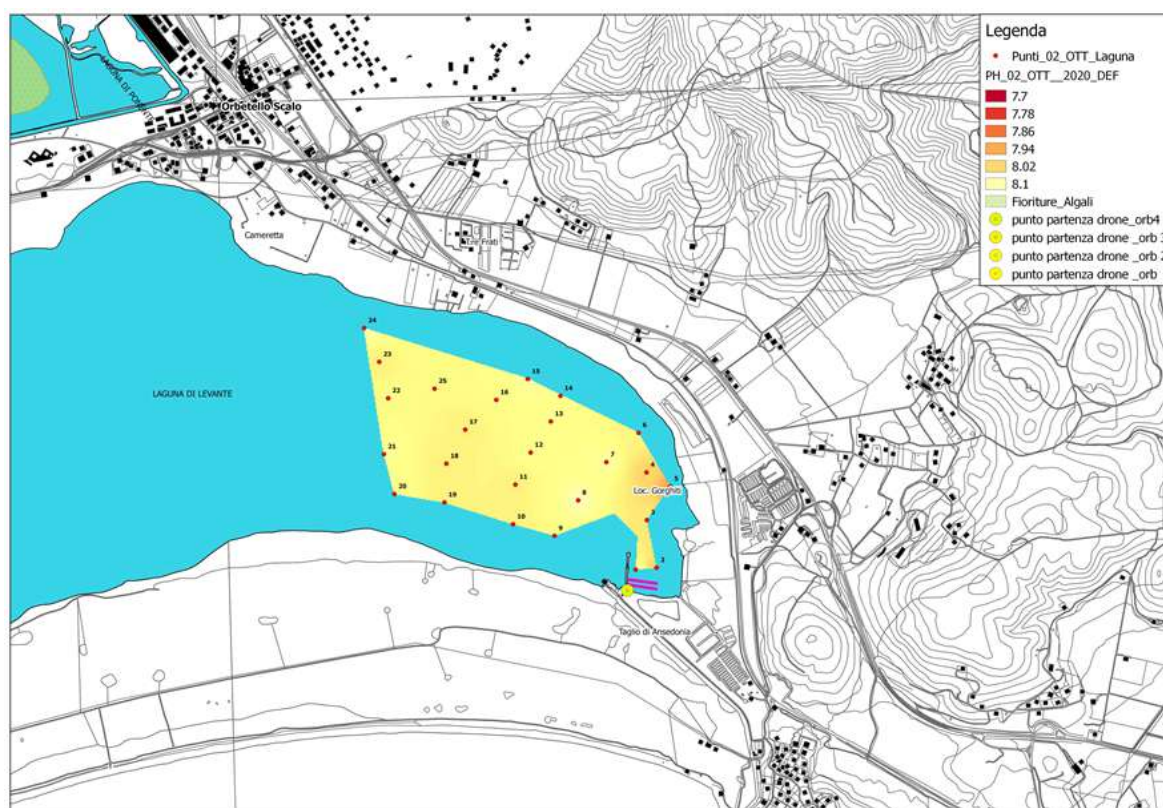


Figura 25. 3° campagna - monitoraggio del 2 ottobre 2020 in direzione Est→Ovest; inizio h 8:49 (punto 1), termine h 10:32 (punto 25) – pH.

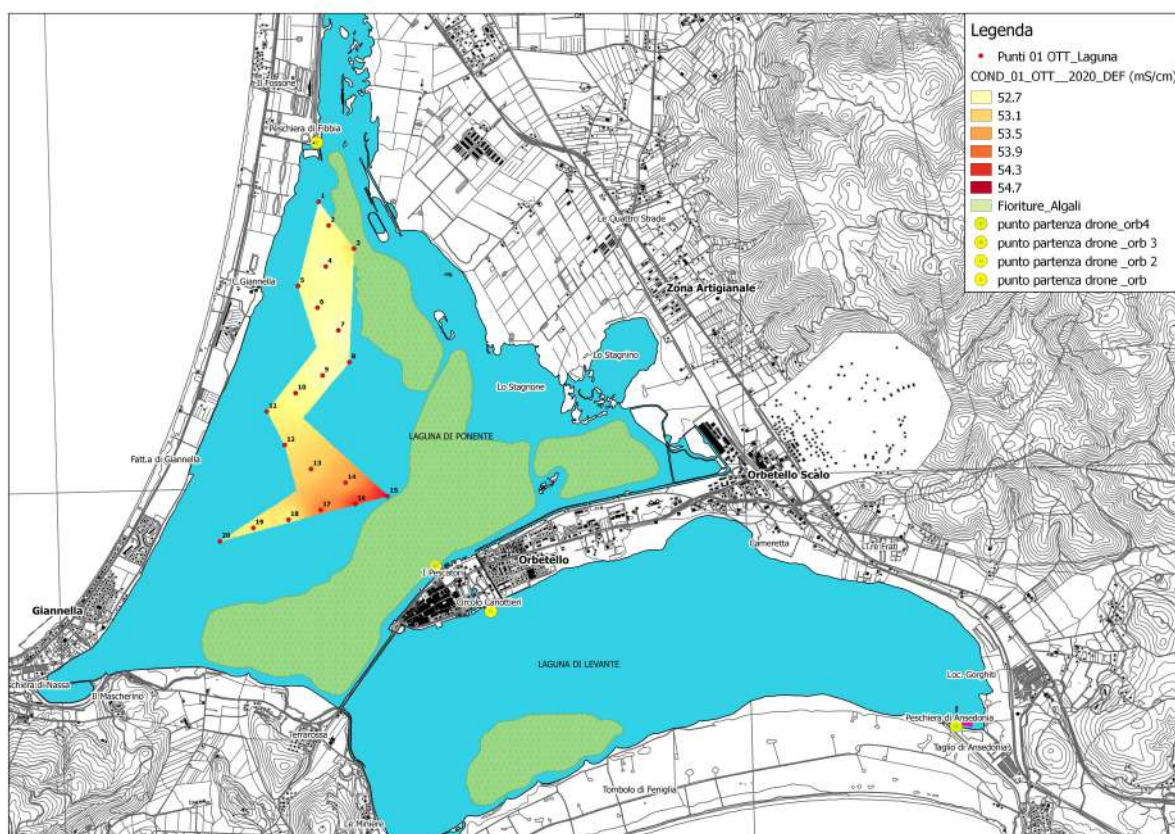


Figura 26. 3° campagna - monitoraggio del 1 ottobre 2020 in direzione Nord → Sud; inizio h 12:43 (punto 1), termine h 13:48 (punto 20) – Conducibilità (mS/cm).

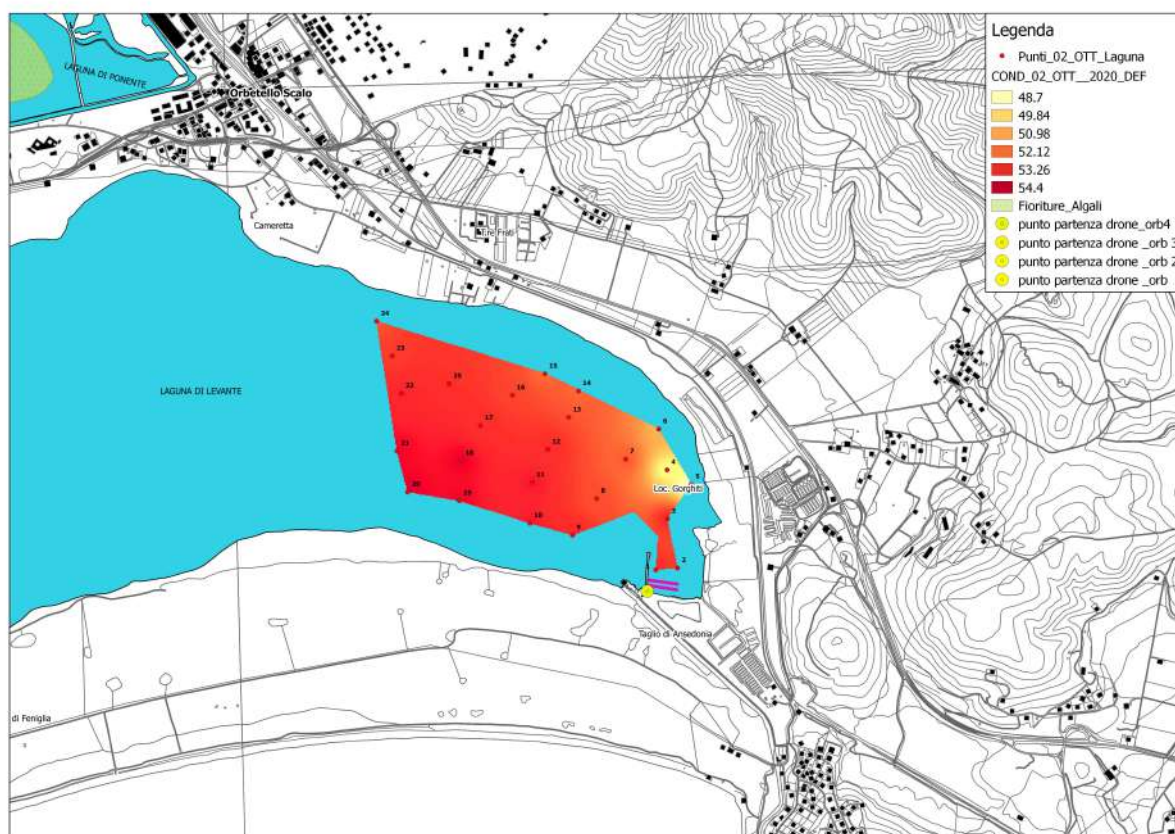


Figura 27. 3° campagna - monitoraggio del 2 ottobre 2020 in direzione Est → Ovest; inizio h 8:49 (punto 1), termine h 10:32 (punto 25) – Conducibilità (mS/cm).

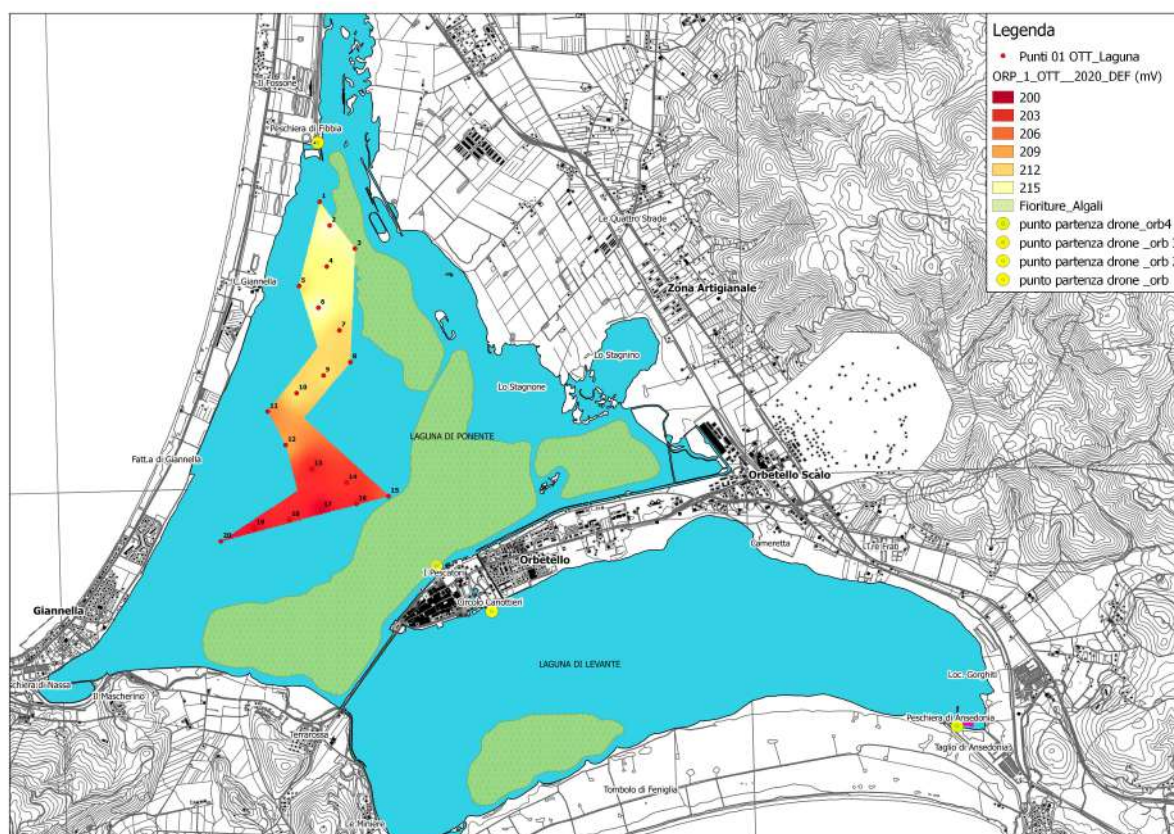


Figura 28. 3° campagna - monitoraggio del 1 ottobre 2020 in direzione Nord → Sud; inizio h 12:43 (punto 1), termine h 13:48 (punto 20) – Potenziale redox (mV).

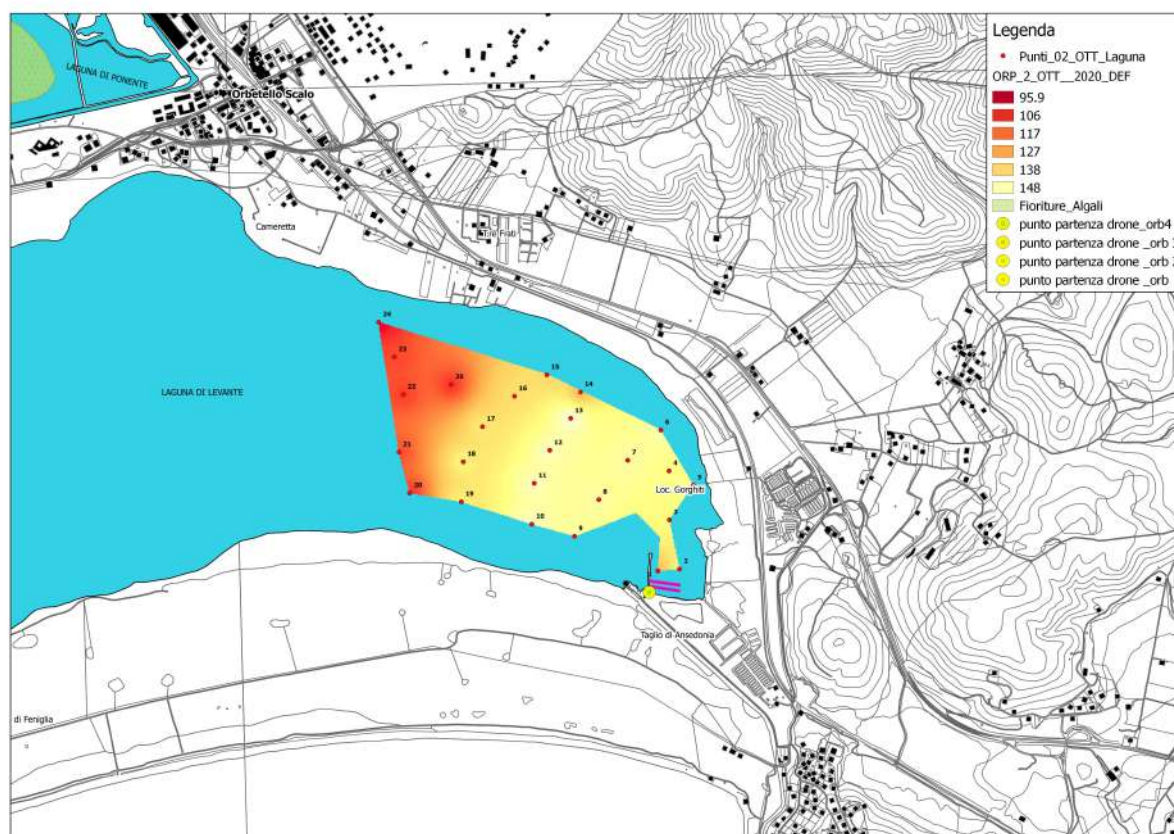


Figura 29. 3° campagna - monitoraggio del 2 ottobre 2020 in direzione Est → Ovest; inizio h 8:49 (punto 1), termine h 10:32 (punto 25) – Potenziale redox (mV).

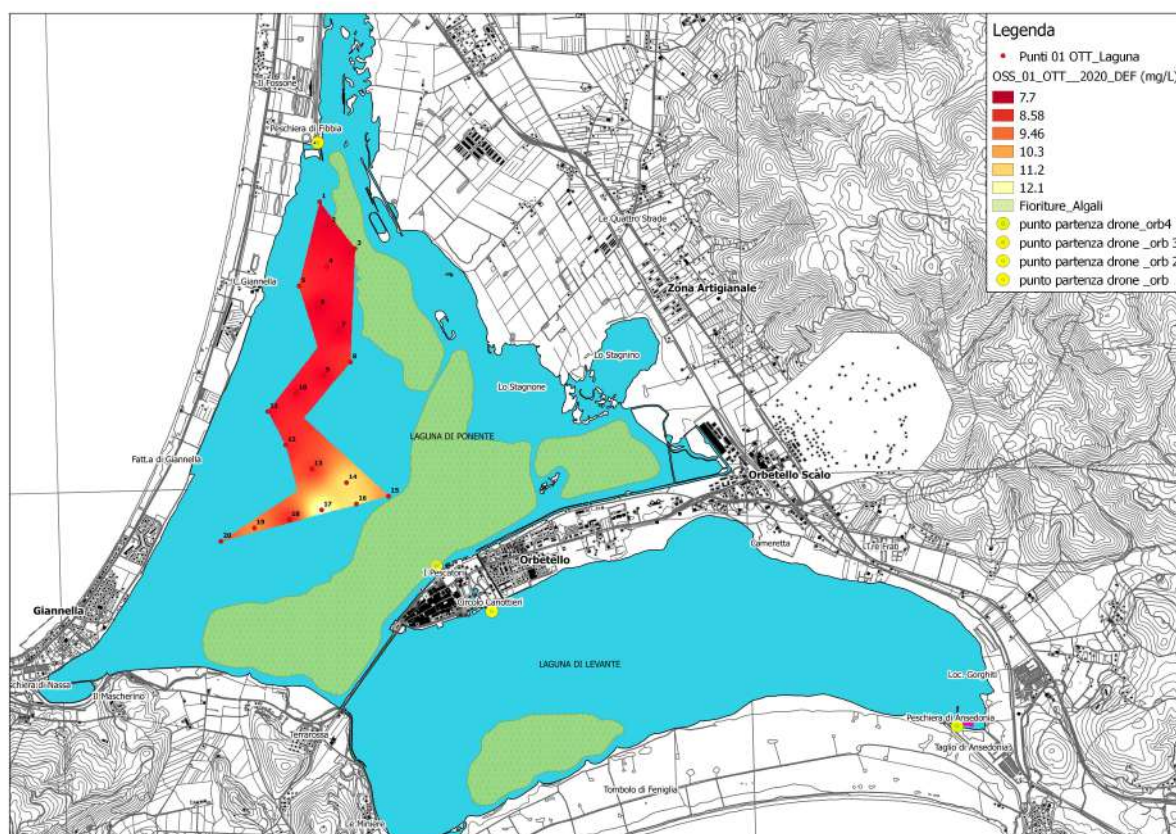


Figura 30. 3° campagna - monitoraggio del 1 ottobre 2020 in direzione Nord → Sud; inizio h 12:43 (punto 1), termine h 13:48 (punto 20) – Ossigeno Disciolto (mg/L).

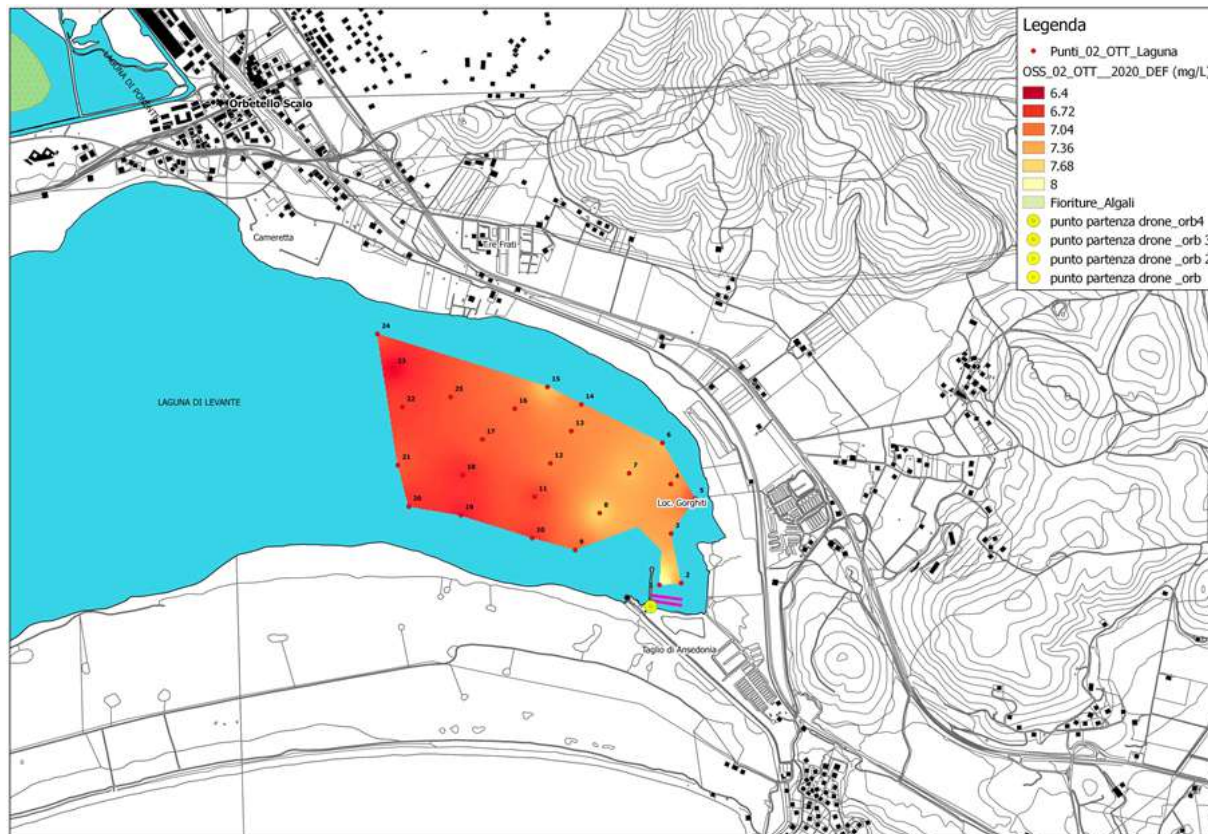


Figura 31. 3° campagna - monitoraggio del 2 ottobre 2020 in direzione Est → Ovest; inizio h 8:49 (punto 1), termine h 10:32 (punto 25) – Ossigeno Disciolto (mg/L).

4.3 Campagna di monitoraggio del 5 e 6 ottobre 2020 (4° campagna)

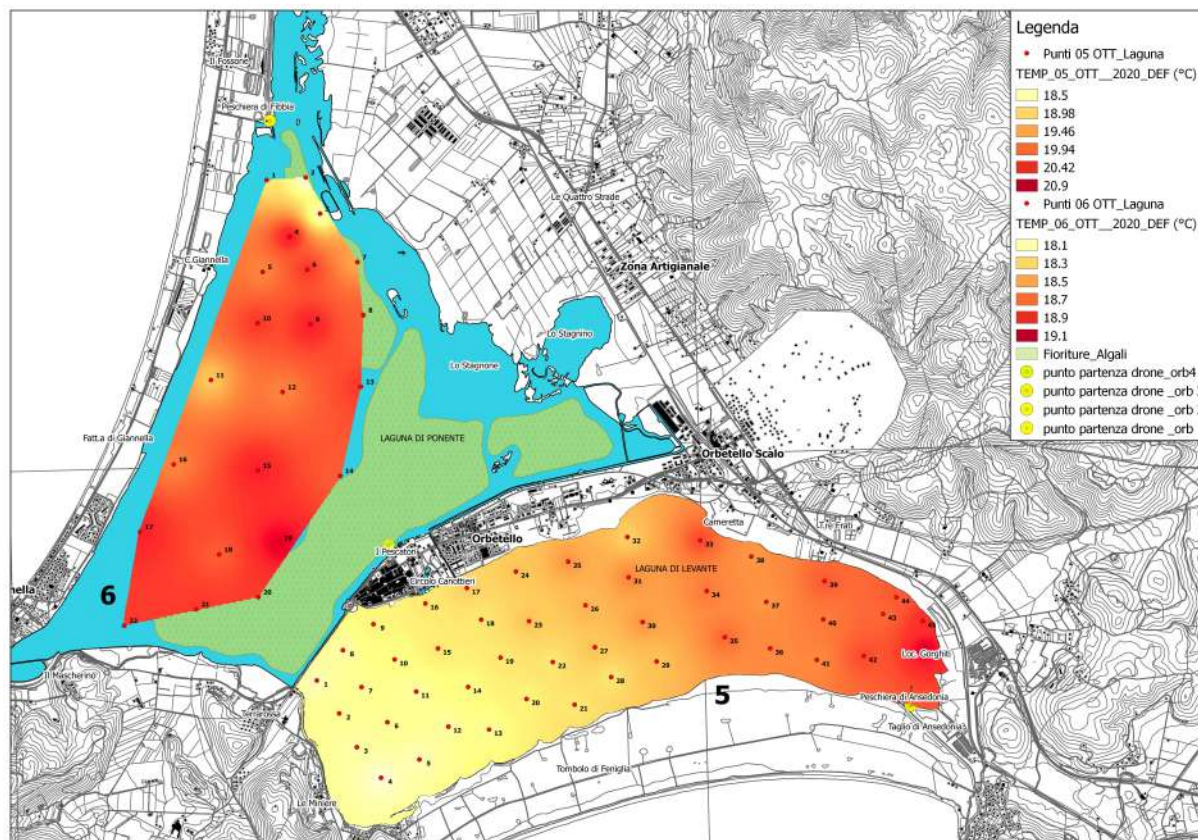


Figura 32. 4° campagna - monitoraggio del 5 e 6 ottobre 2020 in direzione Ovest→Est (5) e Nord→Sud (6); 5 Ottobre inizio h 9:25 (punto 1), termine h 11:51 (punto 46); 6 Ottobre inizio h 8:34 (punto 1), termine h 10:19 (punto 22) - Temperatura (°C).

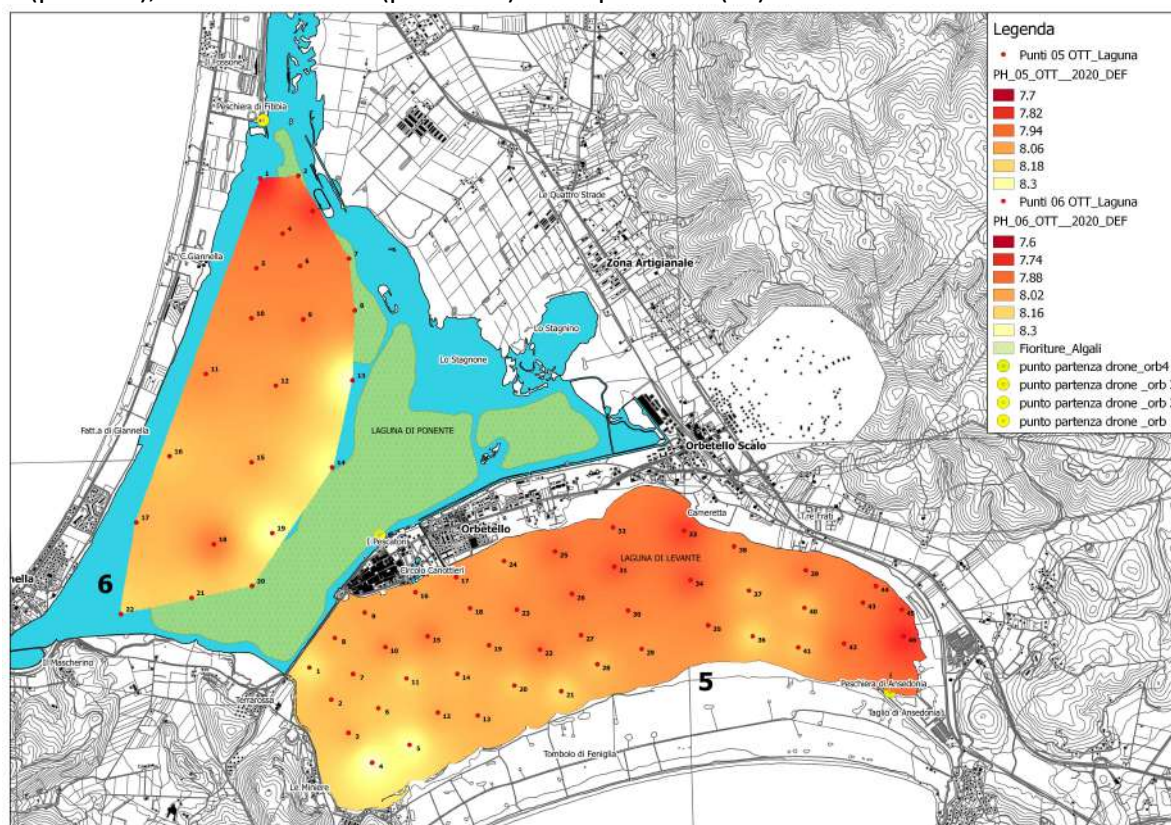


Figura 33. 4° campagna - monitoraggio del 5 e 6 ottobre 2020 in direzione Ovest→Est (5) e Nord→Sud (6); 5 Ottobre inizio h (punto 1), termine h 11:51 (punto 46); 6 Ottobre inizio h 8:34 (punto 1), termine h 10:19 (punto 22) – pH.

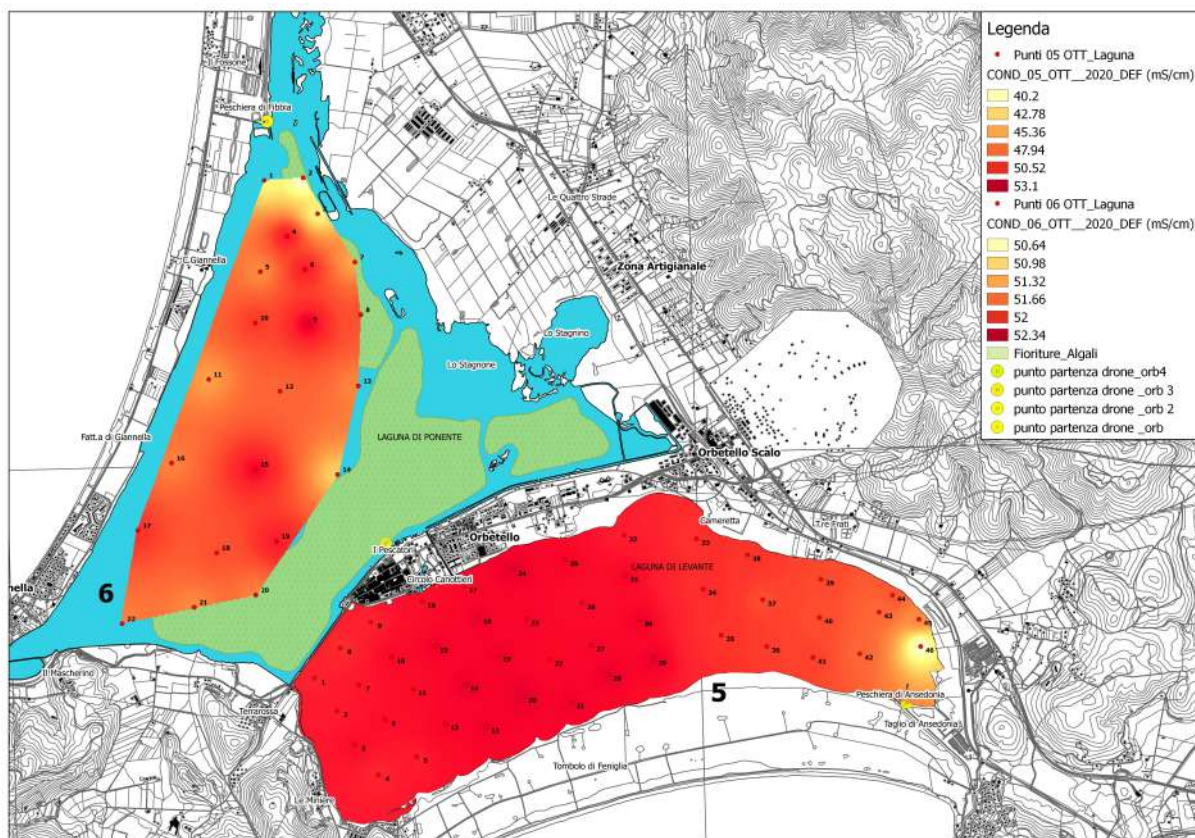


Figura 34. 4° campagna - monitoraggio del 5 e 6 ottobre 2020 in direzione Ovest→Est (5) e Nord→Sud (6); 5 Ottobre inizio h 9:25 (punto 1), termine h 11:51 (punto 46); 6 Ottobre inizio h 8:34 (punto 1), termine h 10:19 (punto 22) – Conducibilità (mS/cm).

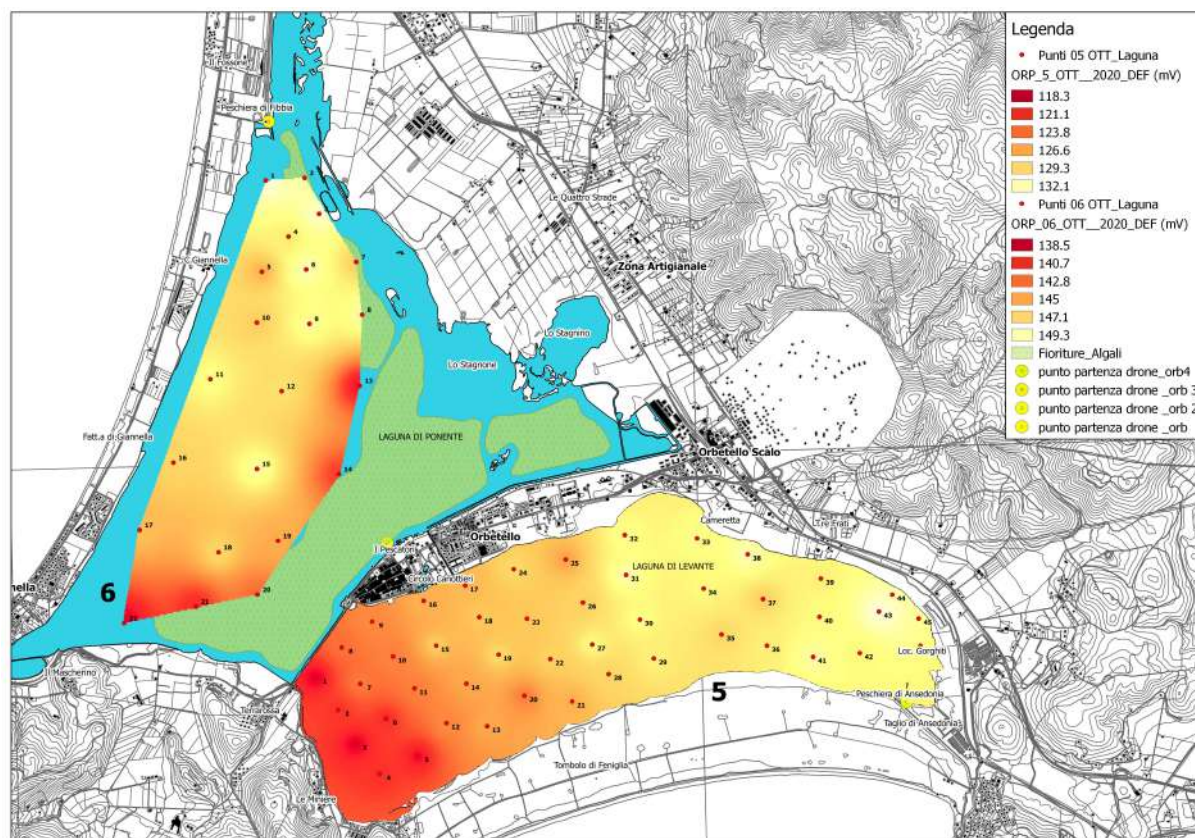


Figura 35. 4° campagna - monitoraggio del 5 e 6 ottobre 2020 in direzione Ovest→Est (5) e Nord→Sud (6); 5 Ottobre inizio h 9:25 (punto 1), termine h 11:51 (punto 46); 6 Ottobre inizio h 8:34 (punto 1), termine h 10:19 (punto 22) – Potenziale redox (mV).

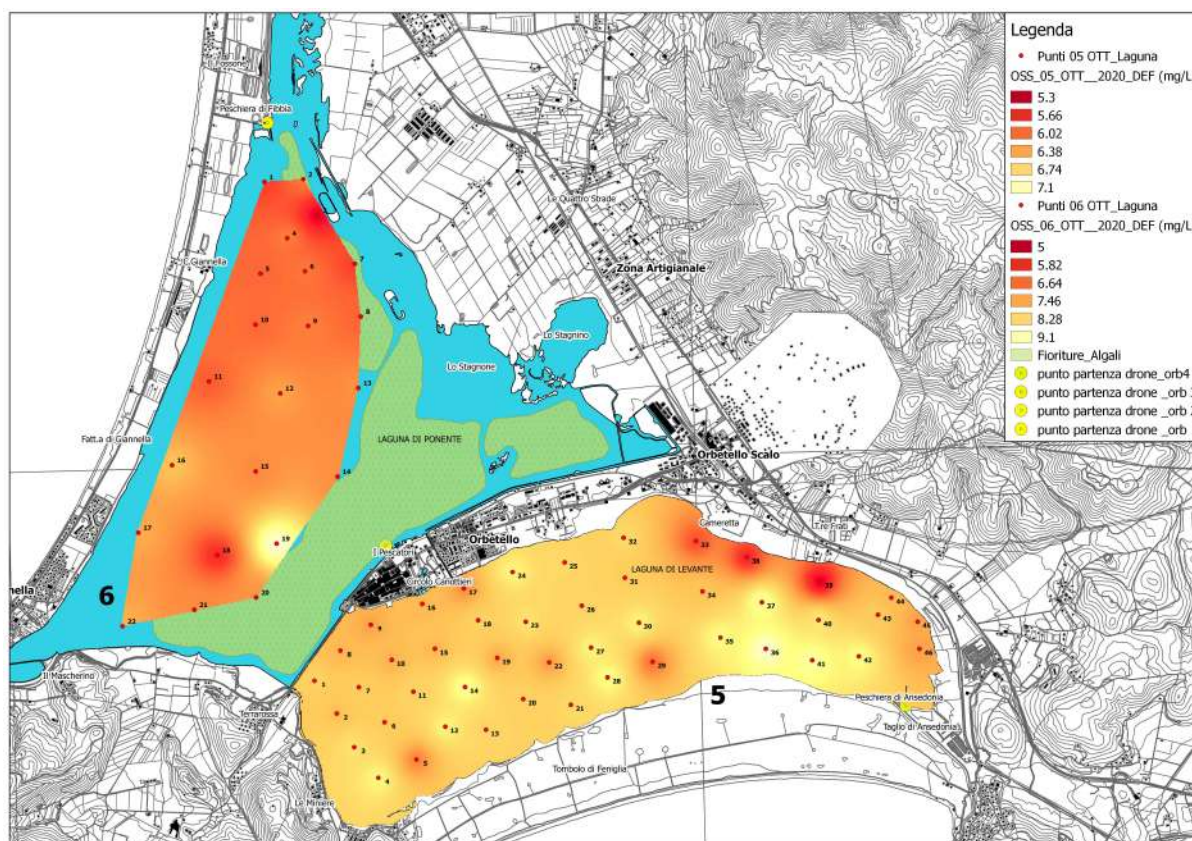


Figura 36. 4° campagna - monitoraggio del 5 e 6 ottobre 2020 in direzione Ovest→Est (5) e Nord→Sud (6); 5 Ottobre inizio h 9:25 (punto 1), termine h 11:51 (punto 46); 6 Ottobre inizio h 8:34 (punto 1), termine h 10:19 (punto 22) – Ossigeno Disciolto (mg/L).

4. DISCUSSIONE

Come anticipato, le campagne del 25-26 giugno (bacino di Ponente) e 9-10 luglio (bacino di Levante) sono state eseguite ognuna nel medesimo settore lagunare, invertendo il verso della missione del drone USV: il primo giorno in direzione Nord→Sud, il secondo in direzione Sud→Nord.

Nel corso della campagna di giugno i valori di Temperatura sono risultati costanti nelle due mattine consecutive (valori medi di 26,3 e 26,6 °C, rispettivamente); durante i due monitoraggi, al procedere delle missioni in direzioni opposte si è notato un debole incremento fino a valori di 27,3 °C (Figg. 2 e 3). Misure costanti nelle due giornate anche per pH (medie = 8,6 e 8,7) e Conducibilità (medie = 67,1 e 67,5 mS/cm), con valori più elevati nel settore centrale dell'area monitorata per entrambi i parametri (Figg. da 4 a 7), che suggeriscono la presenza di un bloom microfitico; nella stessa zona anche le concentrazioni di Clorofilla si innalzano (Fig. non mostrata). Più variabili i valori medi di Potenziale redox, che sono risultati 127 e 94 mV nei giorni 25 e 26 giugno, rispettivamente; in diminuzione nel corso del primo campionamento, stabili nel successivo (conclusosi circa 1,5 ore prima), con una flessione in corrispondenza della zona centrale della Laguna di Ponente in entrambe le giornate (Figg. 8 e 9). Nella medesima zona i valori di Ossigeno Disciolto (OD) a ponente raggiungevano il loro minimo di 3,8 mg/L il 25 giugno e 1,7 mg/L il 26 giugno, oscillando, nelle due mattine, entro intervalli di 3,8 – 8,9 mg/L e 1,7 – 8,3 mg/L (min-max), con medie di 6,6 e 6,2 mg/L (Figg. 10 e 11).

Durante la campagna di luglio la Temperatura del bacino di Levante ha raggiunto valori medi di 28,4 °C il giorno 9 e 27,6 °C il giorno successivo, con i rispettivi intervalli (min e max) di 28,1-

29,0 e 26,4-28,5 °C; alle Figure 12 e 13 è possibile osservare il rapido innalzamento della temperatura delle acque durante i due monitoraggi in opposte direzioni, più marcato il giorno 9 luglio, quando il monitoraggio è iniziato circa un'ora più tardi. Per gli altri parametri, come nel caso della campagna di giugno a Ponente, non si sono osservate con tale evidenza variazioni riconducibili allo scorrere del tempo di missione, ma piuttosto variazioni zonali, anche di forte entità. Nel settore Est della Laguna di Levante il pH (media = 7,9 in entrambe le giornate) ha raggiunto i valori minimi (7,6 e 7,1, rispettivamente il 9 e 10 luglio) e la Conducibilità (valori medi = 67,3 e 66,5 mS/cm) ha mostrato incrementi fino a 68,3 e 68,5 mS/cm (Figg. da 14 a 17). Nella medesima area il Potenziale redox, che il 9 luglio oscillava attorno a circa 110 mV e il giorno successivo attorno a 80 mV, è sceso repentinamente a 57 e - 232 mV (nelle rispettive giornate) e l'OD, a partire da valori medi di 5,5 e 4,6 mg/L, è precipitato a 1,0 e 0,1 mg/L, rilevando la presenza di processi di biodegradazione anaerobica della materia organica sedimentata, con produzione di solfuri acidi volatili (AVS). Le concentrazioni di AVS prodotti correlano positivamente con i livelli di materia organica labile (LOM) del sedimento (Chaikaew e Sompongchaiyakul, 2018) e in presenza di eccessive quantità di LOM, alte temperature e basso idrodinamismo, questi processi possono evolvere fino al collasso dell'intero sistema (crisi distrofica) con conseguente moria della fauna ittica lagunare (Lenzi, 2020).

Limitando le osservazioni ai parametri che mostrano una maggiore instabilità (Redox e OD), durante le campagne primaverili delle indagini precedenti (aprile-maggio-giugno 2019, anch'esse, come quelle di giugno-luglio 2020, svolte in regime di circolazione forzata), le variazioni in entrambi i bacini hanno presentato una certa regolarità fino a maggio, seguendo un andamento prevedibile: valori di Redox e OD in aumento durante i monitoraggi (direzione Nord-Sud) con livelli costantemente minori in Laguna di Levante, in posizione di svantaggio rispetto alla direzione di flusso delle acque (Figg. 37 e 38). A giugno le condizioni sono cambiate: a Ponente Redox e OD hanno invertito la loro tendenza, così come il Redox a Levante, presentando un'immagine esattamente capovolta rispetto alla campagna precedente (Fig. 38), mentre l'OD raggiunge i livelli minimi (3,9 mg/L) nel settore Nord in corrispondenza dei massimi valori di Redox.

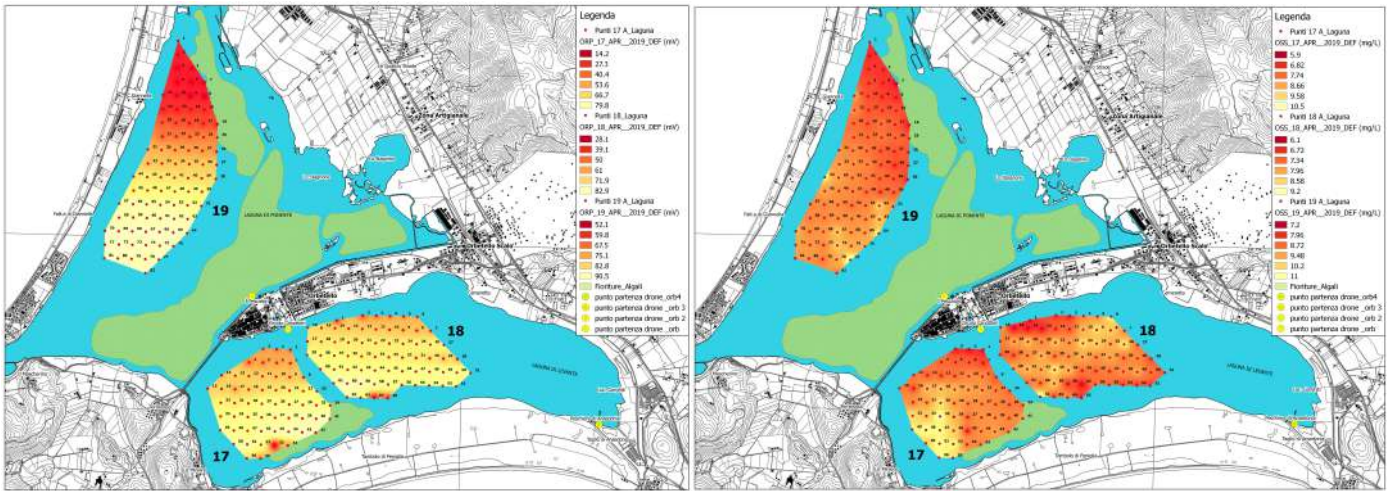


Figura 37. Campagne precedenti - Monitoraggi del 17-18-19 aprile 2019; Redox (sx) e OD (dx).

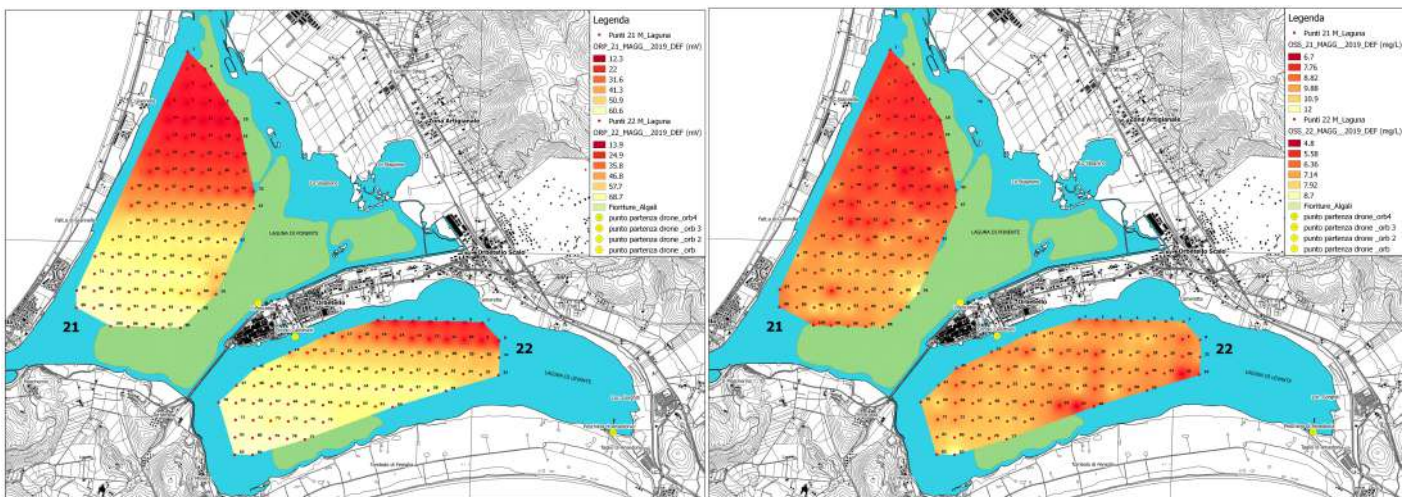


Figura 38. Campagne precedenti - Monitoraggi del 21-22 maggio 2019; Redox (sx) e OD (dx).

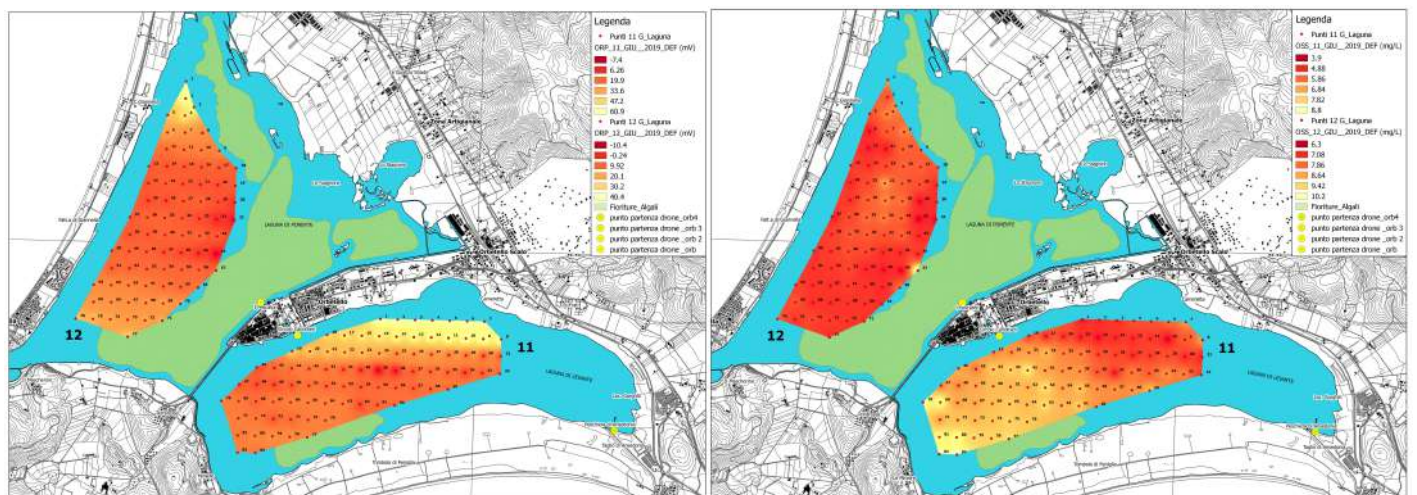


Figura 39. Campagne precedenti - Monitoraggi dell'11-12 giugno 2019; Redox (sx) e OD (dx).

Una situazione analoga è stata riscontrata il 2 luglio 2019 in località Gorghiti, durante un monitoraggio di controllo nell'estremo settore Est del bacino di Levante.

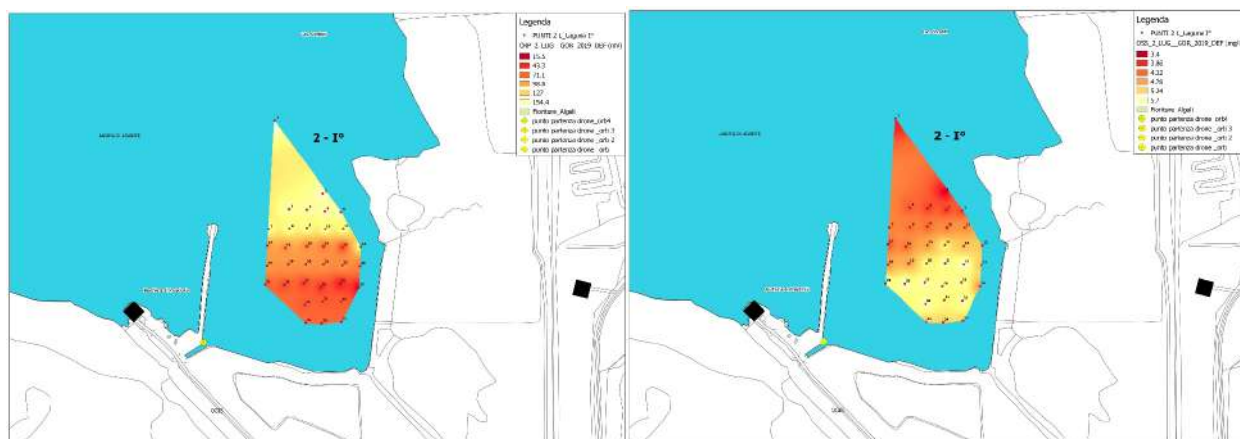


Figura 40. Campagne precedenti - Monitoraggio del 2 luglio 2019; Redox (sx) e OD (dx).

Come a giugno nella zona Nord, i massimi livelli di Potenziale redox dell'area (154 mV) sono stati misurati dove l'OD raggiunge i minimi (3,4 mg/L).

Queste peculiarità, che si presentano con passaggi piuttosto bruschi, potrebbero essere compatibili con l'ingresso nel bacino di Levante di acque dalle caratteristiche chimico-fisiche differenti da quelle che muovono dal bacino Ovest, in regime di circolazione forzata, verso il canale di Ansedonia.

Come già segnalato, un guasto meccanico e le sfavorevoli condizioni meteorologiche (vento sostenuto da Sud-Est) hanno fortemente penalizzato la campagna del 1-2 ottobre (Figg. da 22 a 31). Tuttavia, pur con qualche differenza nei valori medi di alcuni parametri, per le variazioni evidenziate dalle mappe di interpolazione si può fare riferimento alla campagna del 5-6 ottobre, sovrapponibile alla precedente, ma che ha compreso aree lagunari più estese. In seguito al rimescolamento delle acque per azione del vento, a Ponente i parametri misurati nelle acque erano generalmente costanti, con minime variazioni in prossimità delle masse algali e una zona di sovrassaturazione dell'OD, misurato nella colonna d'acqua sopra un banco macroalgale in cui erano presenti piccole bolle di O_2 (Fig. 36). Nel bacino di Levante, monitorato in direzione Ovest→Est, i parametri rimangono costanti fino al settore Est dove Temperatura e Redox iniziano ad aumentare e pH e Conducibilità a decrescere per raggiungere i rispettivi valori massimi e minimi in prossimità della zona in cui il Fosso del Perugino si immette in Laguna; l'OD mostra i livelli minori più a Nord (Figg. da 32 a 36).

5. CONCLUSIONI

Alla luce dei dati raccolti nel corso del monitoraggio sperimentale delle acque lagunari con natante USV, il quadro generale, limitatamente al periodo di osservazione, sembra individuare una maggiore fragilità trofica del bacino di Levante, dove i livelli di OD del periodo aprile-giugno 2019 si sono mantenuti costantemente più bassi rispetto a Ponente. In Laguna di Ponente le variazioni dei parametri considerati seguono andamenti più regolari, a meno di alcune perturbazioni nella zona centrale, riconducibili alle direzioni di flusso della circolazione forzata e alla presenza dei banchi macroalgali. Nel settore orientale del bacino di Levante, diversamente, i parametri chimico-fisici misurati sono influenzati dall'ingresso in Laguna delle acque del Fosso del Perugino, che riceve i reflui dell'impianto di itticoltura poco distante.

Per accertarsi che le immissioni di cui sopra non abbiano effetti sulla vulnerabilità del sistema lagunare, si suggerisce un'implementazione delle attività di controllo in quest'area nel periodo primavera-estate, attraverso un piano di monitoraggio della colonna d'acqua e del sedimento.

Dott. Davide Baroni



Dott. Giacomo Querci



Bibliografia

Chaikaew P., P. Sompongchaiyakul, 2018. Acid volatile sulfide estimation using spatial sediment covariates in the Eastern Upper Gulf of Thailand: Multiple geostatistical approaches. *Oceanologia*, 60: 478-487.

Cognetti, G., C.M. De Angelis, E. Orlando, A.M. Bonvicini Pagliai, A.M. Cognetti Varriale, R. Crema, M. Mari, M. Mauri, P. Tongiorgi, R. Vandini Zunarelli, E. de Fraja Frangipane, A. Brambati, G. Giaccone, R. Olivotti, 1978. Risanamento e protezione dell'ambiente idrologico delle lagune di Orbetello, Comune di Orbetello, Regione Toscana.

Cognetti, G., C.M. De Angelis, E. Orlando, A.M. Bonvicini Pagliai, A.M. Cognetti Varriale, R. Crema, M. Mari, M. Mauri, P. Tongiorgi, R. Vandini Zunarelli, 1981. Situazione ecologica delle lagune di Orbetello: sintesi dei risultati di due anni di ricerche. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, Vol. 3 (1 suppl.), pp. 233-247.

Lenzi, M., 2020. Hunters of sulfur blooms - Eutrophic non-tidal lagoon environments and dystrophic mechanics. Preprint, January 2020.

https://www.researchgate.net/publication/338629693_HUNTERS_OF_SULFUR_BLOOMS_Eutrophic_non-tidal_lagoon_environments_and_dystrophic_mechanics#fullTextFileContent

Lenzi, M., 1992. Experiences for the management of Orbetello lagoon: eutrophication and fishing. In: Vollenweider, R.A., R. Marchetti, R. Viviani (Eds.), *Marine coastals eutrophication*, Elsevier, pp. 1189-1198.

Innamorati, M., 1998. La Laguna di Orbetello: risanamento e gestione conservativa. *Biol. Mar. Medit.*, Vol. 5 (3), pp. 1352-1361.

Appendice

time	point	latitude	longitude	T (°C)	pH	ORP (mV)	Salinity (PPT)	Conductivity (mS/cm)	ODO (mg/L)	ODO (%Sat)	Chlorophyll (ug/L)
2020-06-25 08:39:39	1	42.470056	11.195210	26.061	8.638	145.718	42.725	64.620	7.211	113.246	2.088
2020-06-25 08:41:46	2	42.470040	11.197320	26.266	8.610	145.022	43.059	65.321	7.228	114.095	2.268
2020-06-25 08:43:21	3	42.469057	11.198034	26.066	8.627	144.769	43.958	66.261	6.904	109.172	1.648
2020-06-25 08:44:59	4	42.467985	11.198907	25.832	8.615	144.558	44.331	66.453	6.602	104.202	1.953
2020-06-25 08:48:09	5	42.468042	11.195355	26.116	8.637	142.722	43.506	65.727	7.066	111.532	2.535
2020-06-25 08:51:31	6	42.465299	11.196332	26.106	8.670	141.695	44.377	66.865	6.975	110.633	1.641
2020-06-25 08:54:08	7	42.465315	11.199118	26.014	8.550	142.687	44.949	67.501	5.594	88.877	1.977
2020-06-25 08:57:26	8	42.462674	11.199348	25.949	8.550	141.118	45.118	67.638	5.581	88.662	2.355
2020-06-25 09:00:24	9	42.462644	11.196272	26.119	8.570	139.458	45.016	67.726	5.811	92.518	2.735
2020-06-25 09:03:45	10	42.462637	11.192607	25.622	8.708	137.939	43.816	65.508	7.726	121.190	1.482
2020-06-25 09:07:30	11	42.459934	11.192664	25.672	8.740	137.416	44.388	66.322	7.566	119.148	1.069
2020-06-25 09:11:46	12	42.459968	11.196368	26.165	8.560	137.272	45.400	68.291	5.503	87.872	3.344
2020-06-25 09:15:58	13	42.459973	11.200027	25.924	8.620	135.396	45.781	68.475	5.776	92.070	1.034
2020-06-25 09:20:19	14	42.457253	11.199966	25.905	8.710	133.192	45.461	68.029	7.281	115.795	1.250
2020-06-25 09:24:25	15	42.457263	11.196288	25.862	8.668	133.242	45.566	68.113	6.618	105.268	1.176
2020-06-25 09:28:33	16	42.457240	11.192640	26.272	8.619	131.066	45.597	68.693	4.961	79.444	2.873
2020-06-25 09:32:44	17	42.457247	11.188979	26.249	9.070	124.807	45.632	68.706	8.865	141.959	29.740
2020-06-25 09:37:02	18	42.454567	11.188995	26.304	8.720	128.749	45.688	68.850	6.447	103.349	2.425
2020-06-25 09:41:46	19	42.454589	11.192683	25.729	8.653	128.451	45.303	67.592	6.337	100.442	11.531
2020-06-25 09:46:34	20	42.454594	11.196340	25.832	8.690	128.626	45.060	67.411	7.190	113.929	21.575
2020-06-25 09:51:26	21	42.454599	11.199990	26.216	8.650	128.613	45.050	67.892	6.780	108.132	3.387
2020-06-25 09:56:12	22	42.451884	11.199949	26.233	8.640	127.628	44.775	67.554	6.595	105.076	1.411
2020-06-25 10:00:33	23	42.451868	11.196296	25.870	8.670	126.878	44.613	66.874	7.183	113.654	2.591
2020-06-25 10:05:00	24	42.451877	11.192642	25.851	8.650	127.229	44.913	67.240	6.841	108.369	3.854
2020-06-25 10:09:44	25	42.451875	11.188982	25.734	8.632	127.323	44.817	66.963	6.723	106.251	2.945
2020-06-25 10:15:47	26	42.449184	11.185316	25.709	8.610	127.519	43.953	65.800	7.240	113.811	4.305
2020-06-25 10:20:42	27	42.449217	11.189020	25.771	8.630	127.193	44.435	66.510	7.013	110.663	3.562
2020-06-25 10:25:31	28	42.449210	11.192683	26.140	8.640	126.616	44.479	67.043	7.035	111.702	3.215
2020-06-25 10:30:23	29	42.449209	11.196337	26.134	8.645	126.531	44.536	67.112	6.734	106.940	3.836
2020-06-25 10:35:28	30	42.449207	11.199997	26.848	8.593	123.578	44.989	68.640	5.332	85.902	5.358

2020-06-25 10:40:36	31	42.446477	11.199955	26.940	8.550	97.580	44.595	68.236	3.838	61.819	3.101
2020-06-25 10:45:15	32	42.446475	11.196292	26.641	8.573	113.562	44.689	67.970	4.760	76.295	2.794
2020-06-25 10:50:08	33	42.446483	11.192626	26.159	8.610	118.715	43.898	66.301	6.837	108.255	2.402
2020-06-25 10:54:58	34	42.446470	11.188984	26.132	8.610	121.253	44.060	66.483	6.994	110.779	1.392
2020-06-25 11:00:13	35	42.446475	11.185344	26.198	8.594	122.504	43.817	66.244	7.302	115.617	1.576
2020-06-25 11:05:22	36	42.443813	11.185322	26.496	8.594	122.288	43.785	66.580	7.479	119.005	1.444
2020-06-25 11:10:53	37	42.443827	11.188994	26.678	8.560	121.723	44.037	67.147	6.069	96.964	1.265
2020-06-25 11:16:35	38	42.443827	11.192649	26.485	8.583	122.115	44.075	66.952	6.269	99.874	1.477
2020-06-25 11:22:26	39	42.443826	11.196317	26.726	8.573	121.314	44.357	67.640	5.685	91.065	1.657
2020-06-25 11:27:47	40	42.441116	11.196286	27.099	8.578	120.135	44.543	68.370	5.355	86.401	1.456
2020-06-25 11:33:26	41	42.441084	11.192643	27.114	8.580	120.199	44.463	68.285	5.621	90.660	0.993
2020-06-25 11:39:09	42	42.441079	11.189001	27.260	8.528	120.717	44.151	68.050	5.727	92.428	0.834
2020-06-25 11:45:04	43	42.441076	11.185342	27.097	8.594	121.666	43.938	67.554	7.304	117.432	0.986
2020-06-25 11:51:01	44	42.441085	11.181662	26.527	8.570	123.368	43.049	65.638	8.037	127.415	1.620
2020-06-25 11:56:44	45	42.438419	11.181704	26.401	8.520	125.070	42.701	65.013	7.612	120.173	1.634
2020-06-25 12:02:40	46	42.438432	11.185344	27.308	8.550	123.976	43.602	67.370	6.875	110.709	0.777
2020-06-25 12:08:45	47	42.438446	11.188961	27.152	8.521	124.436	43.340	66.818	6.512	104.434	0.705
2020-06-25 12:15:03	48	42.438461	11.192652	27.168	8.500	122.977	43.037	66.428	5.975	95.717	0.591
2020-06-25 12:21:15	49	42.438437	11.196373	26.799	8.650	93.801	43.145	66.107	7.706	122.766	0.262
2020-06-25 12:27:25	50	42.436630	11.192864	26.650	8.490	103.250	41.985	64.360	7.986	126.107	0.392

time	point	latitude	longitude	T (°C)	pH	ORP (mV)	Salinity (PPT)	Conductivity (mS/cm)	ODO (mg/L)	ODO (%Sat)	Chlorophyll (ug/L)
2020-06-26 08:00:19	1	42.436943	11.193247	26.088	8.622	99.132	42.807	64.763	6.906	108.537	1.163
2020-06-26 08:03:47	2	42.438437	11.196452	26.328	8.52	98.344	43.045	65.378	4.777	75.468	59.585
2020-06-26 08:07:26	3	42.438394	11.192597	26.684	8.604	94.202	43.347	66.232	6.561	104.438	76.844
2020-06-26 08:10:49	4	42.438443	11.188904	26.361	8.638	96.919	43.351	65.829	6.985	110.639	1.354
2020-06-26 08:14:07	5	42.438378	11.185294	26.091	8.625	97.796	43.159	65.235	6.885	108.446	1.265
2020-06-26 08:17:31	6	42.438408	11.181637	25.856	8.624	98.727	43.053	64.798	7.036	110.318	1.571
2020-06-26 08:21:00	7	42.441144	11.181691	26.247	8.67	98.599	44.091	66.669	6.526	103.576	1.219
2020-06-26 08:24:37	8	42.441112	11.185387	26.247	8.64	98.476	44.059	66.624	6.123	97.156	1.607
2020-06-26 08:28:08	9	42.441100	11.189075	26.637	8.64	98.252	44.08	67.156	6.508	103.945	1.355
2020-06-26 08:31:32	10	42.441114	11.192716	27.032	8.6	98.04	44.248	67.887	5.571	89.637	1.052
2020-06-26 08:34:57	11	42.441111	11.196381	26.619	8.576	97.796	43.672	66.585	5.423	86.394	0.877
2020-06-26 08:38:19	12	42.443846	11.196333	26.507	8.619	96.718	43.837	66.665	5.061	80.548	0.519
2020-06-26 08:41:45	13	42.443837	11.192618	26.564	8.588	97.228	43.843	66.743	5.735	91.373	1.194
2020-06-26 08:45:14	14	42.443755	11.188971	26.856	8.619	97.075	44.24	67.651	5.782	92.757	1.126
2020-06-26 08:48:37	15	42.443811	11.185295	26.445	8.676	97.588	44.409	67.345	6.506	103.782	1.56
2020-06-26 08:52:00	16	42.446520	11.185387	26.265	8.68	97.651	44.462	67.183	6.499	103.395	1.904
2020-06-26 08:55:34	17	42.446484	11.189066	26.494	8.65	98.133	44.027	66.898	6.624	105.511	2.752
2020-06-26 08:59:03	18	42.446491	11.192715	26.569	8.655	97.819	44.125	67.127	6.437	102.696	72.529
2020-06-26 09:02:32	19	42.446482	11.196385	27.178	8.644	95.339	44.892	68.94	4.692	75.924	2.479
2020-06-26 09:05:53	20	42.446480	11.200030	26.487	8.56	87.655	44.492	67.509	1.739	27.767	0.558
2020-06-26 09:09:17	21	42.449232	11.200001	26.752	8.699	69.127	45.361	69.011	5.734	92.414	1.768
2020-06-26 09:12:45	22	42.449177	11.196254	26.803	8.676	83.38	45.292	68.988	5.551	89.509	1.591
2020-06-26 09:16:01	23	42.449167	11.192610	26.55	8.712	86.916	44.508	67.612	6.576	105.142	0.885
2020-06-26 09:19:20	24	42.449174	11.188955	26.404	8.702	90.022	44.302	67.149	6.927	110.364	1.187
2020-06-26 09:22:44	25	42.449164	11.185267	26.461	8.714	91.157	44.994	68.141	6.575	105.258	0.982
2020-06-26 09:27:31	26	42.451902	11.189077	26.414	8.7	92.096	44.846	67.884	6.4	102.301	1.203
2020-06-26 09:31:00	27	42.451882	11.192723	26.532	8.744	91.702	44.773	67.941	6.737	107.822	1.362
2020-06-26 09:34:25	28	42.451892	11.196376	26.463	8.706	92.685	45.198	68.416	6.153	98.61	2.039
2020-06-26 09:37:53	29	42.451880	11.200029	26.705	8.696	92.187	45.588	69.249	5.694	91.818	1.252
2020-06-26 09:41:18	30	42.454634	11.199986	26.589	8.64	92.206	45.765	69.333	4.865	78.389	1.219

2020-06-26 09:44:53	31	42.454565	11.196266	26.502	8.718	91.064	45.374	68.7	6.008	96.465	1.378
2020-06-26 09:48:16	32	42.454542	11.192626	26.421	8.71	92.354	45.275	68.463	6.026	96.557	1.642
2020-06-26 09:51:39	33	42.454557	11.188963	26.733	8.764	92.628	45.294	68.898	6.588	106.097	1.248
2020-06-26 09:55:16	34	42.457325	11.189052	26.208	9.009	91.573	44.814	67.576	6.976	111.111	1.244
2020-06-26 09:58:53	35	42.457272	11.192719	26.443	8.92	93.076	45.006	68.135	6.832	109.35	1.286
2020-06-26 10:02:23	36	42.457275	11.196372	26.857	8.818	92.849	45.849	69.798	5.243	84.884	1.453
2020-06-26 10:05:54	37	42.457267	11.200028	26.663	8.652	93.415	45.895	69.603	5.53	89.293	1.236
2020-06-26 10:09:28	38	42.460021	11.199993	26.721	8.6	94.015	45.564	69.24	5.042	81.299	2.261
2020-06-26 10:13:02	39	42.459942	11.196287	26.86	8.631	93.328	45.557	69.416	5.173	83.623	3.187
2020-06-26 10:16:27	40	42.459957	11.192612	26.486	8.823	92.008	43.997	66.849	7.109	113.214	1.588
2020-06-26 10:20:04	41	42.462711	11.192696	26.294	8.89	94.555	43.238	65.598	8.349	131.969	0.9
2020-06-26 10:23:39	42	42.462668	11.196379	26.656	8.72	95.959	44.786	68.12	6.18	99.131	1.662
2020-06-26 10:26:39	43	42.462706	11.199382	26.652	8.666	95.861	45.104	68.538	6.279	100.902	1.809
2020-06-26 10:30:15	44	42.465364	11.199055	26.876	8.67	95.727	44.941	68.613	6.048	97.458	2.532
2020-06-26 10:33:06	45	42.465336	11.196276	26.942	8.739	95.244	44.512	68.125	6.942	111.714	3.517
2020-06-26 10:36:49	46	42.468110	11.195414	26.757	8.73	96.376	42.948	65.792	7.016	111.582	1.108
2020-06-26 10:40:17	47	42.468030	11.198934	26.696	8.758	97.011	44.639	67.976	6.746	108.163	1.057
2020-06-26 10:42:20	48	42.469158	11.198020	26.812	8.726	97.444	43.956	67.212	6.508	104.169	1.411
2020-06-26 10:44:05	49	42.470122	11.197238	27.344	8.73	96.799	43.536	67.328	6.544	105.419	38.407
2020-06-26 10:46:14	50	42.470067	11.195233	26.623	8.72	97.615	42.253	64.689	7.155	113.071	0.807

time	point	latitude	longitude	T (°C)	pH	ORP (mV)	Salinity (PPT)	Conductivity (mS/cm)	ODO (mg/L)	ODO (%Sat)	Chlorophyll (ug/L)
2020-07-09 10:24:57	1	42.440801	11.240686	28.068	7.828	142.185	42.849	67.307	4.853	78.781	0.905
2020-07-09 10:28:10	2	42.440825	11.244332	28.070	7.884	140.473	42.981	67.490	5.219	84.797	1.629
2020-07-09 10:31:19	3	42.440818	11.247987	28.179	7.916	137.547	43.106	67.801	4.035	65.721	1.216
2020-07-09 10:40:35	4	42.438086	11.258940	28.096	8.059	125.903	43.140	67.740	5.181	84.289	4.642
2020-07-09 10:44:04	5	42.438127	11.255165	28.232	7.737	125.311	43.020	67.749	1.098	17.884	1.769
2020-07-09 10:47:24	6	42.438105	11.251508	28.293	7.703	57.044	42.893	67.649	2.457	40.060	1.933
2020-07-09 10:50:44	7	42.438102	11.247853	28.216	7.864	89.808	42.731	67.330	4.948	80.462	1.432
2020-07-09 10:54:03	8	42.438105	11.244201	28.106	7.820	104.275	42.580	66.982	4.156	67.416	1.181
2020-07-09 10:57:21	9	42.438079	11.240564	28.113	7.800	109.305	42.510	66.895	4.033	65.404	1.207
2020-07-09 11:00:42	10	42.438095	11.236891	28.200	7.827	111.785	42.718	67.288	4.702	76.448	0.939
2020-07-09 11:03:58	11	42.438089	11.233239	28.199	7.841	113.996	42.915	67.562	5.199	84.614	0.926
2020-07-09 11:07:18	12	42.438093	11.229575	28.161	7.876	114.990	42.910	67.503	5.649	91.863	0.881
2020-07-09 11:10:34	13	42.438100	11.225915	28.175	7.830	114.963	42.870	67.470	5.100	82.952	0.869
2020-07-09 11:17:21	14	42.435381	11.218637	28.225	7.833	115.614	42.852	67.508	4.892	79.611	0.665
2020-07-09 11:20:48	15	42.435403	11.222415	28.192	7.865	115.429	42.772	67.356	5.688	92.485	0.653
2020-07-09 11:24:06	16	42.435438	11.226051	28.150	7.820	116.106	42.711	67.221	5.053	82.061	0.469
2020-07-09 11:27:25	17	42.435405	11.229717	28.136	7.861	116.112	42.740	67.240	5.431	88.188	0.884
2020-07-09 11:30:40	18	42.435429	11.233368	28.165	7.875	115.636	42.760	67.309	5.624	91.399	0.552
2020-07-09 11:33:57	19	42.435428	11.237023	28.194	7.896	112.815	42.720	67.290	5.956	96.832	0.481
2020-07-09 11:37:17	20	42.435406	11.240686	28.141	7.900	112.744	42.631	67.094	5.731	93.037	0.593
2020-07-09 11:40:37	21	42.435418	11.244327	28.142	7.871	111.902	42.413	66.796	5.237	84.922	0.615
2020-07-09 11:43:56	22	42.435408	11.247992	28.262	7.866	111.815	42.459	67.015	4.687	76.151	0.874
2020-07-09 11:47:18	23	42.435409	11.251640	28.397	7.890	110.669	42.596	67.370	4.713	76.809	1.302
2020-07-09 11:50:38	24	42.435402	11.255312	28.502	7.701	110.236	42.774	67.751	2.730	44.605	1.413
2020-07-09 11:54:11	25	42.435431	11.258947	28.663	7.560	103.767	42.882	68.104	0.948	15.543	1.978
2020-07-09 11:57:35	26	42.435417	11.262623	28.707	7.659	98.465	42.984	68.299	1.552	25.468	4.856
2020-07-09 12:00:55	27	42.435430	11.266244	28.580	8.074	100.029	42.997	68.155	6.183	101.276	10.878
2020-07-09 12:04:23	28	42.435415	11.269888	28.719	8.151	106.889	42.867	68.155	8.634	141.658	5.824
2020-07-09	29	42.432693	11.269826	28.632	7.724	105.831	42.855	68.025	2.672	43.781	11.156

12:07:59											
2020-07-09 12:11:31	30	42.432713	11.266127	28.210	7.805	102.816	42.713	67.297	4.683	76.144	2.728
2020-07-09 12:15:00	31	42.432712	11.262482	28.169	7.867	105.643	42.633	67.136	5.881	95.500	1.147
2020-07-09 12:18:27	32	42.432718	11.258826	28.516	7.975	100.467	42.887	67.925	5.688	93.009	0.687
2020-07-09 12:21:54	33	42.432709	11.255159	28.378	7.948	98.630	42.760	67.575	4.039	65.882	0.529
2020-07-09 12:28:30	34	42.432688	11.247872	28.294	7.940	103.247	42.539	67.162	5.262	85.581	8.096
2020-07-09 12:32:02	35	42.432692	11.244224	28.348	7.913	106.664	42.626	67.350	6.246	101.718	0.483
2020-07-09 12:35:35	36	42.432698	11.240569	28.359	7.845	109.371	42.792	67.596	5.863	95.591	17.023
2020-07-09 12:39:07	37	42.432699	11.236926	28.358	7.920	110.502	42.620	67.353	6.737	109.752	0.482
2020-07-09 12:42:43	38	42.432690	11.233264	28.431	7.900	111.847	42.452	67.211	6.579	107.209	0.501
2020-07-09 12:46:27	39	42.432687	11.229637	28.584	7.940	108.228	42.356	67.269	7.107	116.012	216.195
2020-07-09 12:50:09	40	42.432700	11.225983	28.458	7.850	109.091	42.570	67.414	5.249	85.617	95.968
2020-07-09 12:53:46	41	42.432694	11.222305	28.553	7.889	109.665	42.826	67.886	6.373	104.248	44.841
2020-07-09 12:57:19	42	42.432689	11.218651	28.438	7.840	110.477	42.737	67.619	5.161	84.218	0.388
2020-07-09 13:00:56	43	42.432689	11.214999	28.635	7.910	100.566	42.530	67.578	5.834	95.395	114.433
2020-07-09 13:04:39	44	42.432675	11.211352	28.784	7.920	42.637	42.330	67.486	5.297	86.735	0.489
2020-07-09 13:08:29	45	42.432676	11.207725	29.011	7.950	84.803	42.183	67.565	5.575	91.547	0.368
2020-07-09 13:12:19	46	42.429996	11.207733	28.318	8.010	90.091	41.539	65.803	6.269	101.442	1.332
2020-07-09 13:16:20	47	42.430026	11.211414	28.501	7.990	96.776	42.048	66.739	6.595	107.327	0.399
2020-07-09 13:20:10	48	42.430010	11.215070	28.455	7.961	103.346	42.264	66.982	6.437	104.815	0.428
2020-07-09 13:24:30	49	42.430012	11.218746	28.379	7.930	105.515	42.419	67.102	6.045	98.390	0.408
2020-07-09 13:28:40	50	42.430024	11.222396	28.513	7.940	98.823	42.697	67.656	6.844	111.785	0.285
2020-07-09 13:32:48	51	42.430036	11.225940	28.642	7.980	105.194	42.571	67.642	8.152	133.361	0.395
2020-07-09 13:37:49	52	42.428523	11.221828	28.506	7.970	107.553	42.533	67.417	7.046	114.987	0.856
2020-07-09 13:41:51	53	42.427281	11.218692	28.496	7.988	108.844	42.488	67.342	7.257	118.373	0.308
2020-07-09 13:45:58	54	42.427286	11.215035	28.480	7.990	109.026	42.247	66.991	6.742	109.802	0.251
2020-07-09 13:50:02	55	42.427278	11.211372	28.520	7.980	108.464	41.974	66.657	6.535	106.356	0.281
2020-07-09 13:54:09	56	42.427277	11.207722	28.556	7.970	104.463	41.677	66.288	6.589	107.098	0.272
2020-07-09 13:58:01	57	42.427280	11.204052	28.927	7.977	108.219	41.403	66.362	7.134	116.474	0.257
2020-07-09 14:04:28	58	42.424594	11.207743	28.461	7.963	111.147	42.003	66.625	6.733	109.475	0.277
2020-07-09 14:08:33	59	42.424637	11.211428	28.481	7.926	110.957	42.097	66.782	6.485	105.540	0.254
2020-07-09 14:12:46	60	42.424634	11.215091	28.615	7.957	111.400	42.109	66.963	6.905	112.593	0.214
2020-07-09 14:18:07	61	42.421906	11.211376	28.461	7.960	113.105	42.040	66.677	6.854	111.460	0.467

time	point	latitude	longitude	T (°C)	pH	ORP (mV)	Salinity (PPT)	Conductivity (mS/cm)	ODO (mg/L)	ODO (%Sat)	Chlorophyll (ug/L)
2020-07-10 09:33:21	1	42.421848	11.211374	26.381	8.080	71.436	42.166	64.273	4.655	73.247	0.337
2020-07-10 09:37:58	2	42.424657	11.215098	26.721	8.014	74.106	42.160	64.684	2.855	45.172	0.213
2020-07-10 09:41:25	3	42.424608	11.211337	26.792	8.043	73.313	41.983	64.530	3.527	55.808	0.361
2020-07-10 09:44:43	4	42.424616	11.207673	26.928	8.039	67.209	41.813	64.468	3.794	60.126	0.332
2020-07-10 09:49:13	5	42.427368	11.204033	27.160	8.112	76.342	41.225	63.952	5.221	82.766	0.235
2020-07-10 09:52:33	6	42.427323	11.207801	27.086	8.155	78.370	41.672	64.472	5.311	84.307	0.237
2020-07-10 09:55:54	7	42.427327	11.211454	26.876	8.140	79.288	41.877	64.492	5.049	79.950	0.289
2020-07-10 09:59:11	8	42.427289	11.215108	26.854	8.150	80.703	42.350	65.100	5.393	85.599	0.339
2020-07-10 10:02:33	9	42.427321	11.218766	27.130	8.070	82.796	42.639	65.840	5.622	89.791	0.431
2020-07-10 10:05:50	10	42.428589	11.221883	27.048	8.091	83.999	42.499	65.546	5.646	90.001	0.268
2020-07-10 10:09:46	11	42.430030	11.225966	27.001	8.095	73.609	42.439	65.405	5.551	88.384	0.373
2020-07-10 10:13:06	12	42.430002	11.222299	27.221	8.040	79.901	42.740	66.088	5.621	89.952	0.393
2020-07-10 10:16:27	13	42.430004	11.218650	27.005	8.039	82.550	42.764	65.853	5.081	81.060	0.442
2020-07-10 10:19:50	14	42.430004	11.214997	26.966	8.076	82.242	42.183	65.016	4.732	75.172	0.414
2020-07-10 10:23:15	15	42.430018	11.211354	27.013	8.097	81.401	41.789	64.541	4.484	71.136	0.335
2020-07-10 10:26:41	16	42.430000	11.207680	27.075	8.100	81.859	41.400	64.088	4.380	69.425	0.292
2020-07-10 10:30:08	17	42.432770	11.207752	27.308	8.020	82.256	42.123	65.359	3.481	55.604	0.337
2020-07-10 10:33:29	18	42.432728	11.211456	27.582	7.981	80.555	42.771	66.584	4.292	69.118	0.709
2020-07-10 10:36:46	19	42.432730	11.215094	27.600	7.803	77.065	42.984	66.901	2.637	42.499	0.514
2020-07-10 10:40:05	20	42.432696	11.218766	27.497	7.896	62.627	42.976	66.759	4.393	70.701	0.375
2020-07-10 10:43:32	21	42.432703	11.222412	27.421	7.954	75.049	42.943	66.616	4.916	79.007	0.403
2020-07-10 10:46:55	22	42.432665	11.226024	27.361	7.980	79.035	42.810	66.363	4.810	77.191	0.365
2020-07-10 10:50:15	23	42.432688	11.229749	27.291	8.041	82.046	42.728	66.163	5.280	84.596	0.347
2020-07-10 10:53:37	24	42.432691	11.233381	27.340	8.030	83.701	42.801	66.327	5.253	84.261	0.222
2020-07-10 10:57:00	25	42.432741	11.237018	27.196	8.040	85.101	42.496	65.731	5.373	85.842	0.303
2020-07-10 11:00:22	26	42.432707	11.240674	27.224	8.107	85.835	42.550	65.838	6.099	97.510	0.377
2020-07-10 11:03:41	27	42.432717	11.244338	27.444	8.040	86.856	42.530	66.086	5.711	91.627	0.573

2020-07-10 11:07:01	28	42.432705	11.248011	27.340	8.075	87.757	42.909	66.469	5.664	90.925	0.406
2020-07-10 11:13:15	29	42.432706	11.255309	27.824	8.007	83.823	42.917	67.089	3.962	64.089	1.167
2020-07-10 11:16:35	30	42.432717	11.258949	27.911	7.921	79.488	43.025	67.350	2.908	47.129	1.041
2020-07-10 11:19:54	31	42.432686	11.262581	27.787	8.194	76.832	42.969	67.116	6.233	100.774	0.644
2020-07-10 11:23:19	32	42.432702	11.266261	27.891	8.067	82.405	43.060	67.374	5.739	93.016	0.914
2020-07-10 11:26:44	33	42.432701	11.269921	27.765	7.600	43.563	42.926	67.030	0.367	5.917	2.884
2020-07-10 11:30:16	34	42.435454	11.269861	27.952	8.113	2.878	43.168	67.596	5.983	97.102	7.059
2020-07-10 11:33:55	35	42.435391	11.266160	27.945	7.460	43.528	43.140	67.552	0.668	10.847	2.448
2020-07-10 11:37:25	36	42.435384	11.262502	28.008	7.326	-155.235	43.020	67.468	0.105	1.708	1.785
2020-07-10 11:40:57	37	42.435383	11.258855	27.954	7.064	-231.982	43.000	67.367	0.092	1.486	1.421
2020-07-10 11:44:33	38	42.435393	11.255211	28.005	7.495	-153.368	42.915	67.317	0.632	10.249	1.651
2020-07-10 11:48:10	39	42.435384	11.251563	27.912	7.895	-37.586	42.596	66.761	3.664	59.272	1.32
2020-07-10 11:51:54	40	42.435420	11.247919	27.843	7.930	8.735	42.810	66.964	4.880	78.920	0.612
2020-07-10 11:55:39	41	42.435396	11.244251	27.830	8.013	30.028	42.760	66.883	5.876	95.001	0.541
2020-07-10 11:59:21	42	42.435384	11.240587	27.785	7.960	40.835	42.584	66.585	5.458	88.085	0.474
2020-07-10 12:03:02	43	42.435395	11.236931	27.890	8.000	46.564	42.554	66.676	6.137	99.175	0.465
2020-07-10 12:06:40	44	42.435404	11.233277	27.785	7.946	50.673	42.770	66.838	5.300	85.605	0.399
2020-07-10 12:10:19	45	42.435414	11.229625	27.834	7.929	55.597	42.863	67.029	5.665	91.629	0.612
2020-07-10 12:13:57	46	42.435419	11.225975	27.938	7.931	58.802	42.754	67.011	5.652	91.496	0.43
2020-07-10 12:17:33	47	42.435391	11.222307	27.962	7.921	61.498	42.811	67.119	5.557	90.054	0.394
2020-07-10 12:21:03	48	42.435414	11.218636	27.986	7.890	62.413	42.890	67.260	4.844	78.544	0.348
2020-07-10 12:28:21	49	42.438119	11.226077	28.087	7.881	65.960	43.076	67.640	5.764	93.720	0.567
2020-07-10 12:31:55	50	42.438129	11.229699	28.242	7.891	67.613	43.093	67.861	5.537	90.252	0.635
2020-07-10 12:35:30	51	42.438076	11.233335	28.137	7.870	68.593	42.990	67.590	5.533	89.979	0.737
2020-07-10 12:39:04	52	42.438090	11.237012	28.073	7.870	70.269	42.972	67.481	5.415	87.952	0.668
2020-07-10 12:42:36	53	42.438105	11.240676	28.026	7.894	69.955	42.866	67.276	5.199	84.368	0.709
2020-07-10 12:46:04	54	42.438097	11.244331	28.134	7.843	72.147	42.740	67.242	5.364	87.131	0.971
2020-07-10 12:49:37	55	42.438102	11.247980	28.150	7.713	71.320	42.841	67.398	3.040	49.415	1.803
2020-07-10 12:53:10	56	42.438112	11.251643	28.446	7.863	65.254	43.166	68.222	5.132	83.978	0.876
2020-07-10 12:56:42	57	42.438108	11.255288	28.444	7.684	-73.457	43.290	68.392	1.379	22.583	0.995
2020-07-10 13:00:13	58	42.438127	11.258934	28.454	8.172	27.898	43.363	68.507	7.447	121.996	2.961
2020-07-10 13:10:38	59	42.440822	11.247894	28.509	7.929	50.772	43.326	68.525	5.417	88.803	1.086

2020-07-10 13:14:17	60	42.440796	11.244233	28.273	7.735	60.225	42.850	67.566	3.804	61.933	1.165
2020-07-10 13:17:50	61	42.440781	11.240566	28.411	7.930	65.168	43.018	67.973	6.322	103.287	1.168

Time 01/10/2020	point	Latitude	Longitude	T (°C)	pH	ORP (mV)	Salinity (PPT)	Conductivity (mS/cm)	ODO (mg/L)	ODO (%Sat)	Chlorophyll (ug/L)
12:43	1	42.474480	11.198306	20	7.9	211.1	38.99	52.748	7.71	106.7	1.16
12:46	2	42.472327	11.199455	19.6	8.03	214.9	39.54	53.050	7.78	107.4	1.09
12:50	3	42.470194	11.202440	19.9	8.03	213.6	39.52	53.313	7.73	107.2	1.51
12:52	4	42.468659	11.198975	19.5	8.05	212	39.58	52.897	8.07	111.1	1.08
12:56	5	42.466969	11.195567	19.7	8.12	210.2	39.46	53.037	8.49	117.4	1.17
12:59	6	42.464995	11.197833	19.4	8.03	214.9	39.71	52.943	7.75	106.5	1.37
13:02	7	42.462914	11.200311	19.2	8.04	209.8	39.76	52.813	7.81	107.2	1.15
13:05	8	42.460040	11.201532	19.2	8.05	209.6	39.81	52.878	8.52	116.9	1.45
13:09	9	42.458916	11.198235	19.3	8.06	210.4	39.72	52.852	7.89	108.3	1.11
13:11	10	42.457386	11.194936	19.5	8.09	210.5	39.62	53.013	7.95	109.5	1.39
13:14	11	42.455808	11.191376	19.8	8.11	206.1	39.54	53.199	7.94	109.9	1.48
13:18	12	42.452760	11.193428	19.5	8.08	207.8	39.85	53.275	8.22	113.5	1.16
13:21	13	42.450563	11.196556	19.5	8.15	201.6	39.98	53.426	8.57	118.3	1.95
13:24	14	42.449246	11.200692	19.8	8.31	202.9	39.92	53.644	10.81	149.9	1.23
13:29	15	42.447936	11.205725	20.5	8.25	204.3	40.05	54.609	9.62	135.2	1.37
13:36	16	42.447326	11.201805	20.5	8.38	201.5	39.76	54.306	10.89	153	0.92
13:39	17	42.446868	11.197580	20	8.47	200.1	39.89	53.869	12.07	168.1	0.89
13:42	18	42.446054	11.193667	19.4	8.15	201.7	39.85	53.194	8.38	115.6	1.02
13:45	19	42.445409	11.189396	19.6	8.2	200.9	39.72	53.192	9.59	132.4	0.88
13:48	20	42.444289	11.185303	19.8	8.18	200.2	39.55	53.286	8.89	123.2	1.15

Time 02/10/2020	point	Latitude	Longitude	T (°C)	pH	ORP (mV)	Salinity (PPT)	Conductivity (mS/cm)	ODO (mg/L)	ODO (%Sat)	Chlorophyll (ug/L)
08:49	1	42.426964	11.274368	20.6	8.03	124.9	39.09	53.634	7.98	111.9	14.16
08:52	2	42.427022	11.275675	20.7	7.95	135.4	38.73	53.242	7.15	100.1	10.56
08:55	3	42.429232	11.275148	20.7	7.98	136.5	38.97	53.574	7.15	100.4	7.51
08:58	4	42.431430	11.275208	20.4	7.95	138.3	36.18	49.775	7.16	98.1	6.26
09:01	5	42.430756	11.276655	20.4	7.89	139.6	35.29	48.771	6.8	92.9	4.9
09:04	6	42.433266	11.274777	20.2	8	142.5	37.54	51.307	7.24	99.9	5.04
09:08	7	42.431954	11.272726	20.4	8.04	141.6	38.57	52.707	7.28	101.3	2.66
09:11	8	42.430226	11.270907	20.5	8.06	141.6	38.68	52.937	7.4	103.1	4.16
09:15	9	42.428618	11.269377	20.2	8.01	141.7	39.59	53.693	6.9	96.2	6.56
09:18	10	42.429204	11.266817	20.1	7.99	145	39.79	53.928	6.67	93.1	6.56
09:20	11	42.431032	11.267027	20.2	7.99	144.6	39.79	53.940	6.72	93.9	6.51
09:22	12	42.432489	11.268030	20.1	8.02	144.7	39.49	53.554	7	97.6	6.41
09:25	13	42.433897	11.269336	20.1	nd	148.3	nd	nd	nd	nd	nd
09:31	14	42.435064	11.269978	20.3	8.02	125.3	38.53	52.567	7.06	98	2.94
09:34	15	42.435882	11.267976	20.3	8.04	130.4	38.48	52.496	7.32	101.7	2.93
09:37	16	42.434955	11.265981	20	8.01	131.3	39.25	53.075	6.92	96	7.51
09:40	17	42.433630	11.263995	20.1	7.99	133	39.53	53.510	6.84	95.1	7.79
09:43	18	42.432079	11.262767	20.2	7.99	135.1	40.07	54.290	6.6	92.3	5.64
09:48	19	42.430297	11.262585	20.3	7.99	133.9	39.94	54.217	6.52	91.3	6.08
10:14	20	42.430745	11.259480	20.3	8.02	105.9	40.12	54.453	6.63	92.9	4.88
10:17	21	42.432592	11.258892	20.2	8.03	108.9	40.03	54.221	6.83	95.5	5.6
10:23	22	42.435167	11.259254	20	8.01	107	39.72	53.706	6.72	93.5	10.91
10:25	23	42.436857	11.258760	20	7.99	107.9	39.3	53.205	6.45	89.5	14.87
10:27	24	42.438433	11.257874	20.1	8.05	nd	38.91	52.842	6.8	94.4	7.14
10:32	25	42.435551	11.262156	20.1	nd	105.8	nd	nd	nd	nd	nd

Point 05/10/2020	Latitude	Longitude	T (°C)	pH	ORP (mV)	Salinity (PPT)	Conductivity (mS/cm)	ODO (mg/L)	ODO (%Sat)	Chlorophyll (ug/L)
1	42.429622	11.202231	18.7	8.15	118.4	39.32	51.720	6.44	87.3	0.86
2	42.426631	11.204818	18.9	8.03	120.8	39.37	51.973	6.34	86.2	1.23
3	42.423556	11.206837	18.8	8.02	118.3	39.71	52.318	6.54	89	0.91
4	42.420771	11.209661	18.5	8.29	120.6	39.4	51.629	6.68	90.3	0.8
5	42.422313	11.214336	18.7	8.24	119	39.46	51.954	6.03	81.9	0.77
6	42.425740	11.210599	18.9	8.06	120.4	39.6	52.265	6.4	87.2	0.76
7	42.428930	11.207590	18.9	8.02	123.6	39.45	52.063	6.41	87.2	0.89
8	42.432266	11.205461	18.8	8.02	123.1	38.75	51.168	6.28	85	1.13
9	42.434516	11.209223	19.1	8	124	38.97	51.716	6.19	84.3	1.19
10	42.431317	11.211666	19	7.96	123.6	39.69	52.465	6.26	85.4	1.42

11	42.428399	11.214163	18.8	8.1	123.6	39.69	52.314	6.45	87.8	0.67
12	42.425199	11.217931	18.8	8.01	124	39.98	52.610	6.66	90.8	1.21
13	42.424831	11.222852	18.9	8.02	125.3	40.01	52.776	6.45	88.1	1.08
14	42.428694	11.220466	19	8.04	125.3	40.03	52.913	6.83	93.4	1.69
15	42.432201	11.216923	19.2	7.93	126.9	39.73	52.769	6.3	86.3	2.36
16	42.436260	11.215547	19.2	8	125.7	39.24	52.233	6.29	86.1	1.56
17	42.437546	11.220630	19.4	7.96	125.9	39.29	52.457	6.11	83.9	2.63
18	42.434667	11.222250	19.2	7.98	126.6	39.76	52.820	6.44	88.4	1.97
19	42.431238	11.224466	19.2	7.98	127.5	39.78	52.795	6.24	85.5	2.8
20	42.427483	11.227464	19.1	8.07	123.6	40.09	53.067	6.43	88.2	1.33
21	42.426860	11.233235	19.2	8.11	125.6	39.75	52.817	6.47	88.8	1.14
22	42.430717	11.230737	19.2	7.92	127.1	39.45	52.465	6.16	84.8	1.51
23	42.434421	11.228011	19.5	7.95	126.5	39.36	52.629	6.55	90.1	1.71
24	42.438902	11.226582	19.5	8	127.5	39.61	53.022	6.66	91.8	2.13
25	42.439656	11.232909	19.8	7.9	125.1	39.08	52.654	6.47	89.4	3.78
26	42.435726	11.234864	19.6	7.91	126.9	39	52.361	6.45	88.7	4.44
27	42.431936	11.235857	19.5	7.95	129	39.32	52.596	6.65	91.4	3.69
28	42.429239	11.237766	19.2	8.05	127.2	39.86	52.959	6.75	92.6	1.33
29	42.430524	11.243280	19.5	7.98	128.5	39.55	52.892	5.94	81.8	1.14
30	42.434073	11.241726	19.8	7.94	129.4	39.13	52.792	6.65	92	4.43
31	42.438118	11.240181	19.9	7.87	130.6	38.86	52.563	6.4	88.4	4.04
32	42.441719	11.240149	19.4	7.92	129.5	38.73	51.880	6.48	88.8	4.33
33	42.441244	11.248910	20.3	7.83	129.4	37.19	50.901	5.77	79.5	4.65
34	42.436714	11.249537	20	7.86	128.9	37.59	51.074	6.36	87.3	7
35	42.432528	11.251572	20.1	7.95	127.3	37.14	50.620	6.71	92	4.45
36	42.431418	11.257037	19.9	8.11	128.3	37.05	50.323	7.07	96.7	3.49
37	42.435605	11.256713	19.8	8.04	127	36.76	49.877	6.82	92.8	3.48
38	42.439682	11.255020	19.8	7.95	130.8	37.49	50.725	5.55	75.9	2.61
39	42.437324	11.263807	20.2	7.92	128.5	36.55	50.036	5.31	72.7	2.32
40	42.433884	11.263513	20	8.05	128.9	36.58	49.847	6.57	89.7	2.79
41	42.430285	11.262618	19.9	8.05	130.3	37.03	50.306	6.87	93.8	4.78
42	42.430524	11.268279	20.3	7.91	128.7	35.59	49.032	6.73	91.9	5.03
43	42.434217	11.270749	20.1	7.92	132.1	35.75	48.979	6.4	87.2	2.91
44	42.435706	11.272407	20.2	7.91	nd	36.12	49.582	6.3	86.2	2.5
45	42.433496	11.275533	20.5	7.84	108.6	34.37	47.748	6.18	84.1	4.43
46	42.431043	11.275655	20.9	7.79	nd	28.22	40.283	6.17	81.4	2.26

Times 06/10/2020	point	Latitude	Longitude	T (°C)	pH	ORP (mV)	Salinity (PPT)	Conductivity (mS/cm)	ODO (mg/L)	ODO (%Sat)	Chlorophyll (ug/L)
8:34	1	42.474475	11.197714	18.4	7.65	149.3	38.99	51.031	5.87	79	3.71
8:39	2	42.474625	11.202440	18.1	7.87	148	38.97	50.642	6.55	87.6	5.84
8:44	3	42.471357	11.204088	18.2	7.75	148.8	39.23	51.047	5.04	67.6	4.69
8:48	4	42.469373	11.200301	19	7.85	146.2	39.41	52.196	6.57	89.6	5.11
8:52	5	42.466273	11.196956	18.7	7.88	144.4	39.22	51.618	6.34	85.9	4.7
8:56	6	42.466377	11.202362	18.9	7.88	148.3	39.46	52.172	6.51	88.7	3.05
9:01	7	42.466931	11.208433	18.6	7.87	145.3	39.22	51.494	5.9	79.8	2.26
9:05	8	42.462179	11.208986	18.8	7.9	147.8	39.41	51.902	6.29	85.5	5.03
9:09	9	42.461472	11.202577	19	7.88	147.5	39.54	52.336	6.59	89.9	5.4
9:13	10	42.461705	11.196186	18.9	7.9	145.2	39.37	51.994	6.35	86.3	5.4

9:18	11	42.456721	11.190381	18.5	7.91	147.1	39.33	51.516	6.22	84	4.17
9:25	12	42.455482	11.198985	18.7	7.93	145.9	39.36	51.807	7.02	95.2	4.45
9:31	13	42.455784	11.208454	18.9	8.29	139.2	39.05	51.648	6.81	92.5	1.03
9:38	14	42.447878	11.205672	18.8	8.18	140.8	38.85	51.276	6.78	91.8	1.34
9:43	15	42.448532	11.195746	19	7.97	147.6	39.53	52.274	6.74	91.9	5.07
9:48	16	42.449281	11.185636	18.7	8.02	145.5	39.26	51.673	7.4	100.2	3.2
9:53	17	42.443303	11.181328	19	7.98	144.7	39.31	52.039	7.11	96.9	2.77
9:58	18	42.441117	11.190825	18.8	7.86	145.6	39.35	51.893	5.63	76.4	2.48
10:04	19	42.442008	11.198073	19.1	8.22	144.1	39.33	52.184	9.06	123.7	1.2
10:09	20	42.437224	11.195402	18.9	8.07	142.1	39.09	51.679	6.82	92.7	1.01
10:13	21	42.436269	11.187899	18.9	8.04	140	39.03	51.630	6.76	91.8	1.77
10:19	22	42.434957	11.179137	18.9	8.07	138.5	39.03	51.676	7.19	97.7	1.84

**Extension des activités de recherche menées dans le cadre du
"Service spécialisé pour la mise en œuvre d'activités expérimentales de surveillance
environnementale dans la lagune d'Orbetello au moyen d'un navire télécommandé dans le
cadre du projet RETRALAGS**

Résumé des activités menées et premières évaluations

Dans le prolongement du "Service spécialisé pour la mise en œuvre d'activités expérimentales de surveillance environnementale dans la lagune d'Orbetello au moyen d'un navire télécommandé" confié au Département des sciences physiques, de la Terre et de l'environnement (DSFTA) de l'Université de Sienna, la municipalité de Orbetello a chargé ce même service de réaliser de nouvelles activités à réaliser dans la période février-avril 2020 (Décision municipale n ° 224 du 20-03-2020), dans le but de mieux connaître les processus caractérisant les eaux de la lagune.

En particulier, les services attendus comprenaient :

- exécution de 4 autres campagnes de surveillance des eaux de la lagune à travers le navire USV à réaliser au cours de la période février-avril 2020 ;
- préparation des rapports de données à envoyer au système de validation de l'Organisme de Contrôle (ARPAT);
- traitement avec interpolation des données à l'aide d'un logiciel SIG, restitution cartographique et première évaluation des résultats obtenus, également à la lumière des investigations déjà menées par la DSFTA dans le cadre de la mission précitée.

Les activités de surveillance ont été suspendues en raison de l'urgence sanitaire de Covid-19 et ont repris en juin 2020 (O.d.S. Municipalité d'Orbetello, Prot. n° 21698/2020 du 18/06/2020). Des problèmes techniques ultérieurs, liés à la nécessité de remplacer la carte mère du drone flottant et de mettre à jour le logiciel dédié, n'ont pas permis de mettre en œuvre les campagnes dans les délais ; les activités se sont terminées le 6 octobre 2020.

Ce rapport présente les résultats des quatre campagnes menées lors de l'exécution de l'engagement de projet entrepris, avec quelques considérations à ce sujet.

1. ZONE D'ÉTUDE

La lagune d'Orbetello (GR) occupe une superficie d'environ 27 km² et se compose de deux bassins communicants appelés Laguna di Ponente et Laguna di Levante, séparés par un isthme qui abrite la ville d'Orbetello et par un pont artificiel (barrage Leopoldiana) reliant la ville à Monte Argentario (Fig. 1). Sous le pont, l'eau circule à travers des ouvertures d'environ 30 m qui, avec le canal du Glacis, qui sépare le centre historique d'Orbetello, permettent la communication entre les deux bassins.

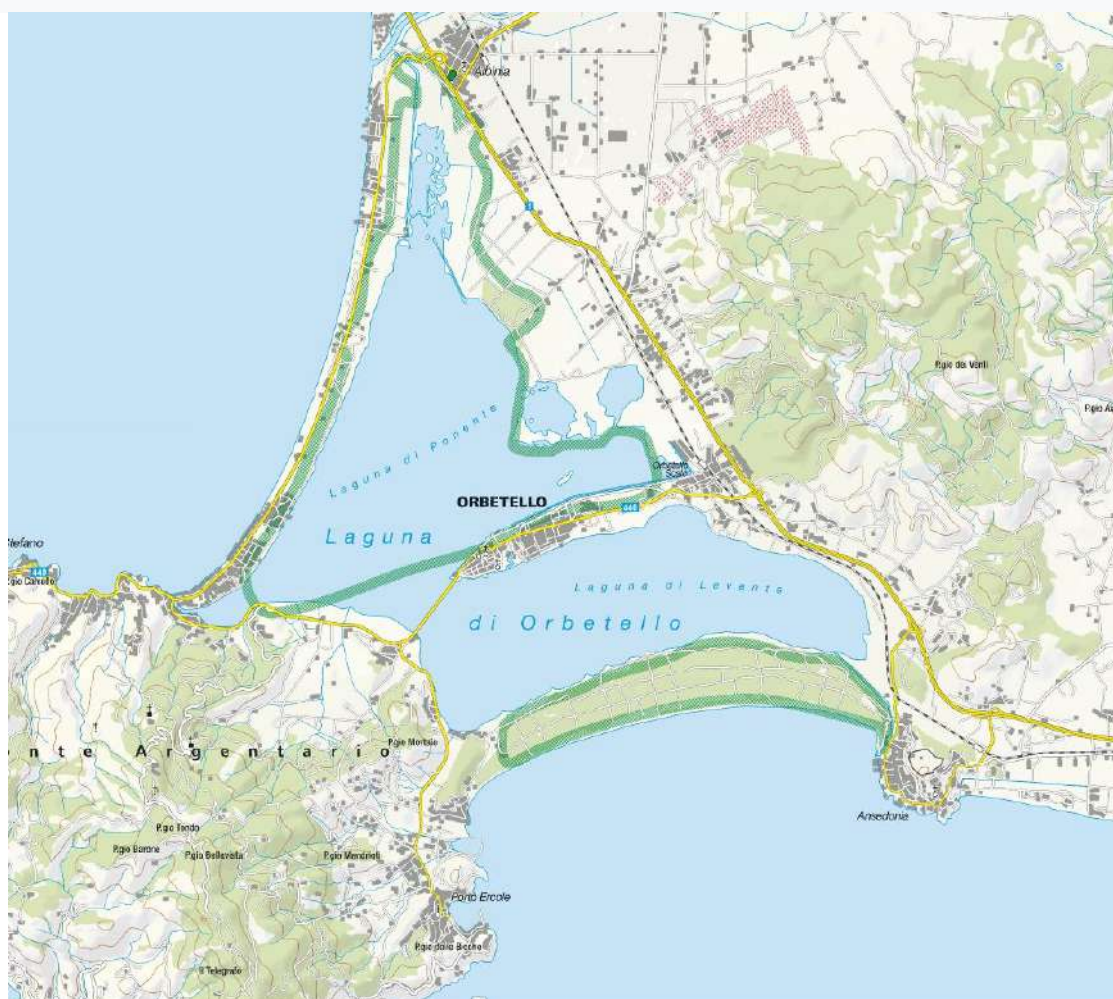


Figure 1 - Lagon d'Orbetello

L'ensemble du lagon est séparé de la mer Tyrrhénienne par le Giannella Tombolo (gisement de sable) au nord-ouest, la Feniglia Tombolo au sud-est et le promontoire de l'Argentario à l'ouest. La lagune de Ponente communique avec la mer par les canaux Nassa et Fibbia (ce dernier étant relié au tronçon terminal de la rivière Albegna), la lagune de Levante par le canal d'Ansedonia.

La zone lagunaire, de très haute valeur naturaliste, accueille une Réserve Régionale, deux Réserves d'Etat, une zone RAMSAR et est désignée, dans son intégralité, comme SIC et ZPS. De nombreux facteurs, tout d'abord le faible échange d'eau, la faible profondeur et les fortes concentrations de nutriments ont déterminé au fil des années et déterminent encore un fort déséquilibre trophique. Les dystrophies des lagunes sont bien documentées (Cognetti et. Al., 1978; Cognetti et. Al., 1981; Lenzi, 1992 Lenzi, 2020) et ont souvent été accompagnées de décès de poissons qui ont causé de graves dommages à l'économie locale (Innamorati, 1998), dont le dernier remonte à l'été 2015.

Depuis un certain temps, les procédures de gestion incluent la remise en état et la surveillance du système lagunaire pour comprendre son évolution écologique et prévenir l'apparition d'événements critiques. Dans le but d'améliorer les conditions environnementales, une Gestion d'un Commissaire a été créé à partir de 1992, qui a duré jusqu'en 2013. Les mesures d'amélioration mises en œuvre par le Commissaire Extraordinaire pour l'urgence environnementale de la lagune d'Orbetello visaient à contenir l'eutrophisation et envisagé trois mesures d'intervention principales :

1. la réduction croissante de l'apport direct de nutriments provenant des eaux usées civiles et des usines d'aquaculture ;
2. l'élimination de l'excès de biomasse de macroalgues grâce à l'utilisation de bateaux de collecte d'algues ;
3. accroître les échanges entre la mer et la lagune grâce à l'utilisation de pompes à eau; le pompage direct de l'eau de mer permet d'obtenir un régime de circulation forcée de la mer vers le bassin de Ponente, puis vers le bassin de Levante et retour vers la mer depuis le canal d'Ansedonia.

Après la conclusion de la gestion du Commissaire, la Région Toscane, la Province de Grosseto et la Commune d'Orbetello ont signé un accord en février 2014 (conformément à l'article 15 de la loi 241/1990) pour la «Gestion intégrée du système lagunaire». L'accord identifiait la région Toscane comme organisme d'exécution jusqu'au 31 décembre 2014, qui a été remplacée par la municipalité d'Orbetello du 1er janvier 2015 au 31 décembre 2016. Après la crise dystrophique de l'été 2015, qui a créé des conditions environnementales particulièrement critiques, en mai 2016, la Région Toscane a succédé à la Municipalité d'Orbetello et de 2017 à 2020 a assuré la gestion du système intégré de la Lagune, avec l'attribution d'une série d'interventions comprenant :

- fonctionnement des systèmes de pompage et de recirculation hydraulique;
- entretien de deux systèmes d'oxygénation desservant la région d'Ansedonia;
- activation de la technique de « remise en suspension des sédiments »;
- collecte de biomasse algale, entretien des véhicules, des usines et des équipements.

A partir de mai 2013, la Région Toscane a confié à l'ARPAT des activités de surveillance dans le lagon, à réaliser en continu à l'aide de trois sondes multiparamétriques (une à l'ouest, deux à l'est) et quatre hydromètres.

2. ORGANISATION DE CAMPAGNES DE SURVEILLANCE

Les quatre campagnes expérimentales supplémentaires pour la détection des principaux paramètres chimiques, physiques et biologiques (température, pH, conductivité, potentiel redox, salinité, oxygène dissous et chlorophylle) ont été menées en juin, juillet et octobre 2020. Comme prévu dans l'introduction, les mesures adoptées en vue de contenir et de gérer l'urgence épidémiologique du Covid-19 et l'échec instrumental survenu le 30 juillet ont empêché le respect du calendrier programmé, obligeant à reporter la fin des activités au 7 octobre.

Comme d'habitude, au début de chaque journée de surveillance, les opérateurs ont effectué des inspections depuis le sol et, si nécessaire, dans le lagon (en bateau) pour identifier la présence de masses d'algues de surface et de nouveaux obstacles immergés afin d'éviter, dans la mesure du possible, l'interruption de la surveillance causée par le blocage de la navigation par drone.

La définition préliminaire des secteurs à l'étude et la programmation des missions de drones USV ont été effectuées au sol, dans les stations de départ identifiées. Le critère retenu dans la sélection des zones lagunaires à suivre, compte tenu du caractère innovant et prototype de cette méthodologie, a pris en compte la nécessité de maximiser l'extension de la zone afin d'évaluer les capacités de couverture spatiale et, dans le même temps, de minimiser la probabilité d'interruption de mission pour obtenir des mesures homogènes, dans le temps et dans l'espace, à chaque nœud de la grille d'échantillonnage.

Pour une première évaluation de la variabilité environnementale (spatiale et / ou temporelle) des mesures des paramètres sélectionnés, aussi bien au cours d'une seule mission que sur deux jours suivants (à une heure similaire), la campagne des 25-26 juin et celle du 9-10 juillet se sont déroulées dans le même secteur lagunaire, en inversant le sens de la mission de suivi (premier jour dans le sens Nord → Sud, deuxième jour dans le sens Sud → Nord). Les deux campagnes suivantes (1-2 octobre et 5-6 octobre) ont été réalisées selon les méthodes habituelles: un jour (le matin, sauf indication contraire) une section d'un bassin lagunaire a été surveillée et le lendemain une section de l'autre bassin. Un imprévu mécanique, associé à des conditions météorologiques défavorables, il a obligé l'exécution de la première campagne en octobre vers un suivi moins rigoureux du maillage régulier, utilisant un système de transept irrégulier au moyen d'un petit bateau, avec l'acquisition d'un plus petit nombre de mesures. Le même processus a été utilisé pour la campagne suivante, collectant davantage de données.

3. TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données ont été enregistrées au moyen du cahier placé à bord du drone. À l'aide d'une connexion à distance, l'opérateur a vérifié la progression des missions depuis la station au sol, jusqu'aux distances parcourues par le signal. Les points de surveillance sont géoréférencés et les paramètres surveillés sont enregistrés au format CSV, qui peuvent être exportés et traités dans un environnement SIG. Les logiciels Excel 2013 et QGIS ont été utilisés pour le traitement des données et le rendu cartographique interpolé des paramètres Température (°C), pH, Conductivité (mS / cm), Potentiel redox (mV) et Oxygène dissous (mg / L) 3.10 (*open source*). Avec interpolation, une zone de valeurs du paramètre considéré est estimée dans les zones non surveillées à partir des valeurs connues des points environnants.

4. RÉSULTATS

Les pages suivantes présentent les cartes d'interpolation spatiale des mesures des principaux paramètres physico-chimiques retenus pour le suivi des eaux lagunaires. Sur les figures, les extrêmes de l'intervalle chromatique visibles dans la légende correspondent à des valeurs proches du minimum et du maximum enregistrés lors de la surveillance unique. Les données relatives à chaque point d'échantillonnage, avec indication de la date, de l'heure et des coordonnées géographiques, sont présentées en annexe.

5. CONCLUSIONS

Au vu des données collectées lors du suivi expérimental des eaux lagunaires avec le navire USV, le tableau général, limité à la période d'observation, semble identifier une plus grande fragilité trophique du bassin du Levante, où les niveaux de DO de la période avril-juin 2019 ils sont maintenus constamment plus bas qu'à Ponente. Dans la lagune de Ponente les variations des paramètres considérés suivent des tendances plus régulières, à l'exception de quelques perturbations dans la zone centrale, imputables aux sens d'écoulement de la circulation forcée et à la présence de bancs de macroalgues. Dans le secteur oriental du bassin de Levante, en revanche, les paramètres physico-chimiques mesurés sont influencés par l'entrée dans la lagune des eaux du Fosso del Perugino, qui reçoit les eaux usées de l'usine piscicole voisine.

Pour s'assurer que les émissions susmentionnées n'affectent pas la vulnérabilité du système lagunaire, il est suggéré que des activités de contrôle soient mises en œuvre dans cette zone au cours de la période printemps-été, à travers un plan de surveillance de la colonne d'eau et des sédiments.