



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

BOZZA • 10 MAGGIO 2012

## STRATEGIA PER L'AMBIENTE MARINO

### ACIDIFICAZIONE MARINA

[www.strategiamarina.it](http://www.strategiamarina.it)

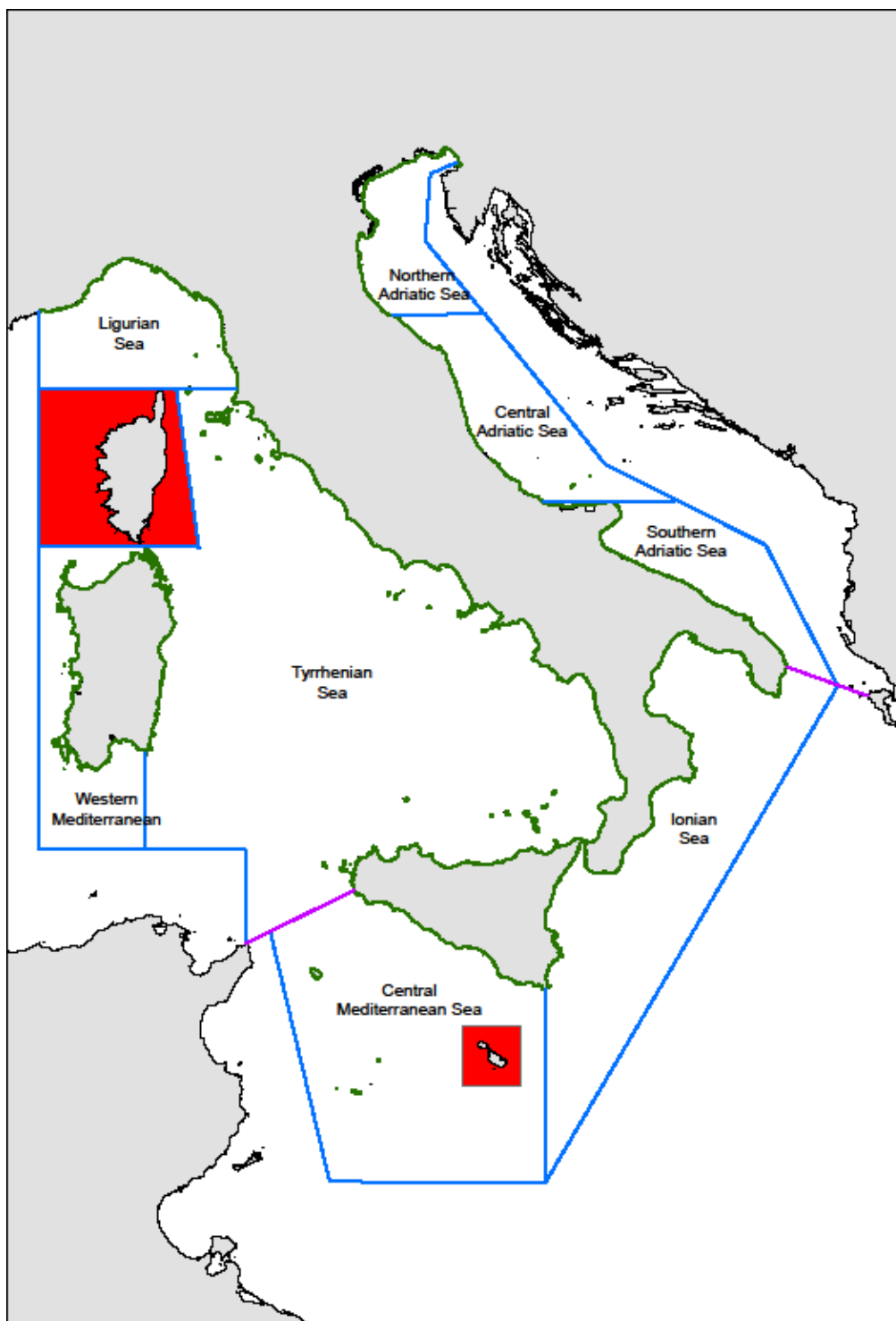
strategia  
marina



## 3.2 Acidificazione marina

### 3.2.1 AREA DI VALUTAZIONE

Non è stata considerata la suddivisione in sottoregione bensì la suddivisione in sottobacini (così come mostrato nella [Mappa 1](#)) per meglio evidenziare eventuali fenomeni di acidificazione.



Mappa 1. Suddivisione in sub-aree. In rosa sono indicati i confini delle tre sottoregioni. Le zone in rosso indicano le zone escluse dall'analisi.

### 3.2.1.1 INFORMAZIONE UTILIZZATA

#### Livello dell'acidificazione marina

Soggetti detentori di dati individuati:

1. ISPRA Servizio Mareografico Nazionale (Mappa 2)



Mappa 2. Rete Mareografica Nazionale (RMN) con indicata la dislocazione dei mareografi sul territorio nazionale.

2. ISPRA monitoraggio piattaforme Eni (Appendice I e II)
3. ISPRA monitoraggio - PR rinascimenti (Appendice I e II)
4. ISPRA monitoraggio - PR Sapei (Appendice I e II)
5. ISPRA monitoraggio - PR Edison (Appendice I e II)
6. Campagna oceanografica ARCO – CNR (Appendice I e II)
7. Campagna oceanografica Medcor – CNR (Appendice I e II)
8. Unità Clima ISPRA / PR Monitamal (Appendice I e II)
9. Unità Clima ISPRA/ Acquario di Monaco (Appendice I e II)
10. Si. Di. Mar. –Arpa Regionali (Appendice I e II)

*Dati e metodi:*

Sono stati analizzati fino ad ora i dati collezionati dalle sonde di pH poste su 10 stazioni della **Rete Mareografica Nazionale (RMN)** (Mappa 2) che, ricordiamo, è composta di 33 stazioni di misura uniformemente distribuite sul territorio nazionale ed ubicate prevalentemente all'interno delle strutture portuali. Le stazioni considerate sono state le seguenti: Imperia, Carloforte, Otranto, Vieste, Messina, Palinuro, Porto Torres, Venezia, Trieste, Lampedusa.

1. I dati elaborati sono stati rilevati nelle seguenti 10 stazioni dislocate lungo le coste italiane: Trieste, Venezia, Vieste, Otranto, Messina, Lampedusa, Porto Torres, Carloforte, Palinuro, Imperia. Sono stati presi in considerazione circa 14 mesi di rilevazione dal 1-gen-2011 al 21-feb-2012. Le rilevazioni svolte giornalmente sono state effettuate su base oraria (1-24 ore).
2. In totale, per ciascuna stazione, l'ampiezza di ciascun campione è risultata pari a 10008 osservazioni (417gg x 24h).
3. I parametri presi in considerazione oltre il pH sono stati:
  - a) Temperatura dell'acqua e temperatura rilevata da sonda multiparametrica
  - b) Conducibilità
  - c) Redox

#### *Analisi descrittiva del pH:*

I dati sono stati elaborati con tecniche di analisi volte a

- 1) Sintetizzare in termini descrittivi gli andamenti annuali del pH, e degli altri parametri descritti al punto 3 del precedente paragrafo.
- 2) studiare la distribuzione di probabilità dei valori di pH mediante l'applicazione del metodo di Johnson allo scopo di determinare il range entro cui il parametro dovrebbe naturalmente variare.
- 3) esaminare la loro possibile aggregazione spaziale mediante l'applicazione dell'analisi gerarchica dei clusters svolta attraverso il metodo di Ward
- 4) analizzare l'eventuale stagionalità dei dati e valutare l'eventuale presenza di trends di crescita e decrescita attraverso tecniche di decomposizione delle serie storiche.
- 5) Studiare l'influenza che eventuali parametri, quali la temperatura dell'acqua, la conducibilità, il redox hanno sulle oscillazioni del pH mediante l'applicazione dell'analisi di regressione logistica.

Tutte le analisi sono state svolte utilizzando il programma R 2.13.0 ed il package SuppDists.

La **tabella 1** riporta gli indici di posizione (minimo, massimo, 1°,2° e 3° quartile, media e di variabilità (deviazione standard) calcolati per ciascuna stazione indipendentemente dal tempo. Da un rapido esame dei valori in essa riportati si evince che in corrispondenza della stazione di Porto Torres è stato rilevato il valore medio di pH più basso ( $8.192 \pm 0.080$ ) mentre in corrispondenza della stazione di Trieste è stato rilevato il valore medio più elevato ( $8.556 \pm 0.239$ )

<b>Station</b>	<b>Minimum</b>	<b>1st Q</b>	<b>Mean</b>	<b>Median 2nd Q</b>	<b>3rd Q</b>	<b>Maximum</b>	<b>Standard deviation</b>
<b>Imperia</b>	8.0	8.2	8.276	8.3	8.4	8.7	0.125
<b>Carloforte</b>	7.7	8.1	8.238	8.3	8.4	8.6	0.201
<b>Otranto</b>	8.2	8.3	8.427	8.4	8.5	8.8	0.112
<b>Vieste</b>	8.0	8.3	8.446	8.4	8.5	9.4	0.193
<b>Messina</b>	7.5	8.1	8.266	8.2	8.5	8.7	0.233
<b>Palinuro</b>	8.2	8.2	8.362	8.4	8.5	9.0	0.145
<b>Porto Torres</b>	8.0	8.1	8.192	8.2	8.6	8.5	0.080

<b>Venezia</b>	8.0	8.2	8.416	8.4	8.6	9.1	0.230
<b>Lampedusa</b>	7.9	8.2	8.286	8.3	8.6	8.6	0.104
<b>Trieste</b>	8.1	8.4	8.556	8.5	8.6	9.5	0.239

**Tabella1** Indici di posizione e variabilità calcolati sul pH, indipendentemente dal periodo di campionamento, per ciascuna stazione

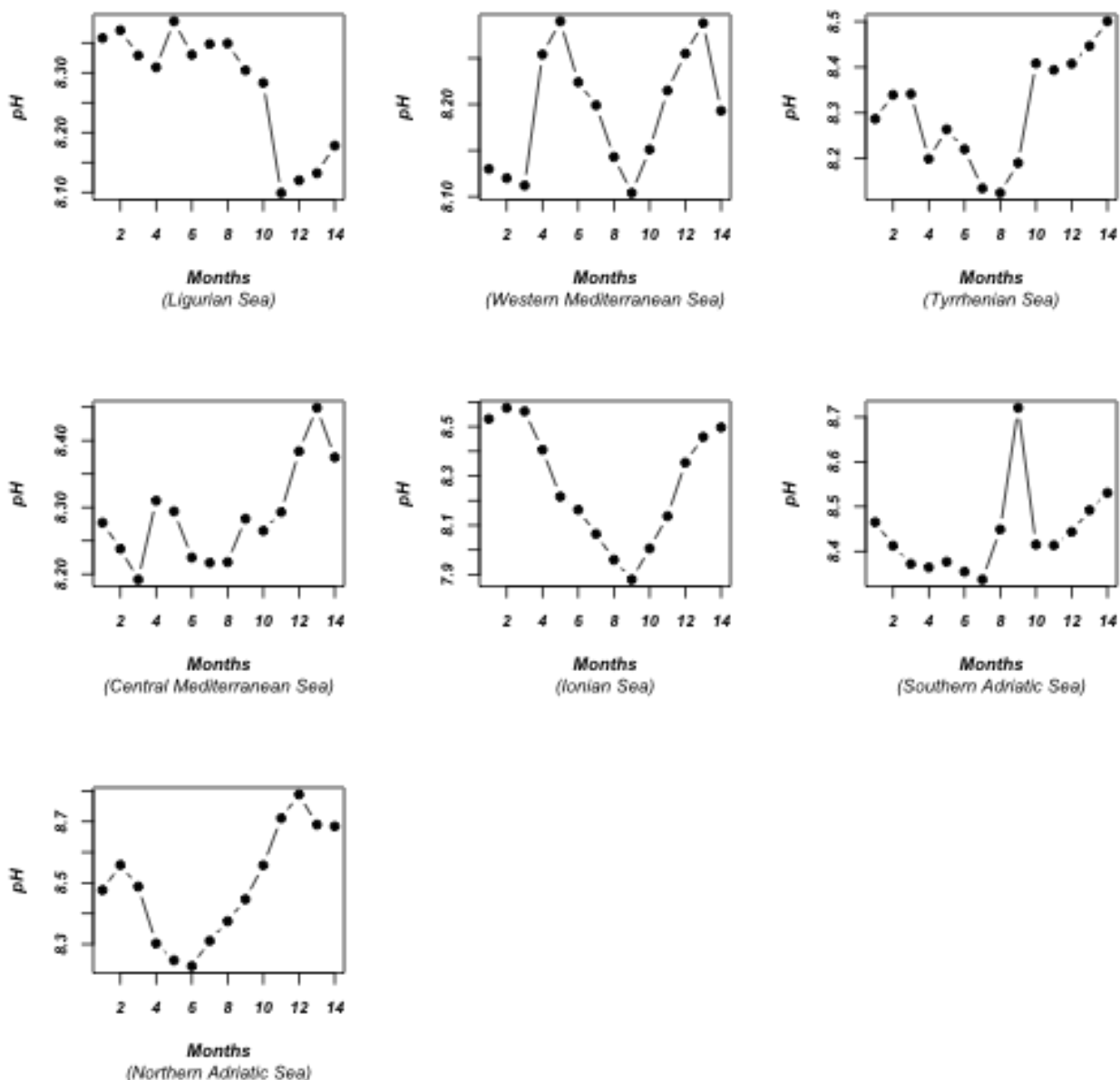
La **tabella 2** riporta gli indici di posizione e variabilità calcolati accorpendo le stazioni di campionamento secondo le seguenti sottoregioni di appartenenza: Mar di Liguria (Imperia), Mar Mediterraneo Occidentale (Porto Torres), Mar Tirreno (Carloforte, Palinuro), Mar Mediterraneo Centrale (Lampedusa), Mar Ionio (Messina), Mar Adriatico Meridionale (Otranto, Vieste), Mar Adriatico Settentrionale (Trieste, Venezia). Dalla **tabella 2** si evince che in media il pH assume valori più bassi nel Mar Mediterraneo Occidentale ( $8.192 \pm 0.080$ ) e valori più elevati nel Mar Adriatico Settentrionale ( $8.476 \pm 0.244$ ) e nel Mar Adriatico Meridionale ( $8.427 \pm 0.172$ ).

Si osserva, inoltre che in media i valori di pH rilevati nel Mar Tirreno e nel mar Tirreno Centrale risultano abbastanza simili ( $8,289 \pm 0.197$  e  $8.286 \pm 0.104$  rispettivamente).

<b>Station</b>	<b>Minimum</b>	<b>1st Q</b>	<b>Mean</b>	<b>Median 2nd Q</b>	<b>3rd Q</b>	<b>Maximum</b>	<b>Standard deviation</b>
<b>Ligurian Sea (Imperia)</b>	8.0	8.2	8.276	8.3	8.4	8.7	0.125
<b>Western Mediterranean Sea (Porto Torres)</b>	8.0	8.1	8.192	8.2	8.6	8.5	0.080
<b>Tyrrhenian Sea (Carloforte, Palinuro)</b>	7.7	8.2	8.289	8.3	8.4	9.0	0.197
<b>Central Mediteranean Sea (Lampedusa)</b>	7.9	8.2	8.286	8.3	8.6	8.6	0.104
<b>Ionian Sea (Messina)</b>	7.5	8.1	8.266	8.2	8.5	8.7	0.233
<b>Southern Adriatic Sea (Otranto, Vieste)</b>	8.0	8.3	8.427	8.4	8.5	9.4	0.172
<b>Northern Adriatic Sea (Trieste, Venezia)</b>	8.0	8.3	8.476	8.5	8.6	9.5	0.244

**Tabella2** Indici di posizione e variabilità calcolati sul pH, indipendentemente dal periodo di campionamento, per ciascuna sottoregione (Mar Tirreno, Mar Adriatico Meridionale, Mar Adriatico Settentrionale) o sottoarea (Mar Ligure, Mar Mediterraneo Occidentale, Mar Mediterraneo Centrale, Mar Ionio).

La **figura 1** riporta gli andamenti mensili per ciascuna sottoregione

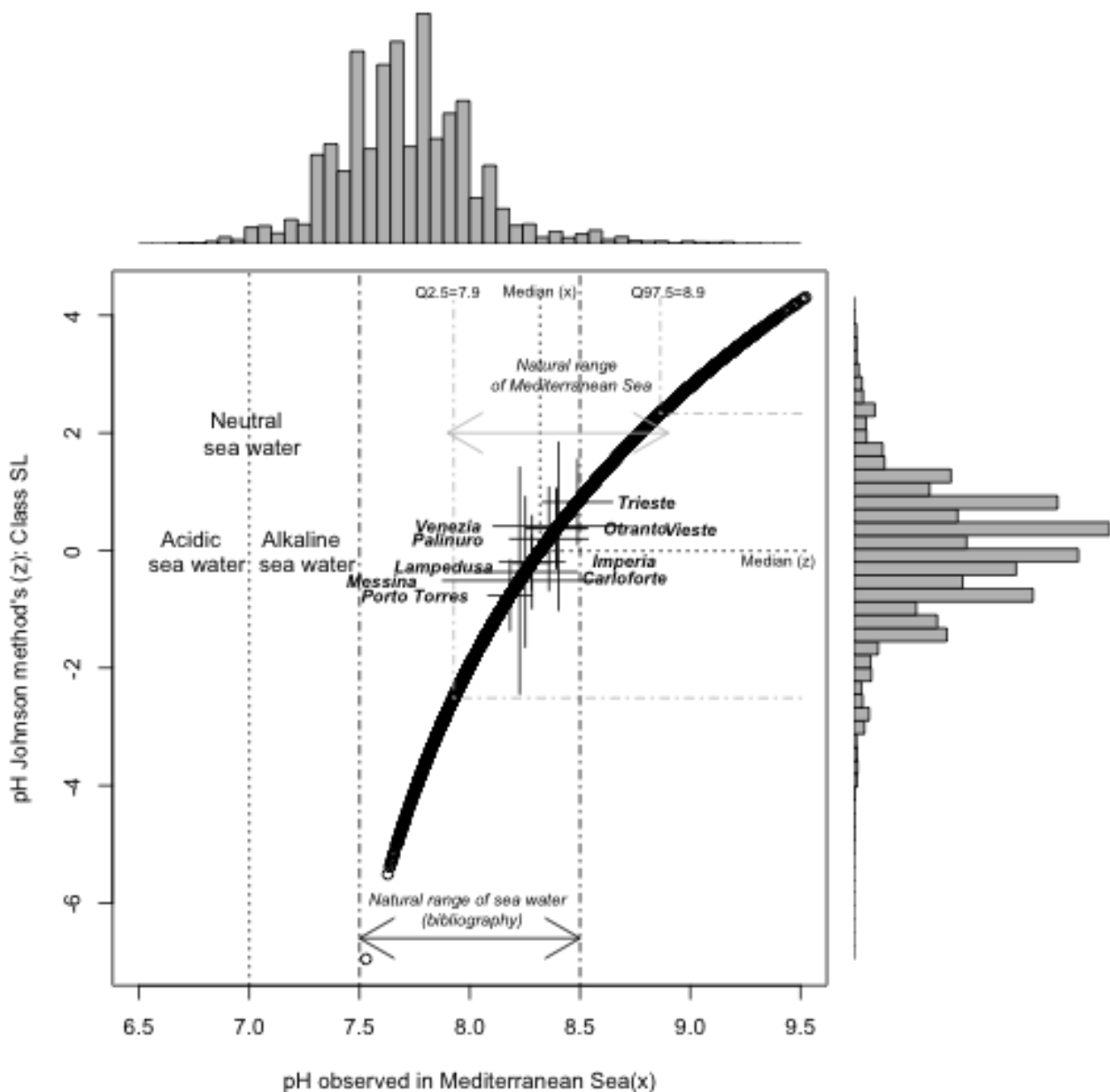


**Fig.1** Andamento del pH nell'arco dei 14 mesi di rilevazione (gennaio 2011- febbraio 2012) per ciascuna sottoregione (Mar Tirreno, Mar Adriatico Meridionale, Mar Adriatico Settentrionale) o sottoarea (Mar Ligure, Mar Mediterraneo Occidentale, Mar Mediterraneo Centrale, Mar Ionio).

*Studio della distribuzione di probabilità del pH e definizione dei limiti di confidenza al 95%:*

I dati rilevati in corrispondenza delle 10 stazioni di campionamento sono stati inseriti in un unico vettore di lunghezza 100080 osservazioni. Lo studio della distribuzione della variabile d' interesse è stata svolta indipendentemente dal sito di campionamento e dal tempo attraverso l'applicazione del metodo di Johnson.

Le figure 2 e 3 riproducono la distribuzione dei valori di pH. Sull'asse delle ascisse sono riportati i valori osservati mentre sulle ordinate i valori normalizzati secondo Johnson. In alto il pH osservato è stato rappresentato attraverso un istogramma di frequenza mentre, a destra l'istogramma è stato realizzato sui valori "normalizzati".



**Fig.2** Distribuzione dei valori di pH il 10 stazioni del Mediterraneo

La scala nel grafico è stata fatta partire da 6.5 in modo da poter evidenziare le regioni di acidità, neutralità e alcalinità riscontrabili nel pH. E' stato, inoltre definito il natural range dell'acqua di mare definito in bibliografia e quello definito sui dati oggetto di studio.

La distribuzione di probabilità del pH viene classificata, attraverso il metodo di Johnson, nella classe della distribuzione lognormale (SL). In effetti, l'istogramma in alto evidenzia la presenza di una forte asimmetria a sinistra ed un allungamento della coda di destra. Il metodo applicato normalizza i dati (istogramma a destra) rendendo la distribuzione più simmetrica. Ricordiamo, infatti, che il sistema di Johnson è definito come:

$$z = \gamma + \delta * \log(f(u)) \quad \text{con } u = (x - \xi) / \lambda$$

dove f() può assumere 4 possibili forme:

SL:  $f(u) = u$  Classe della distribuzione log normale

SU:  $f(u) = u + \sqrt{1 + u^2}$  Classe delle distribuzioni illimitate (T-Student, Gamma, ecc.)

SB:  $f(u) = u / (1 - u)$  Classe delle distribuzioni limitate (Chi quadrato, F di Fisher, ecc.)

SN:  $f(u) = \exp(u)$  Classe della distribuzione normale

I valori naturali entro cui il parametro sembra variare risultano compresi fra 7.9 e 8.9. Si osserva, comunque che alcuni dei valori registrati sono esterni a tali limiti. In particolare, l'11.4% (1144/10008\*100) delle misure di pH rilevate a Carloforte risultano al di sotto del limite inferiore (7.9) del range determinato con il metodo di Johnson. Si sottolinea che, nel file di partenza, i valori di pH inferiori a tale limite vanno da un minimo di 7.5 ad un massimo di 7.8 sono distribuiti fra il 13 Agosto 2011 e il 21 Settembre 2011 (estate). Anche il 7.85% (786/10008\*100) delle misure di pH rilevate a Messina risultano al di sotto di detto limite (7.9). Nel file di partenza i valori di pH inferiori al suddetto limite vanno da un minimo di 7.7 ad un massimo di 7.8 sono distribuiti fra il 26 Agosto 2011 e il 1 Ottobre 2011 (estate-autunno).

A Trieste e Vieste sono stati registrati valori di pH maggiori del limite superiore determinato secondo il metodo di Johnson. In particolare, in corrispondenza della prima stazione il 10.51% (1052/10008\*100) delle osservazioni superano la soglia (8.9) e risultano distribuiti tra il 31 Ottobre 2011 ed il 12 Gennaio 2012 (autunno – inverno) mentre il 5.53% (554/10008\*100) delle osservazioni rilevate nella seconda stazione risultano essere superiori allo stesso e risultano distribuiti fra il 6 Settembre 2011 ed il 31 Ottobre 2011 (autunno).

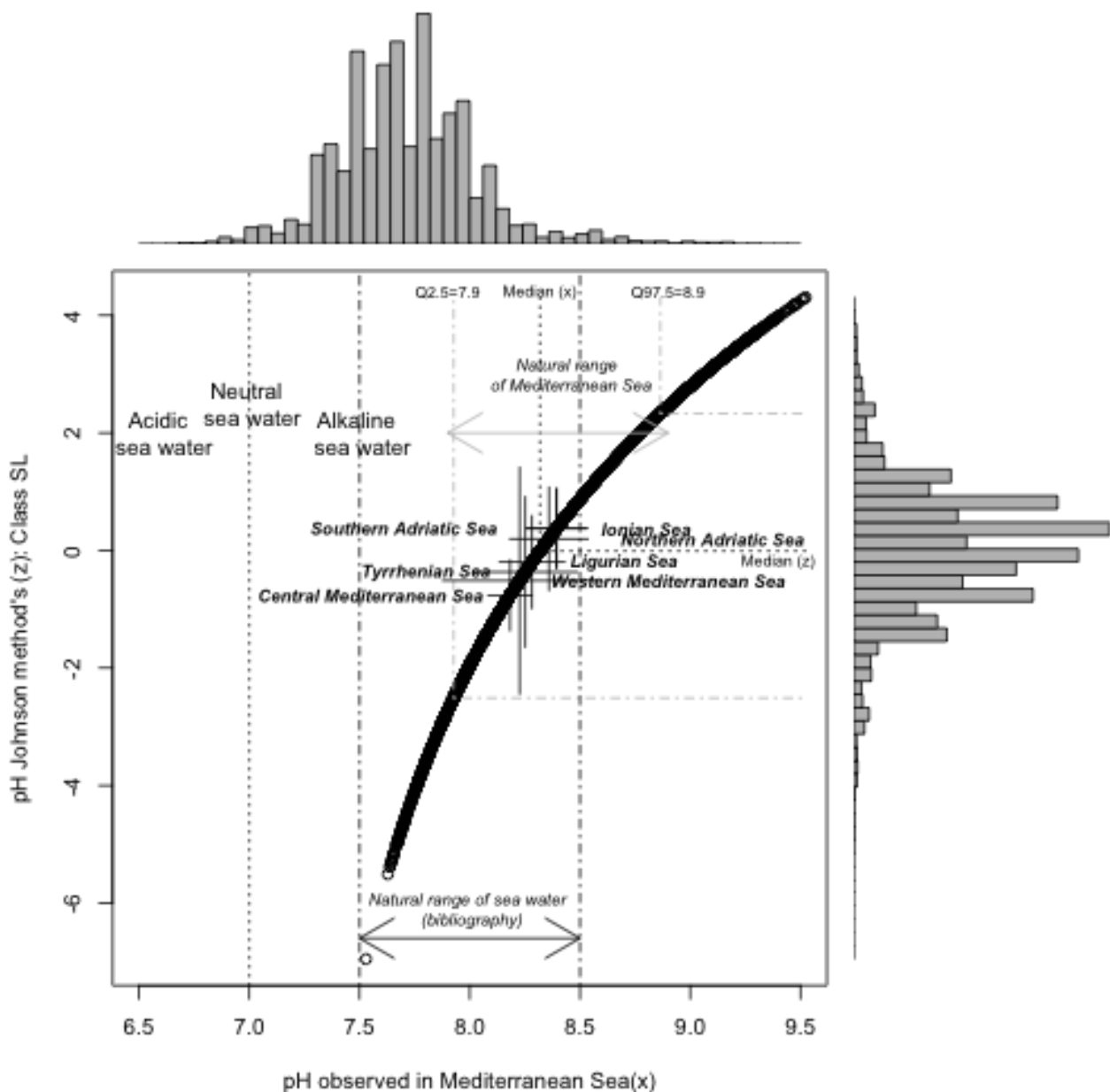
Le stazioni per cui i valori di pH rimangono entro i limiti dell'intervallo proposto sono quelle di Otranto, Porto Torres ed Imperia.

I punti nella figura 13a rappresentano le mediane calcolate in corrispondenza di ciascuna stazione, mentre le barre rappresentano la variabilità dalla mediana (median absolute deviation) calcolata sui dati effettivi (barra orizzontale) e sui dati normalizzati (barra verticale). Come si può verificare facilmente, alcuni dei valori mediani calcolati per ogni singola stazione tendono a sovrapporsi. In particolare la stazione di Porto Torres presenta il valore mediano più basso (8.2) mentre a Trieste è stato registrato il valore mediano più elevato (8.5). Imperia, Carloforte, Messina e Lampedusa hanno un pH mediano di 8.3 mentre Otranto, Vieste, Palinuro e Venezia un valore mediano di pH pari a 8.4.

In ogni caso, i valori di pH registrati nelle stazioni di campionamento considerate risultando al di sopra del valore soglia 7.0 di pH neutro possono considerarsi tendenzialmente basici.

La figura 13b riporta la stessa distribuzione tuttavia, i valori mediani sono stati calcolati in corrispondenza di ciascuna sottoregione.





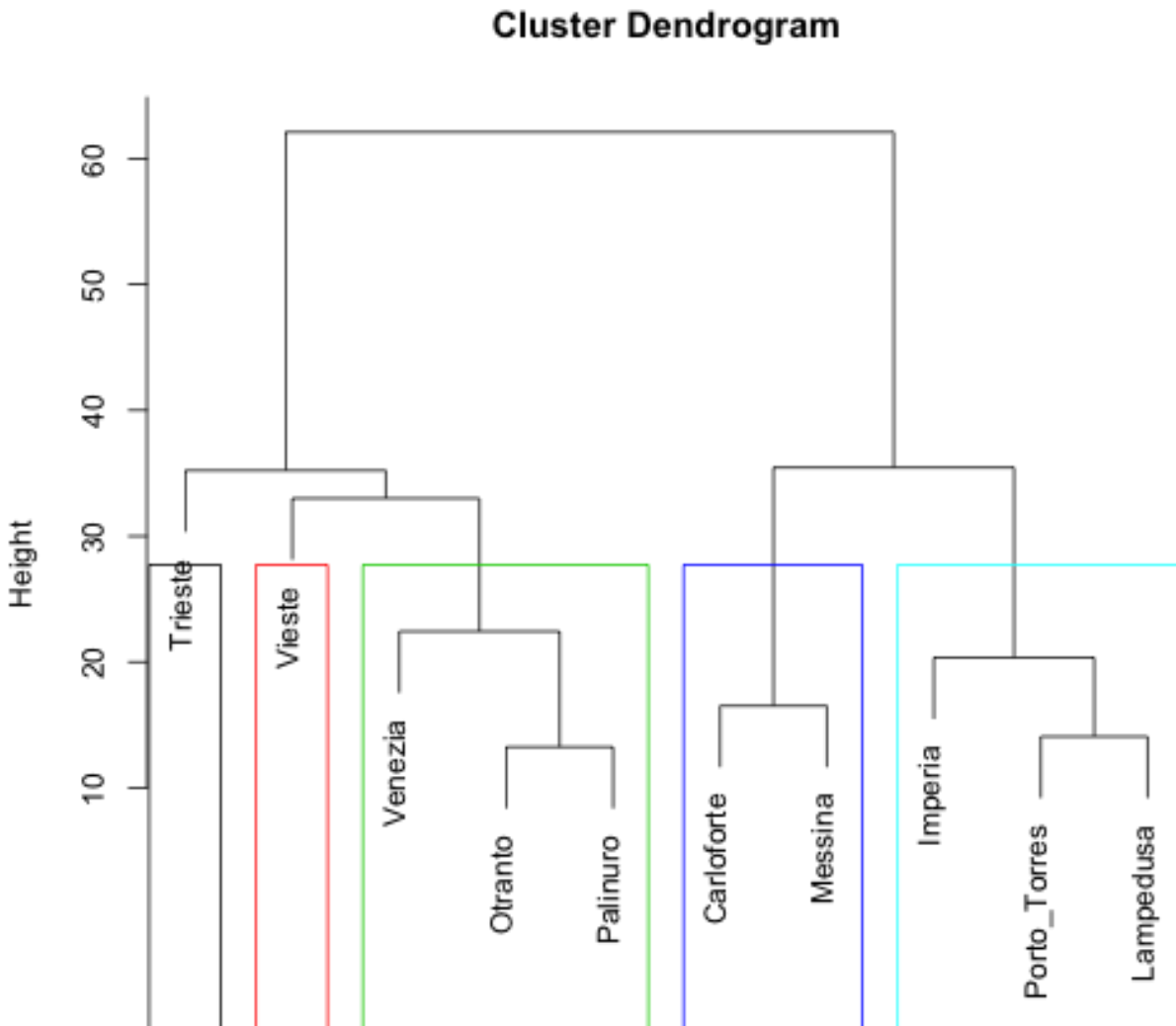
**Fig.3** Distribuzione dei valori di pH nelle 7 sottoregioni individuate nel Mediterraneo

#### *Studio dell'aggregazione spaziale delle stazioni di campionamento*

L'analisi gerarchica dei cluster applicata secondo il metodo di aggregazione di Ward è stata applicata allo scopo di verificare l'esistenza di possibili similarità fra le stazioni di campionamento considerate. La [figura 4](#) rappresenta il dendrogramma di classificazione ottenuto successivamente l'applicazione dell'analisi. La determinazione del numero dei clusters ottimo è stata svolta applicando la regola del taglio (cut rule). Dal grafico si osserva che:

- Il numero dei cluster ottimo è 5: 1) Imperia, Porto Torres, Lampedusa; 2) Messina Carloforte; 3) Palinuro, Otranto Venezia; 4) Vieste; 5) Trieste.
- le stazioni che si aggregano al primo passo dell'analisi sono Otranto e Palinuro
- Al secondo passo il metodo accoppia le stazioni di Porto Torres e Lampedusa

- d) Al terzo quelle di Carloforte e Messina
- e) Successivamente, la stazione di Imperia si aggrega alla coppia di stazioni descritte al punto b.
- f) Mentre la stazione di Venezia si aggrega alla coppia descritta al gruppo a.
- g) Le stazioni di Vieste e Trieste costituiscono due clusters separati.



**Fig4** Cluster analysis: dendrogramma di classificazione sul parametro pH

#### Analisi di suscettibilità

Come già accennato nell'introduzione del presente documento, il pH del mare è leggermente basico con valore medio, in generale di 7.8. Diventa più basico in ambienti ricchi di fitoplancton che, assorbendo la CO<sub>2</sub> con la fotosintesi, sottrae acido carbonico all'acqua, mentre al di sotto del livello raggiunto dalla luce solare il pH diventa più acido a causa della CO<sub>2</sub> prodotta dagli animali. Inoltre la pressione che aumenta con la profondità scioglie l'acido carbonico, facendo ridurre il pH di circa 0.02 per 1000 m di profondità. Il pH naturale degli oceani è leggermente alcalino: circa 8,2. La scala del pH va da 0 a 14: 0 è il massimo dell'acidità e 14 quello dell'alcalinità. Il valore 7 è il pH neutro. Il termine acidificazione descrive (in questo

contesto) il processo per cui l'acqua del mare sta diventando meno alcalina (si sta cioè spostando verso un valore prossimo alla "neutralità").

Allo scopo di evidenziare le aree potenzialmente più suscettibili alla acidificazione si è proceduto nel seguente modo:

- a) E' stato preso in considerazione il range di variabilità naturale per il Mar Mediterraneo definito precedentemente attraverso l'applicazione del metodo di Johnson (7.9-8.9);
- b) Valori inferiori al lower-bound (<7.9) dell'intervallo sono reputati candidati ad esprimere indicazioni circa la possibile acidificazione delle acque marine;
- c) Viene, perciò costruita una variabile dicotomica nel seguente modo:

$$\left\{ \begin{array}{l} status=1 \rightarrow pH < 7.9 \\ status=0 \rightarrow pH \geq 7.9 \end{array} \right\}$$

- d) Tale variabile viene messa in relazione con le variabili fisiche temperatura H<sub>2</sub>O, Conducibilità e Redox e le variabili di stratificazione periodo di campionamento (mese) e stazione opportunamente trasformate in variabili dummy.
- e) Viene applicato il modello di regressione logistica e calcolate le probabilità legate all'acidificazione opportunamente stratificate in funzione dell'area e del periodo di campionamento (tabelle 7-9)

Lo pseudo R<sup>2</sup> calcolato sul modello è risultato pari a 0.98 e l'Akaike Information Criteria è pari a 2504.9. Applicando la formula

$$p = \frac{exp(status)}{1 + exp(status)}$$

è possibile calcolare la probabilità del verificarsi dell'evento che le concentrazioni di pH possano essere di valore inferiore a 7.9.

Dalla **tabella 3** si evince che la maggior parte delle stazioni considerate presentano una probabilità di acidificazione nulla. Le uniche stazioni per cui le probabilità risultano essere diverse da zero sono quelle poste a Carloforte e Messina. Si osserva, comunque che dette probabilità sono molto basse (al più pari in media al 5%)

**Dalla tabella 4 si evince che la maggior parte delle sottoregioni considerate presentano una probabilità di acidificazione nulla.** Le uniche sottoregioni per cui le **probabilità risultano essere diverse da zero** sono quelle **poste nel Mar tirreno e nel Mar Ionio**. Si osserva, comunque che dette probabilità sono molto basse (al più pari in media al 3%)

Dalla **tabella 5** si evince che **la maggior parte dei mesi considerati** presentano **una probabilità di acidificazione nulla**. Gli unici periodi per cui le probabilità risultano essere diverse da zero sono agosto, settembre ed ottobre. Si osserva, comunque che **dette probabilità sono molto basse** (al più pari in media al 6%)

<b>Station</b>	<b>Minimum</b>	<b>1st Q</b>	<b>Mean</b>	<b>Median 2nd Q</b>	<b>3rd Q</b>	<b>Maximum</b>
<i>Imperia</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Carloforte</i>	0.0000	0.0000	0.0552	0.0000	0.0000	0.8285
<i>Otranto</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Vieste</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Messina</i>	0.0000	0.0002	0.0174	0.0000	0.0000	0.6082
<i>Palinuro</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Porto Torres</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Venezia</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Lampedusa</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Trieste</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

**Tabella 3** Probabilità di acidificazione dell'acqua marina calcolate per ciascuna stazione successivamente all'applicazione del modello di regressione logistica.

<b>Station</b>	<b>Minimum</b>	<b>1st Q</b>	<b>Mean</b>	<b>Median 2nd Q</b>	<b>3rd Q</b>	<b>Maximum</b>
<i>Ligurian Sea (Imperia)</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Western Mediterranean Sea (Porto Torres)</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Tyrrhenian Sea (Carloforte, Palinuro)</i>	0.0000	0.0000	0.0276	0.0000	0.0000	0.8285
<i>Central Mediteranean Sea (Lampedusa)</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Ionian Sea (Messina)</i>	0.0000	0.0002	0.0174	0.0000	0.0000	0.6082
<i>Southern Adriatic Sea (Otranto, Vieste)</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Northern Adriatic Sea (Trieste, Venezia)</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

**Tabella 4** Probabilità di acidificazione dell'acqua marina calcolate per ciascuna sottoregione successivamente all'applicazione del modello di regressione logistica.

<b>Station</b>	<b>Minimum</b>	<b>1st Q</b>	<b>Mean</b>	<b>Median 2nd Q</b>	<b>3rd Q</b>	<b>Maximum</b>
<b>Gennaio</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Febbraio</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Marzo</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Aprile</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Maggio</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Giugno</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Luglio</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Agosto</b>	0.0000	0.0000	0.0463	0.0000	0.0000	0.8225
<b>Settembre</b>	0.0000	0.0000	0.0558	0.0000	0.0672	0.8285
<b>Ottobre</b>	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0196
<b>Novembre</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Dicembre</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

**Tabella 5** Probabilità di acidificazione dell'acqua marina calcolate per ciascuno periodo di campionamento (mesi) successivamente all'applicazione del modello di regressione logistica.

### **Impatti dell'acidificazione marina sugli habitat della colonna d'acqua e le loro comunità**

Per la suddetta tematica non sono stati fino ad ora individuati soggetti detentori di dati nel panorama nazionale.

### **Attività**

Sono in via di definizione.

### **Lacune nell'informazione**

I gaps si riferiscono principalmente alla mancanza di dati su scala nazionale.

### **Bibliografia**

Hill, I.D., Hill, R., and Holder, R.L. (1976). Fitting Johnson curves by moments. *Applied Statistics*. AS99.  
 Johnson, N.L. (1949). Systems of frequency curves generated by methods of translation. *Biometrika*, **36**. 149-176.  
 Wheeler, R.E. (1980). Quantile estimators of Johnson curve parameters. *Biometrika*. **67-3** 725-728

Becker, R. A., Chambers, J. M. and Wilks, A. R. (1988) *The New S Language*. Wadsworth & Brooks/Cole. (S version.)

Everitt, B. (1974). *Cluster Analysis*. London: Heinemann Educ. Books.

Hartigan, J. A. (1975). *Clustering Algorithms*. New York: Wiley.

Sneath, P. H. A. and R. R. Sokal (1973). *Numerical Taxonomy*. San Francisco: Freeman.

Anderberg, M. R. (1973). *Cluster Analysis for Applications*. Academic Press: New York.

Gordon, A. D. (1999). *Classification*. Second Edition. London: Chapman and Hall / CRC

Murtagh, F. (1985). "Multidimensional Clustering Algorithms", in *COMPSTAT Lectures 4*. Wuerzburg: Physica-Verlag (for algorithmic details of algorithms used).

McQuitty, L.L. (1966). Similarity Analysis by Reciprocal Pairs for Discrete and Continuous Data. *Educational and Psychological Measurement*, **26**, 825–831.

*Statistica multivariata: Analisi esplorativa dei dati*. McGraw Hill Editors.

Dobson, A. J. (1990) *An Introduction to Generalized Linear Models*. London: Chapman and Hall.

Hastie, T. J. and Pregibon, D. (1992) *Generalized linear models*. Chapter 6 of *Statistical Models in S* eds J. M. Chambers and T. J. Hastie, Wadsworth & Brooks/Cole.

McCullagh P. and Nelder, J. A. (1989) *Generalized Linear Models*. London: Chapman and Hall.

Venables, W. N. and Ripley, B. D. (2002) *Modern Applied Statistics with S*. New York: Springer.

R version 2.13.0 (2011-04-13) Copyright (C) 2011 The R Foundation for Statistical Computing ISBN 3-900051-07-0

Bob Wheeler <bwheeler@gmail.com> (2009). SuppDists: Supplementary distributions. R package version 1.1-8. <http://CRAN.R-project.org/package=SuppDists>

# APPENDICE I

Sito	Bacino	Sub area	Periodo acquisizione	Riferimento
Imperia	Mar Ligure	Ligurian sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	Mareografico ISPRA
Porto Torres (SS)	Mare di Sardegna	Western Mediterranean	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	Mareografico ISPRA
Carloforte (CI)	Mare di Sardegna	Western Mediterranean	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	Mareografico ISPRA
Palinuro (SA)	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	Mareografico ISPRA
Messina	Mar Ionio S	Ionian Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	Mareografico ISPRA
Trieste	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	Mareografico ISPRA
Lampedusa (AG)	Stretto di Sicilia	Central Mediterranean Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	Mareografico ISPRA
Venezia	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	Mareografico ISPRA
Otranto (LE)	Mare Adriatico S	Southern Adriatic Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	Mareografico ISPRA
Vieste (FG)	Mare Adriatico S	Southern Adriatic Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	Mareografico ISPRA
Monitoraggio piattaforme Eni	Mare Adriatico S	Southern Adriatic Sea	puntuale annuale	ISPRA monitoraggio piattaforme Eni
Monitoraggio piattaforme Eni	Mare Adriatico C	Central Adriatic Sea	puntuale annuale	ISPRA monitoraggio piattaforme Eni
Monitoraggio piattaforme Eni	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	puntuale annuale	ISPRA monitoraggio piattaforme Eni
Civitanova Marche	Mare Adriatico C	Central Adriatic Sea	puntuale [campagna maggio2007]	
Montalto di Castro	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	puntuale [campagne 2006, 2007 e 2010]	ISPRA monitoraggio - PR ripascimenti
Tor Vaianica	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	puntuale [campagne 2006, 2007 e 2010]	ISPRA monitoraggio - PR ripascimenti
Sapei - Fiume Santo	Mar di Sardegna	Western Mediterranean	puntuale	ISPRA monitoraggio - PR Sapei
Sapei - Punta Tramontana	Mar di Sardegna	Western Mediterranean	puntuale	ISPRA monitoraggio - PR Sapei
Sapei - Nettuno	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	puntuale	ISPRA monitoraggio - PR Sapei
Terminale Edison - ChioGGia	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	puntuale [6 campagne - dal 2008 al 2011]	ISPRA monitoraggio - PR Edison
ARCO 1	Mar Ionio N	Ionian Sea	puntuale - 13.12.2008	Campagna oceanografica ARCO - CNR
ARCO 2	Mar Ionio N	Ionian Sea	puntuale - 14.12.2008	Campagna oceanografica ARCO - CNR
ARCO 3	Mar Ionio N	Ionian Sea	puntuale - 14.12.2008	Campagna oceanografica ARCO - CNR
ARCO 4	Mare Adriatico S	Southern Adriatic Sea	puntuale - 14.12.2008	Campagna oceanografica ARCO - CNR
ARCO 27	Mare Adriatico C	Central Adriatic Sea	puntuale - 17.12.2008	Campagna oceanografica ARCO - CNR
ARCO 33	Mare Adriatico C	Central Adriatic Sea	puntuale - 17.12.2008	Campagna oceanografica ARCO - CNR
ARCO 76	Mare Adriatico S	Southern Adriatic Sea	puntuale - 20.12.2008	Campagna oceanografica ARCO - CNR
MEDCOR 2	Stretto di Sicilia	Central Mediterranean Sea	puntuale - 11.12.2009	Campagna oceanografica Medcor - CNR
MEDCOR 20	Stretto di Sicilia	Central Mediterranean Sea	puntuale - 13.12.2009	Campagna oceanografica Medcor - CNR
MEDCOR 37	Stretto di Sicilia	Central Mediterranean Sea	puntuale - 14.12.2009	Campagna oceanografica Medcor - CNR
Lampedusa 2 (AG)	Stretto di Sicilia	Central Mediterranean Sea	4 misurazioni giornaliere - 19.6.2007 - 30.10.2007	Unità Clima ISPRA/PR MonitamaL
Levanto (SP)	Mar Ligure	Ligurian Sea	puntuale - 13.3.2010	Unità Clima ISPRA/Acquario Monaco
Capo Gallo (PA)	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	puntuale -17.3.2010	Unità Clima ISPRA/Acquario Monaco
Ustica (PA)	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	puntuale -18.3.2010	Unità Clima ISPRA/Acquario Monaco
Giulianova	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Pescara	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Ortona	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Vasto	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Basento	Nar Ionio N	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Sinni	Nar Ionio N	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Castrocucco	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Vibo Marina	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Mesima Nicotera	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Pellaro	Mar Ionio S	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Crotone	Mar Ionio N	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Caulonia	Mar Ionio N	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Capo Rizzuto	Mar Ionio N	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Paola	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Foce Fiume Picentino	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Foce Fiume Sarno	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Foce Fiume Volturno	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Napoli Piazza Vittoria	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Camerota	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Portici - Pietrarsa	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Punta Tresino	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Porto Garibaldi	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Lido Adriano	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Cesenatico	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Cattolica	Mare Adriatico C	Central Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Punta Sottile	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Miramare	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Duino	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Baia di Panzano	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Porto Buso	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali
Rio Martino	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	Si.Di.Mar. - arpa regionali

## APPENDICE II

Sito	Bacino	Sub area	Periodo acquisizione	Metodo Acquisizione
Imperia	Mar Ligure	Ligurian sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	sonda multiparametrica P230 SMP
Porto Torres (SS)	Mare di Sardegna	Western Mediterranean	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	sonda multiparametrica P230 SMP
Carloforte (CI)	Mare di Sardegna	Western Mediterranean	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	sonda multiparametrica P230 SMP
Palinuro (SA)	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	sonda multiparametrica P230 SMP
Messina	Mar Ionio S	Ionian Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	sonda multiparametrica P230 SMP
Trieste	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	sonda multiparametrica P230 SMP
Lampedusa (AG)	Stretto di Sicilia	Central Mediterranean Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	sonda multiparametrica P230 SMP
Venezia	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	sonda multiparametrica P230 SMP
Otranto (LE)	Mare Adriatico S	Southern Adriatic Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	sonda multiparametrica P230 SMP
Vieste (FG)	Mare Adriatico S	Southern Adriatic Sea	24 misurazioni giornaliere - 1.1.2001 - 21.2.2012	sonda multiparametrica P230 SMP
Monitoraggio piattaforme Eni	Mare Adriatico C	Southern Adriatic Sea	puntuale annuale	sonda multiparametrica
Monitoraggio piattaforme Eni	Mare Adriatico S	Central Adriatic Sea	puntuale annuale	sonda multiparametrica
Monitoraggio piattaforme Eni	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	puntuale annuale	sonda multiparametrica
Civitanova Marche	Mare Adriatico C	Central Adriatic Sea	puntuale [campagna maggio2007]	
Montalto di Castro	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	puntuale [campagne 2006, 2007 e 2010]	sonda multiparametrica
Tor Vaianica	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	puntuale [campagne 2006, 2007 e 2010]	sonda multiparametrica
Sapei - Fiume Santo	Mar di Sardegna	Western Mediterranean	puntuale	sonda multiparametrica
Sapei - Punta Tramontana	Mar di Sardegna	Western Mediterranean	puntuale	sonda multiparametrica
Sapei - Nettuno	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	puntuale	sonda multiparametrica
Terminale Edison - Chioggia	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	puntuale [6 campagne - dal 2008 al 2011]	sonda multiparametrica
ARCO 1	Mar Ionio N	Ionian Sea	puntuale - 13.12.2008	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
ARCO 2	Mar Ionio N	Ionian Sea	puntuale - 14.12.2008	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
ARCO 3	Mar Ionio N	Ionian Sea	puntuale - 14.12.2008	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
ARCO 4	Mare Adriatico S	Southern Adriatic Sea	puntuale - 14.12.2008	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
ARCO 27	Mare Adriatico C	Central Adriatic Sea	puntuale - 17.12.2008	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
ARCO 33	Mare Adriatico C	Central Adriatic Sea	puntuale - 17.12.2008	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
ARCO 76	Mare Adriatico S	Southern Adriatic Sea	puntuale - 20.12.2008	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
MEDCOR 2	Stretto di Sicilia	Central Mediterranean Sea	puntuale - 11.12.2009	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
MEDCOR 20	Stretto di Sicilia	Central Mediterranean Sea	puntuale - 13.12.2009	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
MEDCOR 37	Stretto di Sicilia	Central Mediterranean Sea	puntuale - 14.12.2009	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
Lampedusa 2 (AG)	Stretto di Sicilia	Central Mediterranean Sea	4 misurazioni giornaliere - 19.6.2007 - 30.10.2007	sonda multiparametrica B&C electronics S
Levanto (SP)	Mar Ligure	Ligurian Sea	puntuale - 13.3.2010	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
Capo Gallo (PA)	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	puntuale -17.3.2010	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
Ustica (PA)	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	puntuale -18.3.2010	pH total scale (methrom 826 pHmobile)
Giulianova	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Pescara	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Ortona	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Vasto	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Basento	Mar Ionio N	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Sinni	Mar Ionio N	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Castrocucco	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Vibo Marina	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Mesima Nicotera	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Pellaro	Mar Ionio S	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Crotone	Mar Ionio N	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Caulonia	Mar Ionio N	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Capo Rizzuto	Mar Ionio N	Ionian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Paola	Mar Tirreno S	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Foce Fiume Picentino	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Foce Fiume Sarno	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Foce Fiume Volturno	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Napoli Piazza Vittoria	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Camerota	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Portici - Pietrarsa	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Punta Tresino	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Porto Garibaldi	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Lido Adriano	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Cesenatico	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Cattolica	Mare Adriatico C	Central Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Punta Sottile	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Miramare	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Duino	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Baia di Panzano	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Porto Buso	Mare Adriatico N	Northern Adriatic Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica
Rio Martino	Mar Tirreno C	Tyrrhenian Sea	mensile anni 2008 - 2009	sonda multiparametrica