



Venezia 2021

Programma di ricerca scientifica per una laguna “regolata”

Linea 2.2

Inquinanti prioritari e rilascio di sostanze pericolose dal sedimento

D2.2.1.1

Rapporto di campo della prima sperimentazione

**D. Cassin, L. Dametto, S. Leoni,
G. Lorenzetti, G. Manfè, S. Pasqual,
M. Sigovini, D. Tagliapietra, R. Zonta
(CNR-ISMAR)**

29/02/2020

Sommario

1. Introduzione	3
2. Materiali e Metodi	5
3. Risultati	9
3.1 Analisi di carote di sedimento	9
3.2 Dati acquisiti nell'area di San Giuliano	11
3.3 Dati acquisiti nell'area di Campalto	13
3.4 Dati acquisiti nell'area delle Tresse	16
3.5 Dati acquisiti nell'area di Sacca Sessola	18
4. Considerazioni programmatiche	22
5. Test condotti nel periodo febbraio – marzo 2020	25
6. Note conclusive	27
Bibliografia	30



Test di quattro camere bentiche poste ad operare nello stesso sito per misure test.

1. Introduzione

Con l'inizio dell'operatività del sistema MOSE, nelle fasi di regolazione della marea, si registrerà una temporanea riduzione dell'idrodinamica e il conseguente aumento dei tempi di ricambio delle acque nello specchio lagunare. In tali condizioni, la laguna potrà subire un'alterazione dei suoi cicli biogeochimici, eventualmente amplificata dai cambiamenti climatici. Questi ultimi possono infatti contribuire all'aumento della frequenza degli eventi anossici attraverso l'aumento della temperatura dell'acqua e del flusso di nutrienti dal bacino scolante durante gli eventi di precipitazione intensa.

Verosimilmente si verificherà un aumento dei fenomeni di ipossia/anossia delle acque, che si ripercuoteranno sullo stato dei sedimenti superficiali. In questa prospettiva, è importante studiare il rilascio dal sedimento alla colonna d'acqua sovrastante dei contaminanti di maggiore pericolosità e il loro trasferimento alla rete trofica. In zone a bassa profondità come la laguna di Venezia; l'interazione tra dinamiche bentiche e pelagiche è infatti particolarmente intensa e gioca un ruolo fondamentale nel funzionamento e nella salute della laguna.

Con la maggiore stagnazione delle acque nei bassi fondali lagunari può in particolare verificarsi un aumento della metilazione del mercurio e delle concentrazioni di MMHg (mono-metilmercurio) nei sedimenti e nell'acqua. Questa possibilità è da considerarsi un rischio per l'ecosistema lagunare, essendo il MMHg rapidamente assimilabile e biomagnificato nella catena trofica.

Studi pregressi (es: Zonta *et al.*, 2018) hanno evidenziato come nella laguna di Venezia il mercurio sia il metallo pesante più pericoloso per gli organismi acquatici, identificando inoltre le aree di maggiore accumulo. La concentrazione di mercurio nello strato superficiale biologicamente attivo di sedimento (0-5 cm) ha superato il valore del NOAA Effect Range-Median (ERM = 0.70 mg/kg) nel 27% dei campioni analizzati, corrispondente al 20% della superficie dei bassi fondali lagunari.

Il deficit di ossigeno all'interfaccia acqua-sedimento e nella colonna d'acqua può determinare un aumento dell'estensione dell'habitat ideale per i batteri metilatori, che appartengono a varie famiglie anaerobiche (Gilmour *et al.*, 2013). Tali organismi sono generalmente attivi in pochi mm – cm di sedimento (Merritt and Amirbahman, 2009) o in micro-nicchie anaerobiche che si creano all'interno del particolato in sospensione (Ortiz *et al.*, 2015); l'instaurarsi di condizioni anossiche potrebbe favorire la colonizzazione di superfici molto più ampie (decine di cm – m) da parte dei batteri metilatori.

Inoltre, il verificarsi di condizioni ipossiche o anossiche favorisce il rilascio delle specie di Hg in fase disciolta e quindi l'incremento della metilazione e dei flussi all'interfaccia acqua-sedimento (Emili *et al.*, 2014; Koron and Faganelli, 2012; Rosati *et al.*, 2018). Il trasferimento del MMHg alla catena trofica potrebbe quindi incrementare significativamente, con possibili impatti negativi sull'ecosistema e la compromissione della qualità commerciale dei prodotti ittici.

I sedimenti lagunari hanno un alto potenziale di metilazione (Han *et al.*, 2007), in particolare laddove lo *shear stress* generato dalle correnti di marea accelera il trasferimento di Hg e MMHg dai sedimenti alla colonna d'acqua (Guédron, *et al.*, 2012). Un assorbimento diretto da parte di invertebrati bentonici, come cozze e vongole, ma anche la biomagnificazione del MMHg nella catena trofica (Dominik *et al.*, 2014), possono rappresentare un potenziale pericolo per la qualità del prodotto ittico, con conseguenze dannose per la salute dei consumatori (Berti *et al.*, 2015).

Il principale obiettivo della Linea 2.2 del Progetto Venezia2021 è migliorare la comprensione dei fattori idrodinamici e biogeochimici che favoriscono la produzione e l'export del MMHg, attraverso un approccio che integra indagini di campo e di laboratorio con la modellistica numerica.

In questo ambito è stata pianificata una sperimentazione con l'impiego di camere bentiche (task 2.2.1.1) per acquisire dati sulla domanda biochimica di ossigeno del sedimento (SOD), in differenti condizioni stagionali, in aree lagunari che potrebbero essere sede di rilascio di MMHg in situazioni di stagnazione delle acque. I risultati attesi sono di rilievo anche nel contesto degli effetti dei cambiamenti climatici.

Questo Deliverable descrive le attività tecnico-scientifiche e sperimentali per lo sviluppo di un modello di camera bentica idonea allo studio, i dati acquisiti in 4 zone della laguna di Venezia nel periodo estivo – autunnale del 2019, la pianificazione delle attività propedeutiche all’acquisizione di serie di dati nel periodo aprile 2020 – agosto 2021.

2. Materiali e Metodi

2.1 Camere bentiche

Attraverso una selezione della strumentazione disponibile al CNR-ISMAR e di quella reperibile sul mercato, all'inizio delle attività è stata selezionata la sonda multiparametrica Eijkelkamp AP-2000 (Agriseach Equipment, Giesbeek, The Netherlands) per essere utilizzata all'interno delle camere bentiche.

Nella prima metà del 2019, sono stati realizzati e testati alcuni prototipi di camera bentica, costruiti in house presso CNR-ISMAR, per la misura della SOD.

La geometria del primo prototipo costruito è un tronco conico toroidale (Figura 1), con la sonda (S) alloggiata in un contenitore esterno (C). Una pompa (P) produce un movimento dell'acqua interno alla camera bentica attraverso dei diffusori (D) e fa fluire l'acqua nel contenitore esterno. Una flangia in alluminio (F) solidale alla camera consente di determinare la profondità di inserimento nel sedimento (s),

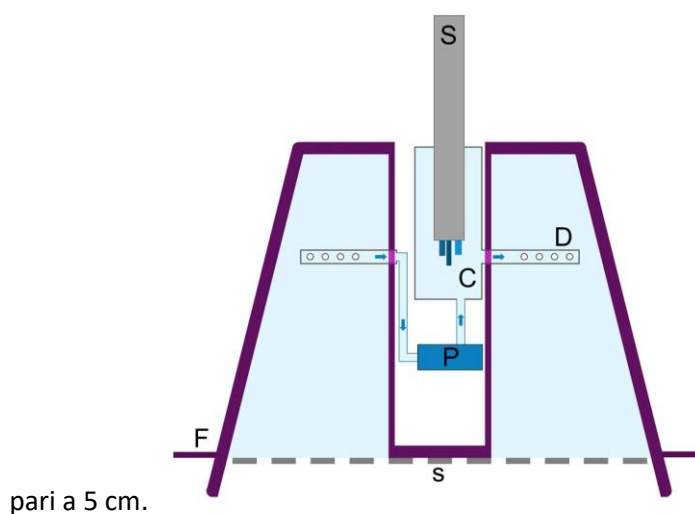


Figura 1. Schema della camera bentica troncoconica toroidale (sinistra) e foto del primo prototipo (destra). S = sonda; C = contenitore di alloggiamento della sonda; P = pompa; D = diffusori; F = flangia; s = sedimento.

I principali problemi riscontrati con questo prototipo sono stati l'influenza della temperatura della colonna d'acqua esterna sul contenitore di alloggiamento, e quindi sulla lettura della sonda, e un rapporto fra il volume di acqua incamerato e la superficie di sedimento investigata verosimilmente troppo elevato, rispetto agli intervalli temporali di misura.

La configurazione tronco-conica toroidale è stata quindi abbandonata nel mese di maggio 2019, in favore di un prototipo con geometria cilindrica. Questo è stato testato in campo, con e senza la generazione di un flusso di acqua all'interno della camera realizzato tramite una pompa, atto ad evitare stratificazioni. Per valutare la possibilità che il moto dell'acqua generato dalla pompa determini la risospensione di sedimento, sono stati effettuati test di laboratorio, utilizzando una fotocamera e osservando il movimento di filamenti plastici ancorati al fondo all'interno della camera.

La camera bentica che è stata costruita e impiegata da luglio a ottobre 2019 è descritta in Figura 2 nella sua forma finale. È costituita da un cilindro con coperchio superiore in PVC, di diametro esterno ca. 32 cm e altezza ca. 36 cm. Una flangia (F) in Plexiglas solidale alla camera consente di determinare la lunghezza di inserimento del cilindro nel sedimento, pari a 10 cm; la flangia presenta dei fori che riducono la spinta idrostatica quando la camera viene fatta scendere nella colonna d'acqua. Una volta inserita nel sedimento, il volume d'acqua interno alla camera è pari a ca. 18 litri, con un rapporto diametro / altezza pari a ca. 1.15.

La sonda multiparametrica (S) è inserita all'interno della camera attraverso un manicotto (B) costituito da strati di differenti materiali plastici, per mantenere la camera il più possibile stagna. La sonda è posizionata all'interno della camera in modo che il suo sensore più lungo (pH/ORP) si trovi a 2 cm dall'interfaccia acqua – sedimento (i) e di conseguenza il sensore più corto (optical DO) a circa 3 cm.

Una pompa (P) fissata esternamente al coperchio permette il mescolamento dell'acqua all'interno della camera attraverso quattro diffusori (D). Si tratta di tubi in PVC tappati all'estremità inferiore, con 5 fori passanti praticati lungo la verticale e ruotati in modo che l'acqua fluisca lungo la direzione parallela al bordo della camera. Due diffusori posizionati a 180° l'uno dall'altro producono un flusso all'interno della camera, gli altri due il deflusso. In questo modo l'acqua viene aspirata e reimpressa da differenti livelli lungo la verticale della camera, senza indurre una circolazione rotatoria, che potrebbe favorire la risospensione di sedimento. Sul circuito di ingresso della pompa è presente un tubo (I) regolato da un rubinetto, per consentire l'innesco della pompa all'inizio della misura.

Sul coperchio è inoltre presente un tubo (A), regolato da un rubinetto, che comunica con il livello superiore della camera e permette lo sfiato completo dell'aria quando la camera viene collocata in situ. Infine, il prelievo di campioni d'acqua dall'interno della camera è possibile attraverso un tubo (C), anch'esso regolato da un rubinetto, che termina in prossimità dei sensori della sonda.

La camera viene inserita nel sedimento grazie a due aste d'acciaio, che attraversano la flangia (F) mediante due fori calibrati (f), posti a 180° l'uno dall'altro, mantenuti in sede da una guida metallica (g) solidale alla camera e da un nastro di materiale sintetico, stretto con un tenditore attorno al diametro della camera (Figura 3).

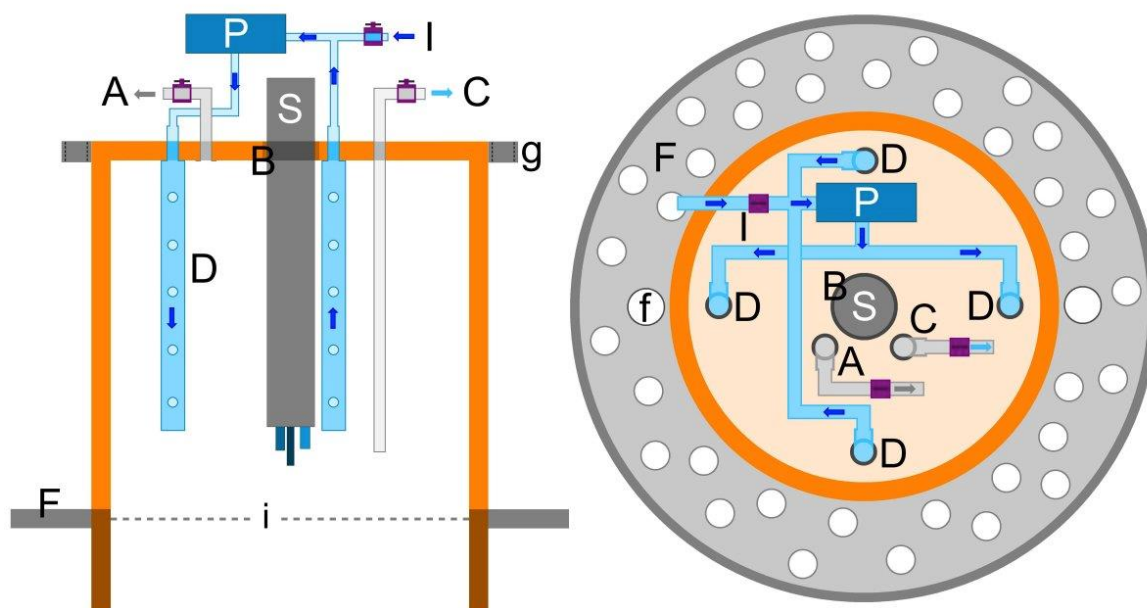


Figura 2. Schema della camera cilindrica impiegata dal mese di maggio 2019. S = sonda; P = pompa; D = diffusori; F = flangia; B = manicotto; I = ingresso per innesco pompa; A = sfiato aria; C = collegamento per prelievo campioni d'acqua; i = interfaccia acqua-sedimento; g = guide metalliche; f = fori per inserimento di aste in acciaio.

2.2 Aree di indagine

Per l'indagine sulla SOD sono state identificate 4 aree lagunari (denominate "San Giuliano", "Campalto", "Tresse" e "Sacca Sessola") e all'interno di ciascuna di esse 4 siti (Figura 3), per un totale di 16. Le coordinate dei siti scelti sono riportate in Tabella 1.

La sperimentazione con le camere bentiche viene effettuata con l'intento di osservare variazioni nella SOD: i) nelle differenti stagioni, ii) fra un gruppo e l'altro di siti, iii) fra un sito e l'altro dello stesso gruppo.

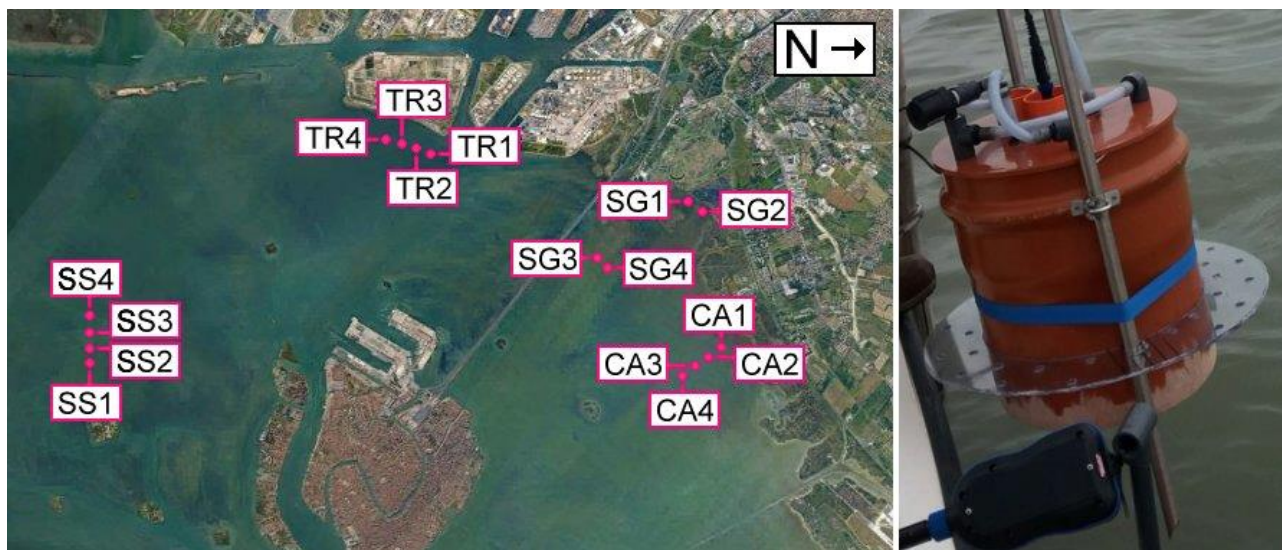


Figura 3. A sinistra, ubicazione delle stazioni oggetto dello studio della domanda di ossigeno del sedimento: Sacca Sessola (SS), Tresse (TR), San Giuliano (SG), Campalto (CA). A destra, una camera bentica cilindrica costruita *in house*.

Tabella 1. Coordinate geografiche WGS84 delle stazioni di misura dello studio della domanda biochimica di ossigeno del sedimento.

Stazione	Longitudine	Latitudine
SS1	12.31079	45.40378
SS2	12.30823	45.40378
SS3	12.30567	45.40378
SS4	12.30310	45.40377
TR1	12.27639	45.44318
TR2	12.27554	45.44151
TR3	12.27478	45.43979
TR4	12.27403	45.43807
CA1	12.30827	45.47687
CA2	12.30979	45.47542
CA3	12.31131	45.47395
CA4	12.31285	45.47252
SG1	12.28410	45.47321
SG2	12.28599	45.47469
SG3	12.29325	45.46237
SG4	12.29499	45.4637

3. Risultati

3.1 Analisi di carote di sedimento

Nel corso di una campagna di misura effettuata il giorno 7 maggio 2019, utilizzando un carotiere a pistone, è stata prelevata una carota di sedimento di circa 20 cm di lunghezza in ciascuno dei 16 siti, allo scopo di acquisire un dato preliminare sulle caratteristiche tessiturali del sedimento, che verranno investigate con maggior dettaglio nel 2020 attraverso nuovi prelievi.

In laboratorio, da ciascuna carota sono stati prelevati 4 strati corrispondenti alle seguenti profondità: da 0 a 1 cm; da 1 a 2 cm; da 2 a 4 cm; da 4 a 6 cm. I 64 campioni ottenuti sono stati setacciati con un setaccio a maglia pari a 1 mm, per eliminare frammenti di conchiglia e altri residui macroscopici, e quindi omogeneizzati. Un'aliquota di ciascun campione è stata poi avviata all'analisi dimensionale, effettuata con strumentazione laser presso CNR-IRET di Pisa. La Figura 4 mostra lo spettro dimensionale dei campioni, suddivisi nelle quattro aree di indagine. Per l'area di Sacca Sessola viene mostrato lo spettro di un solo sito, perché i campioni degli altri tre siti sono stati scartati in conseguenza di un errore di etichettatura nella procedura di preparazione dei campioni. La Figura 5 mostra, per tutti i campioni validi, l'andamento lungo il profilo verticale dei valori del diametro $D(50)$, che discrimina il 50% del campione su base volumetrica. I profili che si discostano da un trend approssimativamente verticale (in particolare quelli dei siti CA4, SG3, TR2, TR3 e SS4) evidenziano differenze nella distribuzione dimensionale delle particelle fra i quattro strati di sedimento esaminati.

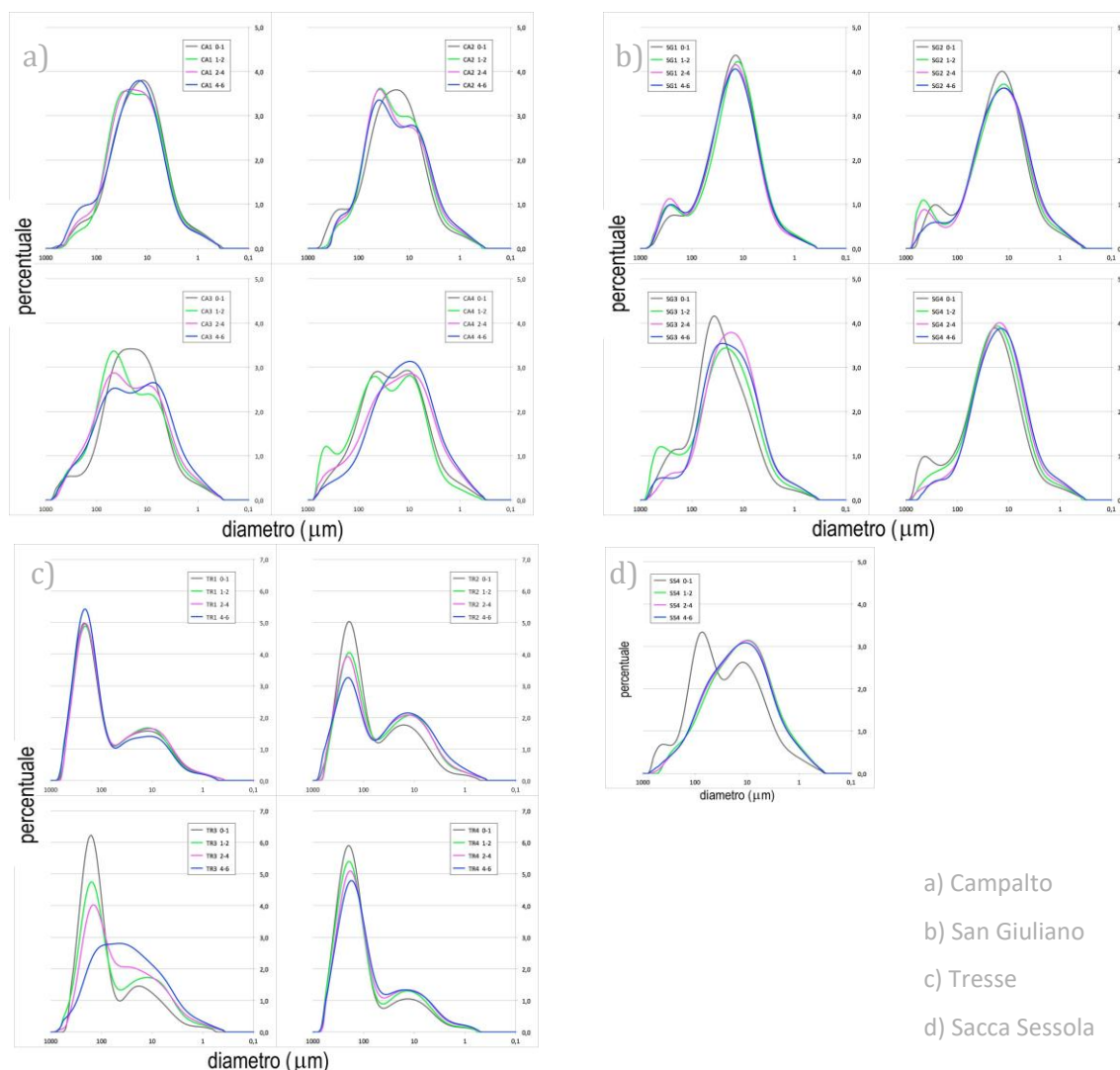


Figura 4. Spettri dimensionali misurati nelle 4 aree di indagine.

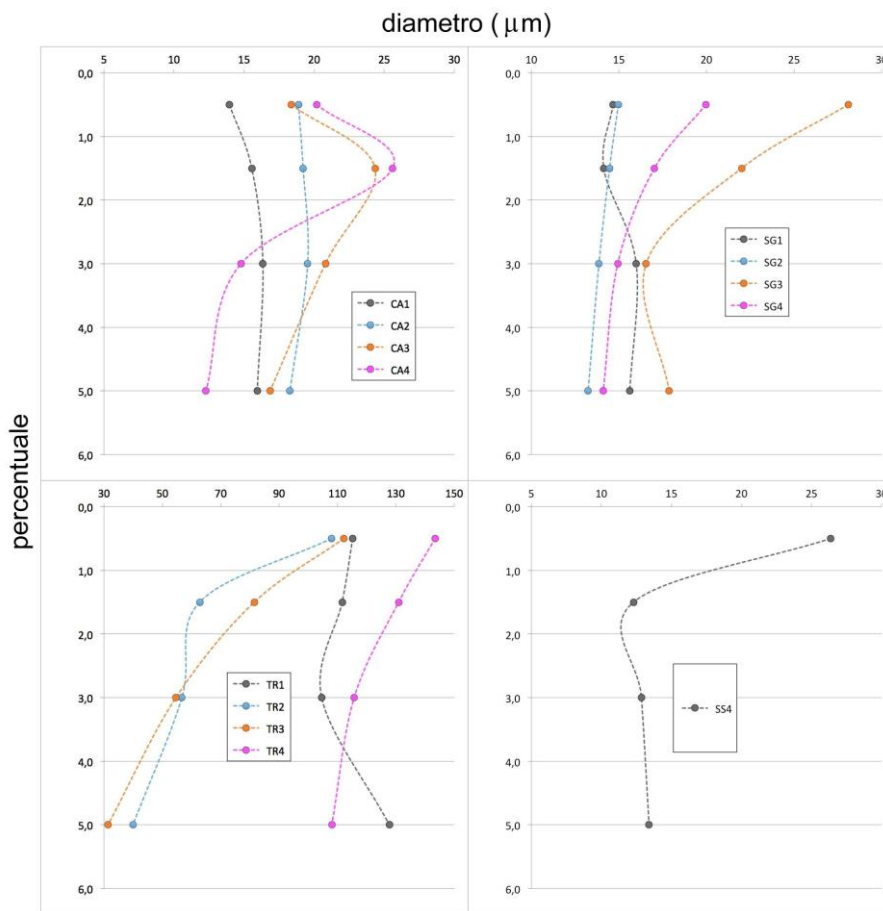


Figura 5. Andamento lungo il profilo verticale dei valori del diametro D(50) nelle 4 aree oggetto dell'indagine.

La distribuzione dimensionale riscontrata nei siti dell'area Tresse descrive un sedimento con un'eccessiva presenza di particelle grossolane (diametro $> 63\mu\text{m}$) rispetto alle condizioni ricercate per l'indagine da realizzare con l'impiego delle camere bentiche. Nel corso dei sopralluoghi effettuati all'inizio delle attività di progetto, erano state prelevate carote di sedimento in tutte le aree individuate come potenzialmente idonee all'indagine, incluse le Tresse. Le carote sono state estruse dal carotiere e osservate in situ e, sebbene rivelassero al tatto una granulometria più grossolana rispetto alle altre aree, non sono sembrate presentare un contenuto così elevato di sabbie fini, così come è poi risultato dall'analisi dimensionale.

3.2 Dati acquisiti nell'area di San Giuliano, camere bentiche

Le Figure 6 (a-b) mostrano l'andamento delle variabili chimico-fisiche registrate dalle camere bentiche nei 4 siti dell'area di San Giuliano, rispettivamente nei giorni 10 settembre (a) e 21 ottobre (b) 2019.



Figura 6a. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 4 camere bentiche nei siti dell'area di San Giuliano, il 10 settembre 2019.

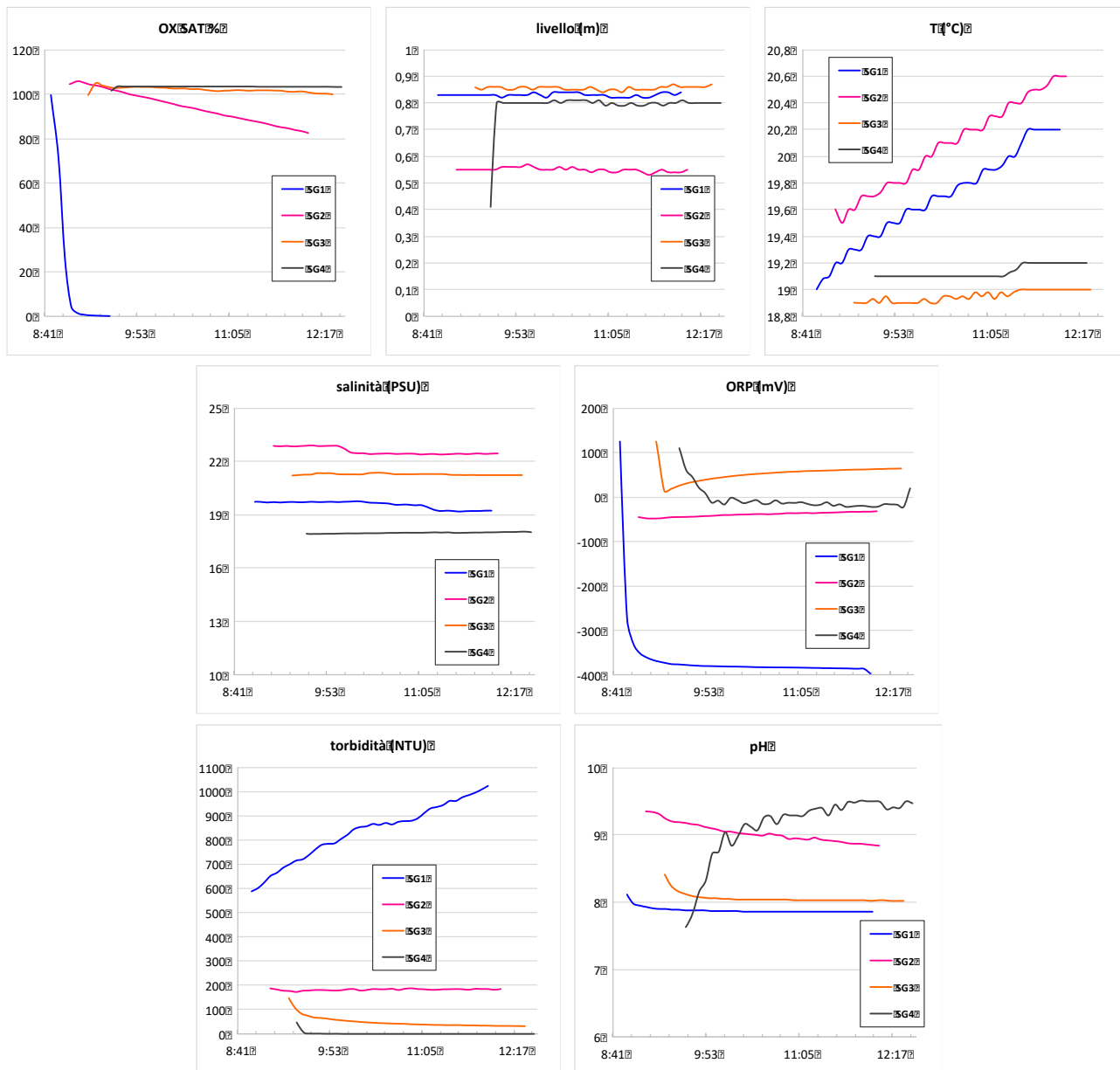


Figura 6b. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 4 camere bentiche nei siti dell'area di San Giuliano, il 21 ottobre 2019.

3.3 Dati acquisiti nell'area di Campalto, camere bentiche

Le Figure 7 (a-c) mostrano l'andamento delle variabili chimico-fisiche registrate dalle camere bentiche nei 4 siti dell'area di Campalto, rispettivamente nei giorni 19 agosto (a), 9 settembre (b) e 22 ottobre (c) 2019.



Figura 7a. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 4 camere bentiche nei siti dell'area di Campalto, il 19 agosto 2019.

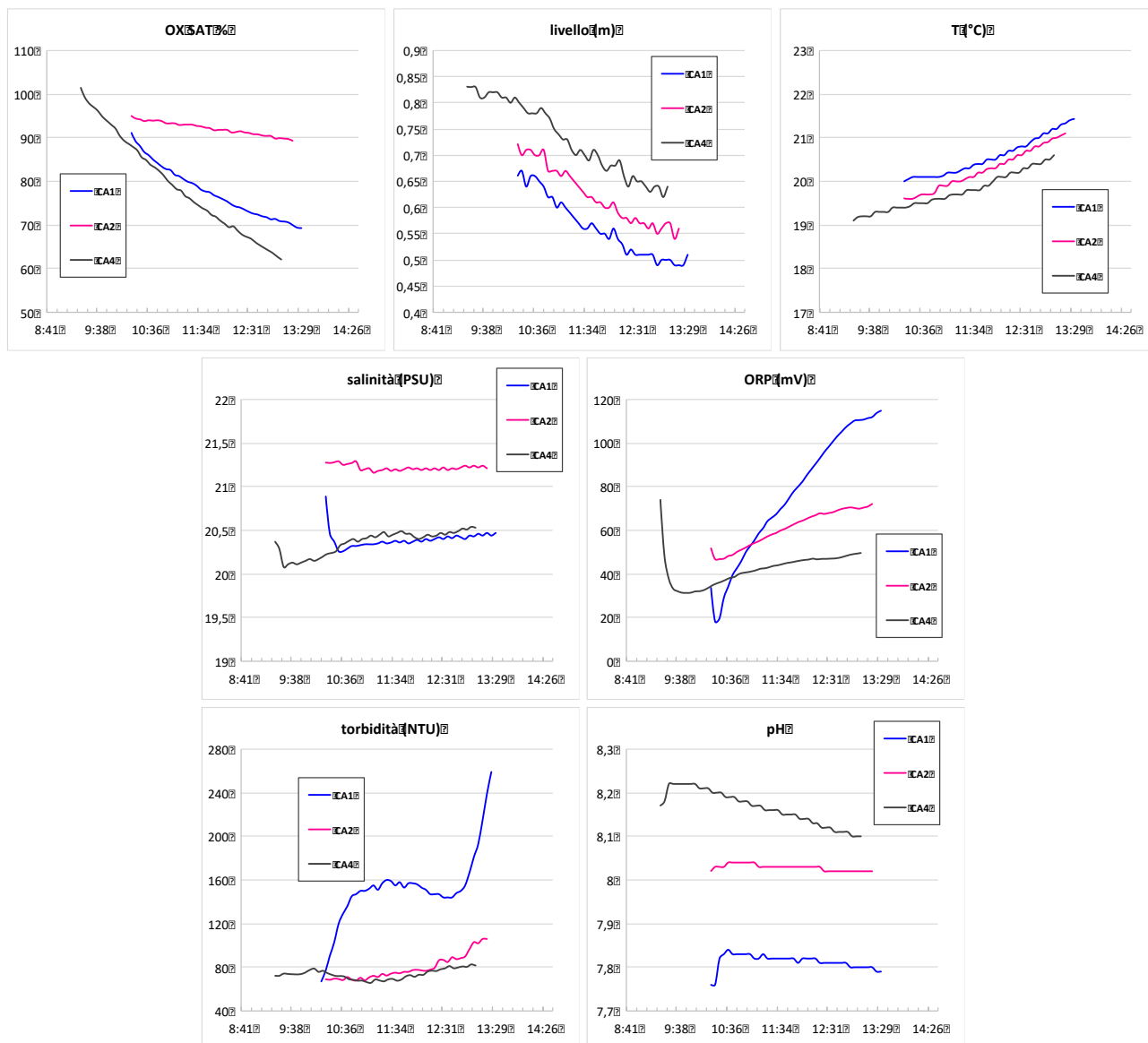


Figura 7b. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 3 camere bentiche nei siti dell'area di Campalto, il 9 settembre 2019.

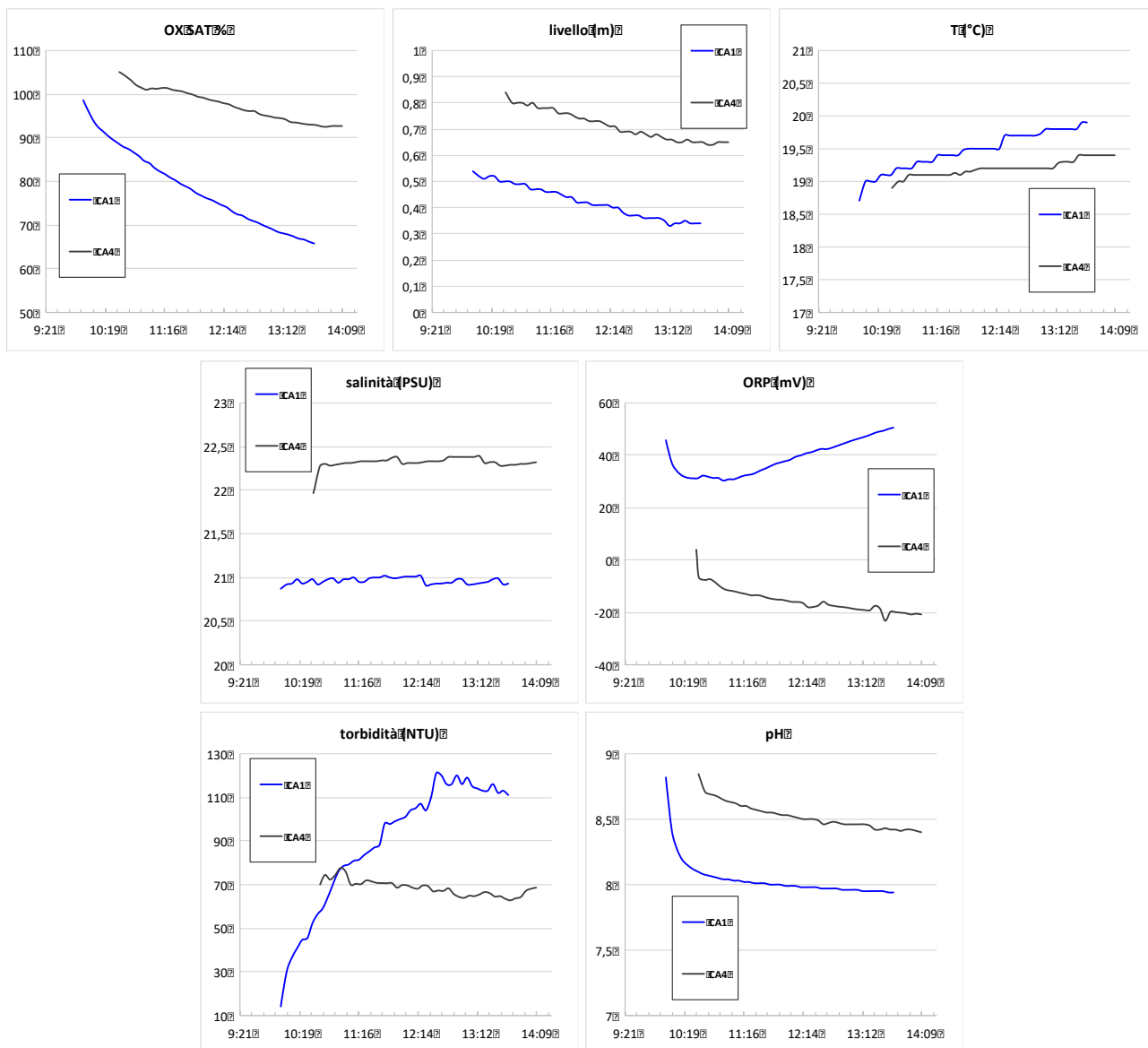


Figura 7c. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 2 camere bentiche nei siti dell'area di Campalto, il 22 ottobre 2019.

3.4 Dati acquisiti nell'area delle Tresse, camere bentiche

Le Figure 8 (a-b) mostrano l'andamento delle variabili chimico-fisiche registrate dalle camere bentiche nei 4 siti dell'area delle Tresse, rispettivamente nei giorni 12 settembre (a) e 25 ottobre (b) 2019.

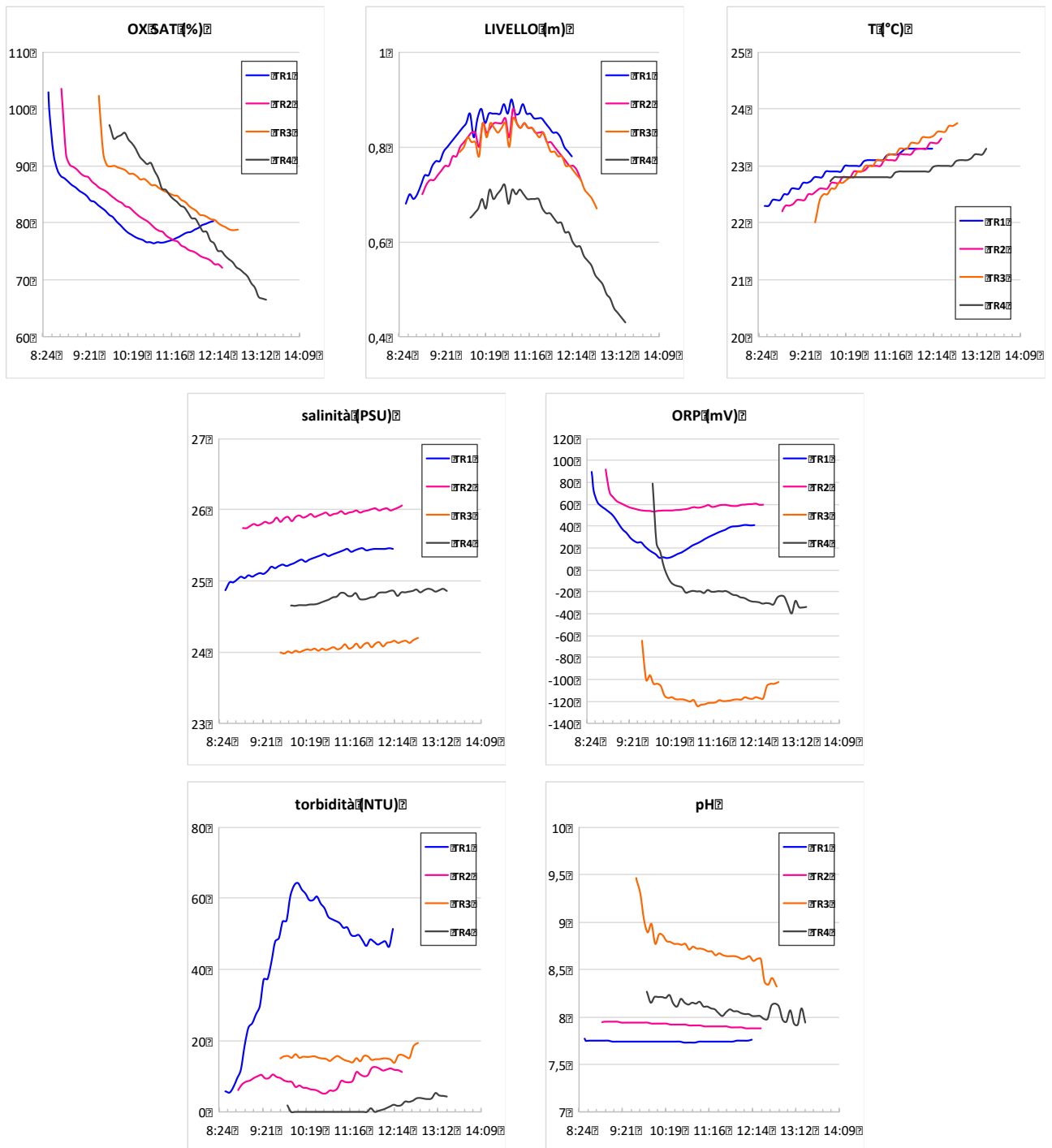


Figura 8a. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 4 camere bentiche nei siti dell'area delle Tresse, il 12 settembre 2019.

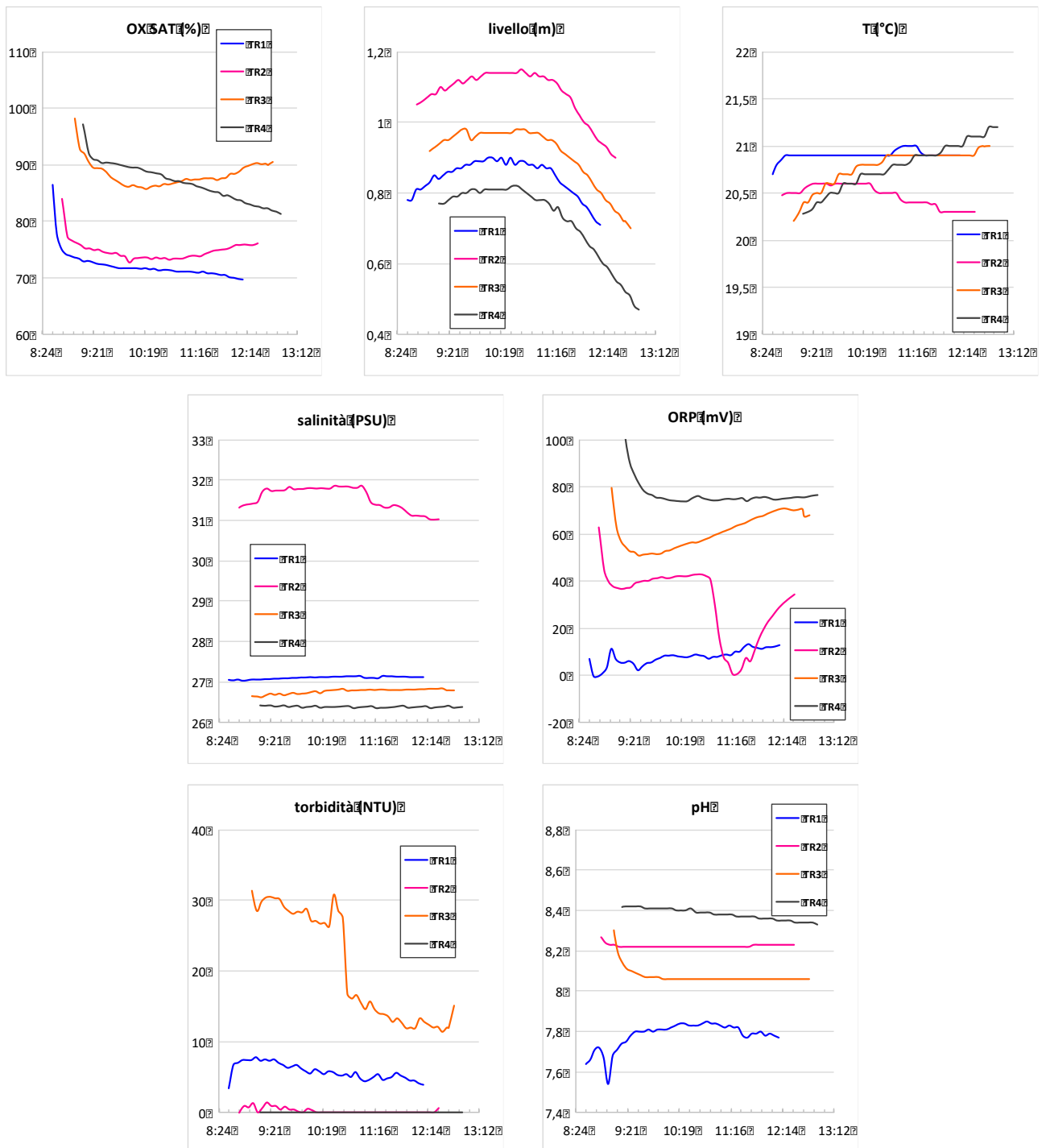


Figura 8b. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 4 camere bentiche nei siti dell'area delle Tresse, il 25 ottobre 2019.

3.5 Dati acquisiti nell'area di Sacca Sessola, camere bentiche

Le Figure 9 (a-d) mostrano l'andamento delle variabili chimico-fisiche registrate dalle camere bentiche nei 4 siti dell'area di Sacca Sessola, rispettivamente nei giorni 31 luglio (a), 5 agosto (b), 13 settembre (c) e 24 ottobre 2019 (d).

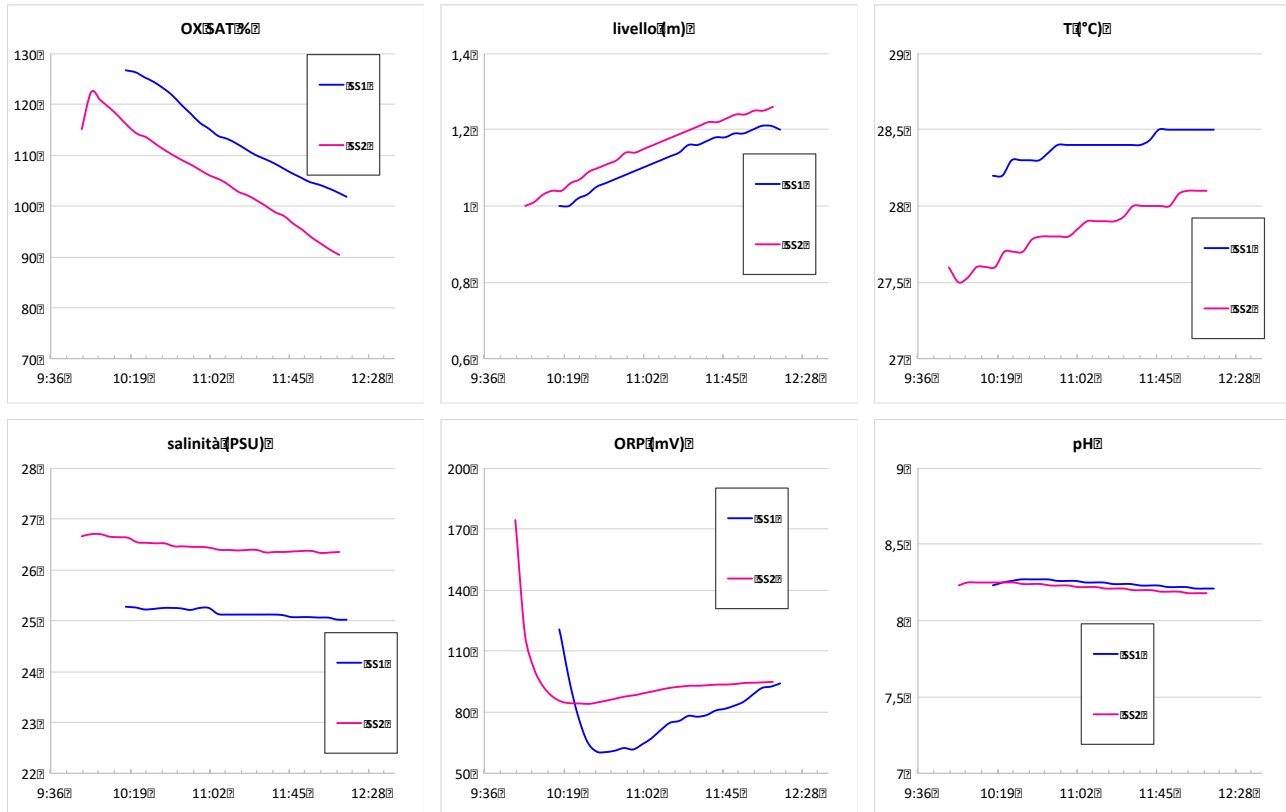


Figura 9a. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 2 camere bentiche nei siti dell'area di Sacca Sessola, il 31 luglio 2019. Il sensore per la misura della torbidità non era disponibile a quel tempo.

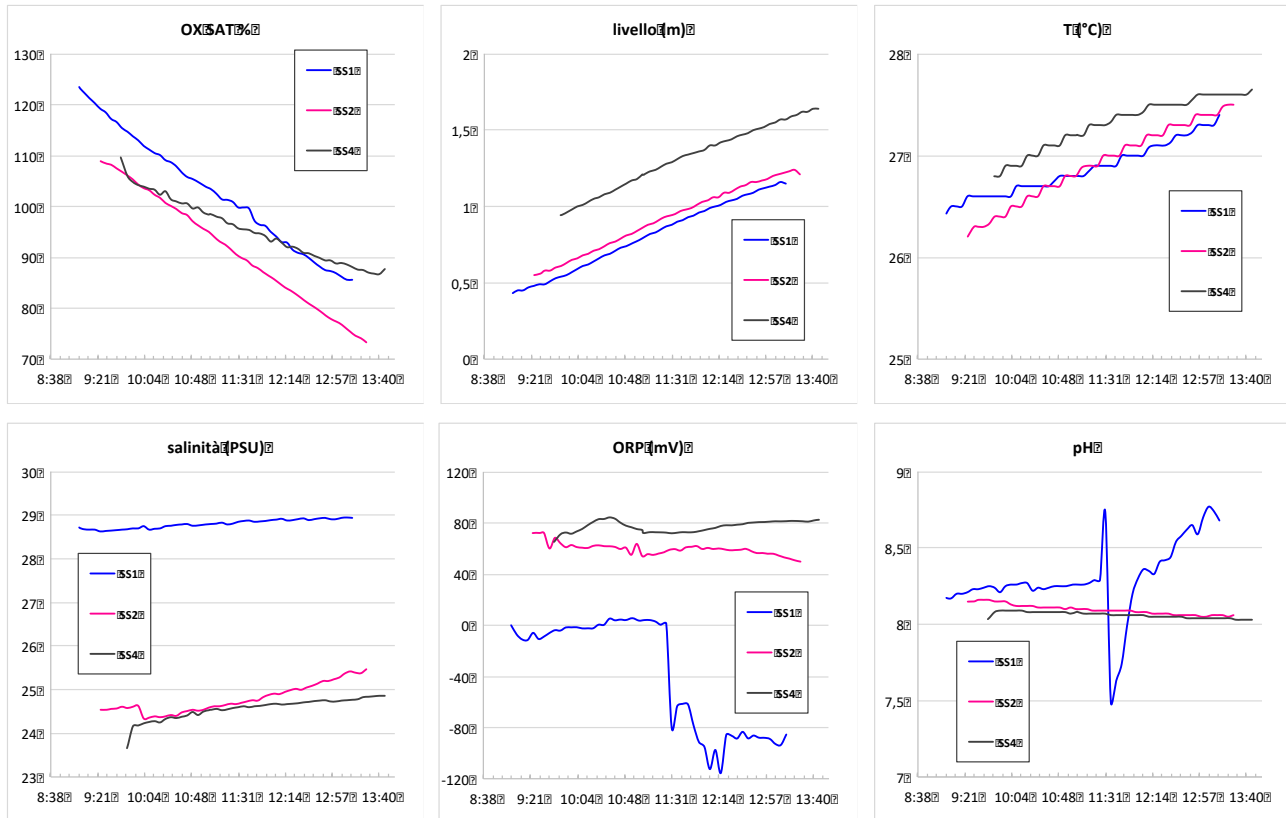


Figura 9b. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 3 camere bentiche nei siti dell'area di Sacca Sessola, il 5 agosto 2019. Il sensore per la misura della torbidità non era disponibile a quel tempo.



Figura 9c. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 4 camere bentiche nei siti dell'area di Sacca Sessola, il 13 settembre 2019.

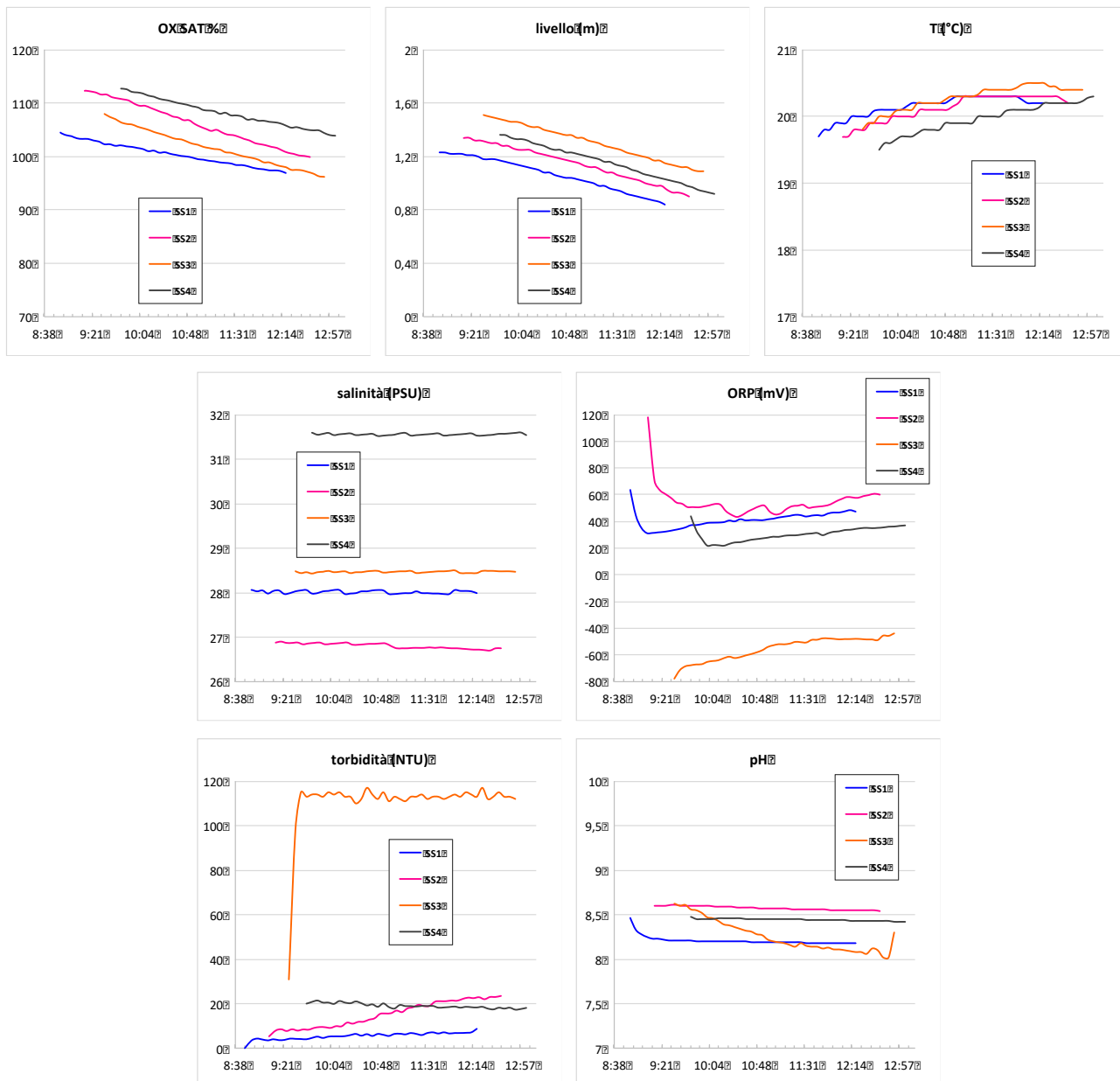


Figura 9d. Andamento delle variabili chimico-fisiche registrate da 4 camere bentiche nei siti dell'area di Sacca Sessola, il 24 ottobre 2019.

4. Considerazioni programmatiche

Le serie di dati che alla fine del 2019 sono risultate coerenti e utili per l'analisi, al di là dei necessari test strumentali e delle migliorie tecniche introdotte via via per le camere bentiche, hanno fornito indicazioni incoraggianti, tali da far prevedere che le misure sistematiche programmate per il periodo aprile 2020 – agosto 2021 possano produrre risultati interessanti.

La Figura 10a mostra ad esempio l'andamento della concentrazione di ossigeno registrato nei 4 siti dell'area di Campalto, il 13 agosto 2019, con una temperatura media dell'acqua pari a circa 28°C. I quattro siti sono ubicati lungo una linea circa perpendicolare al bordo lagunare con la terraferma. Il consumo di ossigeno è gradualmente maggiore avvicinandosi all'interfaccia con la terraferma (dal sito CA4 al sito CA1). Si osserva quindi una differente risposta dei siti all'interno di una stessa area, in conseguenza del loro differente grado di confinamento.

La Figura 10b mostra il confronto fra le curve di consumo di ossigeno ottenuto in uno stesso sito (CA1) in due stagioni differenti: 13 agosto (come in Fig. 10a) e 22 ottobre 2019, nel secondo caso con una temperatura media dell'acqua di circa 19°C. Nel primo caso si osserva una domanda di ossigeno del sedimento nettamente superiore, che ne determina un consumo più rapido all'interno della camera bentica. Si osserva quindi una risposta differente dei siti in conseguenza delle differenti condizioni chimico-fisiche stagionali dell'acqua, in particolare della differente temperatura.

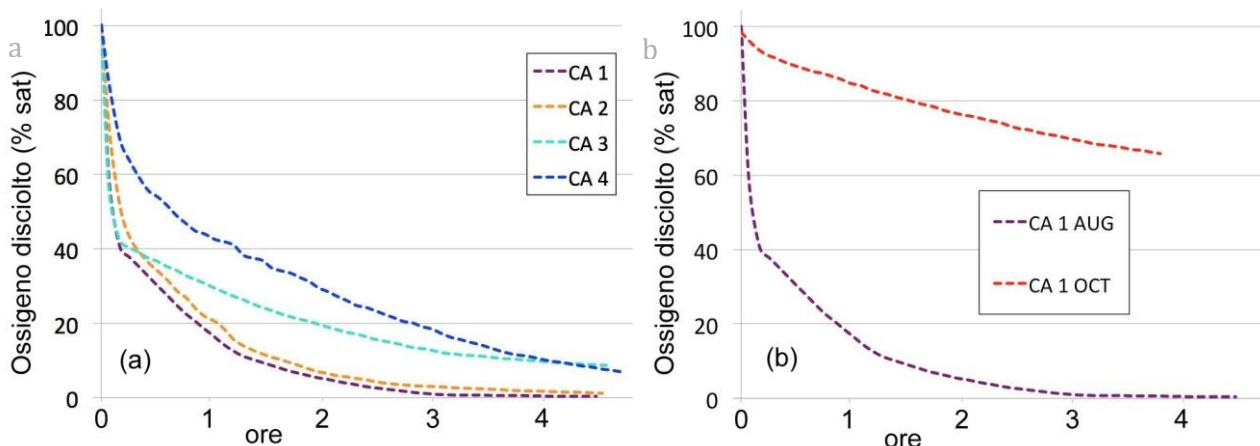


Figura 10. a) Andamento della concentrazione di ossigeno disciolto misurato nei quattro siti dell'area Campalto, il 13 agosto 2019, con una temperatura media dell'acqua di ca. 28°C. b) Confronto fra gli andamenti del consumo di ossigeno misurato nel sito CA1 nei giorni 13 agosto e 22 ottobre 2019 (nel secondo caso, con una temperatura media dell'acqua pari a circa 19°C).

Risposte di questo tipo sono state osservate anche nei siti SG1 e SG2 dell'area San Giuliano; si tratta dei due siti più confinati dell'area, ubicati a ridosso di una barena prossima alla zona di influenza della foce del canale Osellino.

Ci sono tuttavia alcuni aspetti da risolvere e scelte tecnologiche da affinare. In particolare, si osservano:

- un lieve aumento della temperatura dell'acqua durante la misura;
- episodi di malfunzionamento dei sensori della sonda;
- il verificarsi di effetti risospensivi del sedimento all'interno della camera, che producono un aumento della torbidità;
- una diminuzione della concentrazione di ossigeno disciolto poco rilevante, soprattutto in certi siti, al diminuire della temperatura atmosferica;

- infine, la distribuzione dimensionale eccessivamente grossolana riscontrata nei siti dell'area Tresse, come descritta al § 3.1.

Nel periodo gennaio – febbraio 2020, sono state eseguite delle modifiche sulle camere bentiche e ulteriori test, allo scopo di eliminare ovvero ridurre i sopra elencati inconvenienti (cfr. § 5).

Per contro, il sensore ottico per la misura dell'ossigeno disciolto non mostra alcun problema, e l'andamento sempre pressoché costante della salinità all'interno della camera testimonia che questa è sufficientemente stagna.

4.1 Aumento della temperatura all'interno della camera

Nella gran parte delle misure effettuate, si osserva un aumento nel tempo della temperatura dell'acqua all'interno della camera bentica. Tale incremento è sostanzialmente lineare, più o meno accentuato, ma mediamente intorno ai 0.5 °C/ora. Le possibili cause sono: i) un insufficiente isolamento termico della camera bentica rispetto alla temperatura della colonna d'acqua esterna alla camera; il riscaldamento nel tempo dell'acqua determinato da ii) il riscaldamento della pompa, ovvero iii) per effetto dell'energia introdotta dalla pompa stessa con la circolazione del fluido.

4.2 Malfunzionamento dei sensori della sonda

Le sonde vengono accuratamente calibrate e testate per tutti i parametri il giorno precedente alla misura in campo. Si sono tuttavia verificati frequenti problemi nell'acquisizione di alcuni parametri, in particolare pH e ORP, che sono misurati con un elettrodo combinato. Recentemente, in seguito a delle prove di calibrazione, due di tali elettrodi sono risultati inutilizzabili e si procederà a sostituirli. È inoltre risultata da sostituire una copertura del sensore ottico per la misura dell'ossigeno.

4.3 Effetti risospensivi

Attraverso la misura del parametro torbidità, viene verificata l'occorrenza di fenomeni risospensivi all'interno della camera bentica. La risospensione può essere dovuta alla rimobilizzazione del sedimento superficiale causata dall'immersione della camera bentica e, più verosimilmente, ad un effetto causato dalla circolazione dell'acqua indotta dalla pompa.

L'aumento di torbidità all'interno della camera può essere progressivo nel tempo (ad esempio, sito SG1, Fig. 6b) oppure il valore si innalza in poco tempo e si mantiene successivamente circa costante (ad esempio, sito CA1, Fig. 7a). Situazioni di questo tipo si sono verificate in tutte 4 le aree investigate.

4.4 Decremento dell'ossigeno disciolto

La Figura 11 mostra l'andamento della concentrazione di ossigeno registrato in due siti dell'area Sacca Sessola (SS2 e SS4) in 3 differenti periodi: 5 agosto, 13 settembre e 24 ottobre 2019, con temperature medie dell'acqua rispettivamente pari a circa 27.0, 22.5 e 20.0°C.

Si osserva come la diminuzione della concentrazione di ossigeno disciolto all'interno della camera bentica sia minore al diminuire della temperatura. Tuttavia, tale diminuzione è sensibilmente inferiore rispetto all'area di Campalto (Fig.10) con valori iniziali che sono sempre di sovrasaturazione e, nel caso di ottobre, rimangono tali alla fine della misura. Una situazione analoga si osserva per l'area delle Tresse, mentre l'area di San Giuliano ha un comportamento simile a quella di Campalto.

Queste considerazioni evidenziano il rischio che nei mesi caratterizzati da temperature dell'acqua inferiori rispetto alle condizioni in cui sono stati finora acquisiti valori di SOD, quindi per una frazione rilevante dell'anno, diverrà difficoltoso osservare la diminuzione dell'ossigeno disciolto nel corso della misura.

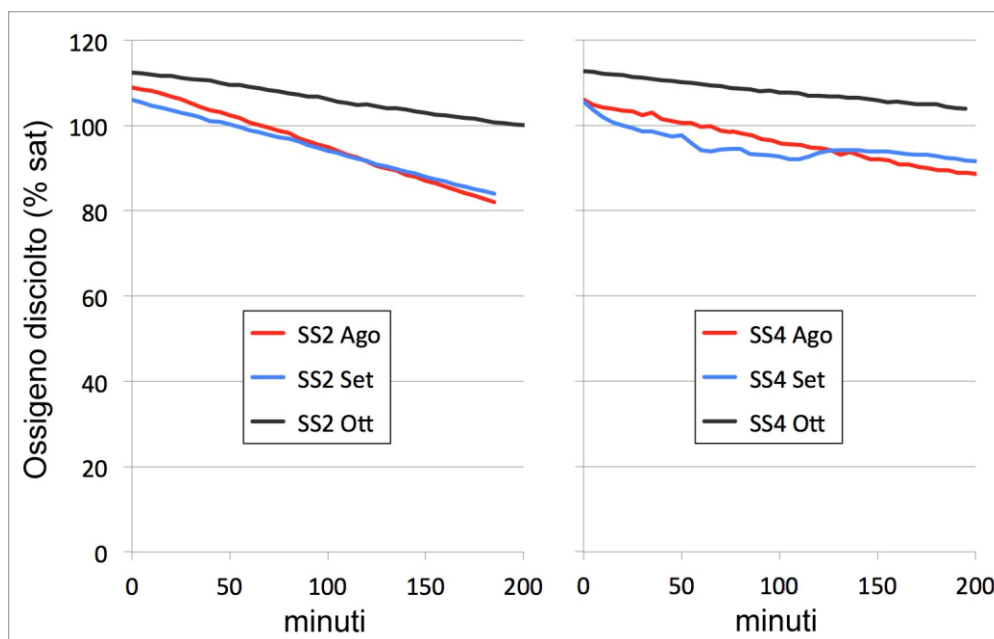


Figura 11. Andamento della concentrazione di ossigeno disciolto misurato in due siti dell'area Sacca Sessola (SS2 sinistra; SS4 destra) nei giorni 5 agosto, 13 settembre e 24 ottobre 2019, con temperature medie dell'acqua rispettivamente pari a circa 27.0, 22.5 e 20.0°C.

5. Test condotti nel periodo gennaio – febbraio 2020

Nel periodo gennaio – febbraio 2020, sono state eseguite delle modifiche sulle camere bentiche, intervenendo sull'altezza della camera e sulla generazione del flusso realizzato dalla pompa per evitare stratificazioni all'interno.

Una delle 4 camere bentiche è stata accorciata di 9 cm, aumentando in questo modo a ca. 1.8 il rapporto fra il diametro e l'altezza, rispetto al valore ca. 1.15 delle altre 3 camere. I diffusori sono stati ovviamente accorciati per evitare che si immergessero nel sedimento. Inoltre in tutte 4 le camere bentiche, nei 4 diffusori sono stati ostruiti i fori più prossimi all'interfaccia acqua – sedimento, allontanando in questo modo il punto più basso di prelievo/immissione dell'acqua.

Nel periodo gennaio – febbraio 2020, sono stati effettuati 4 test per valutare gli effetti delle modifiche operate sulle camere bentiche :

Area di San Giuliano: 30 gennaio e 20 febbraio 2020

Area di Campalto: 28 febbraio

Foce di Bocca Carozza (Fiume Dese): 12 febbraio 2020.

Le aree lagunari dove sono stati effettuati i test sono mostrate nella Figura 12. L'area di foce della Bocca Carozza è stata utilizzata per convenienza logistica, in quanto il test è stato effettuato in concomitanza ad attività di misura in campo della Linea 1.2, che avvengono in quell'area. I sedimenti superficiali in quest'area hanno caratteristiche dimensionali simili a quelli dei siti SG1, SG2, CA1 e CA2.



Figura 12. Aree della laguna dove sono stati effettuati dei test con le camere bentiche, nel periodo febbraio – marzo 2020 (SG = San Giuliano; CA = Campalto; DE = Bocca Carozza (Fiume Dese)).

La Figura 13 mostra dati acquisiti nell'ara di Campalto, il 28 febbraio 2020, e riassume le risultanze dei 5 test effettuati. Inizialmente le pompe che producono la circolazione dell'acqua all'interno della camera bentica sono state lasciate spente. Il rettangolo verticale tratteggiato indica il periodo di tempo in cui è iniziata l'accensione progressiva delle pompe, dopo circa 2 ore dalla collocazione della camera bentica.

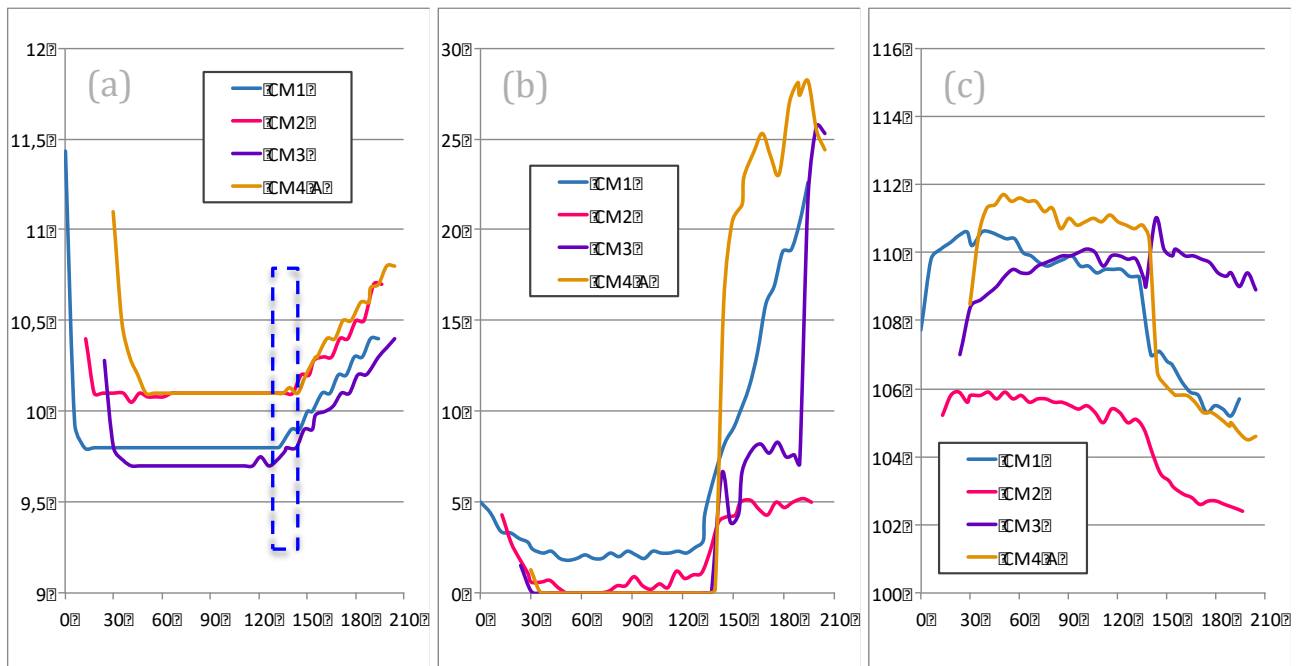


Figura 13. Andamento dei valori di (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) torbidità (NTU) e (c) ossigeno disciolto (%) misurati nelle quattro camere bentiche il 28 febbraio 2020, nell'area di Campalto. Le camere sono state collocate a circa 1 metro una dall'altra. Il rettangolo verticale tratteggiato (a) indica il momento di accensione della pompe, dopo circa 2 ore. CM 1-4 indica la camera bentica impiegata; A (solo la camera 4) indica il prototipo accorciato di 9 cm.

L'accensione della pompa, e quindi la circolazione dell'acqua indotta all'interno della camera, produce immediatamente un aumento della temperatura, che prosegue gradualmente nel periodo successivo. L'incremento orario è simile a quello osservato nelle sperimentazioni precedenti, cioè circa 0.5°C . In questo modo si evidenzia che l'origine dell'aumento della T, precedentemente osservato in quasi tutte le misure eseguite, è dovuto alla pompa e non ad un insufficiente isolamento termico della camera bentica rispetto alla temperatura della colonna d'acqua esterna.

Resta l'incertezza sulla causa del riscaldamento, se sia cioè il contatto dell'acqua con la pompa che progressivamente si riscalda e trasferisce calore all'acqua, ovvero l'effetto dell'energia cinetica introdotta dalla pompa nel sistema.

All'accensione della pompa si osserva un immediato aumento della torbidità dell'acqua (Fig. 13 b), più importante nella camera 1 (CM1) e soprattutto 4 (CM4 A); quest'ultima, è la sola accorciata di 9 cm rispetto alla geometria descritta in Figura 2.

In corrispondenza, si registra una diminuzione della concentrazione di ossigeno disciolto (Fig. 13 c), che pare maggiore nella camera accorciata (CM 4 A), ma che può anche essere funzione della risospensione di particelle dall'interfaccia acqua – sedimento.

6. Note conclusive

È in corso alla data odierna l'introduzione di ulteriori accorgimenti migliorativi nelle camere bentiche. La nuova configurazione, descritta in Figura 14, prevede una maggiore direzionalità del flusso per evitare situazioni risospensive.

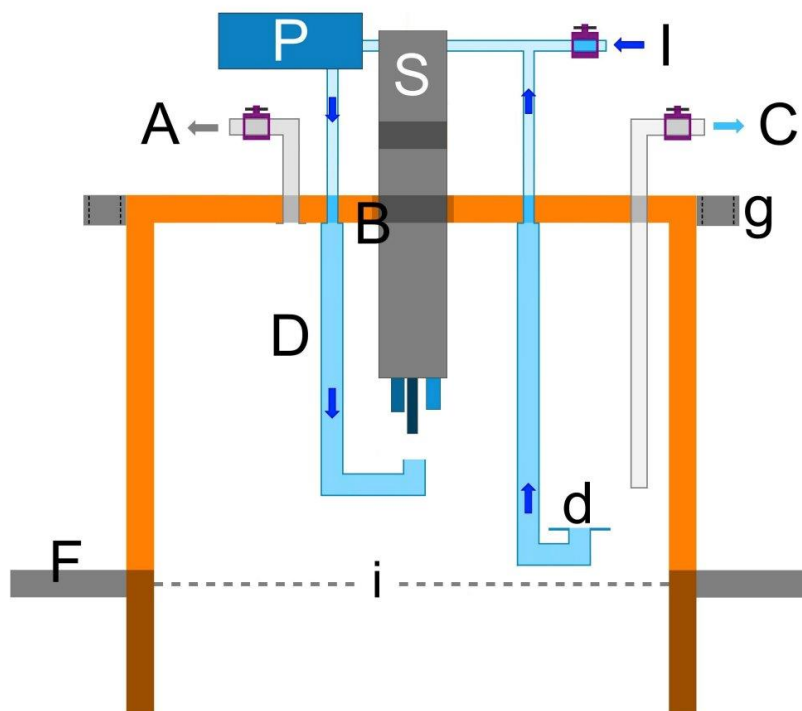


Figura 14. Schema della camera cilindrica che verrà testata nel mese di marzo 2020. S = sonda; P = pompa; D = diffusori; F = flangia; B = manicotto; I = ingresso per innesco pompa; A = sfiato aria; C = collegamento per prelievo campioni d'acqua; i = interfaccia acqua-sedimento; g = guide metalliche; f = fori per inserimento di aste in acciaio; d = dischetto. La camera mostrata in Figura è la versione "accorciata".

Il flusso in uscita dalla pompa è maggiormente direzionato sui sensori della sonda, che è collocata più in alto rispetto all'interfaccia acqua – sedimento. Il circuito aspirante della pompa si origina negli strati inferiori dell'acqua nella camera bentica, ma è schermato con un dischetto in PVC, per evitare effetti sull'interfaccia.

Si proverà ad inserire un dissipatore sulla pompa per cercare di diminuire il riscaldamento dell'acqua, nel tempo, all'interno della camera.

Nel mese di gennaio 2020 sono stati condotti sopralluoghi in laguna per identificare un'area alternativa alle Tresse, a partire dalle informazioni che derivano dalla Linea 1.4 (inerente gli eventi di anossia in laguna), dalle batimetrie e dalle caratteristiche del sedimento. È stata preliminarmente individuata un'area (Figura 15) prossima al Ponte della Libertà e all'area dei Pili. Carote di sedimento sono state prelevate nei 4 siti indicati in Figura, che sono state processate; attualmente è in corso l'analisi dimensionale dei campioni ottenuti.



Figura 15. Area individuata come possibile alternativa alle Tresse. Sono in corso analisi di campioni di sedimento raccolte nei 4 siti indicati.

Sono state trovate le risorse economiche, attraverso rimodulazione del budget disponibile, per acquistare un multimetro con relativi microsensori (Figura 16); tale strumento consentirà di acquisire profili verticali di O₂ disciolto, pH, Eh, temperatura e H₂S in carote di sedimento prelevate con l'acqua sovrastante (microcosmi) e mantenute in condizioni controllate di temperatura e atmosfera (glove-box in cella termostata).

Questa tipologia di strumentazione, che è stata testata nel corso della prima sperimentazione sul MMHg (novembre 2019) grazie ad un prestito di colleghi stranieri, consentirà di acquisire dati particolarmente utili allo studio della SOD nei sedimenti lagunari. Il consumo di ossigeno verrà osservato per periodi più lunghi rispetto a quelli dell'utilizzo in campo delle camere bentiche, seguendo inoltre le trasformazioni ossidoriduttive che si instaurano nel tempo all'interno del microcosmo.

Lo strumento sarà disponibile a partire dal mese di aprile 2020.

Nel mese di marzo era previsto il completamento delle migliorie per le camere bentiche e nel periodo aprile – giugno 2020 erano previste almeno due serie di misura in ciascuna delle quattro aree lagunari di indagine, includendo l'area dei Pili in sostituzione di quella delle Tresse.

Nel mese di aprile era previsto l'inizio dell'uso del multimetro per l'analisi di microcosmi.

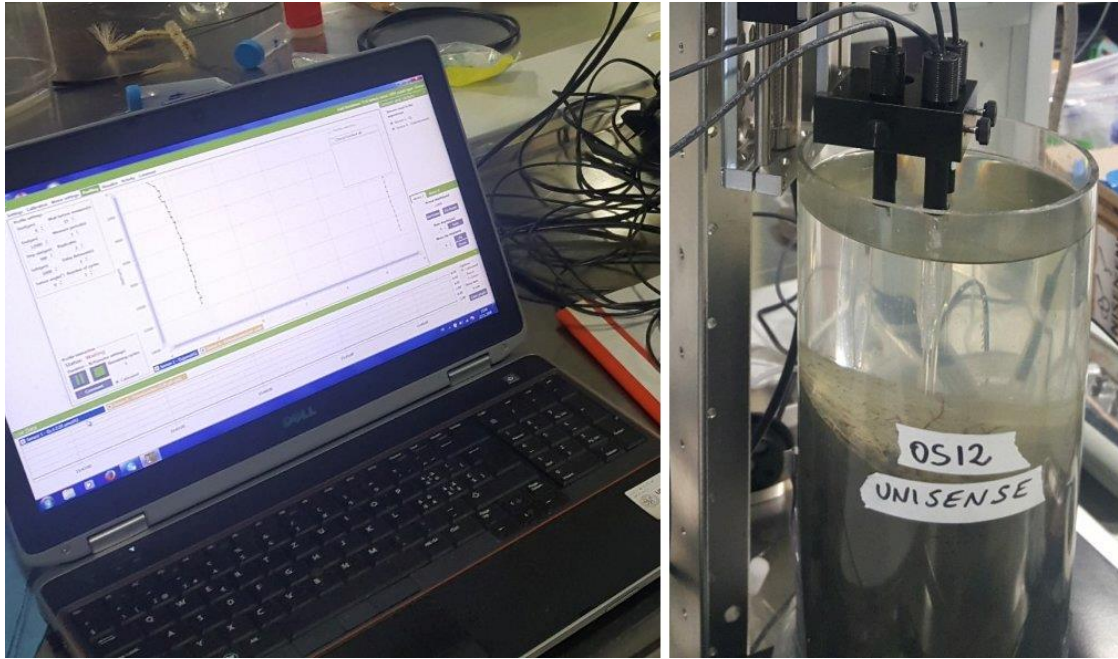


Figura 16. Microcosmo investigato grazie ad un multimetro utilizzato nel corso della prima sperimentazione sul MMHg (novembre 2019).

Bibliografia

- Berti M., Bertini S., Carrer, C. Sorrentino F., 2015. Arsenic, cadmium, lead, and mercury in biota from Venice Lagoon: from sources to human exposure. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management* 2, 177-183.
- Dominik J., Tagliapietra D., Bravo A. G., Sigovini M., Spangenberg J. E., Amouroux D., Zonta R., 2014. Mercury in the food chain of the Lagoon of Venice, Italy. *Marine pollution bulletin*, 88, 194-206.
- Emili A., Carrasco L., Acquavita A., Covelli S., 2014. A laboratory-incubated redox oscillation experiment to investigate Hg fluxes from highly contaminated coastal marine sediments (Gulf of Trieste, Northern Adriatic Sea). *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 21, 4124–33. doi:10.1007/s11356-013-2225-5
- Gilmour C.C., Podar M., Bullock A.L., Graham A.M., Brown S.D., Somenahally A.C., ... Elias D.A., 2013. Mercury methylation by novel microorganisms from new environments. *Environmental science & technology*, 47, 11810-11820.
- Guédron S., Huguet L., Vignati D.A.L., Liu B., Gimbert F., Ferrari B.J.D., Zonta R., Dominik J., 2012. Tidal cycling of mercury and methylmercury between sediments and water column in the Venice Lagoon (Italy). *Mar. Chem.*, 130–131, 1–11.
- Han S., Obratsova A., Pretto P., Choe K.Y., Gieskes J., Deheyn D.D., Tebo B.M., 2007. Biogeochemical factors affecting mercury methylation in sediments of the Venice Lagoon, Italy. *Environ. Toxicol. Chem.*, 26, 655–663.
- Koron N., Faganeli J., 2012. Benthic fluxes of mercury during redox changes in pristine coastal marine sediments from the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *J. Soils Sediments* 12, 1604–1614. doi:10.1007/s11368-012-0602-1
- Merritt K.A., Amirbahman A., 2009. Mercury methylation dynamics in estuarine and coastal marine environments — A critical review. *Earth-Science Reviews* 96, 1-2, 54-66.
- Ortiz V.L., Mason R.P., Ward J.E., 2015. An examination of the factors influencing mercury and methylmercury particulate distributions, methylation and demethylation rates in laboratory-generated marine snow. *Marine Chemistry*, 177, 753-762.
- Rosati G., Heimbürger L.E., Melaku Canu D., Lagane C., Laffont L., Rijkenberg M.J.A., Gerringa L.J.A., Solidoro C., Gencarelli C.N., Hedgecock I.M., De Baar H.J.W., Sonke J.E., 2018. Mercury in the Black Sea: new insights from measurements and numerical modeling. *Global Biogeochem. Cycles* 1–22. doi:10.1002/2017GB005700
- Zonta R., Botter M., Cassin D., Bellucci L. G., Pini R., Dominik J., 2018. Sediment texture and metal contamination in the Venice Lagoon (Italy): A snapshot before the installation of the MOSE system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 205, 131-151.