

**T. CIUFFARDI, A. BORDONE, G. RAITERI**

Divisione Protezione e valorizzazione del territorio  
e del capitale naturale  
Laboratorio di Biodiversità e servizi ecosistemici  
Centro Ricerche Ambiente Marino S. Teresa, La Spezia

**MONITORAGGIO DEI PARAMETRI FISICI  
DELLA COLONNA D'ACQUA:  
RAPPORTO TECNICO SUI DATI DISPONIBILI DAL 2009  
PRESSO L'OSSERVATORIO AMBIENTALE NELL'AREA  
DI TUTELA MARINA DEL PARCO DI PORTO VENERE**

Rapporto tecnico sulle attività 2009-2017

RT/2017/27/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

T. CIUFFARDI, A. BORDONE, G. RAITERI

Divisione Protezione e valorizzazione del territorio  
e del capitale naturale  
Laboratorio di Biodiversità e servizi ecosistemici  
Centro Ricerche Ambiente Marino S. Teresa, La Spezia

**MONITORAGGIO DEI PARAMETRI FISICI  
DELLA COLONNA D'ACQUA:  
RAPPORTO TECNICO SUI DATI DISPONIBILI DAL 2009  
PRESSO L'OSSERVATORIO AMBIENTALE NELL'AREA  
DI TUTELA MARINA DEL PARCO DI PORTO VENERE**

**Rapporto tecnico sulle attività 2009-2017**

RT/2017/27/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

I rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici>

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

# MONITORAGGIO DEI PARAMETRI FISICI DELLA COLONNA D'ACQUA: RAPPORTO TECNICO SUI DATI DISPONIBILI DAL 2009 PRESSO L'OSSERVATORIO AMBIENTALE NELL'AREA DI TUTELA MARINA DEL PARCO DI PORTO VENERE

Rapporto tecnico sulle attività 2009-2017

T. Ciuffardi, A. Bordone, G. Raiteri

## Riassunto

Dal 2011 il Centro di Ricerca ENEA S. Teresa ha predisposto un osservatorio multidisciplinare all'interno del Parco Naturale Regionale e Area Marina Protetta di Porto Venere. I dati aggiornati sono archiviati nella banca dati del Centro in rispetto alla direttiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) e aggiornati nel sito web dedicato [http://www.santateresa.enea.it/wwwste/osservatori/osservatorio\\_portovenere.html](http://www.santateresa.enea.it/wwwste/osservatori/osservatorio_portovenere.html).

In questo rapporto sono riportate le attività relative al monitoraggio dei parametri fisici della colonna d'acqua, considerando in particolare i dati di temperatura dell'acqua di mare disponibili dal 2009 alla Primavera del 2017. Quest'attività di monitoraggio va ad incrementare gli studi che ENEA porta avanti ormai da 15 anni in queste acque ed evidenzia l'importanza della collaborazione tra Parco e Centro in un'ottica di salvaguardia, tutela e miglioramento delle qualità delle acque, di fondamentale priorità per un'area adiacente ad uno dei principali porti mercantili e di cantieristica navale italiani.

Parole chiave: Monitoraggio della colonna d'acqua, Temperatura dell'acqua di mare, Golfo di La Spezia, Mar Ligure, Osservatori marini.

**Parole chiave:** Monitoraggio della colonna d'acqua, Temperatura dell'acqua di mare, Golfo di La Spezia, Mar Ligure, Osservatori marini.

## Abstract

*Since 2011, the ENEA S. Teresa Marine Environment Research Centre has set up a multidisciplinary observatory within the Regional Nature Park and Marine Protected Area of Porto Venere. Recorded data are stored in the Center's database according to the INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) Directive and updated on the dedicated website [http://www.santateresa.enea.it/wwwste/servers/service\\_port.html](http://www.santateresa.enea.it/wwwste/servers/service_port.html).*

*This report presents the activities related to the monitoring of physical parameters in the water column, taking into account, in particular, the sea water temperature data available from 2009 to the Spring of 2017. This monitoring is intended to increase the research activity that ENEA began since 15 years ago in the area and highlights the importance of a strong collaboration between the Porto Venere Park and The Research Center in terms of safeguarding, protecting and improving of water quality, especially for one of the major merchant ports and Italian naval shipyards.*

**Keywords:** Water Column monitoring, Sea water Temperature, Gulf of La Spezia, Ligurian Sea, Marine observatories.



## INDICE

1. Introduzione	7
2. Materiali e metodi	8
3. Risultati	9
4. Conclusioni	16
5. Bibliografia	17



## Introduzione

Il monitoraggio dei parametri fisici nelle zone costiere e marine rappresenta uno dei requisiti fondamentali per il raggiungimento del GES (Good Environmental Status) e di una gestione sostenibile ed integrata delle risorse ambientali, coerentemente con gli obiettivi definiti dalla Direttiva quadro della strategia per l'ambiente marino 2008/56/CE (MSFD, Marine Strategy Framework Directive) in ambito europeo e dalle linee di guida della WMO (World Meteorological Organization) e IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission) per quanto riguarda l'ambito mondiale in generale. Per buono stato ambientale delle acque marine si intende la capacità di preservare la diversità ecologica, la vitalità dei mari e degli oceani affinché siano puliti, sani e produttivi mantenendo l'utilizzo dell'ambiente marino ad un livello sostenibile e salvaguardandolo per le generazioni presenti e future. Per raggiungere tale obiettivo, bisogna innanzitutto prevedere lo studio dei diversi parametri fisici e della loro interazione reciproca, con una buona risoluzione spaziale e temporale per permettere lo studio della variabilità degli ecosistemi marini costieri a medio e lungo termine, anche in relazione ai cambiamenti ambientali naturali e alle fluttuazioni climatiche. Il Centro di Ricerca ENEA S. Teresa si è mosso in questa direzione fin dal 2011, predisponendo un vero e proprio osservatorio multidisciplinare all'interno del Parco Naturale Regionale e Area Marina Protetta di Porto Venere. Le attività di monitoraggio sono state descritte all'interno del documento ENEA "Rapporto tecnico sulle attività 2013-2015" emesso nell'Ottobre 2015 (Abbate et al., 2015) e sono inoltre aggiornate nel sito web dedicato [http://www.santateresa.enea.it/wwwste/osservatori/osservatorio\\_portovenere.html](http://www.santateresa.enea.it/wwwste/osservatori/osservatorio_portovenere.html). Il presente documento estende la descrizione delle attività relative al solo monitoraggio dei parametri fisici della colonna d'acqua, considerando i dati disponibili alla Primavera del 2017.

I dati aggiornati sono stati archiviati nella banca dati del Centro ENEA S. Teresa in rispetto alla direttiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) dopo esser stati sottoposti a controllo di qualità, considerando misure limite e consistenza (il cosiddetto *gross-error limit check*) ed eliminando i valori di *spikes*. La coerenza del database è stata verificata confrontandola con i limiti di accettabilità forniti dal progetto MEDAR/MEDATLAS (<http://www.ifremer.fr/medar/>) basati su serie temporali di dati disponibili nell'area in esame.

Quest'attività di monitoraggio va ad incrementare gli studi che ENEA porta avanti ormai da 15 anni in queste acque (Abbate et al., 2010; Ciuffardi et al., 2013), ed evidenzia l'importanza della collaborazione tra Parco e Centro in un'ottica di salvaguardia, tutela e miglioramento delle qualità delle acque, di fondamentale priorità per un'area adiacente ad uno dei principali porti mercantili e di cantieristica navale italiani.

## Materiali e metodi

L'attività di monitoraggio di temperatura e salinità (conducibilità) è attualmente operativa in corrispondenza del mooring del Tinetto con sensori a 15 e 25 m di profondità. Per quanto riguarda la temperatura dell'acqua, sono operativi anche i siti di S. Pietro e Tinetto, rappresentativi delle caratteristiche idrodinamiche e biologiche locali, mentre le stazioni di Olivo e Saladero non sono più attive rispettivamente da settembre 2014 e da marzo 2015 (Figura 1).



**Figura 1:** Punti di monitoraggio storicamente attivi per i parametri fisici all'interno dell'Area di Tutela Marina del Parco di Porto Venere. Le stazioni di Olivo e Saladero non sono attualmente operative.

L'elenco dettagliato delle stazioni disponibili con i relativi parametri misurati alle diverse profondità è riportato in Tabella 1, mentre la strumentazione adottata è riportata in Figura 2 e i rilevamenti aggiornati vengono pubblicati sul sito:

[http://www.santateresa.enea.it/wwwste/osservatori/osservatorio\\_portovenere\\_grafici.html](http://www.santateresa.enea.it/wwwste/osservatori/osservatorio_portovenere_grafici.html)

Per l'installazione dei sensori sono state utilizzate boe di delimitazione del Parco e alcune infrastrutture relative all'attività di mitilicoltura. I sensori impiegati, del tipo auto-registrante, acquisiscono e memorizzano i dati per lunghi intervalli di tempo, permettendo di ridurre al massimo gli interventi di personale subacqueo per lo scaricamento dei dati e la manutenzione della strumentazione stessa. Grazie alla collaborazione con il Corpo Sommozzatori della Polizia di Stato (CNeS), infatti, le operazioni si svolgono attualmente ad intervalli di 3-4 mesi per i sensori di conducibilità e di circa 1 anno per i sensori di temperatura, contro la necessità di interventi mensili della prima fase di monitoraggio (2011-2012). La stazione di temperatura del Tinetto è attiva dal 2009 e garantisce ad oggi un numero di dati elevato, in grado di permettere lo studio di possibili variabilità annuali e interannuali.

Stazione	Prof. Sensore (m)	Fondale (m)	Lat (°N)	Long (°E)	Parametro	Sensore	Accuratezza	Monitoraggio
Mooring Tinetto	15	25.3	44.020	9.850	temperatura	RBR XR-420 (o SBE-37)	±0.002 °C (±0.002 °C)	Dal 30/08/2013 al 07/04/2017
	15				salinità	RBR XR-420 (o SBE-37)	±0.028 PSU (±0.003 PSU)	
	25				temperatura	SBE-56	±0.002 °C	
Tinetto	20.5	22	44.024	9.851	temperatura	Hobo WaterTemp Pro V2	±0.21 °C	Dal 21/05/2009 al 07/04/2017
S. Pietro	1	21	44.047	9.832	temperatura	Hobo WaterTemp Pro V2	±0.21 °C	Dal 18/06/2013 al 26/01/2017
	5							Dal 10/07/2012 al 26/01/2017
	10							Dal 10/07/2012 al 26/01/2017
	15							Dal 18/06/2013 al 26/01/2017
	20							Dal 10/07/2012 al 26/01/2017
Olivo	1.5	8	44.058	9.843	temperatura	Hobo WaterTemp Pro V2	±0.21 °C	Dal 21/05/2009 al 04/09/2014
Saladero	1.5	12	44.052	9.854	temperatura	Hobo WaterTemp Pro V2	±0.21 °C	Dal 21/05/2009 al 08/03/2015

**Tabella 1:** Elenco delle stazioni fisse ENEA nel Parco di Porto Venere, con relativi sensori e loro caratteristiche.

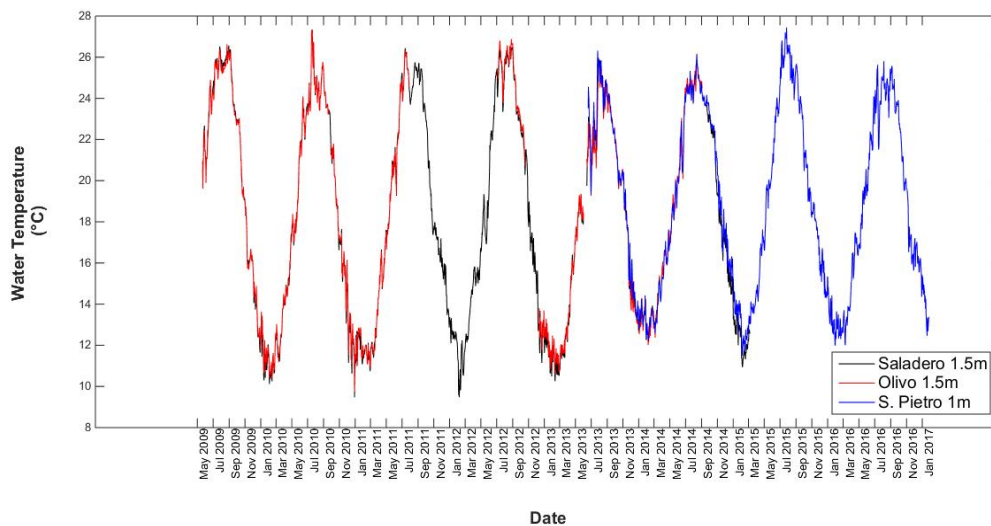


**Figura 2:** Strumentazione impiegata per la misura dei parametri fisici (far riferimento alla Tabella 1 per la localizzazione geografica dei sensori).

## Risultati

I dati di temperatura sono stati analizzati per tutto l'intervallo di tempo a disposizione (gli ultimi dati scaricati risalgono alla primavera 2017, ma i termometri sono tuttora in funzione) e divisi in quattro fasce di profondità (fascia superficiale, corrispondente alla quota di 1-1.5 m; fascia intermedia per la quota dei 5 m; quota dei 10 m, e fascia più profonda per i 15-25 m di profondità). In Figura vengono riportate le medie giornaliere di riferimento per il livello più superficiale (Saladero, Olivo e S. Pietro). Le tre stazioni evidenziano come la fascia più superficiale sia caratterizzata da un'escursione annua di temperatura più ampia (si va dai 9-10 °C in inverno ai circa 27 °C in estate), effetto dovuto principalmente agli scambi di calore più intensi tra l'atmosfera e i primi metri della colonna d'acqua. La temperatura superficiale non subisce inoltre grosse variazioni passando da un punto di monitoraggio all'altro del Parco, mostrando oscillazioni analoghe per le stazioni di Olivo, Saladero (più vicine alla diga foranea) e S. Pietro (esposta verso il mare aperto). La buona copertura temporale dei dati permette, inoltre, di fare alcune valutazioni

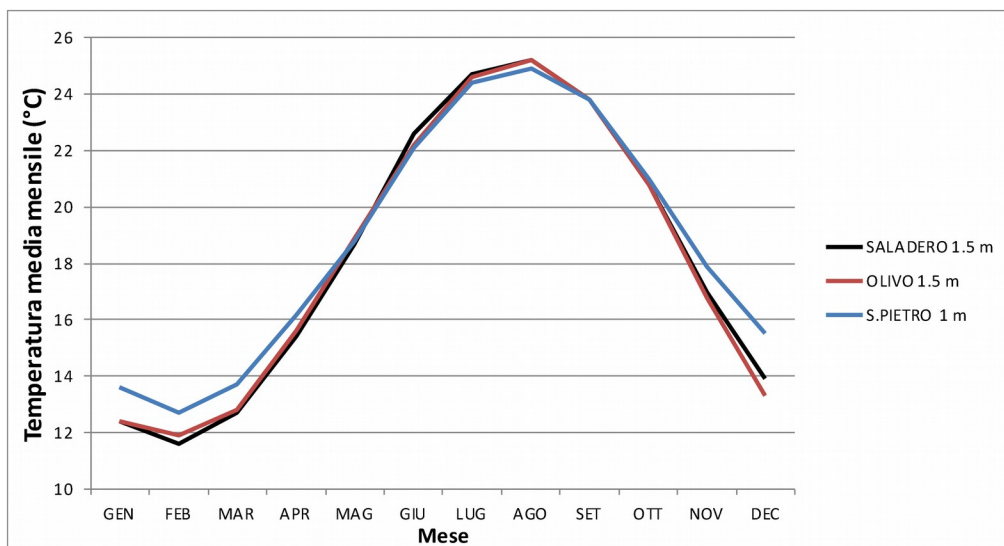
relative alla media mensile (Tabella 2 e Figura 3) e alla variabilità interannuale dei dati. Dalle serie temporali rappresentate in Figura emerge, infatti, ad esempio, come l'estate del 2015 abbia fatto registrare valori di temperatura più elevati rispetto all'anno precedente e successivo. I valori medi mensili sono praticamente identici per Olivo e Saladero, mentre si discostano leggermente per la stazione di S. Pietro (in particolare in inverno con scostamenti dell'ordine di 1-1,5 °C, probabilmente a causa della maggior copertura temporale e quindi della variabilità interannuale, nonché dell'esposizione più interessata dalla circolazione di mare aperto del sito).



**Figura 3:** Andamento della temperatura media giornaliera dell'acqua per la fascia superficiale (1-1.5 m) registrata dal 2009 al 2017.

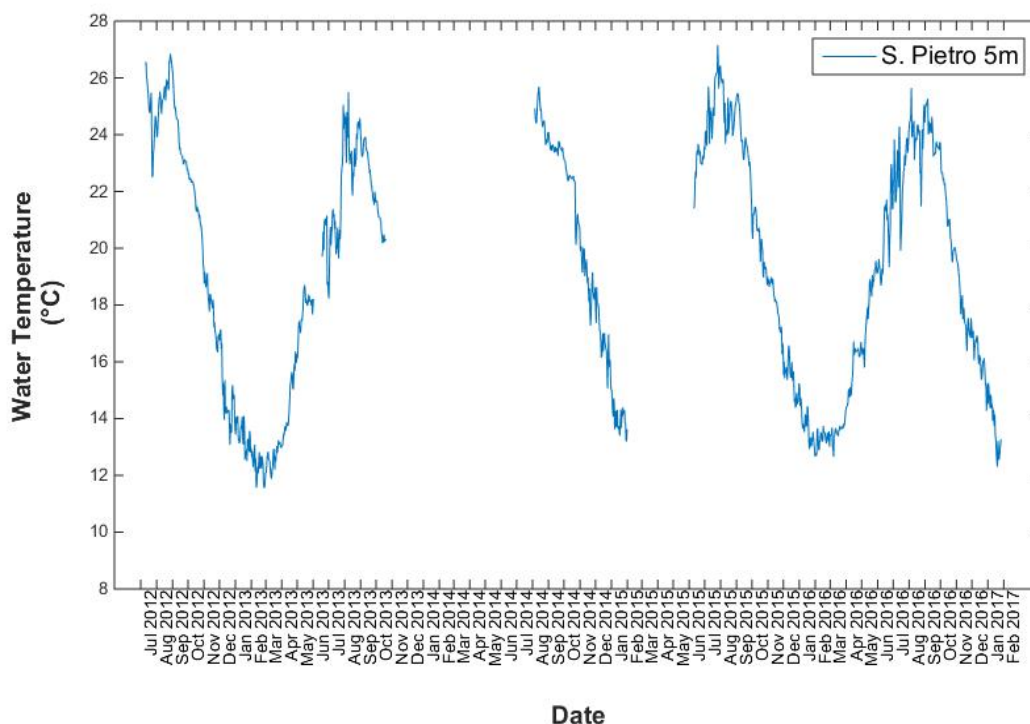
	Temperatura media mensile (°C)		
	S.Pietro 1m	Olivo 1.5m	Saladero 1.5m
Gen	13.6	12.4	12.4
Feb	12.7	11.9	11.6
Mar	13.7	12.8	12.7
Apr	16.2	15.6	15.4
Mag	18.8	18.9	18.7
Giu	22.1	22.2	22.6
Lug	24.4	24.6	24.7
Ago	24.9	25.2	25.2
Set	23.8	23.8	23.8
Ott	21.0	20.8	20.8
Nov	17.9	16.8	17.0
Dic	15.5	13.3	13.9

**Tabella 2:** Temperatura media mensile (°C) dell'acqua per la fascia superficiale (1-1.5 m) relativamente al periodo 2009-2017.



**Figura 3:** Andamento della temperatura media mensile dell'acqua per la fascia superficiale (1-1.5 m).

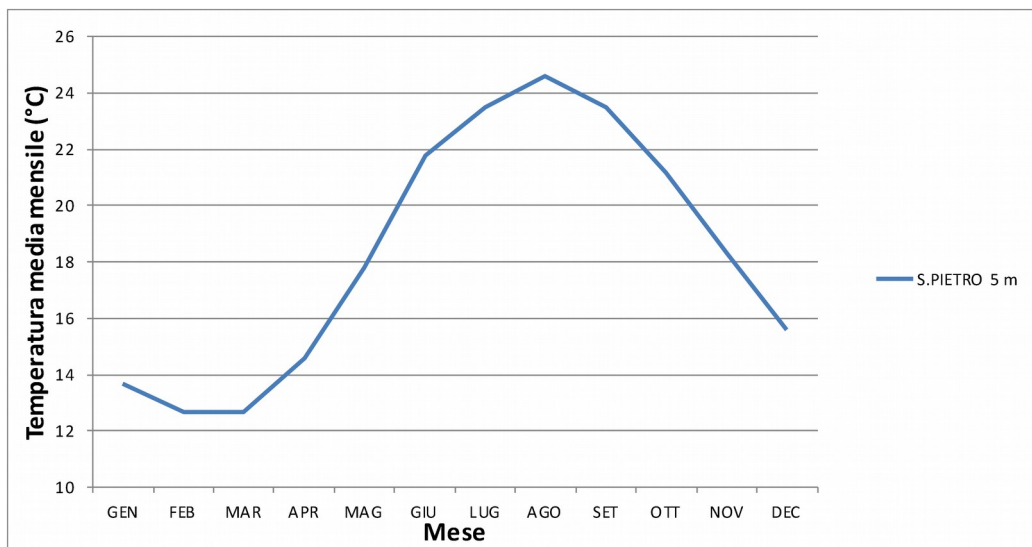
I dati disponibili per la fascia intermedia (i.e. 5 e 10 m) sono purtroppo limitati alla sola stazione di S. Pietro e vengono riportati come medie giornaliere in Figura 4 e Figura 6, rispettivamente. In questo caso i valori minimi in inverno si aggirano intorno ai 12 °C, mentre durante le estati i massimi toccano i 26-27 °C, con valori medi intorno ai 22-25°C per i 5 m (Tabella 3 e Figura 5) e 20-23 °C per i 10 m (Tabella 4 e Figura 7).



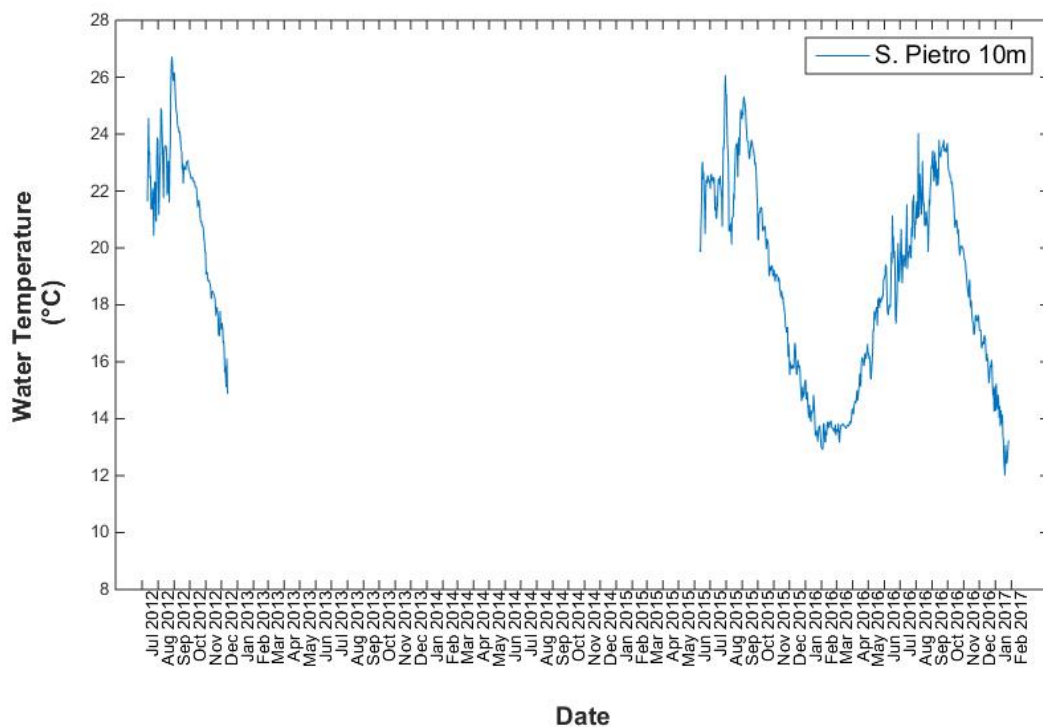
**Figura 4:** Andamento della temperatura media giornaliera dell'acqua per la fascia di profondità dei 5 m registrata dal 2012 al 2017.

Temperatura media mensile (°C)	
S.Pietro 5m	
Gen	13.7
Feb	12.7
Mar	12.7
Apr	14.6
Mag	17.8
Giu	21.8
Lug	23.5
Ago	24.6
Set	23.5
Ott	21.2
Nov	18.3
Dic	15.6

**Tabella 3:** Temperatura media mensile (°C) dell'acqua per la fascia di profondità dei 5 m registrata dal 2012 al 2017.



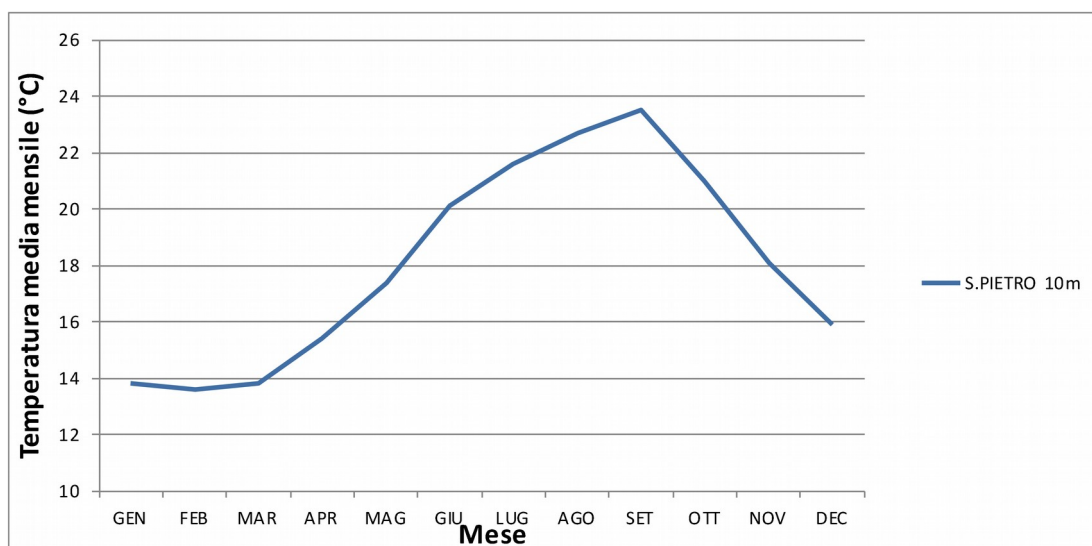
**Figura 5:** Andamento della temperatura media mensile dell'acqua per la fascia di profondità dei 5m registrata dal 2012 al 2017.



**Figura 6:** Andamento della temperatura media giornaliera dell'acqua per la fascia di profondità dei 10 m registrata non in continuità dal 2012 al 2017.

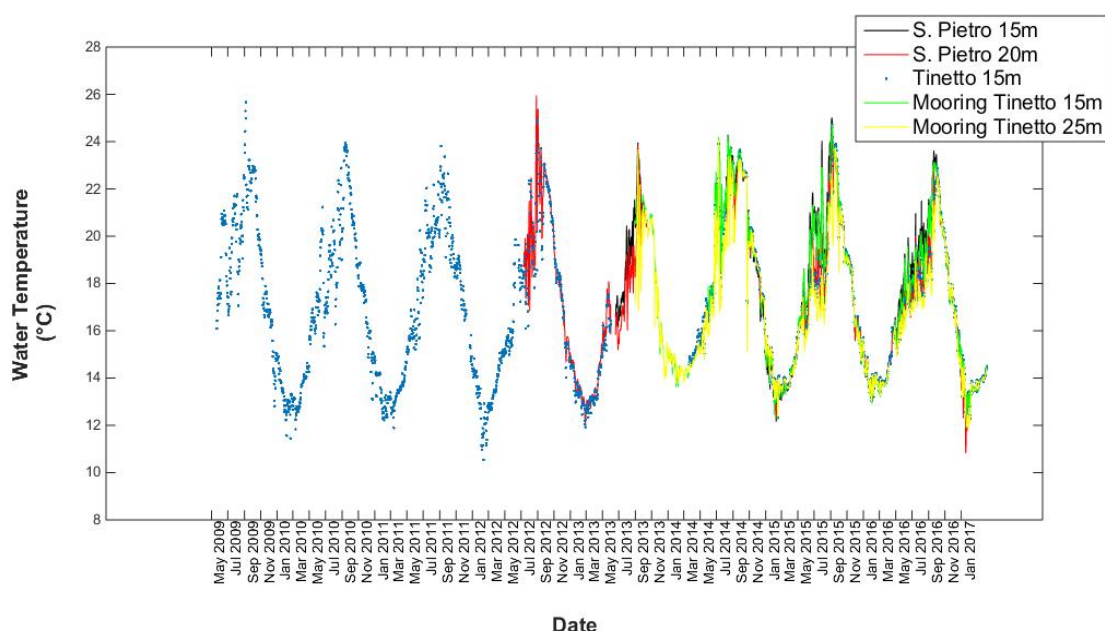
Temperatura media mensile (°C)	
S.Pietro 10m	
Gen	13.8
Feb	13.6
Mar	13.8
Apr	15.4
Mag	17.4
Giu	20.1
Lug	21.6
Ago	22.7
Set	23.5
Ott	21.0
Nov	18.1
Dic	15.9

**Tabella 4:** Temperatura media mensile (°C) dell'acqua per la fascia di profondità dei 10 m registrata dal 2012 al 2017.



**Figura 7:** Andamento della temperatura media mensile dell'acqua per la fascia di profondità dei 10m registrata dal 2012 al 2017.

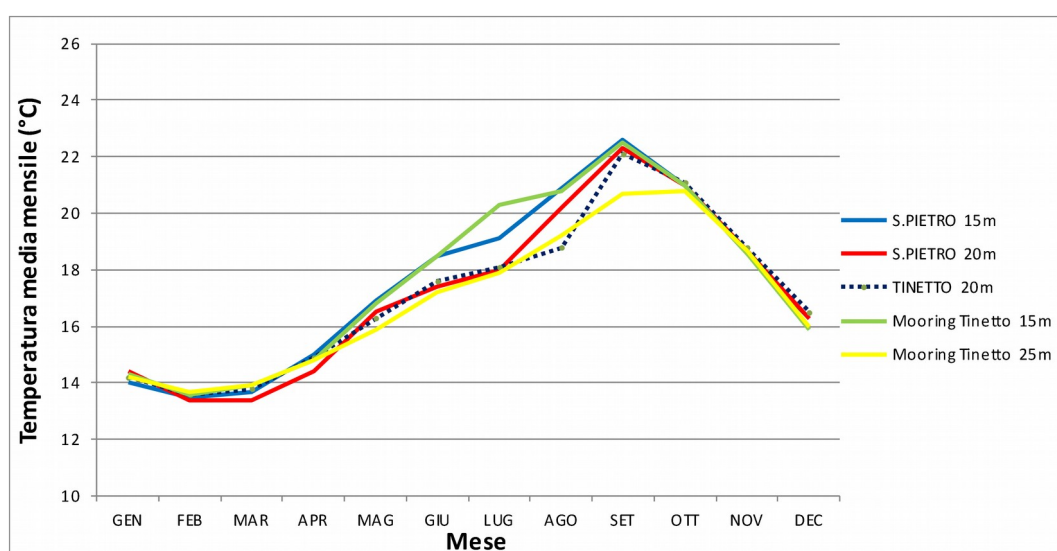
Le stazioni in cui sono presenti dati di temperatura più profondi (dai 15 ai 25 m di profondità) sono quelle del mooring del Tinetto, del Tinetto e di S. Pietro. In questo caso il *range* di temperatura media giornaliera si restringe all'intervallo tra 11°C e 25 °C, con le uniche eccezioni dell'estate del 2012 che presenta massimi intorno ai 26 °C e dei mesi di dicembre del 2012 e del 2016, con minimi intorno ai 10 °C (Figura 8). Anche in questo caso non si osservano sostanziali differenze di andamento tra i due punti di monitoraggio all'interno del Parco, ma sono evidenti oscillazioni di temperatura molto significative, concentrate durante il periodo estivo e inizio autunnale.



**Figura 8:** Andamento della temperatura media giornaliera dell'acqua per la fascia profonda (15-25 m) registrata dal 2009 al 2017.

	Temperatura media mensile (°C)				
	S.Pietro 15m	S.Pietro 20m	Tinetto 20m	Mooring Tinetto 15m	Mooring Tinetto 25m
Gen	14.0	14.4	14.2	14.3	14.2
Feb	13.5	13.4	13.6	13.6	13.7
Mar	13.7	13.4	13.8	13.9	13.9
Apr	15.0	14.4	14.9	14.8	14.8
Mag	16.9	16.5	16.3	16.8	15.9
Giu	18.5	17.4	17.6	18.5	17.2
Lug	19.1	18.0	18.1	20.3	17.9
Ago	20.9	20.2	18.8	20.8	19.2
Set	22.6	22.3	22.1	22.5	20.7
Ott	21.0	21.0	21.1	21.0	20.8
Nov	18.6	18.7	18.8	18.6	18.7
Dic	16.3	16.3	16.5	15.9	16.0

**Tabella 5:** Temperatura media mensile (°C) dell'acqua per la fascia profonda (15-25 m) registrata dal 2009 al 2017 .



**Figura 9:** Andamento della temperatura media mensile dell'acqua per la fascia profonda (15-25 m) registrata dal 2009 al 2017.

Informazioni lungo la colonna d'acqua all'interno del Parco sono ricavabili dalla serie di sensori di temperatura installati sulla boa S. Pietro, l'unico punto di monitoraggio ad avere informazioni ogni 5 metri di profondità, partendo da 1 m sino ad arrivare a 20 m di profondità. Questi dati sono di proprietà del CIESM e il mooring stesso è stato realizzato grazie al contributo relativo al progetto "CIESM Tropical Signals Program: monitoring macrodescriptor species of climate warming", che prevede la raccolta di dati simili in varie parti del Mediterraneo (<http://www.ciesm.org/marine/programs/tropicalization.htm>, referente per ENEA Federica Pannacciulli). L'analisi dei dati dei singoli sensori permette di ricostruire l'andamento della temperatura nel tempo sull'intera colonna d'acqua e di effettuare considerazioni sulla formazione del termoclino estivo e sulla successiva omogeneizzazione invernale. L'evoluzione stagionale è rappresentata in Figura 10: risultano evidenti la stratificazione estiva e il mixing invernale completamente sviluppato a Marzo, con temperature intorno ai 13-14 °C, omogenee lungo la colonna d'acqua. Il caso estivo è

particolarmente interessante perché è in grado di evidenziare la variabilità interannuale degli ultimi 3 anni. Il termoclino nel 2013 risulta localizzato intorno ai 10 m di profondità mentre nel 2014, anno caratterizzato da un'estate molto calda, il termoclino sembra spostato a profondità superiori ai 20 m per poi scomparire del tutto intorno a Novembre-inizio Dicembre quando il mixing verticale omogeneizza la colonna d'acqua, raffreddando progressivamente lo strato superficiale fino a Marzo. La stessa situazione si presenta nell'estate del 2015, a partire da Luglio con termoclino intorno a 15 m che sembra scendere ulteriormente di profondità in Agosto. In particolare il 2015 è un anno in cui anche la temperatura superficiale, dei primi 5-10 m della colonna d'acqua, risulta particolarmente superiore rispetto all'estate del 2014 (valori sopra i 26 °C contro i 24-25 °C del 2014) e soprattutto a quella del 2013 e 2016. L'estate del 2016, dai dati della stazione di S. Pietro, sembrerebbe più paragonabile alla situazione del 2013, seppur con un termoclino più profondo.

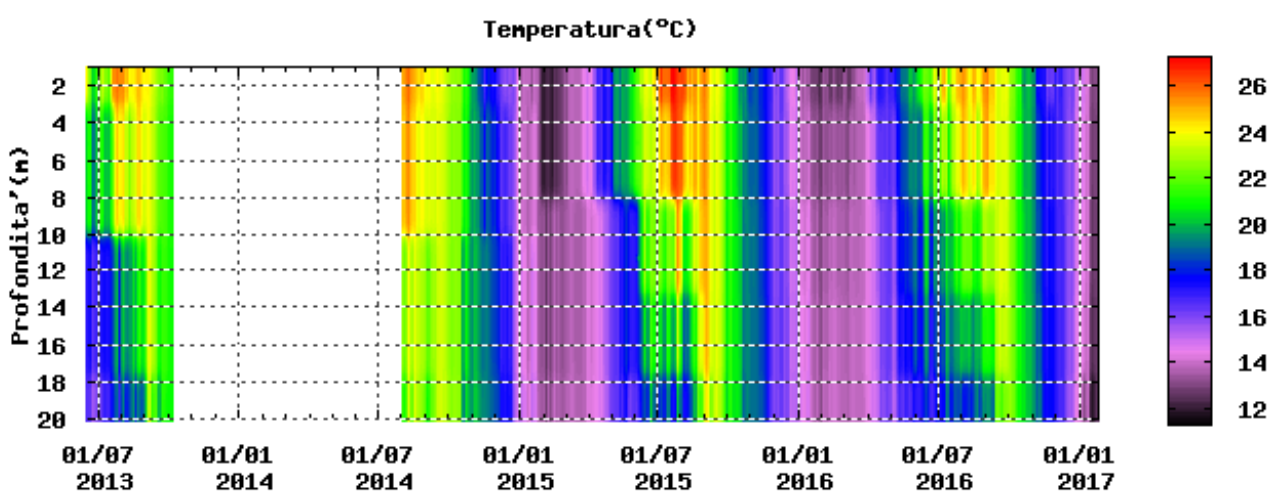


Figura 10: Andamento della temperatura in funzione del tempo e della profondità - Stazione S. Pietro da Giugno 2013 a Gennaio 2017.

## Conclusioni

Il monitoraggio della temperatura dell'acqua di mare dell'Area di Tutela Marina del Parco di Porto Venere, sviluppato su 5 stazioni diverse rappresentative dal punto di vista biologico e idrodinamico, ha permesso di trarre conclusioni a livello di variabilità spaziale, annuale e interannuale, ricavando informazioni anche lungo la colonna d'acqua. L'analisi ha dimostrato che non ci sono differenze geografiche apprezzabili tra i diversi siti di campionamento dal punto di vista della temperatura. Le stazioni più superficiali risentono di maggiori escursioni di temperatura per effetto dell'interazione più consistente tra l'atmosfera e primi metri di profondità. L'andamento stagionale risulta caratterizzato da un mixing verticale delle masse d'acqua che inizia a formarsi a partire da Novembre-Dicembre e risulta completamente sviluppato a Marzo, con temperature omogenee intorno ai 14 °C su tutta la colonna d'acqua, per poi erodersi e lasciare spazio ad una stratificazione estiva con termoclino pronunciato intorno ai 10-15 m di profondità. L'estate 2014, e soprattutto quella del 2015, sono state particolarmente calde e dai dati della stazione CIESM di S. Pietro il

termocline sembra essersi spostato ancora più in profondità (al di sotto dei 20 m). Questi risultati sono di interesse per l'interpretazione di processi idrodinamici e biologici, in particolare per comprendere la risposta alla variabilità termica da parte delle comunità biologiche che vivono sia nella colonna d'acqua che in prossimità dei fondali.

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia il Corpo Sommozzatori della Polizia di Stato (CNeS) di La Spezia per le operazioni di recupero della strumentazione posizionata in corrispondenza della boa di delimitazione a sud della Secca del Tinetto e della boa di San Pietro.

### **Bibliografia**

UE. 2008. Directive 2008/56/EC. Marine Strategy Framework Directive.

Abbate M., Bordone A., Cerrati G., Cocito S., Conte F., Cupido R., Delfanti R., Difesca V., Lisca A., Lombardi C., Negri A., Peirano A., Picco P. and Sgorbini S. (2010) "A marine environment interdisciplinary observatory in the eastern Ligurian Sea", *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 39, 2010.

Astraldi M., Gasparini G.P. (1992) "The seasonal characteristics of the circulation in the north Mediterranean Basin and their relationship with the atmospheric-climatic conditions", *J. Geophys. Res.* 97 (C6), 9531-9540.

Ciuffardi T., Giuliani A., Barsanti M., Bordone A., Cerrati G., Di Nallo G., Picco P. (2013), "Quarant'anni di dati oceanografici a cura del Centro Ricerche Ambiente Marino ENEA S. Teresa: il quadro del Golfo di La Spezia. Distribuzione storica dei dati dal 1973 al 2013", *Rapporto Tecnico, RT/2013/19/ENEA*, ENEA, Roma.

Gasparini G. P., Abbate M., Bordone A., Cerrati G., Galli C., Lazzoni E., Negri A. (2009) "Circulation and biomass distribution during warm season in the Gulf of La Spezia (north-western Mediterranean)", *Journal of Marine Systems* 78, S48-S62.

Giuliani A., Anno accademico 2011/2012, "Definizione di criteri per la qualità di dati ambientali marini nel Golfo di La Spezia" tesi di laurea ENEA n°1400/2012.

[https://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](https://www.wmo.int/pages/index_en.html)

<http://www.ioc-unesco.org/>

ENEA  
Servizio Promozione e Comunicazione  
[www.enea.it](http://www.enea.it)

Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA - C.R. Frascati  
agosto 2017