

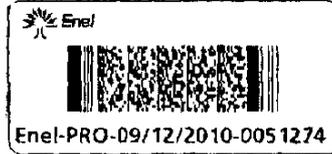


L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

DIVISIONE GENERAZIONE ED ENERGY MANAGEMENT
AREA DI BUSINESS PRODUZIONE TERMOELETTRICA
UNITÀ DI BUSINESS PORTO CORSINI

48123 Porto Corsini (RA), via Baiona 253
T +39 0544 223111 F +39 0544 223189

Porto Corsini



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale Valutazioni Ambientali
E. prot. DVA - 2010 - 0030918 del 21/12/2010

Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare.
DGVA - DIV. IV - AIA
Via C. Colombo, 44
00147 ROMA

ISPRA
Via Vitaliano Brancati 47
00144 ROMA
c.a. ing. Alfredo Pini

Riferimento: Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12 /11/2009 di autorizzazione della Centrale Termoelettrica ENEL SpA di Porto Corsini (RA).

Oggetto: Valutazione effetti scarico termico sulla Pialassa Baiona
Riduzione impatto termico, utilizzi alternativi delle acque e altri punti di scarico

Con riferimento all'art. 1 c. 3 del Decreto in oggetto e al punto 9.4 del Parere Istruttorio allegato allo stesso, facendo seguito alla nostra precedente comunicazione del 11/06/2010 prot.n. 0023632, Vi inviamo la relazione conclusiva dell'indagine svolta mirata alla valutazione degli effetti dello scarico termico sulla Pialassa Baiona (Rapporto n. B0010853).

Inoltre come richiesto all'art.1 c. 4 del Decreto e al punto 9.4 del Parere Istruttorio allegato allo stesso, Vi inviamo uno studio di fattibilità concernente la riduzione dell'impatto termico, gli utilizzi alternativi delle acque di scarico e l'individuazione di altri punti di scarico (Relazione n. PCBCCFS001-00).

Come richiesto dall'art. 1 c. 5 del decreto si allega alla presente l'originale della quietanza del versamento della prescritta tariffa di cui al Decreto Interministeriale 24 Aprile 2008.

Distinti saluti.

Piergiorgio Tonti
Il Responsabile



Allegati:
CD con rapporti
Attestazione di versamento

Id profilo: 6692755





C.I.R.S.A.
Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali in Ravenna
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna



Divisione Ambiente e Territorio di CESI S.p.A.

VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLO SCARICO TERMICO DELLA CENTRALE ENEL “TEODORA” SULLA PIALASSA BAIONA

ANNO 2010

PUBBLICATO B0010853 (PAD - 1407392)



Cliente	Enel Produzione SpA GEM - UB Porto Corsini
Oggetto	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLO SCARICO TERMICO DELLA CENTRALE ENEL "TEODORA" SULLA PIALASSA BAIONA – ANNO 2010
Ordine	CESI: Accordo Quadro Enel Produzione n. 8400011866 - Attingimento A.Q. N. 4000248763 del 14/04/2010 CIRSA: CONTRATTO DI APPALTO DI SERVIZI N. 1400015117 Servizio di indagine ambientale per valutare gli effetti dello scarico termico della C.le Enel Teodora sui popolamenti bentonici della Pialassa Baiona – Porto Corsini (RA) – CIG: 0459219F7D
Note	Rev. 0 (AG10SID009 lettera trasmissione n. B0033149)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta di Enel, CESI e CIRSA.

I rapporti consegnati al Cliente non conterranno le firme autografe ma saranno convalidati elettronicamente. L'attestazione che le convalide sono avvenute nel rispetto delle procure di firma e delle procedure aziendali in vigore, è data dalla presenza del n. di protocollo e matricola apposti sotto i nominativi dell'Autore, Verificatore ed Approvatore e dal timbro di PUBBLICATO Annnnnnn (PAD - nnnnnn) apposto sul lato sinistro del documento

N. pagine	91	N. pagine fuori testo	121
Data	30/11/2010		
Elaborato	Marco Abbiati, M. Laura Meloni, Massimo Ponti		
Verificato	Maurizio Sala		
Approvato	Tommaso Granata		

Indice

GRUPPO DI LAVORO	4
1 SINTESI GENERALE	4
2 PREMESSA	7
3 INTRODUZIONE	7
4 AREA DI STUDIO	9
5 SCOPI E DISEGNO DI CAMPIONAMENTO	11
5.1 Pianificazione temporale dell' indagine.....	11
5.2 Impostazione dell'indagine termica	12
5.3 Impostazione dell'analisi dei sedimenti e dei popolamenti macrobentonici.....	20
6 MATERIALI E METODI	27
6.1 Rilievi termici	27
6.1.1 Rete termografica	27
6.1.2 Sonda multiparametrica CTD	28
6.2 Prelievo e trattamento preliminare dei campioni di sedimento.....	29
6.3 Analisi dei contaminanti nei campioni di sedimento	30
6.4 Analisi dei popolamenti macrobentonici	32
6.4.1 Distribuzione delle specie e caratterizzazione dei popolamenti	32
6.4.2 Diversità specifica	32
6.4.3 Analisi univariata e multivariata della varianza	33
7 RISULTATI	36
7.1 Dati al contorno.....	36
7.1.1 Registrazione delle oscillazioni mareali	36
7.1.2 Operatività della centrale.....	38
7.2 Rilievi termici	38
7.2.1 Rete termografica fissa	38
7.2.2 Profili CTD.....	41
7.2.3 Considerazioni generali derivanti dall'analisi dei dati termici.....	44
7.3 Analisi dei contaminanti nei sedimenti.....	48
7.4 Analisi dei popolamenti bentonici	58
7.5 Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla distribuzione dei singoli taxa.....	62
7.6 Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla diversità in specie	77
7.6.1 Ricchezza specifica.....	77
7.6.2 Equidistribuzione.....	78
7.6.3 Diversità specifica	79
7.7 Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla struttura di comunità.....	80
7.8 Correlazioni tra la struttura di comunità e le variabili chimico-fisiche.....	83
7.9 Considerazioni generali derivanti dall'analisi dei popolamenti bentonici	84
8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	85
9 APPENDICI	90
APPENDICE 1: Monografie stazioni di registrazione (26 pagine)	
APPENDICE 2: Mappe di temperatura (26 pagine)	
APPENDICE 3: Profili CTD (27 pagine)	
ALLEGATI AL RAPPORTO B0010853	91

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	30/11/2010	B0010853	Prima emissione

GRUPPO DI LAVORO

All'esecuzione delle attività di campo e di laboratorio, alla definizione del piano di indagine e alla redazione della presente relazione hanno partecipato il Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali di Ravenna (CIRSA) - Università di Bologna e ISMES di CESI SpA. Le persone coinvolte sono di seguito riportate.

CIRSA	Marco Abbiati Simona Bonaiuti Giovanni Fontana Giuseppina Galletta Roberta Guerra Elena Lo Giudice Simone Marchiselli Massimo Ponti Fabio Bertasi
ISMES - CESI	Tommaso Granata Amedeo Bozzani Giacomo Caleffi Patrizio Fontana Fabio Marengoni M.Laura Meloni Sergio Pastori

1 SINTESI GENERALE

Nel presente rapporto sono riportati i risultati dello studio finalizzato alla valutazione degli effetti dello scarico termico della centrale termoelettrica della Società Enel Produzione SpA sita in Porto Corsini (Ravenna) sull'ecosistema della Pialassa Baiona, in ottemperanza alle prescrizioni del Decreto di Autorizzazione Integrata Ambientale ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12 novembre 2009.

L'indagine ha previsto l'esecuzione di rilievi termici, in condizioni di elevato livello produttivo superiore a quello di normale funzionamento, e di campionamenti di sedimento per le analisi della struttura dei popolamenti bentonici, per la valutazione degli effetti dello scarico termico della centrale Enel sulla Pialassa Baiona. Per una più completa caratterizzazione ambientale sono stati inoltre ricercati nei sedimenti alcuni contaminanti chimici che possono condizionare i popolamenti bentonici, anche se non presenti nello scarico della centrale.

Il primo scopo della presente indagine è stato la valutazione dell'estensione spaziale, verticale e della consistenza temporale degli andamenti della temperatura dell'acqua della Pialassa Baiona al fine di individuare il contributo dovuto allo scarico termico della centrale termoelettrica Enel rispetto agli

andamenti naturali ed alle alterazioni indotte da altre attività industriali e produttive che insistono sull'area meridionale della laguna.

Il secondo scopo è stato di valutare i possibili effetti indotti dallo scarico della centrale Enel sull'ecosistema caratterizzando la composizione e la struttura dei popolamenti bentonici che riflettono le caratteristiche attuali del sistema, ma che costituiscono anche la memoria storica degli eventi che hanno influenzato le caratteristiche ecologiche del bacino. A tal fine è stato impostato un disegno di campionamento che ha permesso di incorporare nel modo migliore possibile gli eventuali effetti della centrale Enel dagli effetti dei gradienti naturali, tipici di tutti gli ambienti acquatici di transizione, e dagli effetti delle molteplici sorgenti di impatto antropico (come l'arricchimento di nutrienti, gli scarichi industriali, l'inquinamento chimico e gli altri scarichi termici).

Lo studio termo-idrologico per la caratterizzazione dell'andamento della perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento dell'impianto di produzione termoelettrica di Porto Corsini è stato effettuato sulla Pialassa Baiona e sulla rete di canali ad essa collegati. Operativamente è stata realizzata una rete termografica costituita da 23 stazioni di misura opportunamente distribuite nell'area di studio, ciascuna costituita da tre sensori posizionati rispettivamente a -0.1 m e -1.5 m rispetto alla superficie ed in prossimità del fondo; i sensori hanno operato in continuo per 10 giorni. Nello stesso periodo, inoltre, sono stati condotti dei rilievi di temperatura lungo il profilo verticale della colonna d'acqua tramite sonda multiparametrica CTD per caratterizzare la stratificazione termica del corpo idrico, cioè lo spessore dello strato d'acqua superficiale interessato dai fenomeni di riscaldamento, in corrispondenza di caratteristici istanti di marea (massimi e minimi sizigiali e quadrature).

L'analisi termografica ha permesso di generare le mappe di distribuzione termica e di tracciare il quadro generale del corpo idrico, in cui si rileva un apporto di acque calde derivante dal Canale Magni che raccoglie gli scarichi dell'area industriale. In questo quadro di alterazione la perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento della centrale Enel è circoscritta alle zone più prossime al punto di scarico e quindi, non determina variazioni apprezzabili nella restante parte della Pialassa Baiona.

L'analisi dei profili verticali di temperatura ha permesso di rilevare una stratificazione termica che si realizza solo in condizioni di funzionamento della centrale ad un alto livello produttivo ed è circoscritta ai dintorni dello scarico nel Canale Magni. Le rappresentazioni bidimensionali del campo termico dell'area in esame consentono di evidenziare un quadro ben delineato: l'impatto termico della centrale si esaurisce nella zona meridionale della Pialassa, in particolare lungo il Canale Magni (interessato anche da reflui termici di diversa provenienza, come si può rilevare dalle alterazioni nella distribuzione delle temperature). L'effetto dello scarico viene mitigato dall'azione di rimescolamento dovuta alle correnti mareali in ingresso da mare. L'ingresso di acque marine fa sì che le più basse temperature medie si rilevano nella zona centrale della Pialassa. Si nota infine la tendenza al naturale riscaldamento della zona settentrionale del bacino dovuto alla presenza di chiari che risentono fortemente dell'effetto dell'irraggiamento solare.

La valutazione della qualità dei sedimenti e dello stato dei popolamenti di invertebrati macrobentonici della Pialassa Baiona, considerando la complessità del bacino e le molteplici fonti di disturbo presenti, è stata condotta utilizzando un disegno di campionamento multifattoriale che permette di analizzare e discriminare i possibili effetti del gradiente naturale terra-mare, tipico degli ambienti costieri di transizione, dal gradiente d'impatto antropico dovuto a diverse sorgenti di disturbo localizzate lungo il lato meridionale della laguna, o dall'effetto combinato di questi due gradienti. I gradienti terra-mare e di disturbo antropico sono geograficamente ortogonali tra loro e la loro combinazione consente di identificare 4 aree:

- Area 1 (lontana dal mare e influenzata dagli scarichi industriali): si colloca nella parte più interna del canale Magni e riceve direttamente le acque di scarico provenienti dall'area industriale ma è meno interessata dagli scambi con il mare determinati dai cicli di marea;
- Area 2 (vicina al mare e influenzata dallo scarico termico della centrale Enel) si colloca nel tratto terminale del canale Magni-Staggi in prossimità del punto di confluenza dei canali verso il mare e

vicino al polo industriale; rappresenta la zona direttamente influenzata dallo scarico termico della centrale Enel ed è soggetta ad un forte ricambio con il mare;

- Area 3 (vicina al mare e poco interessata dagli scarichi industriali): si colloca nel canale Fossatone in prossimità del punto di confluenza dei canali verso il mare e relativamente lontano dalla zona industriale;
- Area 4 (lontana dal mare e lontana dagli scarichi industriali): si colloca nel canale Taglio della Baiona lontano dal polo industriale e poco influenzata dagli scambi con il mare, rappresenta l'area di studio più interna alla laguna.

Sono state così individuate zone della laguna più esposte al disturbo antropico, rappresentate dalle aree 1 e 2, rispetto alle aree 3 e 4 collocate più a nord, mentre il gradiente naturale terra-mare viene analizzato confrontando le zone più prossime al mare, rappresentate dalle aree 2 e 3, con le aree 1 e 4, più interne alla laguna. I due fattori, vicinanza al mare ed alle fonti di disturbo, potrebbero influenzarsi vicendevolmente determinando degli effetti più complessi. Un eventuale effetto dello scarico termico della centrale Enel verrebbe evidenziato da un'alterazione significativa delle variabili misurate nell'area 2, la più prossima allo scarico della centrale, in contrasto con gli andamenti associati ai due gradienti principali analizzati.

Inoltre, per valutare il livello di variabilità a piccola scala spaziale dei popolamenti e delle condizioni ambientali all'interno delle quattro aree precedentemente definite, in ciascuna di esse sono stati individuati in modo casuale tre siti di campionamento. Per ogni sito sono stati analizzati tre campioni-replica.

L'analisi della distribuzione delle specie più abbondanti che compongono i popolamenti di macroinvertebrati bentonici della laguna Pialassa Baiona indica un effetto principale del gradiente naturale terra-mare. Questo risultato è in accordo sia con gli studi precedenti condotti in questa laguna (Ponti *et al.*, 2010) sia con gli andamenti generali che si osservano negli ambienti costieri di transizione (e.g. Lardicci *et al.*, 1993; Barnes, 1994; Attrill, 2002; Attrill e Rundle, 2002; Rossi *et al.*, 2006). L'abbondanza di alcune specie, pur presentando un'elevata variabilità a piccola scala spaziale, risulta influenzata dal disturbo antropico che caratterizza la costa sud di questa laguna, ma non si rileva nessun andamento che possa essere specificamente messo in relazione con la presenza dello scarico termico della centrale Enel.

Il differenziamento della composizione e struttura delle comunità bentoniche nel loro insieme, come emerge dalle analisi multivariate, rispecchia l'effetto principale del gradiente naturale terra-mare e, in misura minore, quello del gradiente di disturbo antropico nord-sud. Anche in questo caso non si rilevano effetti che possano essere messi in relazione specificamente con la presenza dello scarico termico della centrale Enel.

L'analisi di correlazione tra la distribuzione dei popolamenti bentonici e le variabili chimico-fisiche e dei contaminanti, misurate nella colonna d'acqua e nei sedimenti, suggerisce che la struttura delle comunità è influenzata dalla presenza nei sedimenti di numerosi inquinanti che presentano concentrazioni maggiori in area 1 e che, come evidenziato da altri studi, hanno diversa origine ed età (Fabbri *et al.*, 1998; Guerra *et al.*, 2002; Trombini *et al.*, 2003).

In sintesi, alla luce dei dati raccolti, si può affermare che il principale elemento strutturante gli ecosistemi bentonici e la qualità ambientale della Pialassa Baiona sia il gradiente terra-mare che mette a contrasto la zona interna (aree 1 e 4) con la zona vicina al mare (aree 2 e 3). Anche se in misura minore rispetto al gradiente naturale terra-mare, la presenza delle diverse sorgenti di disturbo antropico lungo il gradiente nord-sud della laguna influenza la composizione e l'abbondanza delle comunità di invertebrati macrobentonici. La zona settentrionale del bacino (aree 3 e 4) è quella che meno risente delle perturbazioni di origine antropica. I popolamenti dell'area 3 sembrano essere influenzati principalmente dall'apporto vivificante (*sensu* Guélorget e Perthuisot, 1992) delle maree; mentre l'area 4 presenta un popolamento più tipico degli ambienti salmastri. La zona meridionale del bacino della Pialassa Baiona

(aree 1 e 2) è quella che subisce maggiormente gli effetti dei numerosi reflui industriali che insistono sul canale Magni. In particolare l'area 1 (zona meridionale ed interna) è quella che più risente della storia del bacino, dell'accumulo di contaminanti nei sedimenti e della presenza di numerosi reflui provenienti dalla zona chimico-industriale. Dallo studio, nell'Area 2 (zona meridionale esterna) non emerge alcuna alterazione della struttura dei popolamenti, che avrebbe potuto rappresentare uno specifico effetto aggiuntivo di disturbo imputabile univocamente alla presenza dello scarico termico della centrale Enel.

In conclusione, lo studio nel suo insieme mette in evidenza come l'alterazione termica interessi solo la zona del canale Magni, peraltro già impattato da altre sorgenti di disturbo antropico, e non si estende al restante bacino della Pialassa Baiona. Anche lo studio dei popolamenti, in accordo con i dati termici, evidenzia la presenza di impatti nella zona meridionale della Pialassa e l'assenza di alterazioni attribuibili specificatamente allo scarico termico della centrale Enel.

2 PREMESSA

Il Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12 novembre 2009 di Autorizzazione Integrata Ambientale per l'esercizio della centrale di Porto Corsini (Ravenna) prevede, all'Art.1:

“...il Gestore è tenuto a condurre un'indagine mirata alla valutazione degli effetti dello scarico termico sulla Pialassa Baiona.”

A tale proposito, dopo un rilievo preliminare condotto a marzo 2010, è stata eseguita, nella prima metà di maggio 2010, un'indagine per la valutazione degli effetti dello scarico termico, che ha previsto l'esecuzione di rilievi di temperatura nella Pialassa Baiona e campionamenti di sedimento per le analisi chimico-fisiche e di popolamenti bentonici, volta alla caratterizzazione dell'area oggetto di studio in condizioni di funzionamento dell'impianto.

In questo rapporto sono riportati l'inquadramento dell'area in esame, i principi in base ai quali sono stati impostati il piano di indagine, lo schema di campionamento e la presentazione dei risultati ottenuti. Vengono descritti inoltre i metodi applicati, l'operatività in campo, le attrezzature e la strumentazione utilizzata.

3 INTRODUZIONE

La centrale Enel di Porto Corsini (comune di Ravenna) opera prelevando l'acqua di raffreddamento dal canale industriale Candiano e restituisce le portate di scarico nel canale artificiale Magni, a sua volta in comunicazione con la fitta rete di canali e acquitrini (chiari) che nel complesso costituiscono la laguna costiera denominata Pialassa Baiona, collegata a sua volta al mare aperto attraverso il tratto terminale del canale Candiano e l'area portuale di Porto Corsini.

L'apporto termico potrebbe causare delle modificazioni dei sistemi ambientali coinvolti. Tali modificazioni possono avere carattere negativo o positivo in relazione all'entità del fenomeno e alla realtà ambientale in cui si va a collocare (Conlan, 1994; Lardicci *et al.*, 1999; Massa *et al.*, 2009; Ponti *et al.*, 2009a).

Per la corretta valutazione del tipo di alterazione indotta e della sua entità è essenziale impostare un programma di valutazione ambientale rigoroso basato su un disegno sperimentale che permetta di testare specifiche ipotesi relative al tipo, all'intensità ed all'estensione delle possibili alterazioni (Green, 1979; Abbiati, 2003).

I popolamenti naturali della laguna costiera Pialassa Baiona sono caratterizzati da un'elevata eterogeneità spaziale, messa già in evidenza da studi precedenti (Ponti *et al.*, 2002; Ponti *et al.*, 2003a; Ponti *et al.*, 2003b; Ponti e Abbiati, 2004; Ponti *et al.*, 2005; Ponti *et al.*, 2007; Ponti *et al.*, 2008;

Abbiati *et al.*, 2010). La distribuzione e struttura dei popolamenti è influenzata dai naturali gradienti terra-mare, tipici di ogni ambiente di transizione, che rappresentano la risultante dell'interazione fra circolazione e ricambio idrico, salinità, ossigenazione, accumulo di sostanza organica nei sedimenti, ecc. Ad essi si sovrappongono gli eventuali fattori di disturbo antropico, nella Pialassa Baiona rappresentati dallo scarico e dall'accumulo di sostanze tossiche nei sedimenti, immissione di acque di superficie e acque di scarico di impianti di trattamento civili e industriali, nonché da effluenti termici, tutti per lo più localizzati nell'area meridionale della laguna. Il bacino è inoltre interessato dagli interventi diretti ed indiretti sulla laguna, generalmente intesi alla conservazione e miglioramento della qualità ambientale (Guerra *et al.*, 2007; Prato *et al.*, 2008; Guerra *et al.*, 2009; Ponti *et al.*, 2009b).

Per verificare le ipotesi di studio specifiche nelle indagini ambientali, e in particolare negli studi sull'impatto delle attività antropiche, è essenziale l'impiego di disegni di campionamento che prevedano un adeguato livello di replicazione, in relazione alla variabilità del sistema indagato. Nella presente indagine viene applicato un disegno di campionamento strutturato in modo da poter discriminare i possibili effetti dell'attività antropica, con riferimento alla presenza e alla localizzazione dello scarico termico della centrale Enel e delle altre possibili sorgenti di disturbo, dai gradienti naturali dalla variabilità a micro-meso scala spaziale (10^{0-2} m), tipica di questi habitat. Le analisi di correlazione tra la struttura dei popolamenti bentonici e le variabili ambientali misurate permetteranno di valutare l'influenza relativa delle diverse sorgenti di disturbo antropico.

4 AREA DI STUDIO

L'area denominata Pialassa Baiona consiste in una laguna di estensione di circa 1800 ettari, originata a seguito degli interventi da parte dell'uomo per la costruzione del porto canale Candiano. I successivi interventi antropici volti alla conservazione del porto hanno tutelato l'esistenza della laguna stessa fino ai giorni nostri.

La laguna è delimitata a nord dal corso del fiume Lamone, ad ovest dalla pineta San Vitale, a sud dal porto canale di Ravenna e a est dall'abitato di Marina di Ravenna.

Il bacino comunica con il mare attraverso il porto-canale Candiano dal quale si dipartono a raggiera i canali principali e secondari della laguna; questi corsi alimentano aree poco profonde semisommerse denominate "chiar" (Fig. 1).

La profondità raggiunge mediamente il metro nei chiar e varia da 1 metro fino a punte di oltre 6 metri nei canali, le escursioni di marea oscillano da 0.3 a 1 metro (CIRSA Università di Bologna e Comune di Ravenna, 2003).

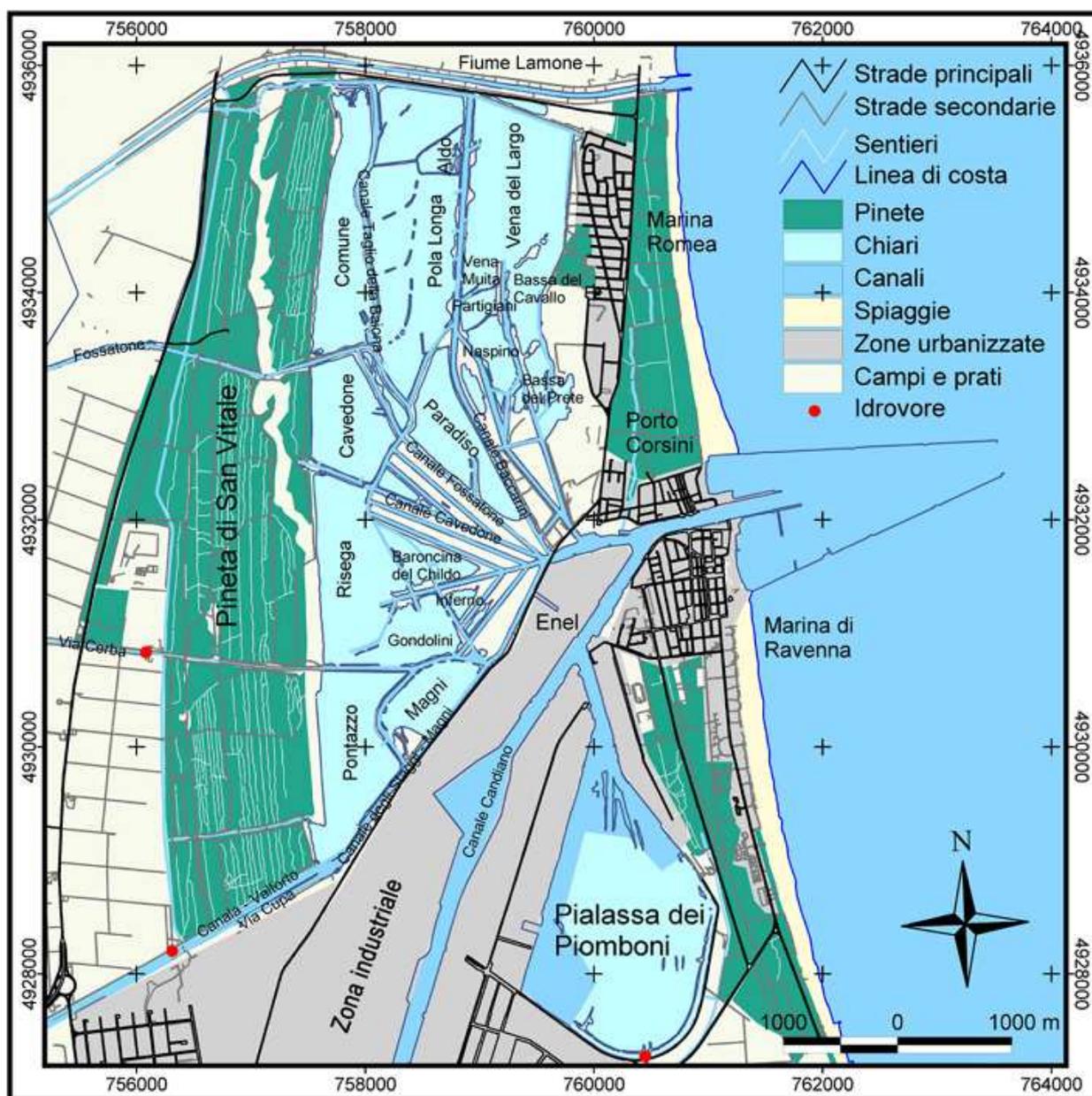


Fig. 1 - Pialassa Baiona (reticolo di coordinate UTM 32 ED50)

Cinque sono i canali che portano acque dolci nella laguna: i canali Baiona e Fossatone che recano le acque del fiume Lamone, e gli scarichi di Via Cupa, Via Cerba e Canala-Valtorto. Questi drenano un bacino idrografico comprendente aree urbane e agricole e quindi incanalano nel bacino le acque di scarico di parte della città di Ravenna e provincia e quelle industriali che, anche se depurate a norma di legge, immettono comunque elevate quantità di nutrienti per un ricettore molto delicato quale è la Pialassa, definita come “area sensibile” dal Testo Unico per la tutela delle acque (D.Lgs 152/06). L’eccesso di nutrienti è responsabile delle fioriture algali tipiche di questo ambiente caratterizzato da un basso ricambio di acqua, che, a sua volta, determina fenomeni di anossia e di crisi distrofiche. Per rimediare a questo problema, il Comune ha recentemente eseguito alcuni interventi per deviare lo scolo del canale Via Cupa direttamente nel porto-canale Candiano che, anche se connesso con la laguna, è soggetto a un ricambio idrico maggiore data la comunicazione diretta con il mare e la maggiore profondità. Inoltre sono state affrontate opere di dragaggio del canale Baccarini allo scopo di aumentarne la profondità e migliorare la circolazione interna della laguna.

La vicinanza con il polo chimico-industriale ha portato nel passato a fenomeni di contaminazione. Studi sui sedimenti hanno, infatti, rilevato la presenza di metalli pesanti come mercurio (Anconelli *et al.*, 1980; Miserocchi *et al.*, 1993; Ballardini *et al.*, 1994; Fabbri *et al.*, 1998), di idrocarburi policiclici aromatici, IPA, resine e gomme sintetiche (Tartari, 1999; Fabbri *et al.*, 2000; McRae *et al.*, 2000; Fabbri *et al.*, 2003, Foschini, 2002) e di contaminanti organo-clorurati (Matteucci *et al.*, 2001). La zona è anche oggetto di attività di pesca e di raccolta di molluschi e pertanto è sottoposta a controllo da parte degli Enti preposti (CIRSA, 2003).

Il sistema lagunare Pialassa Baiona è altresì storicamente collegato alla realtà portuale che ne ha condizionato nel tempo l’evoluzione. Lo scambio con il mare e la presenza di un importante polo industriale consentono di ipotizzare l’esistenza nel bacino di due principali gradienti, uno naturale ed uno antropico. Il gradiente naturale è rappresentato dalla riduzione della velocità di corrente, dall’aumento del ritardo di marea e dal minore ricambio idrico che si ha spostandosi dalla zona di confluenza dei canali verso il mare alle zone più interne della laguna (Martinelli *et al.*, 2003). L’impatto antropico ha la massima intensità nella zona meridionale della laguna dove si riversano le acque reflue dei depuratori della città di Ravenna e del polo industriale, le acque di scolo delle aree agricole limitrofe e quelle di raffreddamento degli insediamenti produttivi e diminuisce spostandosi verso le aree settentrionali del bacino.

5 SCOPI E DISEGNO DI CAMPIONAMENTO

Il primo scopo della presente indagine è di valutare l'estensione spaziale, verticale e la consistenza temporale della variazione della temperatura dell'acqua della Pialassa Baiona indotta dallo scarico termico della centrale termoelettrica Enel.

Il secondo scopo è quello di valutare i possibili effetti delle alterazioni termiche sull'ecosistema, scorporandolo nel modo migliore possibile dagli effetti dei gradienti naturali tipici di tutti gli ambienti acquatici di transizione, e dagli effetti delle altre sorgenti di impatto antropico, come l'eutrofizzazione, le crisi distrofiche, altri scarichi termici e fenomeni di inquinamento chimico, più rilevante in passato, ma di cui vi è ancora una traccia evidente nel comparto sedimentario.

La valutazione dei possibili effetti ecologici in questo studio viene svolta analizzando i popolamenti di macroinvertebrati bentonici, che per le loro caratteristiche risultano particolarmente adatti alla caratterizzazione delle qualità dell'ambiente (Dauer, 1993). Contemporaneamente vengono misurate le concentrazioni dei principali inquinanti presenti nei sedimenti che possono concorrere a determinare lo stato di salute dei popolamenti stessi.

5.1 Pianificazione temporale dell' indagine

La Pialassa della Baiona, come è stato già ricordato, analogamente agli altri sistemi di transizione (Basset *et al.* 2006) è caratterizzata da marcate variazioni spazio-temporali delle caratteristiche abiotiche e biotiche. Pertanto, nelle indagini che prevedono una campagna di campionamento, la scelta del periodo in cui questa viene effettuata è estremamente critica ed importante. Il fine del campionamento è quello di fornire una immagine ridotta, ma non alterata, della realtà ambientale. In una indagine puntiforme è importante evitare di effettuare il campionamento in momenti in cui la misurazione degli effetti che si vogliono quantificare possa essere mascherata da eventi temporanei o occasionali che possono agire uniformando i pattern ambientali o alterando la composizione e struttura dei popolamenti. Questo tipo di eventi si presenta in modo ricorrente nelle aree costiere e nelle acque di transizione, pertanto è essenziale disporre di serie storiche di dati che possano servire da guida nella scelta del periodo in cui effettuare il campionamento. Il CIRSA sulla Pialassa Baiona dispone di serie storiche di dati ambientali ed ecologici che, con diversa frequenza, coprono un intervallo temporale di circa 20 anni. Questa base di dati è stata utilizzata per definire il periodo di indagine fra fine aprile e i primi di giugno. Tenendo conto anche delle scadenze indicate nel Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12 novembre 2009 il campionamento è stato effettuato nella prima metà del mese di maggio 2010. Tale periodo tardo-primaverile costituisce il momento migliore per valutare lo stato degli ecosistemi marini costieri e di transizione utilizzando i popolamenti di macroinvertebrati bentonici come indicatori di qualità ecologica e le caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti per la valutazione delle componenti abiotiche. Questi ambienti, infatti, nell'arco dell'anno sono periodicamente soggetti a crisi distrofiche che si sviluppano prevalentemente nel periodo tardo primaverile - estivo e che possono ridurre la diversità specifica dei popolamenti e l'abbondanza delle specie più sensibili alla riduzione della percentuale di saturazione di ossigeno delle acque (Ponti e Abbiati, 2004). Gli effetti delle crisi anossiche si manifestano già nelle settimane che le precedono e si protraggono per mesi dopo il termine dell'evento acuto, dato che i sistemi bentonici mantengono una memoria degli eventi di stress e di disturbo che li hanno condizionati. In queste condizioni di alterazione non sarebbe possibile valutare correttamente lo stato della qualità ambientale. Il recupero dei popolamenti inizia nel periodo autunnale ed invernale, ma raggiunge il maggiore impulso a seguito degli eventi riproduttivi, che generalmente coincidono con l'inizio della primavera (febbraio-marzo). In questa fase i popolamenti vanno incontro al reclutamento della maggior parte delle specie. Le prime fasi di insediamento e reclutamento degli stadi giovanili sono caratterizzati dall'estrema abbondanza di individui giovanili, che possono raggiungere anche le centinaia o migliaia di individui per campione. Il massiccio reclutamento tende ad omogeneizzare i popolamenti, e inoltre pone dei problemi di analisi dei campioni sia per l'abbondanza delle specie che per le difficoltà che si incontrano nella classificazione a livello di specie. L'intensivo reclutamento primaverile costituisce la base per la formazione del popolamento maturo che sarà costituito dalle poche reclute che sopravvivranno e andranno a formare il popolamento maturo. La

sopravvivenza delle reclute dipenderà dalle condizioni ambientali e le due fasi, di reclutamento massivo e di mortalità selettiva, generano le differenze quali/quantitative che sono all'origine dell'uso dei popolamenti bentonici come indicatori di qualità ecologica. Il periodo ottimale per il campionamento si colloca, pertanto, dopo la prima fase di reclutamento e prima degli eventi distrofici, cioè nella tarda primavera, in cui si verificano le condizioni più idonee per valutare lo stato ecologico degli ambienti di transizione. In particolare, in base ai dati raccolti negli anni passati, nella Pialassa Baiona questo periodo coincide con i mesi di aprile-giugno. Questo è anche il periodo per il quale sono disponibili il maggior numero di dati pregressi (Ponti *et al.*, 2010), utile per valutare le modificazioni dell'ecosistema nel tempo. Maggio è anche il mese che è stato individuato come il periodo ottimale per condurre la valutazione periodica della qualità ambientale, in base alle indicazioni delle Water Framework Directive dell'UE nell'ambito del progetto di ricerca "Elementi biologici per la classificazione dello stato ecologico delle acque di transizione" finalizzato alla messa a punto della strategia nazionale di monitoraggio degli ecosistemi lagunari italiani coordinato da ARPA Emilia-Romagna, cui partecipano il CIRSA dell'Università di Bologna in Ravenna, il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Parma, il Dipartimento di Biologia dell'Università di Ferrara, il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Venezia.

5.2 Impostazione dell'indagine termica

L'attività in oggetto ha previsto l'esecuzione di misure termiche nella Pialassa Baiona per la caratterizzazione dell'area nelle condizioni di funzionamento dell'impianto.

Per la caratterizzazione termica del corpo idrico in questione sono state eseguite le seguenti attività sperimentali:

- rilievo mediante termografi (misuratori della temperatura dell'acqua a 3 diverse profondità: -0.1 m, -1.5 m rispetto alla superficie e in prossimità del fondo) in 23 stazioni di misura; la durata del rilievo è stata di 10 giorni consecutivi con frequenza di acquisizione pari a 15 minuti; l'ubicazione delle diverse stazioni di monitoraggio è stata definita in base alla necessità di caratterizzare compiutamente l'intero corpo idrico ricettore;
- georeferenziazione assoluta delle stazioni mediante sistema di posizionamento DGPS;
- misura delle oscillazioni mareali della Pialassa Baiona in prossimità dell'opera di restituzione delle acque di raffreddamento durante il periodo del monitoraggio;
- rilievi di temperatura lungo il profilo verticale delle colonne d'acqua tramite sonda multiparametrica CTD all'interno della Pialassa Baiona per caratterizzare, nel periodo di indagine, la stratificazione termica del corpo idrico, cioè lo spessore dello stato d'acqua superficiale interessato dai fenomeni di riscaldamento, in corrispondenza di caratteristici istanti di marea (massimi e minimi sizigiali e quadrature¹);
- caratterizzazione delle condizioni al contorno dei rilievi utilizzando il livello di produzione della centrale durante i giorni del monitoraggio;
- elaborazione complessiva dei dati dei rilievi.

Nella figura 2 viene riportata la mappa con le indicazioni delle 23 stazioni in cui sono stati posizionati i termografi, mentre le figure da 3 a 6 illustrano con maggior dettaglio le diverse aree monitorate. Ciascuna stazione ha preso nome dal numero progressivo del proprio sensore HOBO di superficie.

¹ Condizioni di mareali:

- di sizigia (● o ○): coincidono con luna nuova o luna piena.
- di quadratura (◐ o ◑): coincidono con il primo quarto e l'ultimo quarto di luna, quando cioè la percentuale di superficie illuminata è il 50%



Fig. 2 - Planimetria della Piasa Baiona con indicata l'ubicazione delle 23 stazioni di misura della temperatura tramite termografi



Fig. 3 - Schema della rete termografica installata - Particolare zona Nord



Fig. 4 - Schema della rete termografica installata - Particolare zona centrale

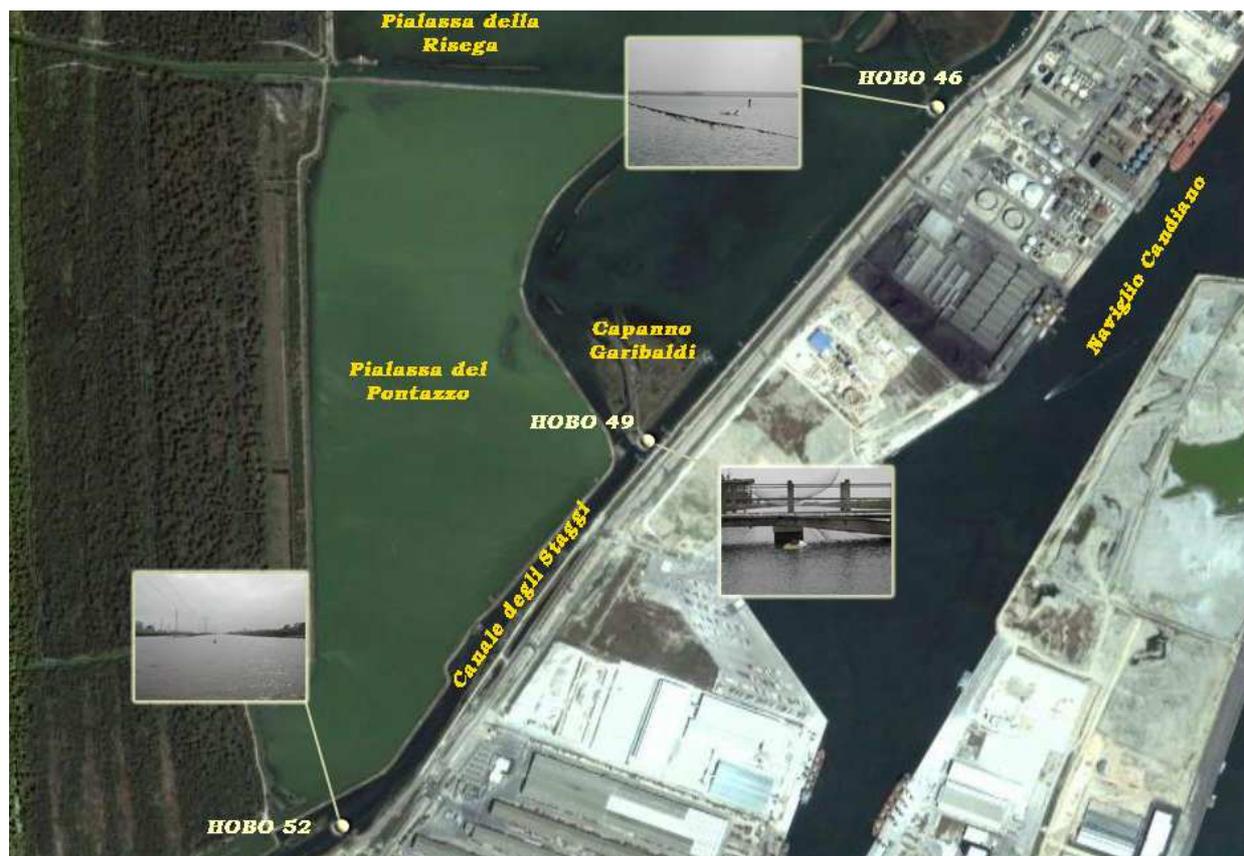


Fig. 5 - Schema della rete termografica installata - Particolare zona Sud



Fig. 6 - Schema della rete termografica installata - Particolare zona molo

Nome stazione	Descrizione stazione
HOBO 01	Pialassa Baiona - Stazione nord-occidentale
HOBO 04	Canale artificiale Baccharini - Stazione settentrionale
HOBO 07	Pialassa Baiona - Stazione occidentale
HOBO 10	Canale artificiale Baccharini - Stazione intermedia settentrionale
HOBO 13	Pialassa Baiona - Stazione orientale
HOBO 16	Canale artificiale Baccharini - Stazione intermedia meridionale
HOBO 19	Pialassa Baiona - Stazione sud-occidentale
HOBO 22	Canale artificiale Fossatone - Stazione settentrionale
HOBO 25	Pialassa Baiona - Attracco Isola Spinaroni
HOBO 28	Canale artificiale Baccharini - Diramazione Canale della Rotta
HOBO 31	Canale artificiale Cavedone - Stazione occidentale
HOBO 34	Canale artificiale Fossatone - Stazione meridionale
HOBO 37	Pialassa della Risega
HOBO 40	Canale artificiale Baiona - Stazione occidentale
HOBO 43	Canale artificiale Baiona - Diramazione Canale Fossatone
HOBO 46	Canale artificiale Magni - Stazione intermedia
HOBO 49	Canale artificiale Magni - Stazione al Capanno Garibaldi
HOBO 52	Canale degli Staggi
HOBO 55	Porto Canale di Ravenna - Attracco navi gasiere
HOBO 58	Naviglio Candiano - Stazione settentrionale
HOBO 61	Canale artificiale Magni - Opera di scarico della Centrale
HOBO 64	Naviglio Candiano - Opera di presa della Centrale
HOBO 67	Marina di Ravenna - Estremità del molo del porto canale

Tabella 1 - Identificazione stazioni di misura MTX + HOBO

In Appendice 1 vengono riportate le monografie dedicate a ciascuna stazione di misura comprendenti il grafico della registrazione termica, un inquadramento fotografico e uno grafico.

Nel corso della campagna di monitoraggio due stazioni, la 55 e la 58, poste all'esterno della Pialassa, sono state oggetto di danneggiamento da parte di ignoti; in entrambi i casi la catena di misura è stata trovata tagliata, con conseguente perdita dei sensori intermedio e di fondo.

Le stazioni sono state prontamente sostituite con altre due, la 70 e la 73. Pochi giorni dopo, tuttavia, anche la 73 è stata trovata danneggiata e si è deciso di rimuoverle entrambe.

In figura 7 vengono illustrate le 9 stazioni in cui sono stati effettuati i profili mediante sonda multiparametrica.



Fig. 7 - Planimetria della Pialassa Baiona con indicata l'ubicazione delle 9 stazioni di misura della temperatura tramite sonda CTD

5.3 Impostazione dell'analisi dei sedimenti e dei popolamenti macrobentonici

Per la valutazione della qualità dei sedimenti e dello stato dei popolamenti di invertebrati macrobentonici della Pialassa Baiona, considerando la complessità del bacino e le molteplici fonti di disturbo presenti, è stato utilizzato un disegno di campionamento multifattoriale che utilizza dati quantitativi per confrontare la struttura dei popolamenti in aree esposte alle diverse condizioni ambientali. L'ipotesi che viene saggiata con il disegno sperimentale utilizzato è che la struttura dei popolamenti bentonici nell'area influenzata dallo scarico termico differisca in modo significativo da quella dei popolamenti presenti in aree della laguna non esposte ad impatti o influenzate da altre fonti di impatto antropico. L'analisi dei popolamenti bentonici viene condotta in termini sia qualitativi sia quantitativi.

Il disegno sperimentale adottato analizza gli effetti del possibile gradiente d'impatto antropico e dei gradienti naturali terra-mare.

Nell'ambiente acquatico lagunare, il gradiente naturale terra-mare deriva dagli apporti di acque dolci provenienti dall'entroterra e dal ciclico scambio mareale di acque marine attraverso il canale portuale. Questo gradiente naturale, e la circolazione interna di acque prevalentemente dovuta ai flussi di marea, fa sì che in prossimità del canale portuale si abbia un maggiore ricambio e ossigenazione delle acque ed elevate variazioni di salinità. Nelle zone più interne il ridotto idrodinamismo determina, inoltre, la deposizione di sedimenti più fini e ricchi di sostanza organica.

Il gradiente di impatto antropico è determinato dalla presenza lungo la costa meridionale della laguna dell'area portuale e industriale di Ravenna, e dall'insistenza nella stessa zona degli scarichi di reflui passati e presenti (CIRSA, 2003). L'apporto di contaminanti e nutrienti, presente dagli anni '50, è andato riducendosi nel tempo a seguito della più stringente normativa in materia ambientale. Si osserva comunque un accumulo di questi contaminanti nei sedimenti, con concentrazioni maggiori nella zona interna e meridionale della laguna. Nonostante la riduzione dei carichi inquinanti e l'aumento di efficienza degli impianti di trattamento dei reflui, nel rispetto delle vigenti norme, nell'area meridionale della laguna persistono ancora oggi numerosi scarichi, anche termici, che determinano il gradiente di crescente disturbo antropico delle acque e dei sedimenti da nord verso sud.

Nel disegno sperimentale di questa indagine, al fine di poter discriminare quali siano le caratteristiche ambientali che controllano la strutturazione dei popolamenti bentonici ed analizzare nello specifico il ruolo degli scarichi termici della centrale Enel, sono stati definiti due fattori che riflettono i due gradienti principali. Il fattore "distanza dalla sorgente di disturbo", per il quale vengono presi in considerazione due livelli (vicino e lontano), e "distanza dal mare", con due livelli (vicino e lontano). Questi due fattori sono ortogonali tra loro non solo concettualmente ma, data la morfologia della laguna, anche geograficamente.

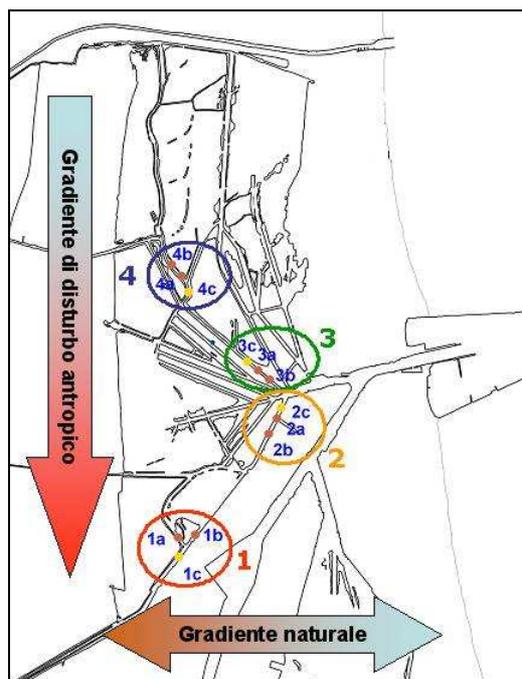


Fig. 7a - Gradienti ambientali

Sono state quindi definite quattro aree rappresentate da altrettanti tratti di canale secondo le possibili combinazioni tra vicino o lontano dalla zona industriale e vicino o lontano dal mare:

- **Area 1:** parte più interna del canale Magni, che riceve direttamente le acque di scarico e di raffreddamento dell'area industriale, meno interessata dagli scambi con il mare determinati dai cicli di marea;
- **Area 2:** tratto terminale del canale Magni-Staggi, in prossimità del punto di confluenza dei canali verso il mare e vicino al polo industriale, rappresenta la zona direttamente influenzata dallo scarico termico della centrale Enel e soggetta ad un forte ricambio con il mare;
- **Area 3:** canale Fossatone, in prossimità del punto di confluenza dei canali verso il mare e relativamente lontano dalla zona industriale;
- **Area 4:** canale Taglio della Baiona, lontano dal polo industriale e poco influenzata dagli scambi con il mare; rappresenta l'area di studio più interna alla laguna.

Sono state così individuate zone della laguna maggiormente esposte al disturbo antropico, rappresentate dalle aree 1 e 2, rispetto alle aree 3 e 4 collocate più a nord, mentre il gradiente naturale terra-mare viene analizzato confrontando le zone più prossime al mare, rappresentate dalle aree 2 e 3, con quelle delle aree 1 e 4, più interne alla laguna.

I due fattori, vicinanza al mare e alle fonti di disturbo, potrebbero influenzarsi vicendevolmente determinando un differenziamento dei popolamenti più complesso dovuto all'interazione fra i due gradienti.

Per poter valutare il livello di variabilità a piccola scala spaziale dei popolamenti e delle condizioni ambientali all'interno delle quattro aree precedentemente definite, in ciascuna di esse sono stati individuati in modo casuale tre siti di campionamento e per ciascun sito sono stati raccolti quattro campioni replica, tre da utilizzare per lo studio ed uno di riserva (Figura 8). Il numero di siti per area e di repliche è stato determinato in base alla variabilità intrinseca del sistema dedotta dai dati storici disponibili e agli scopi dello studio.

Le possibili interazioni tra le diverse aree sono indicate in figura 9.



Fig. 8 - Planimetria della Pialassa Baiona con indicate le stazioni di campionamento per l'analisi dei sedimenti e dei popolamenti bentonici

		distanza dal mare	
		vicino	lontano
distanza dalle sorgenti di disturbo	vicino	Area 2 Enel 3 siti 3 repliche	Area 1 Area Industriale 3 siti 3 repliche
	lontano	Area 3 3 siti 3 repliche	Area 4 3 siti 3 repliche

Fig. 9 - Schema del disegno di campionamento adottato e delle possibili combinazioni fra i fattori considerati

Dato che i popolamenti possono essere condizionati da diversi fattori ambientali e antropici, sulla base degli studi precedenti, che mostrano come la zona presenti ancora significative tracce di inquinamento chimico verificatosi nel passato (Trombini *et al.*, 2003; Fabbri e Vassura, 2003), anche se lo scarico della centrale termica non è fonte di contaminanti si è ritenuto opportuno caratterizzare i sedimenti anche in termini di presenza di alcuni metalli pesanti, di idrocarburi totali (suddivisi in C<12 e C>12), di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e di pesticidi organoclorurati che possono derivare da attività passate e presenti.

La profondità di prelievo dei campioni di sedimento per l'analisi dei popolamenti bentonici e dei contaminanti è stata stabilita tra 0 e 50 cm sotto il livello di riferimento degli scandagli (media dei più bassi livelli minimi di marea, MLLW, *Mean Lower Low Water*). Tale profondità è stata scelta sulla base di rilievi preliminari condotti nei siti di campionamento nelle aree di studio con sonda CTD nei giorni 16 e 22 marzo, in condizioni di alta e bassa marea (sizigia) e marea intermedia (quadratura).

I profili di temperatura, opportunamente corretti rispetto al livello di riferimento citato, riportati nelle figure 10, 11 e 12, mettono infatti in evidenza come l'influenza del pennacchio termico sia discriminabile solamente entro i 50 cm di profondità della colonna d'acqua nei siti prossimi alle aree 1 e 2; di conseguenza, solo i popolamenti bentonici presenti a questa profondità potrebbero essere esposti all'impatto termico e non quelli insediati a profondità maggiori.

Si sottolinea inoltre che la profondità indicata viene raggiunta sempre, in tutte le condizioni di marea, in tutti i siti di campionamento.

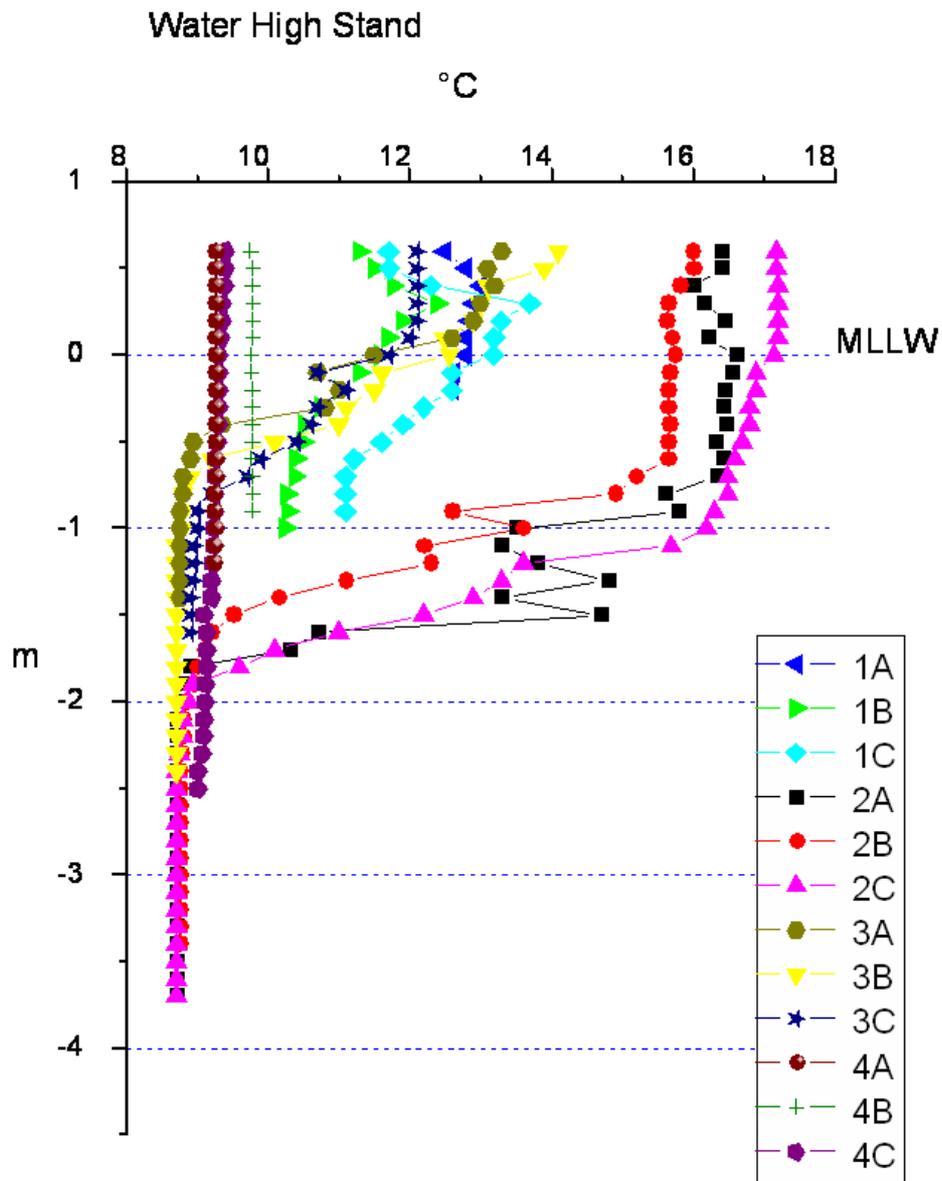


Fig. 10 - Profili di temperatura in condizioni di alta marea (sizigia, 16/03/2010, ore 9:30-12:05)

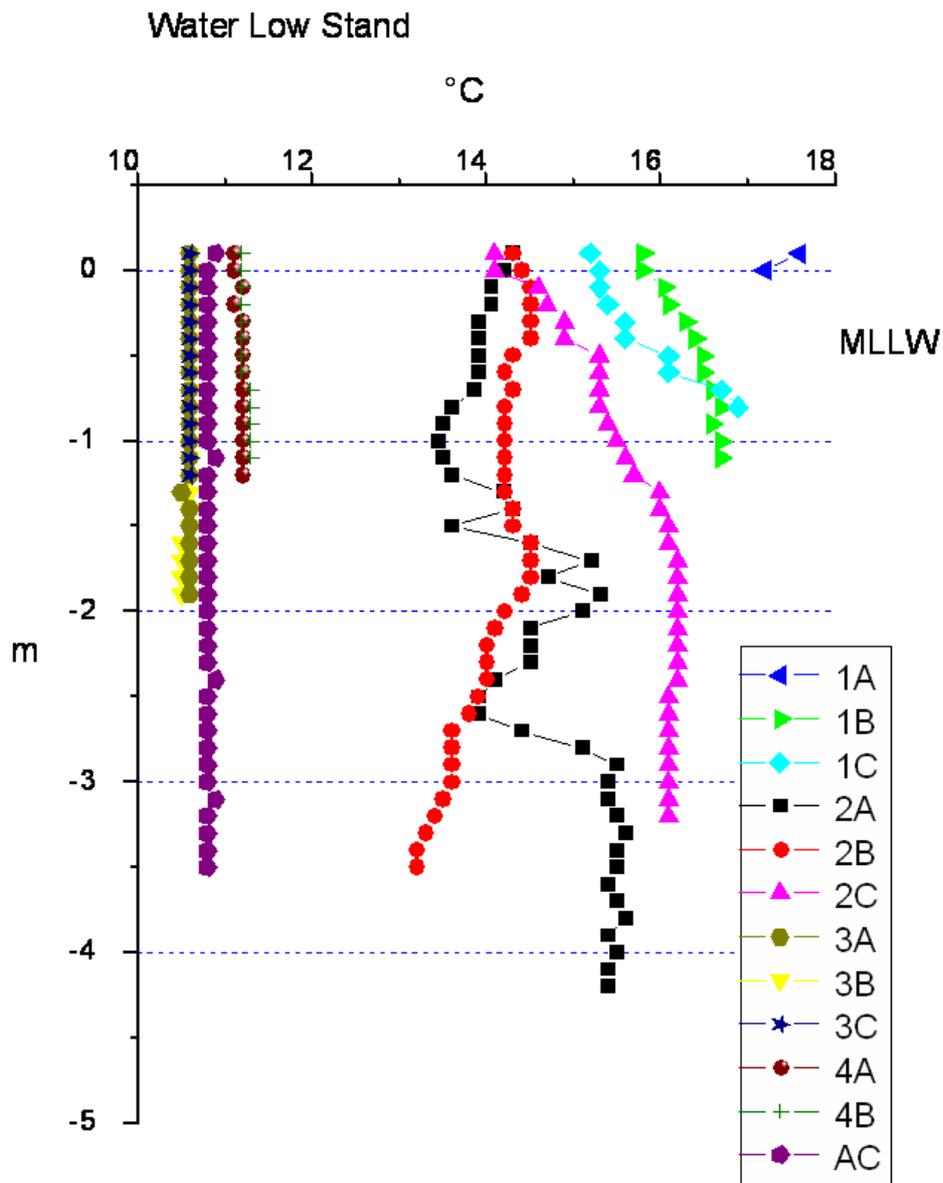


Fig.11 - Profili di temperatura in condizioni di bassa marea
(sizigia, 16/03/2010, ore 15:35-17:15)

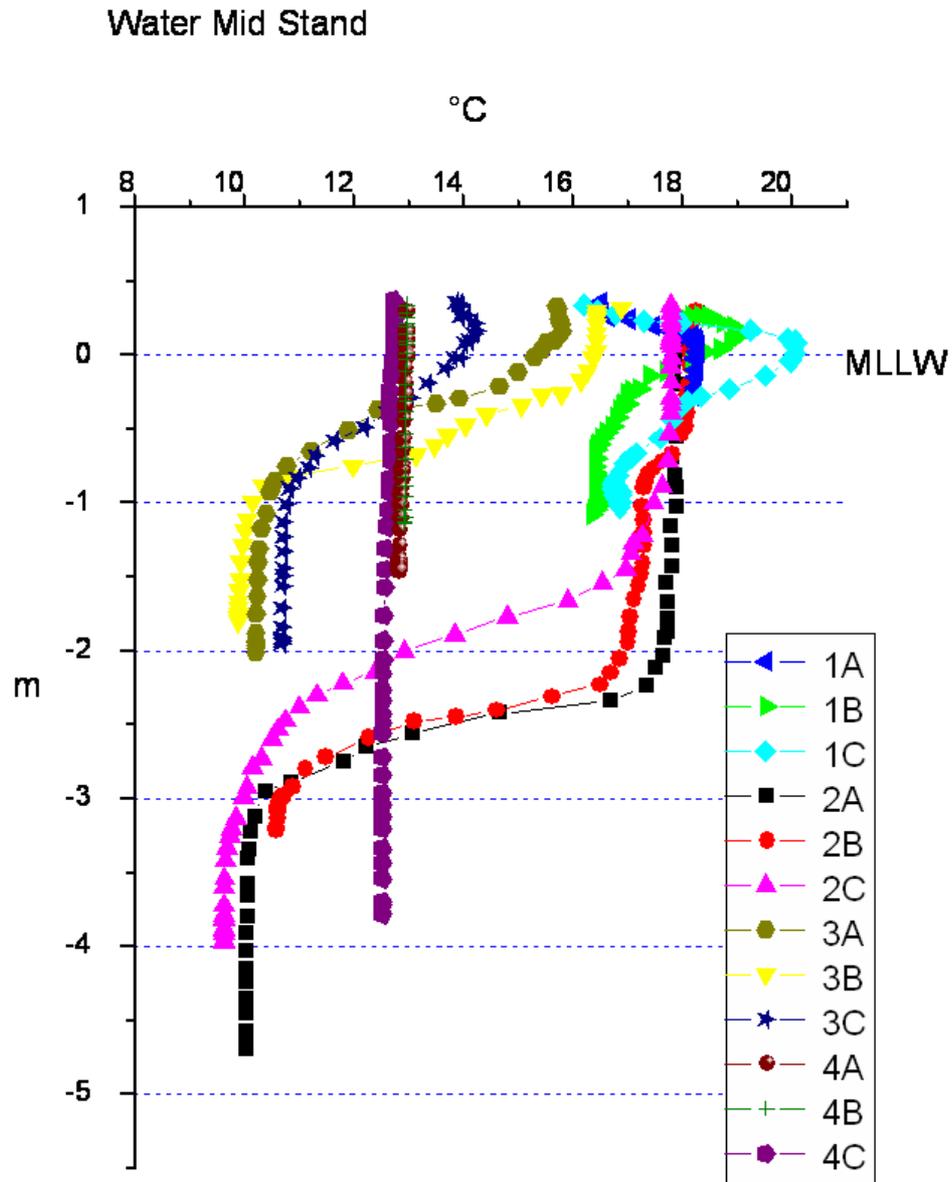


Fig. 12 - Profili di temperatura in condizioni di marea media (quadratura, 22/03/2010, ore 15:45-17:10)

6 MATERIALI E METODI

6.1 Rilievi termici

Le attività sono state svolte dal 3 al 14 maggio 2010, garantendo il funzionamento continuo dell'impianto; la durata complessiva della campagna di rilievi è stata pari a 10 giornate consecutive di misura.

Per la caratterizzazione termica delle acque della Pialassa Baiona è stata utilizzata la strumentazione di seguito descritta.

6.1.1 Rete termografica

Le registrazioni di temperatura dell'acqua nelle diverse stazioni della Pialassa Baiona e dei canali artificiali a essa collegati sono state effettuate utilizzando termografi galleggianti MTX TAS 1100 con incertezza di misura 0.2 °C, tarati in laboratorio, dotati di sistemi di misura e acquisizione del dato, equipaggiati ciascuno con tre sonde a termistore per il rilievo della temperatura a diverse profondità; i sensori di misura sono stati raddoppiati in ridondanza da altrettanti datalogger HOBO Pro V2.



Fig. 13 - Termografo a 3 punti di misura

L'installazione di ciascuno strumento nella relativa stazione di misura è stata tale da garantire il rilievo della misura di temperatura alla profondità di -0.1 m, -1.5 m rispetto alla superficie e in prossimità del fondo, indipendentemente dall'istante di marea.

Nell'immagine seguente è riportato lo schema di installazione:

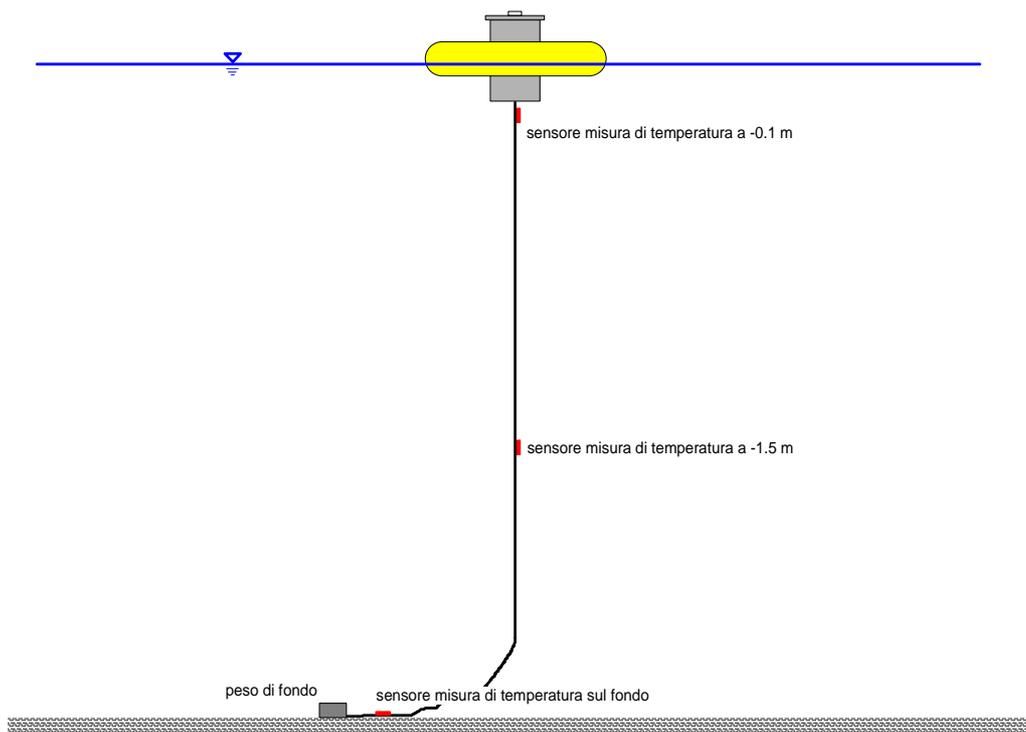


Fig. 14 - Schema di installazione di un termografo a 3 punti di misura

6.1.2 Sonda multiparametrica CTD

In corrispondenza di caratteristici istanti di marea (massimi e minimi sizigiali e quadrature) sono stati effettuati rilievi di temperatura lungo la colonna d'acqua tramite sonda multiparametrica CTD all'interno della Pialassa Baiona per caratterizzare, nel periodo di indagine, la stratificazione termica del corpo idrico.

Per le misurazioni è stata utilizzata una sonda multiparametrica CTD Idromar dotata di certificazione SIT con precisione migliore di 0.1°C, che ha consentito il rilievo contemporaneo di temperatura, conducibilità e profondità di misura.

6.2 Prelievo e trattamento preliminare dei campioni di sedimento

In base al disegno di campionamento elaborato per questa indagine nei tre siti individuati in ognuna delle quattro aree sono stati prelevati quattro campioni di sedimento per l'analisi del popolamento bentonico (tre da analizzare ed uno supplementare di scorta) per un totale di 48 campioni, di cui 36 destinati all'analisi.

Per prelevare i campioni è stato utilizzato un *box-corer* Wildco ®, con apertura di 15 x 15 cm per un'area di presa di 0.0225 m² (Figura 15) previa verifica della profondità dell'acqua opportunamente corretta sulla base della previsione astronomica di marea calcolata per Porto Corsini mediante le relative costanti armoniche con il software WXTide32 (Figura 16).

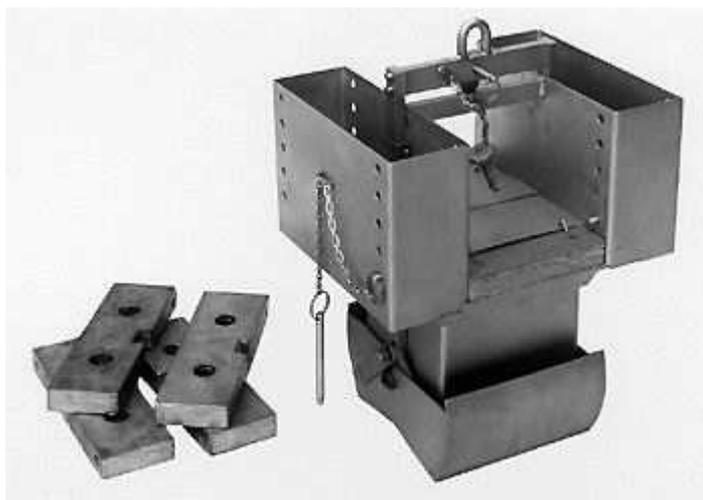


Fig. 15 - *Box corer* utilizzato per il campionamento del macrobenthos

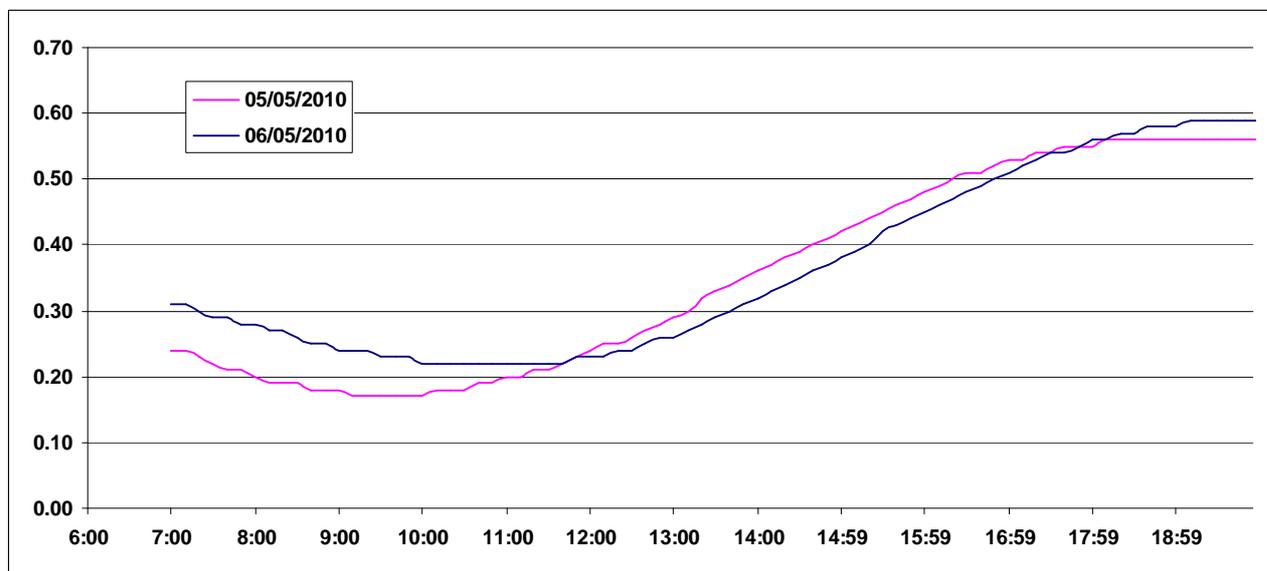


Fig. 16 - Previsione astronomica di marea (profondità in metri sopra il MLLW, ore locali UTC+2)

Ogni campione è stato setacciato *in situ* con un setaccio con apertura di maglia da 500 micron e fissato in formalina al 10% (4% di aldeide formica), tamponata con dolomite, in acqua salmastra filtrata; in

questo modo si impedisce la degradazione *post-mortem* dei tessuti mantenendo inalterata la struttura degli organismi.

In prossimità di ogni campione è stato prelevato del sedimento superficiale, conservato tramite congelamento a -18°C per le successive analisi chimiche.

Sono state inoltre rilevate le posizioni geografiche dei punti di prelievo mediante DGPS. Le coordinate sono state espresse nel sistema UTM32 ED50 in conformità al sistema informativo geografico (GIS) e sono riportate nella tabella seguente (Tabella 2).

Il campionamento si è svolto nei giorni 5 e 6 maggio 2010.

Sito	GPS FIX	E UTM33T	N UTM33T	E UTM32T	N UTM32T	Data e ora
		WGS84	WGS84	ED50	ED50	
1A	55	280990	4928294	758272	4929930	06-MAY-10 09:44
1B	54	281193	4928328	758472	4929979	06-MAY-10 09:14
1C	56	281002	4928079	758299	4929717	06-MAY-10 10:09
2A	52	282232	4929622	759413	4931346	05-MAY-10 14:31
2B	53	282145	4929469	759338	4931187	06-MAY-10 08:34
2C	49	282309	4929751	759481	4931480	05-MAY-10 13:55
3A	29	282099	4930243	759235	4931956	05-MAY-10 10:40
3B	20	282223	4930115	759368	4931837	05-MAY-10 09:38
3C	30	281986	4930353	759114	4932057	05-MAY-10 11:14
4A	47	281253	4931418	758305	4933066	05-MAY-10 12:12
4B	48	281187	4931557	758229	4933200	05-MAY-10 12:48
4C	38	281363	4931210	758430	4932866	05-MAY-10 11:36

Tabella 2 - Coordinate dei siti di campionamento

6.3 Analisi dei contaminanti nei campioni di sedimento

I campioni di sedimento conservati tramite congelamento sono stati utilizzati per determinare le concentrazioni dei seguenti contaminanti:

- Pesticidi organoclorurati
- Idrocarburi Policiclici Aromatici
- Idrocarburi leggeri C<12
- Idrocarburi pesanti C>12
- Metalli

I dettagli sui parametri analizzati per le analisi sono riportati in Tabella 3.

Tabella 3 - Contaminanti analizzati nei sedimenti

PARAMETRI	UNITA' DI MISURA	METODO ANALITICO
<i>PESTICIDI ORGANOCLORURATI</i> ALDRIN GAMMA-ESACLOROESANO (Lindano) EPTACLORO EPOSSIDO DDE DDT DDD ENDRIN DIELDRIN METOXICLORO	µg/kg s.s.	EPA 3550C 2007 + EPA 8270D 2007
<i>POLICICLICI AROMATICI:</i> BENZO(a)ANTRACENE BENZO(a)PIRENE BENZO(b)FLUORANTENE BENZO(k)FLUORANTENE BENZO(g,h,i)PERILENE CRISENE DIBENZO(a) PIRENE DIBENZO(a,h)ANTRACENE INDENO(1,2,3-c,d)PIRENE PIRENE	µg/kg s.s.	EPA 3550C 2007 + EPA 8270D 2007
<i>IDROCARBURI LEGGERI C =< 12</i>	mg/kg s.s.	EPA 5021A 2003 + EPA 8015D 2003
<i>IDROCARBURI PESANTI C>12</i>	mg/kg s.s.	EPA 3550C 2007 + EPA 8015D 2003
<i>METALLI (Fe, Cd, Pb, Zn, As)</i>	mg/kg s.s.	ICRAM Sedimenti - scheda 10 2001/2003 + EPA 6010C 2007
<i>MERCURIO</i>	mg/kg s.s.	EPA 7473 2007

6.4 Analisi dei popolamenti macrobentonici

I campioni di benthos sono stati analizzati presso i laboratori del CIRSA tramite l'utilizzo di stereomicroscopi binoculari da dissezione e da istologia per la classificazione degli organismi fino al livello tassonomico più basso possibile, e per il loro conteggio.

6.4.1 Distribuzione delle specie e caratterizzazione dei popolamenti

La distribuzione delle specie più abbondanti e le caratteristiche dei popolamenti di invertebrati macrobentonici sono state analizzate secondo le metodologie e gli approcci statistici più moderni ed efficaci tra quelli disponibili (Underwood, 1997; Clarke, 1993; Anderson, 2001; Gray & Elliot 2009).

I dati di abbondanza (individui campione⁻¹) delle specie nei 36 campioni trattati sono stati analizzati in base ai fattori che determinano la struttura del disegno di campionamento. Dai dati sono stati poi calcolati gli indici sintetici di diversità specifica. Il popolamento nel suo insieme è stato caratterizzato in termini di similarità reciproca fra le repliche, i siti e le aree, calcolata con l'indice di Bray-Curtis, sui dati trasformati mediante radice quadrata. Inoltre sono stati analizzati con tecniche multivariate (Clarke, 1993; Anderson, 2003a) di ordinamento (grafici PCO). Il contributo delle specie alla determinazione delle differenze osservate sono stati determinati mediante apposite procedure (DistLM; Anderson, 2003b).

6.4.2 Diversità specifica

Le differenze fra le comunità bentoniche possono essere analizzate in termini di numero di specie, ricchezza specifica, e abbondanza, intesa come numero complessivo di individui, o valutando la ripartizione degli individui tra le diverse specie (diversità di Shannon, uniformità, *evenness* o equiripartizione). Queste caratteristiche delle comunità possono essere sintetizzate ed espresse attraverso indici di diversità (Krebs, 1989). In questo studio sono stati considerati i seguenti indici:

Ricchezza specifica (S)

Rappresentata dal numero di specie complessivamente trovate all'interno del campione.

Abbondanza (N)

Numero complessivo di individui all'interno del campione.

Diversità di specie o eterogeneità complessiva (H')

L'*eterogeneità complessiva* tiene conto sia del numero di specie sia della ripartizione degli individui fra le specie. Viene calcolata utilizzando l'indice di Shannon, dato dalla formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

dove S è il numero totale di specie e P la frequenza dell'i-esima specie.

Equidistribuzione (J)

L'*equidistribuzione* (*evenness*) è una misura di come siano ripartite gli individui fra le specie all'interno di una replica rispetto al valore massimo atteso che si otterrebbe se la ripartizione fosse uniforme. Nei campioni si osservano specie rare, rappresentate da pochi individui, e specie abbondanti, rappresentate da molti individui (elevate densità). La massima equidistribuzione si ha quando tutte le specie presentano la stessa percentuale di individui, non si hanno cioè specie rare o abbondanti.

L'*equidistribuzione* è stata calcolata tramite l'indice di Pielou secondo la formula:

$$J = H' / H'_{\text{MAX}} = H' / \log_2 S$$

dove H' è dato dall'indice di Shannon ed S è il numero totale di specie (ricchezza di specie).

Il valore di ogni indice viene calcolato per ogni replica utilizzando il programma PRIMER 6+, successivamente viene calcolato il valore medio per ogni sito e per ogni area di studio.

6.4.3 Analisi univariata e multivariata della varianza

Le differenze tra i valori medi delle variabili biotiche (abbondanze delle singole specie, indici di diversità) misurate sono state esaminate mediante tecniche di analisi della varianza basata su permutazioni (PERMANOVA) a tre fattori. Fattore 1 - distanza dal mare (Dm, 2 livelli fissi); fattore 2 - distanza dalle sorgenti di inquinamento (Di, 2 livelli fissi); fattore 3 - siti all'interno delle aree (Si, 3 livelli, *random* e gerarchizzati nell'interazione dei fattori 'distanza dal mare' e 'distanza dalle sorgenti di inquinamento').

In tutti i test è stato applicato il criterio di significatività del 5% di probabilità ($\alpha = 0,05$) in cui si accettano come significativi i test statistici in cui si ha meno del 5% di probabilità che le differenze osservate non siano dovute ai fattori considerati nell'analisi ma al caso.

La seguente tabella riporta lo schema di combinazioni di fattori presenti nel disegno di campionamento.

Fattore	Numero Livelli	Tipo di fattore	Combinazione di livelli												
Dm	2	fisso, ortogonale	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Di	2	fisso, ortogonale	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	
Si	3	casuale gerarchizzato	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
Repliche	3	casuale	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	

Tale schema rispecchia la collocazione delle aree e dei siti di campionamento come rappresentato in figura 17.

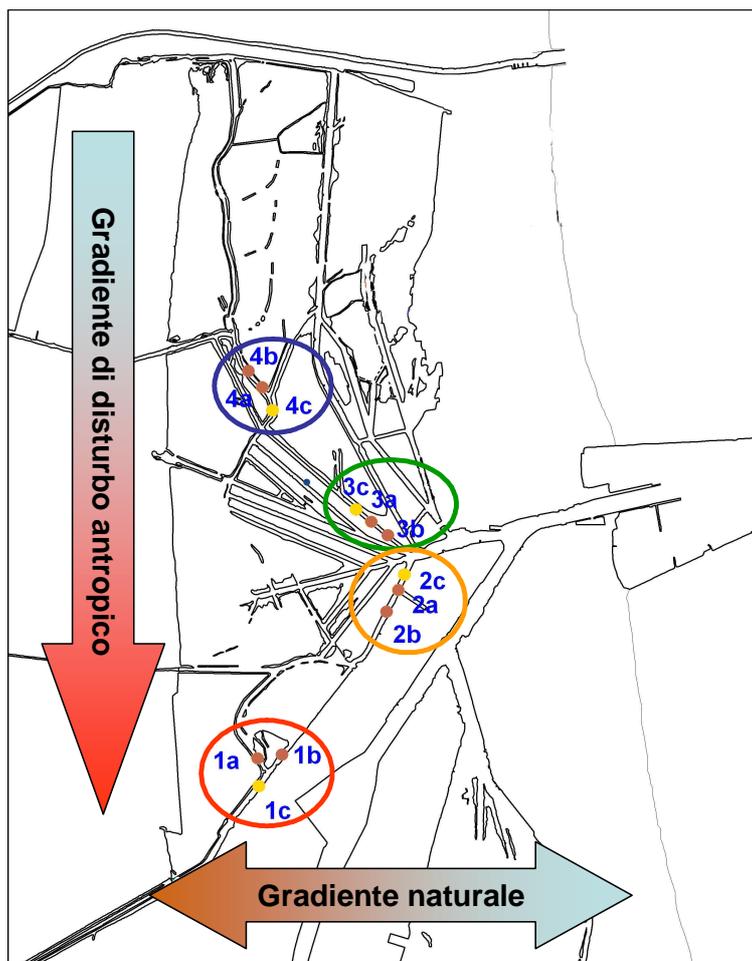


Figura 17 - Mappa dell'area di studio con rappresentazione dei due principali gradienti ambientali che portano alla individuazione di quattro aree, all'interno delle quali sono stati individuati i tre siti di campionamento

Il modello lineare generale per questa analisi è rappresentato dall'equazione:

$$X = \mu + Dm + Di + Si(Dm \times Di) + Dm \times D + Res$$

dove il valore di abbondanza della specie X in una replica è dato dalla abbondanza media della specie nel popolamento (μ) a cui si somma il contributo dovuto ai fattori definiti dal disegno di campionamento e dal residuo (Res) determinato dall'errore di campionamento.

L'analisi prende in considerazione le seguenti fonti di variabilità dei popolamenti:

Source	DF	F versus
Disturbo (Di)	1	Si (Di x Dm)
Mare-Terra (Dm)	1	Si (Di x Dm)
Di x Dm	1	Si (Di x Dm)
Si (Di x Dm)	8	Res
Res	24	
TOT	35	

dove:

Source rappresenta la sorgente di variabilità,

DF - i gradi di libertà,

F versus - il denominatore per il calcolo della statistica F.

In caso di differenze significative inerenti i fattori principali dell'analisi o della loro interazione, è possibile discriminare le differenze a livello di aree soggette a diverse condizioni, mediante test a posteriori (*pairwise test*).

Per l'analisi della varianza (PERMANOVA) è stato utilizzato il software PRIMER 6+. Sono state analizzate solo le specie più abbondanti e/o che maggiormente contribuiscono a caratterizzare i popolamenti.

Le differenze tra i popolamenti, in termini di indici di similarità, sono state valutate secondo il medesimo disegno sperimentale mediante analisi multivariata non parametrica della varianza per via permutazionale (PERMANOVA; Anderson, 2001; Anderson e ter Braak, 2003). Anche in questo caso è disponibile un test a posteriori (*pairwise test*) che consente di valutare le differenze tra le singole aree indagate. Le analisi sono state condotte con il software PRIMER 6+.

Le possibili relazioni tra popolamenti di macroinvertebrati bentonici e variabili chimico-fisiche misurate nei sedimenti e nell'acqua sono state analizzate mediante analisi di correlazione univariata e multivariata, e applicando la procedura DistLM (Anderson, 2003b). L'indagine correlativa, sebbene non consenta di stabilire relazioni di causa ed effetto, permette di discriminare l'importanza relativa delle diverse sorgenti di impatto antropico nel determinare le differenze osservate tra i popolamenti tra le aree soggette a differenti condizioni ambientali ed il possibile impatto antropico, presente e passato. Queste analisi sono state condotte con il software PRIMER 6+.

7 RISULTATI

Vengono di seguito riportati tutti i risultati ottenuti dall'indagine condotta sulla Pialassa Baiona.

7.1 Dati al contorno

7.1.1 Registrazione delle oscillazioni mareali

Le misure, protrattesi per due settimane, sono state svolte in condizioni di marea in quadratura (caratterizzata da moderate escursioni di livello) nella prima settimana, e di marea sizigiale (caratterizzata quindi dalle massime escursioni di livello) nella seconda settimana².

Per tenere conto della componente oscillatoria del pelo libero e verificarne gli effetti e la mutua interazione con la dispersione del pennacchio termico si è provveduto a posizionare un mareografo registratore di livello in corrispondenza del viadotto della via Baiona, nel punto in cui esso scavalca il canale di scarico delle acque di raffreddamento di centrale, come indicato in figura 18.

Lo strumento utilizzato è stato il mareografo SLR (incertezza di misura: 1 cm), calato in acqua alle ore 15.20 del 3 maggio e posizionato a 1.25 metri di profondità. Lo strumento è poi stato salpato alle 12.20 del 14 maggio.



Fig. 18 - Ubicazione dello strumento di registrazione del livello mareale

In figura 19 è riportato l'andamento del livello registrato dal mareografo, corretto e riportato in quote assolute IGM (metri s.l.m.m.)

² Condizioni di mareali:

- di sizigia (● o ○): coincidono con luna nuova o luna piena
- di quadratura (◐ o ◑): coincidono con il primo quarto e l'ultimo quarto di luna, quando cioè la percentuale di superficie illuminata è il 50%

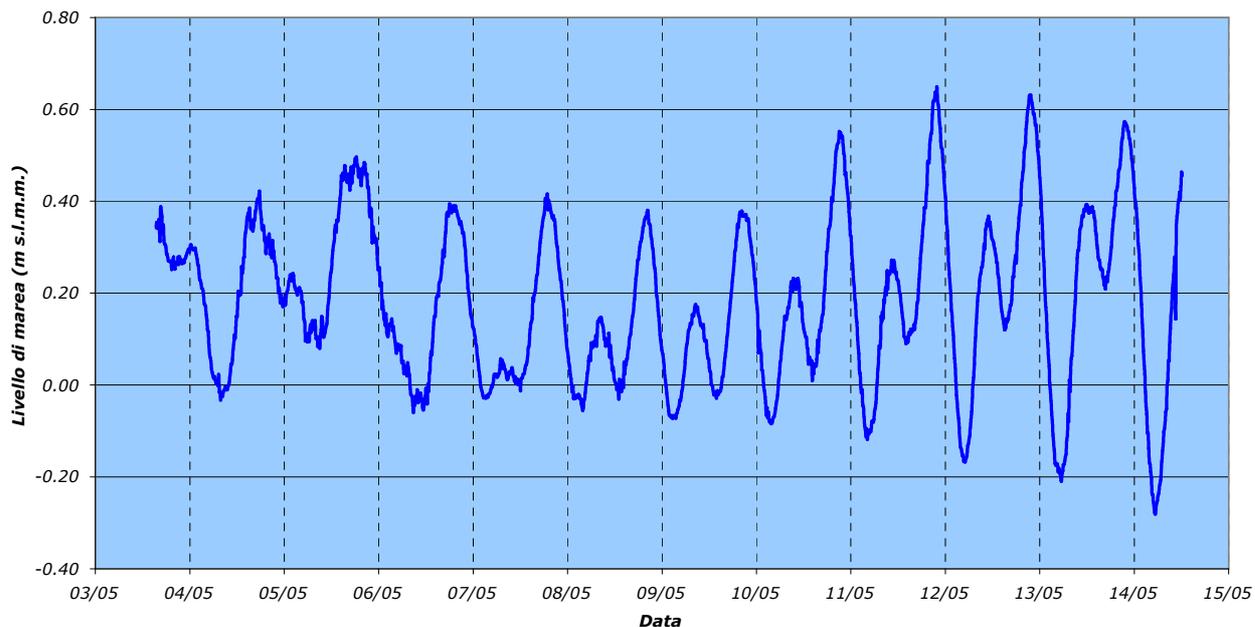


Fig. 19 - Livello mareale nel periodo di indagine

7.1.2 Operatività della centrale

Altro parametro essenziale per la comprensione del fenomeno di dispersione termica in laguna è la conoscenza dell'andamento del livello produttivo della centrale termoelettrica Enel (direttamente correlato al quantitativo di calore scaricato).

Nei giorni durante i quali è stato effettuato il rilievo è stato tenuto un livello produttivo elevato superiore a quello di normale funzionamento (figura 20).

Livello produttivo centrale Teodora

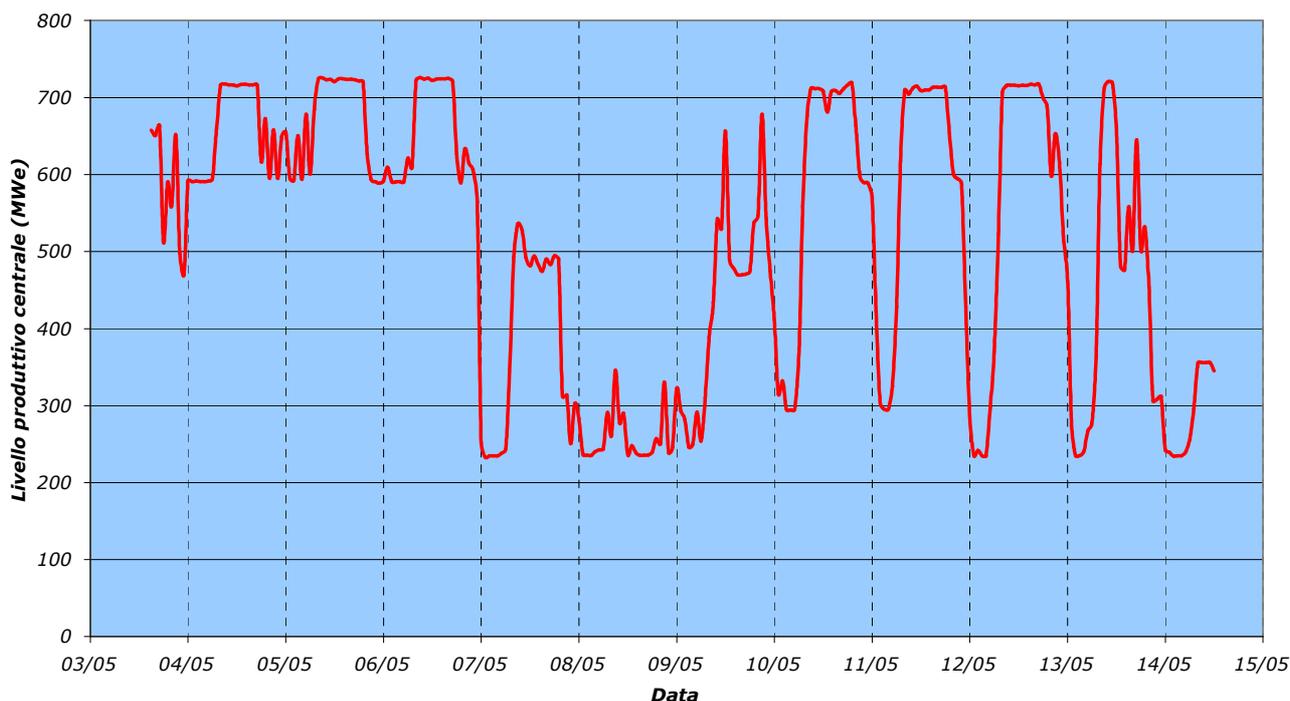


Fig. 20 - Livello produttivo della Centrale Enel nel periodo di indagine

7.2 Rilievi termici

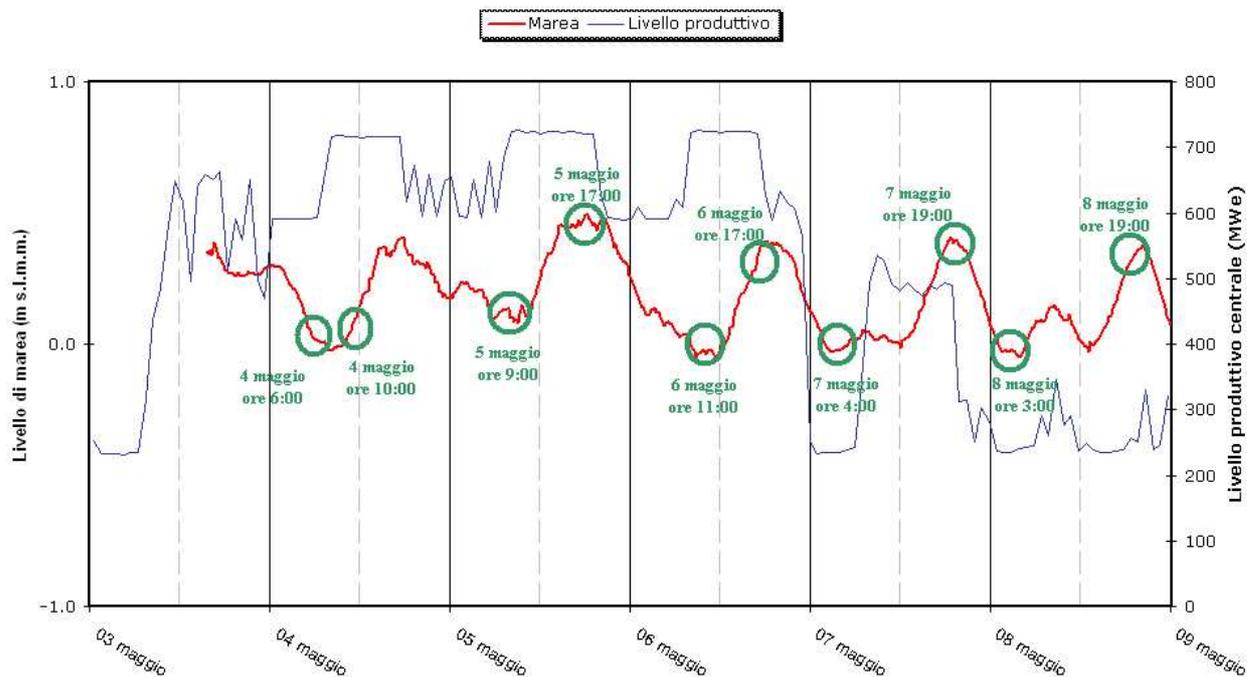
7.2.1 Rete termografica fissa

Nei dieci giorni di funzionamento la rete termografica installata ha acquisito più di 75 000 letture di temperatura dell'acqua, tramite le quali è stato possibile costruire mappe termiche che forniscono una valida chiave di lettura per la comprensione del fenomeno di dispersione termica nella Pialassa Baiona.

Tale mappatura (che riproduce un'immagine dell'assetto termico lagunare in un dato istante temporale) viene presentata in corrispondenza di 18 istanti ritenuti significativi per la comprensione del fenomeno, identificati combinando le informazioni di livello mareale e livello produttivo della Centrale presentate ai paragrafi precedenti.

Tali istanti vengono evidenziati nei grafici riportati nella figura 21 e brevemente descritti in seguito.

Marea e livello produttivo - Prima settimana



Marea e livello produttivo - Seconda settimana

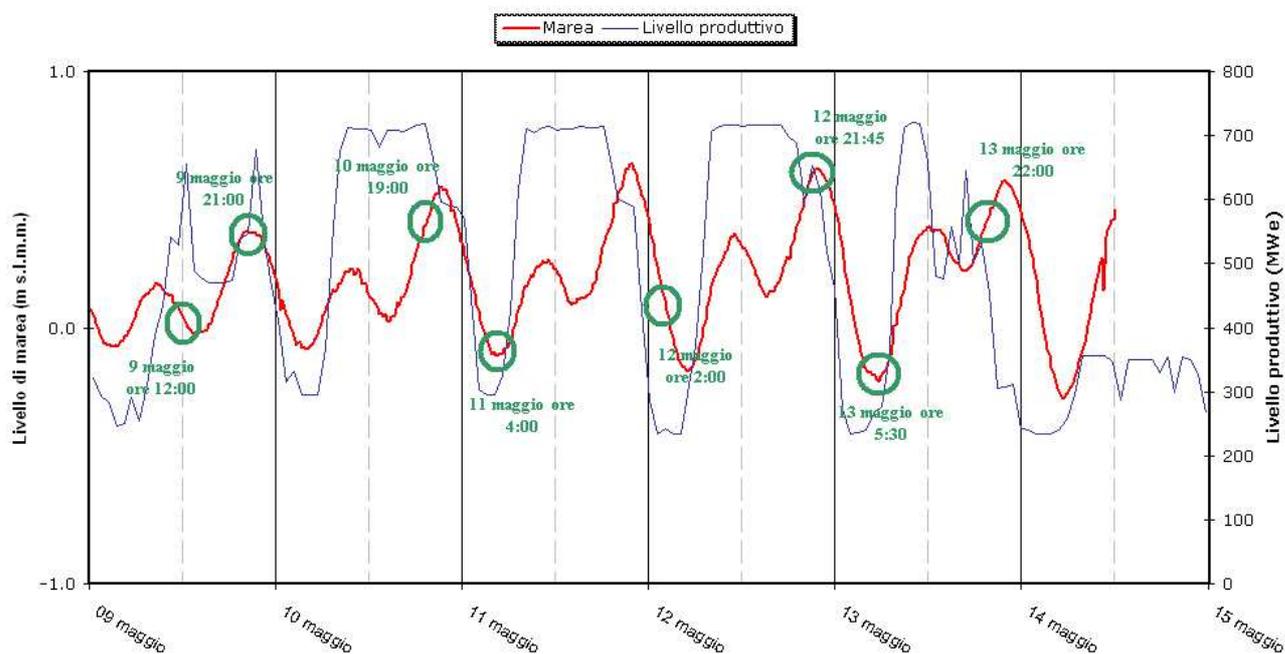


Fig. 21 - Individuazione degli istanti significativi di monitoraggio

DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEGLI ISTANTI MAREALI ILLUSTRATI

 4 maggio ore 06:00		Confronto tra due istanti con stesso livello mareale e repentino aumento del livello produttivo
 4 maggio ore 10:00		
 5 maggio ore 09:00		Stanca di bassa marea ad alto livello produttivo
 5 maggio ore 17:00		Stanca di alta marea ad alto livello produttivo
 6 maggio ore 11:00		Stanca di bassa marea a ad alto livello produttivo
 6 maggio ore 17:00		Alta marea con alto livello produttivo
 7 maggio ore 04:00		Bassa marea con basso livello produttivo
 7 maggio ore 19:00		Alta marea con livello produttivo intermedio
 8 maggio ore 03:00		Bassa marea con basso livello produttivo
 8 maggio ore 19:00		Alta marea con basso livello produttivo <i>(confronto con 7 maggio ore 04:00)</i>
 9 maggio ore 12:00		Confronto tra due istanti di bassa e alta marea su oscillazioni di livello produttivo
 9 maggio ore 21:00		
 10 maggio ore 19:00		Marea crescente in condizioni di alto livello produttivo
 11 maggio ore 04:00		Bassa marea con basso livello produttivo
 12 maggio ore 02:00		Marea calante in condizioni di basso livello produttivo
 12 maggio ore 21:45		Massimo di marea con alto livello produttivo
 13 maggio ore 05:30		Minimo di marea con basso livello produttivo
 13 maggio ore 22:00		Alta marea con basso livello produttivo

Le mappe termiche sono state ottenute sovrapponendo una retinatura delle terre emerse della Pialassa a un dominio rettangolare di interpolazione impostato con l'ausilio del software Surfer 8; all'interno di tale dominio georeferenziato sono state posizionate le 23 stazioni di misura con le proprie coordinate Gauss Boaga WGS84, associate al valore di temperatura letto dal sensore (elaborazione effettuata per il sensore di superficie e per il sensore intermedio). I dati puntuali sono stati interpolati con il metodo di Kriging a variogramma lineare, ridistribuiti su una griglia a maglia quadrata con passo 10 metri e visualizzati tramite aree isoterme di colore variabile (da più scuro per le aree fredde a più chiaro per le calde).

Tale mappatura delle temperature assolute registrate dai sensori di superficie e intermedi viene riportata in Appendice 2.

7.2.2 Profili CTD

Parallelamente all'acquisizione in continuo di temperatura tramite rete fissa di termografi sono stati misurati i profili CTD (conducibilità, temperatura, profondità) due volte al giorno nelle 9 stazioni indicate al paragrafo 5.2 e rappresentate in figura 7.

	Staz. A	Staz. B	Staz. C	Staz. D	Staz. 20	Staz. 23	Staz. 27	Staz. 29	Staz. 30
04 maggio	10:10	10:30	11:20	11:30	11:00	11:10	10:35	10:50	10:45
	18:30	18:40	17:30	18:00	17:20	17:05	18:15	18:20	18:30
05 maggio	09:30	10:40	10:15	10:30	09:50	09:55	09:45	09:40	09:35
	16:35	17:35	17:15	17:25	17:00	17:05	16:50	16:50	16:45
06 maggio	11:15	12:20	11:50	12:10	11:30	11:35	11:25	11:25	11:20
	16:50	17:45	17:20	17:30	17:05	17:15	17:00	17:00	16:55
07 maggio	09:35	11:00	10:25	10:40	09:50	10:00	09:50	09:45	09:40
10 maggio									
	15:30	17:50	17:20	17:30	16:50	17:05	16:30	16:20	16:00
11 maggio	09:25	10:30	09:55	10:00	09:40	09:45	09:35	09:30	09:30
	16:40	17:40	17:20	17:30	17:00	17:10	16:55	16:50	16:45
12 maggio	09:30	10:40	10:20	10:30	10:05	10:15	10:00	09:55	09:45
	17:00	18:00	17:45	17:55	17:20	17:30	17:15	17:10	17:05
13 maggio	10:50	12:00	11:40	11:45	11:25	11:30	11:20	11:05	10:55
	16:20	17:30	17:05	17:20	16:45	16:55	16:40	16:35	16:30

Tabella 4 - Istanti di acquisizione dei profili CTD

I grafici dei profili CTD acquisiti vengono riportati in Appendice 3.

Nel tracciare i grafici si è provveduto a riscalarle le profondità assumendo come livello zero il livello di riferimento degli scandagli (media dei più bassi livelli minimi di marea, MLLW, *Mean Lower Low Water*), calcolato correggendo lo zero IGM (a cui sono riferite le letture di marea) con la costante Z_0 riportata in carta nautica per la zona di Porto Corsini, pari a 0.40 m.

Dal momento che il tempo necessario per l'acquisizione dei nove profili si è sempre mantenuto attorno ai 90 minuti e che in tale intervallo le variazioni di marea sono state modeste (una decina di cm al massimo) si è scelto di adottare un unico valore di correzione dello zero IGM per ciascuna acquisizione, ottenuto come media delle letture effettuate dal mareografo nell'intervallo di tempo di lavoro.

Nella tabella 5 sono riportate le correzioni ottenute applicando tale criterio.

Data	Inizio acquisizione	Media livello marea [m s.l.m.m.]	Correzione MLLW [m]
04 maggio	10:10	+ 0.04	0.44
	17:05	+ 0.38	0.78
05 maggio	09:30	+ 0.12	0.52
	10:40	+ 0.45	0.85
06 maggio	11:15	- 0.02	0.38
	16:50	+ 0.36	0.76
07 maggio	09:35	+ 0.01	0.41
10 maggio	15:30	+ 0.20	0.60
11 maggio	09:25	+ 0.25	0.65
	16:40	+ 0.21	0.61
12 maggio	09:30	+ 0.33	0.73
	17:00	+ 0.25	0.65
13 maggio	10:50	+ 0.38	0.78
	16:20	+ 0.23	0.63

Tabella 5 - Correzioni MLLW

Data l'impossibilità di effettuare posizionamento e stazionamento su coordinate sempre uguali e costanti, dall'analisi dei profili è stato estratto un campione di profondità massime rilevate, la cui media permette di ricostruire le quote batimetriche (in m s.l.m.m.) su cui si assestavano i punti indagati con ragionevole attendevolezza.

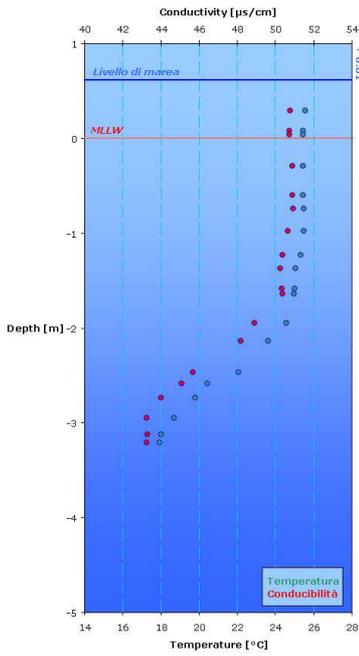
	A	B	C	D	20	23	27	29	30
04 maggio	2.6	2.5	9.0	4.5	4.6	1.1	1.8	2.9	3.7
	2.4	1.3	6.6	4.6	2.8	1.2	1.4	2.5	2.4
05 maggio	2.1	0.5	8.2	4.8	2.9	1.3	1.7	1.2	2.9
	2.5	2.5	5.7	4.1	4.0	1.1	1.8	2.6	2.5
06 maggio	1.6	2.6	8.5	3.8	4.1	0.8	1.6	0.6	4.1
	1.8	2.4	7.0	4.6	3.3	1.2	1.5	2.6	3.3
07 maggio	1.5	2.4	5.5	5.9	3.3	1.0	1.7	1.3	3.2
10 maggio	2.2	2.6	7.1	5.3	3.9	0.9	1.6	2.4	2.9
11 maggio	2.7	3.0	6.0	5.5	3.9	1.1	1.8	2.7	2.1
	2.5	0.5	8.3	4.9	4.0	1.2	1.7	2.1	2.0
12 maggio	2.4	2.3	7.7	5.1	3.7	1.1	1.6	2.7	2.2
	2.5	3.0	4.4	5.2	3.8	1.2	1.6	2.1	3.4
13 maggio	2.3	1.7	5.5	5.2	4.2	1.0	1.7	2.8	2.7
	2.5	2.9	5.9	5.3	2.9	1.2	1.6	2.8	1.4
Prof max	2.7	3.0	9.0	5.9	4.6	1.3	1.8	2.9	4.1
Prof min	1.5	0.5	4.4	3.8	2.8	0.8	1.4	0.6	1.4
Prof media	2.3	2.1	6.8	4.9	3.7	1.1	1.6	2.2	2.8
Varianza	0.1	0.7	1.9	0.3	0.3	0.0	0.0	0.5	0.5

Tabella 6 - Profondità nei punti di indagine CTD

L'analisi dei profili termici registrati nei dintorni dello scarico permette di osservare che complessivamente il fenomeno di rimescolamento delle masse idriche tende a prevalere su quello di mantenimento della stratificazione.

In figura 22 è invece riprodotta schematicamente una serie di profili che mostra una stratificazione in allontanamento dalla centrale registrata tra le ore 16:45 e le 17:00 del giorno 11 maggio nei punti 30, 29, 27 e 20.

Stazione 20 - 11 maggio h. 17:00



Stazione 27 - 11 maggio h. 16:55

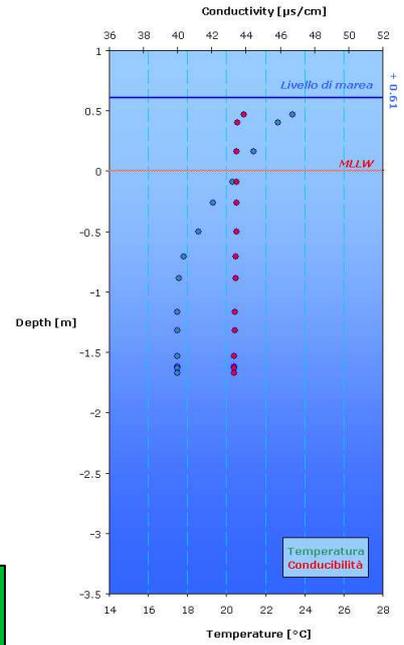
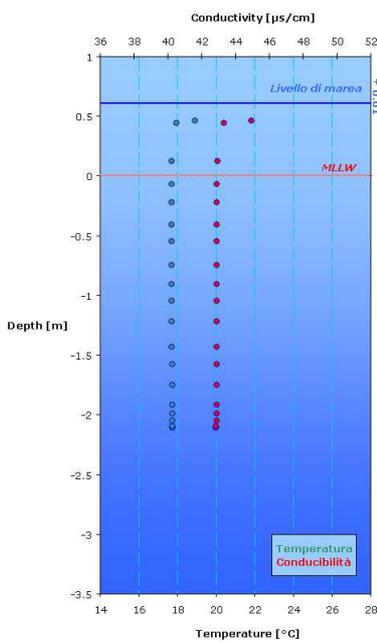
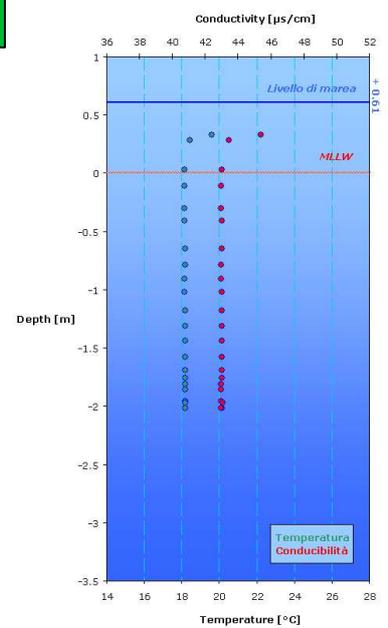


Fig. 22 - Assottigliamento del "pennacchio termico"

Stazione 29 - 11 maggio h. 16:50



Stazione 30 - 11 maggio h. 16:45



7.2.3 Considerazioni generali derivanti dall'analisi dei dati termici

Il monitoraggio termo-idrologico effettuato sulla Pialassa Baiona e sulla rete di canali ad essa collegati per caratterizzare l'andamento della perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento dell'impianto di produzione termoelettrica di Porto Corsini ha reso possibile una valutazione dell'entità dell'impatto sull'ecosistema.

Le campagne di rilievi sono state eseguite in concomitanza con andamenti mareali di quadratura (escursioni di livello contenute e stanche di marea) e di sizigia (massime escursioni di livello), coprendo quindi la gamma più vasta e ricorrente possibile di stati di marea; un'analisi di questo tipo assume carattere fondamentale per la Pialassa Baiona, la cui idrodinamicità interna è stata sviluppata e progettata nei secoli proprio con la concezione che fossero l'innalzamento e l'abbassamento di marea a regolare i flussi nei canali artificiali e, di conseguenza, il ricambio idrico nei chiari.

L'analisi delle mappe di distribuzione termica ha permesso di tracciare il quadro generale di un corpo idrico che non risente della perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento se non nelle zone più prossime al punto di scarico e che, quindi, non manifesta variazioni apprezzabili nella restante parte della Pialassa Baiona.

L'analisi delle stesse mappe suggerisce di poter suddividere la Pialassa in tre zone, come presentato in figura 23.

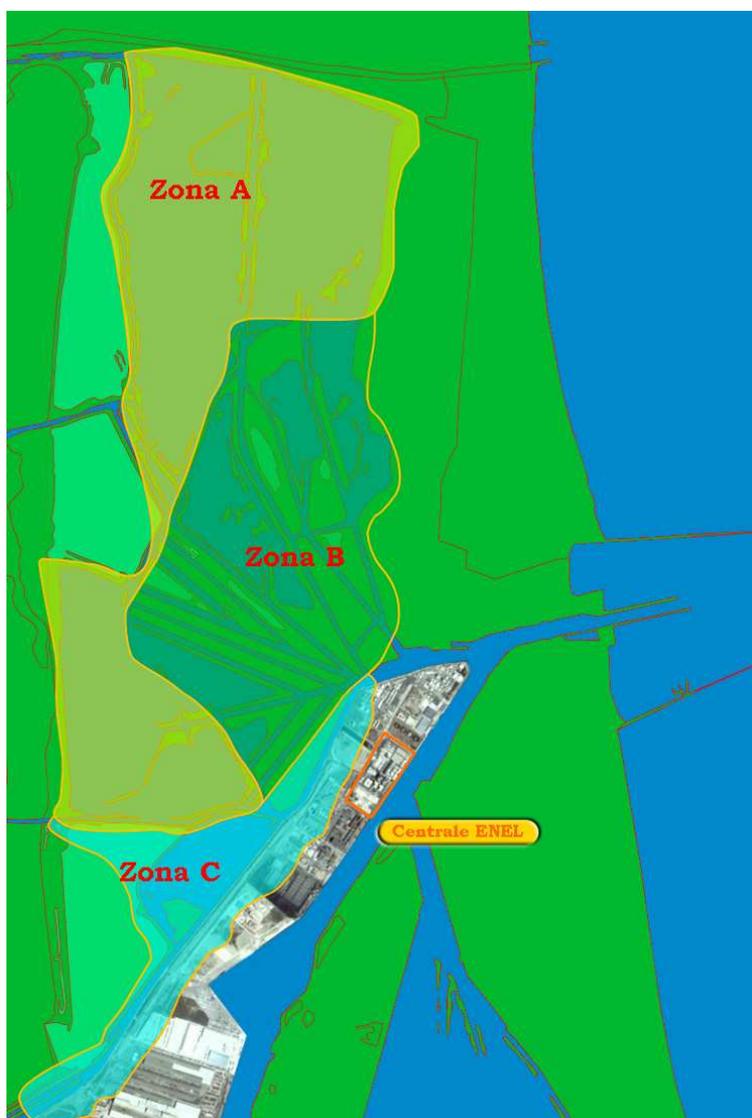


Fig.23 - Suddivisione in fasce termiche della Pialassa Baiona

Nella zona A, che si estende a Nord e a Ovest, i termografi hanno registrato temperature mediamente più elevate di quelle marine (prese come riferimento di una situazione termica "naturale"); tale condizione si verifica per motivi non correlabili alla presenza della Centrale Enel, ma per il naturale, fisiologico riscaldamento delle masse d'acqua meno soggette a ricambio e delle vaste estensioni dei chiari, che svolgono la funzione di "polmone" termico, immagazzinando calore per irraggiamento solare e generando, per inerzia, un proprio ciclo termico giornaliero.

La zona C, a Sud, è quella che risente maggiormente del riscaldamento da fonti antropiche, e quella nella quale arrivano a svilupparsi quasi per intero gli scarichi termici provenienti dalla centrale Enel e dagli altri impianti industriali posti più a sud lungo il Canale Magni.

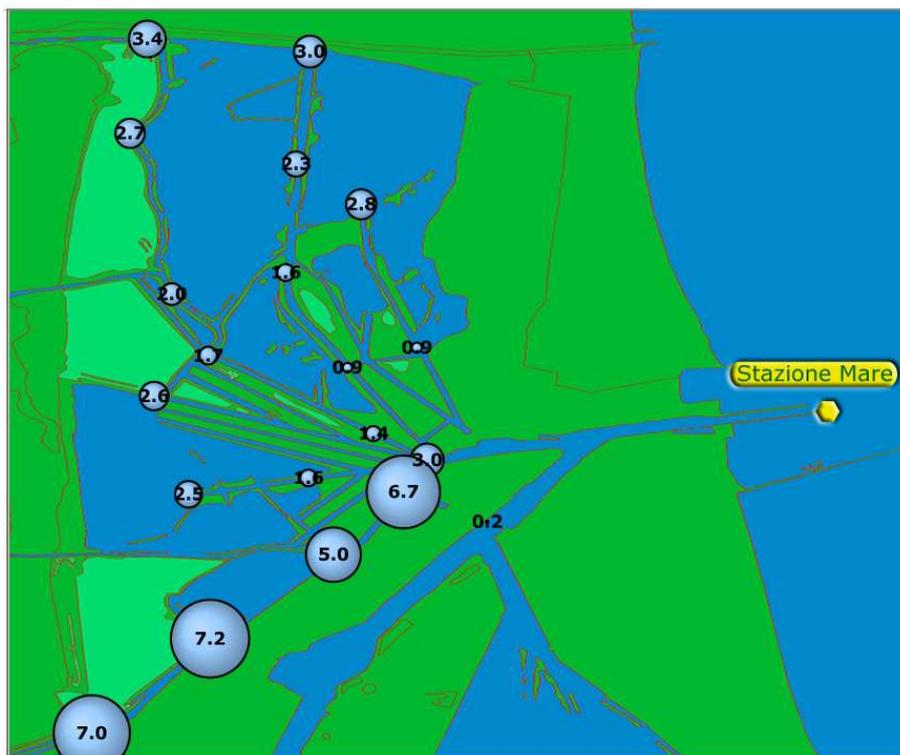
Alla mancanza di informazioni sugli altri scarichi termici che recapitano, tramite il canale Magni, nell'area sud-ovest della Pialassa si è sopperito installando due stazioni di misura della temperatura (staz. 52 e 49) che ne hanno consentito di valutare l'andamento nel tempo.

Infine la zona B, centrale, può essere considerata la zona di transizione tra le due fasce appena descritte; qui i termografi hanno registrato temperature analoghe a quelle della stazione 67, posta sul molo di Marina di Ravenna (ad esempio le letture delle stazioni 25 e 28 si scostano, in media, di meno di 1 °C da quelle registrate, contemporaneamente, dalla stazione 67). In tale zona si può rilevare, dunque, che sia massimo l'effetto di ingresso di acqua fredda dal porto Canale e che si abbia lo smorzamento quasi totale del pennacchio termico proveniente dalla centrale.

Tale scenario complessivo trova ulteriore conferma nell'analisi delle quattro mappe presentate alle pagine seguenti (Fig. 24 e 25), ove si è scelto di rappresentare l'andamento dei valori medi delle differenze di lettura tra sensori mediante un grafico "a bolle": ciascuna bolla è posizionata nello spazio su mappa in corrispondenza di una stazione termografica ed il suo raggio risulta direttamente proporzionale alla media delle differenze di lettura tra la stazione stessa ed una stazione di riferimento; il valore in °C dello scarto viene riportato nell'etichetta associata a ciascuna bolla.

Sono state assunte come stazioni di riferimento la 67 e la 4, posizionate rispettivamente all'estremità del porto canale e nella zona più settentrionale (e quindi più distante dallo scarico termico della centrale) della Pialassa.

**Medie degli scarti delle letture
delle sonde superficiali rispetto alla stazione a mare**



**Medie degli scarti delle letture
delle sonde superficiali rispetto alla stazione HOB04**

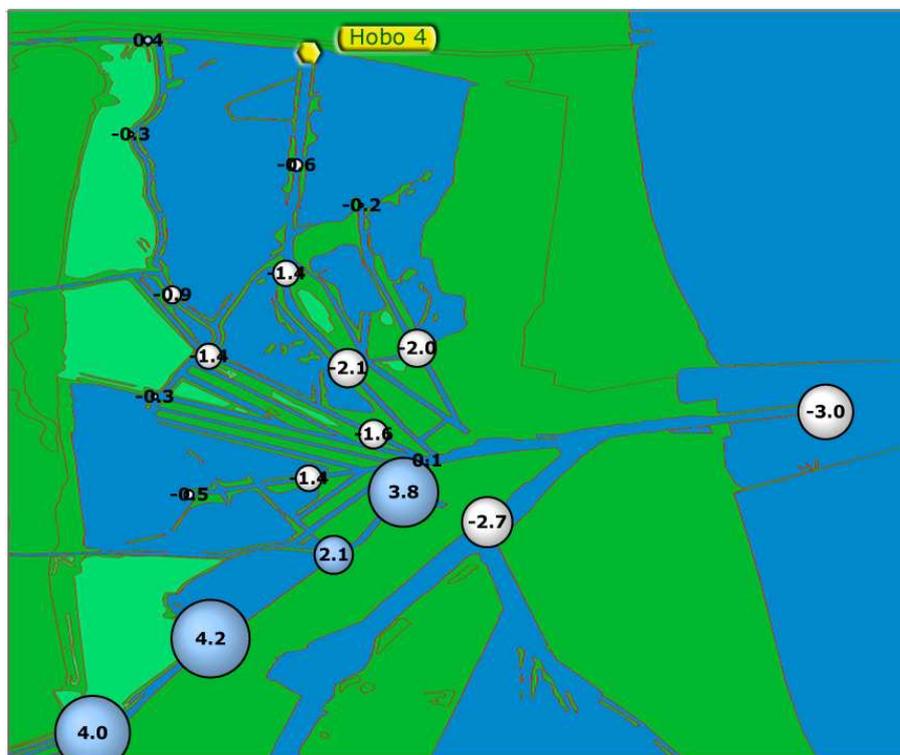


Fig. 24

**Medie degli scarti delle letture
delle sonde intermedie rispetto alla stazione a mare**



**Medie degli scarti delle letture
delle sonde intermedie rispetto alla stazione HOB04**



Fig. 25

Anche tali rappresentazioni presentano, in definitiva, un quadro ben delineato: l'impatto termico della centrale Enel si esaurisce nella zona meridionale della Pialassa, in particolare lungo il Canale Magni (comunque interessato anche, come già detto, da reflui termici di diversa provenienza) e viene quasi completamente mitigato dall'azione delle correnti mareali in ingresso da mare, che determinano le più basse temperature medie proprio nella fascia centrale della Pialassa.

In più, si nota ancora la tendenza al naturale riscaldamento dell'area settentrionale indagata, comunque indipendente dalla vicenda termica allo scarico della Centrale.

7.3 Analisi dei contaminanti nei sedimenti

All'interno delle quattro aree precedentemente definite, in ciascuno dei tre siti di campionamento per ogni area sono stati prelevati tre campioni replica sui quali sono state effettuate le determinazioni chimiche come riportato nel paragrafo 6.3.

I risultati delle analisi sono riportati nelle tabelle 7-10.

Tabella 7: Concentrazioni dei contaminanti nel sedimento dell' Area 1

Parametro	udm	Area 1		
		Sito a	Sito b	Sito c
Ferro	mg/kg s.s.	28600	23515	22712
Cadmio	mg/kg s.s.	1,3	0,4	0,4
Piombo	mg/kg s.s.	42,1	27,7	25,0
Zinco	mg/kg s.s.	500,0	252,7	249,0
Arsenico	mg/kg s.s.	13,7	7,0	8,3
Mercurio	mg/kg s.s.	100,2	36,3	9,1
Naftalene	µg/kg s.s.	3872,3	1062,7	358,0
Acenaftilene	µg/kg s.s.	10801,0	3336,7	1129,0
Acenaftene	µg/kg s.s.	383,0	110,6	60,7
Fluorene	µg/kg s.s.	1961,3	604,3	210,3
Fenantrene	µg/kg s.s.	7137,0	2431,7	720,7
Antracene	µg/kg s.s.	971,3	324,3	90,4
Fluorantene	µg/kg s.s.	10749,3	3677,7	1247,3
Pirene	µg/kg s.s.	29098,7	9205,3	2870,3
Benzo(a)antracene	µg/kg s.s.	839,3	230,7	76,8
Crisene	µg/kg s.s.	618,0	297,0	118,9
Benzo(b)fluorantene	µg/kg s.s.	1321,0	410,7	100,7
Benzo(k)fluorantene	µg/kg s.s.	410,0	215,0	74,7
Benzo(a)pirene	µg/kg s.s.	2978,7	799,3	195,9
Indeno(1,2,3-cd)pirene	µg/kg s.s.	2659,7	838,7	537,7
Dibenzo(a,h)antracene	µg/kg s.s.	233,3	68,4	7,9
Benzo(ghi)perilene	µg/kg s.s.	9814,3	3522,7	1022,0
Dibenzo(a)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,e)pirene	µg/kg s.s.	314,0	121,4	< 0,1
Dibenzo(a,l)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	69,1	< 0,1
Dibenzo(a,i)pirene	µg/kg s.s.	326,0	95,0	< 0,1
Dibenzo(a,h)pirene	µg/kg s.s.	8723	360	< 0,1
Sommatoria IPA	mg/kg s.s.	85,4	27,8	8,8
IC C<12	mg/kg s.s.	< 1	< 1	< 1
IC C>12	mg/kg s.s.	200	77	33
Aldrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
γ-Esaclorocicloesano	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Eptacloro epossido	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DDD	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DDE	µg/kg s.s.	88,9	73,0	146,7
DDT	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Endrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dieldrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Metossicloro	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Tabella 8: Concentrazioni dei contaminanti nel sedimento dell' Area 2

Parametro	udm	Area 2		
		Sito a	Sito b	Sito c
Ferro	mg/kg s.s.	21374	23149	23195
Cadmio	mg/kg s.s.	0,1	0,1	0,1
Piombo	mg/kg s.s.	15,8	17,2	13,8
Zinco	mg/kg s.s.	72,1	109,7	81,9
Arsenico	mg/kg s.s.	5,0	5,0	6,3
Mercurio	mg/kg s.s.	0,4	1,1	0,3
Naftalene	µg/kg s.s.	14,5	45,4	13,7
Acenaftilene	µg/kg s.s.	37,9	136,7	32,7
Acenaftene	µg/kg s.s.	2,1	8,4	4,0
Fluorene	µg/kg s.s.	9,1	32,9	10,4
Fenantrene	µg/kg s.s.	35,9	99,8	65,3
Antracene	µg/kg s.s.	3,6	10,5	8,5
Fluorantene	µg/kg s.s.	87,4	221,0	141,7
Pirene	µg/kg s.s.	163,3	512,3	196,7
Benzo(a)antracene	µg/kg s.s.	17,4	21,0	41,1
Crisene	µg/kg s.s.	27,8	30,3	52,2
Benzo(b)fluorantene	µg/kg s.s.	27,6	34,3	58,3
Benzo(k)fluorantene	µg/kg s.s.	16,0	17,9	25,2
Benzo(a)pirene	µg/kg s.s.	23,9	47,9	47,1
Indeno(1,2,3-cd)pirene	µg/kg s.s.	18,4	47,3	33,4
Dibenzo(a,h)antracene	µg/kg s.s.	1,8	4,6	7,1
Benzo(ghi)perilene	µg/kg s.s.	60,0	194,0	79,5
Dibenzo(a)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,e)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,l)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,i)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,h)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sommatoria IPA	mg/kg s.s.	0,5	1,5	0,8
IC C<12	mg/kg s.s.	< 1	< 1	< 1
IC C>12	mg/kg s.s.	<5	<5	<5
Aldrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
γ-Esaclorocicloesano	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Eptacloro epossido	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DDD	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DDE	µg/kg s.s.	1,4	6,4	2,1
DDT	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Endrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dieldrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Metossicloro	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Tabella 9: Concentrazioni dei contaminanti nel sedimento dell' Area 3

Parametro	udm	Area 3		
		Sito a	Sito b	Sito c
Ferro	mg/kg s.s.	28670	20393	27294
Cadmio	mg/kg s.s.	0,1	0,2	0,1
Piombo	mg/kg s.s.	17,5	16,2	17,2
Zinco	mg/kg s.s.	89,6	86,6	87,3
Arsenico	mg/kg s.s.	7,7	5,0	7,3
Mercurio	mg/kg s.s.	0,3	0,7	0,3
Naftalene	µg/kg s.s.	11,8	36,4	15,3
Acenaftilene	µg/kg s.s.	22,3	82,4	34,7
Acenaftene	µg/kg s.s.	2,6	4,6	2,5
Fluorene	µg/kg s.s.	8,5	22,7	11,5
Fenantrene	µg/kg s.s.	51,1	68,1	47,7
Antracene	µg/kg s.s.	6,9	8,0	6,9
Fluorantene	µg/kg s.s.	92,4	138,5	86,7
Pirene	µg/kg s.s.	136,6	260,0	170,3
Benzo(a)antracene	µg/kg s.s.	18,9	19,9	15,7
Crisene	µg/kg s.s.	28,3	24,2	24,3
Benzo(b)fluorantene	µg/kg s.s.	29,0	31,9	23,0
Benzo(k)fluorantene	µg/kg s.s.	14,8	16,7	12,6
Benzo(a)pirene	µg/kg s.s.	24,9	34,1	22,7
Indeno(1,2,3-cd)pirene	µg/kg s.s.	19,4	30,7	19,5
Dibenzo(a,h)antracene	µg/kg s.s.	4,1	4,4	2,4
Benzo(ghi)perilene	µg/kg s.s.	48,4	100,3	60,1
Dibenzo(a)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,e)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,l)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,i)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,h)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sommatoria IPA	mg/kg s.s.	0,5	0,8	0,6
IC C<12	mg/kg s.s.	< 1	< 1	< 1
IC C>12	mg/kg s.s.	<5	13	<5
Aldrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
γ-Esaclorocicloesano	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Eptacloro epossido	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DDD	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DDE	µg/kg s.s.	2,3	1,3	2,1
DDT	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Endrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dieldrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Metossicloro	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Tabella 10: Concentrazioni dei contaminanti nel sedimento dell'Area 4

Parametro	udm	Area 4		
		Sito a	Sito b	Sito c
Ferro	mg/kg s.s.	26496	29634	24428
Cadmio	mg/kg s.s.	0,1	0,2	0,1
Piombo	mg/kg s.s.	17,9	18,2	17,7
Zinco	mg/kg s.s.	88,1	99,7	89,0
Arsenico	mg/kg s.s.	7,3	9,3	5,0
Mercurio	mg/kg s.s.	0,8	1,0	0,7
Naftalene	µg/kg s.s.	21,6	19,1	15,7
Acenaftilene	µg/kg s.s.	64,3	64,5	46,7
Acenaftene	µg/kg s.s.	3,8	2,5	2,1
Fluorene	µg/kg s.s.	19,8	16,8	13,9
Fenantrene	µg/kg s.s.	98,6	54,9	51,2
Antracene	µg/kg s.s.	16,1	7,5	5,7
Fluorantene	µg/kg s.s.	225,3	155,0	132,8
Pirene	µg/kg s.s.	371,3	355,7	257,3
Benzo(a)antracene	µg/kg s.s.	40,8	12,8	16,1
Crisene	µg/kg s.s.	49,2	18,4	26,1
Benzo(b)fluorantene	µg/kg s.s.	53,6	24,9	25,0
Benzo(k)fluorantene	µg/kg s.s.	27,9	11,7	13,5
Benzo(a)pirene	µg/kg s.s.	54,5	31,1	29,2
Indeno(1,2,3-cd)pirene	µg/kg s.s.	47,9	33,2	29,5
Dibenzo(a,h)antracene	µg/kg s.s.	7,1	1,3	3,4
Benzo(ghi)perilene	µg/kg s.s.	142,2	129,5	104,3
Dibenzo(a)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,e)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	7,7
Dibenzo(a,l)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	4,6
Dibenzo(a,i)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	17,5
Dibenzo(a,h)pirene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	12,7
Sommatoria IPA	mg/kg s.s.	1,2	0,9	0,8
IC C<12	mg/kg s.s.	< 1	< 1	< 1
IC C>12	mg/kg s.s.	<5	<5	<5
Aldrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
γ-Esaclorocicloesano	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Eptacloro epossido	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DDD	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DDE	µg/kg s.s.	1,1	1,1	1,5
DDT	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Endrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dieldrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Metossicloro	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1

In relazione ai dati ottenuti dalle determinazioni chimiche, vengono riportati anche i grafici per i parametri più significativi, ad evidenziare il maggiore inquinamento chimico dell'area 1 rispetto alle altre aree considerate (Figg 26-33). Solo per quanto riguarda l'arsenico, il grafico indica che, pur mostrando valori leggermente superiori per il sito 1a, tale metallo è presente con una distribuzione omogenea in tutte le aree considerate.

Nei grafici seguenti vengono riportati i valori medi delle tre repliche effettuate in ciascun sito, corredati dalle relative barre di errore (e.s., calcolati come $\text{dev.st.}/\sqrt{(n)}$, dove n è il numero di repliche).

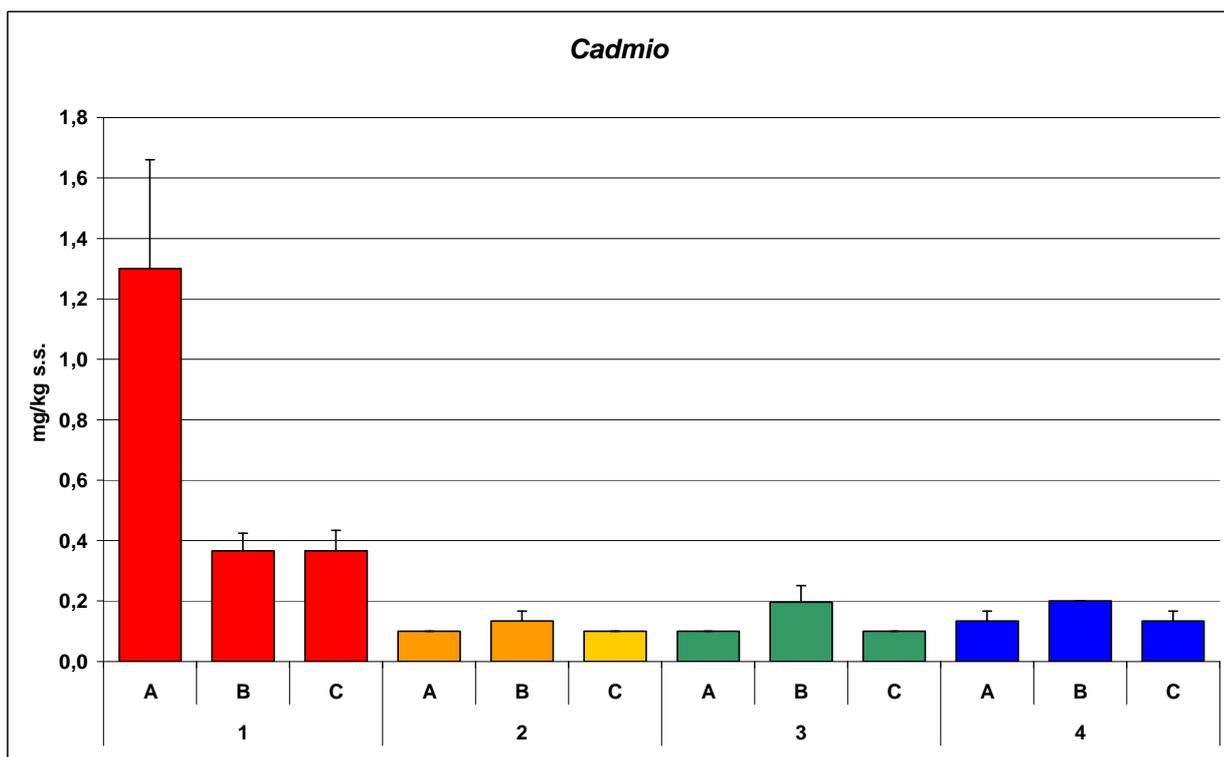


Fig. 26 - Distribuzione del cadmio nei campioni di sedimento analizzati

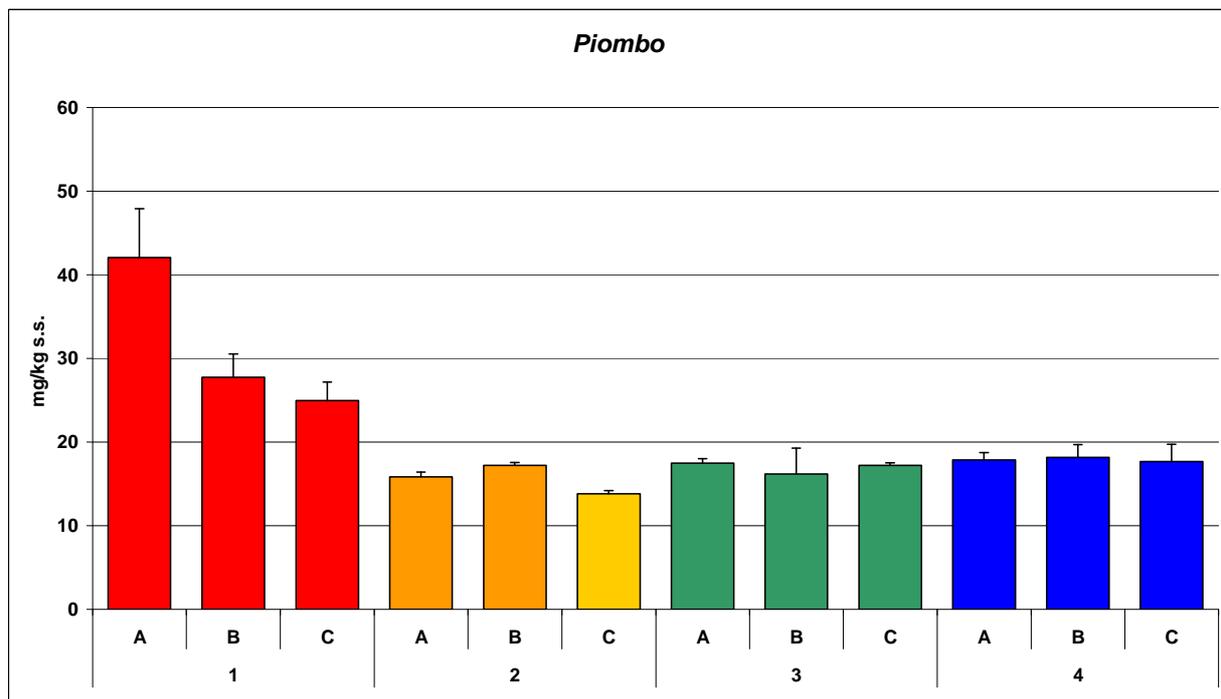


Fig. 27 - Distribuzione del piombo nei campioni di sedimento analizzati

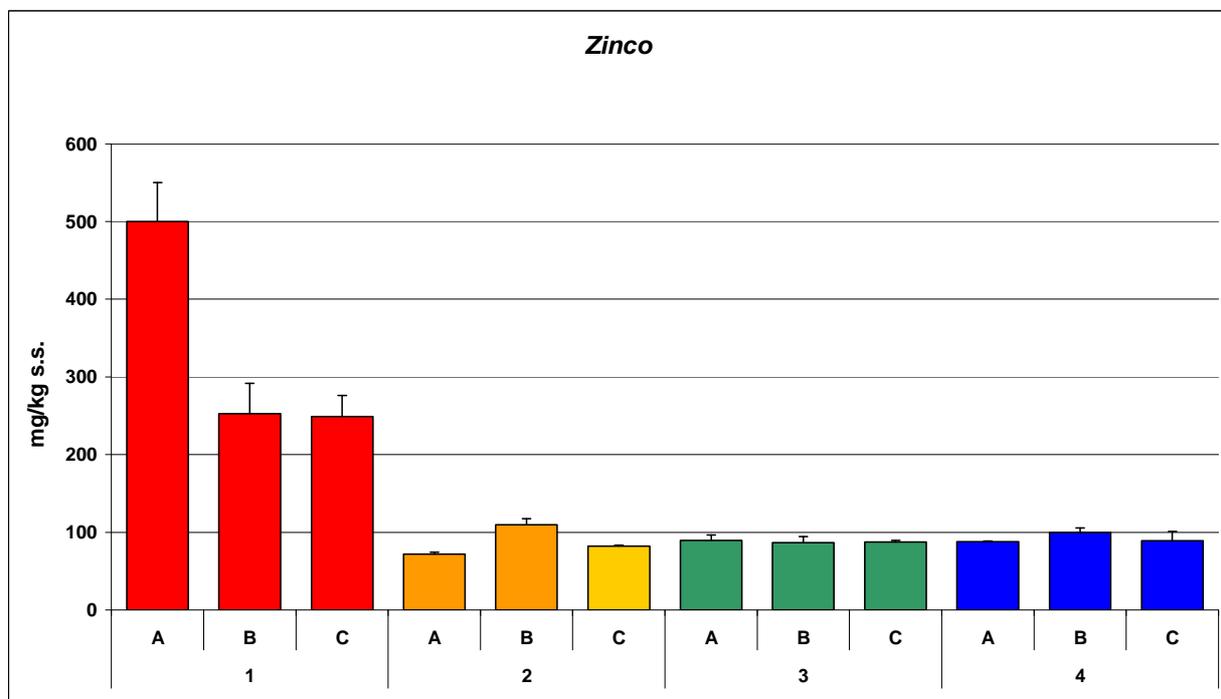


Fig. 28 - Distribuzione dello zinco nei campioni di sedimento analizzati

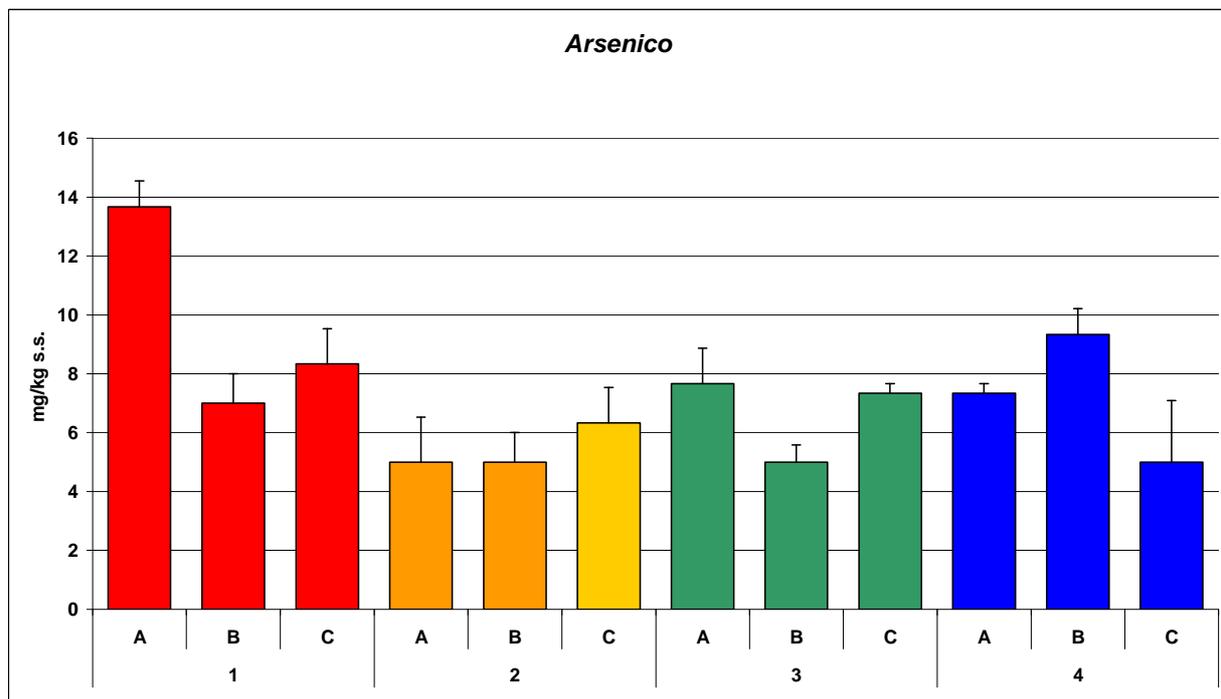


Fig. 29 - Distribuzione dell'arsenico nei campioni di sedimento analizzati

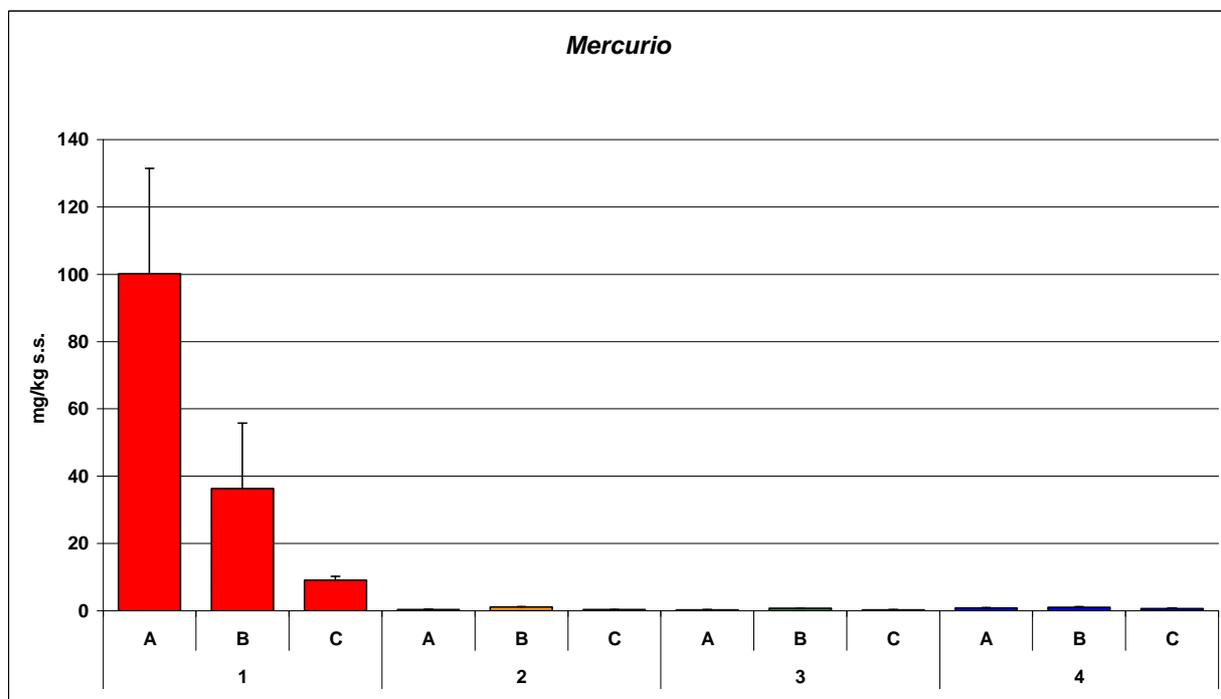


Fig. 30 - Distribuzione del mercurio nei campioni di sedimento analizzati

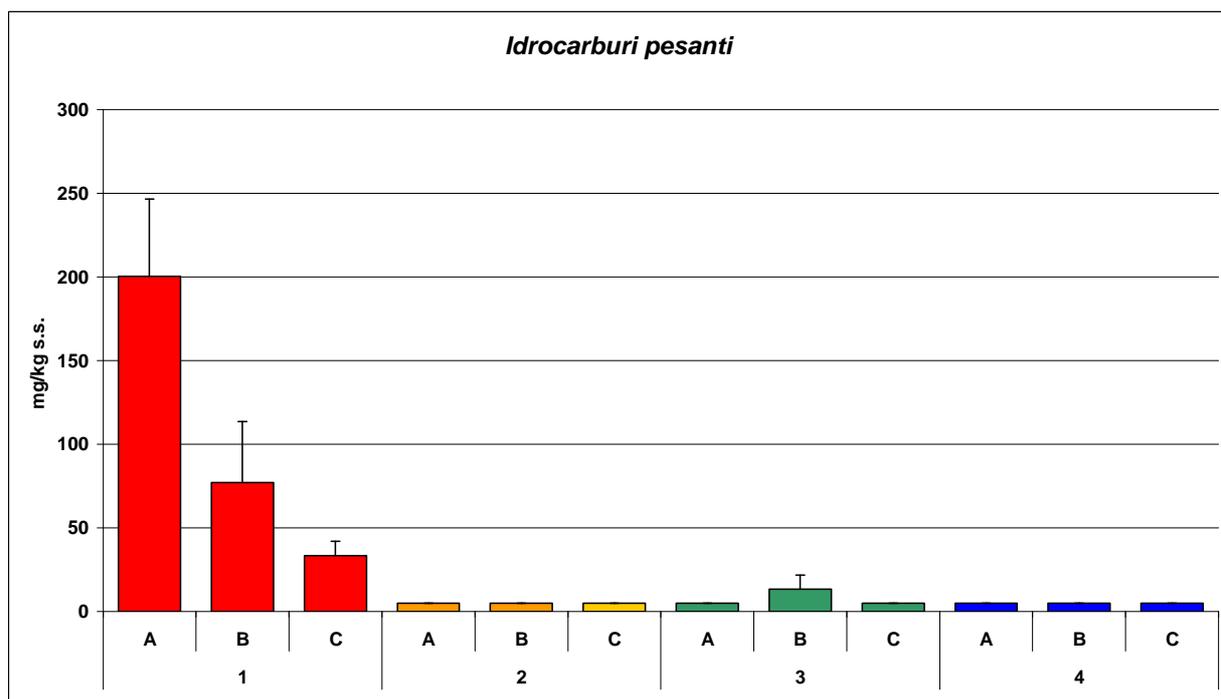


Fig. 31 - Distribuzione degli idrocarburi pesanti (C> 12) nei campioni di sedimento analizzati

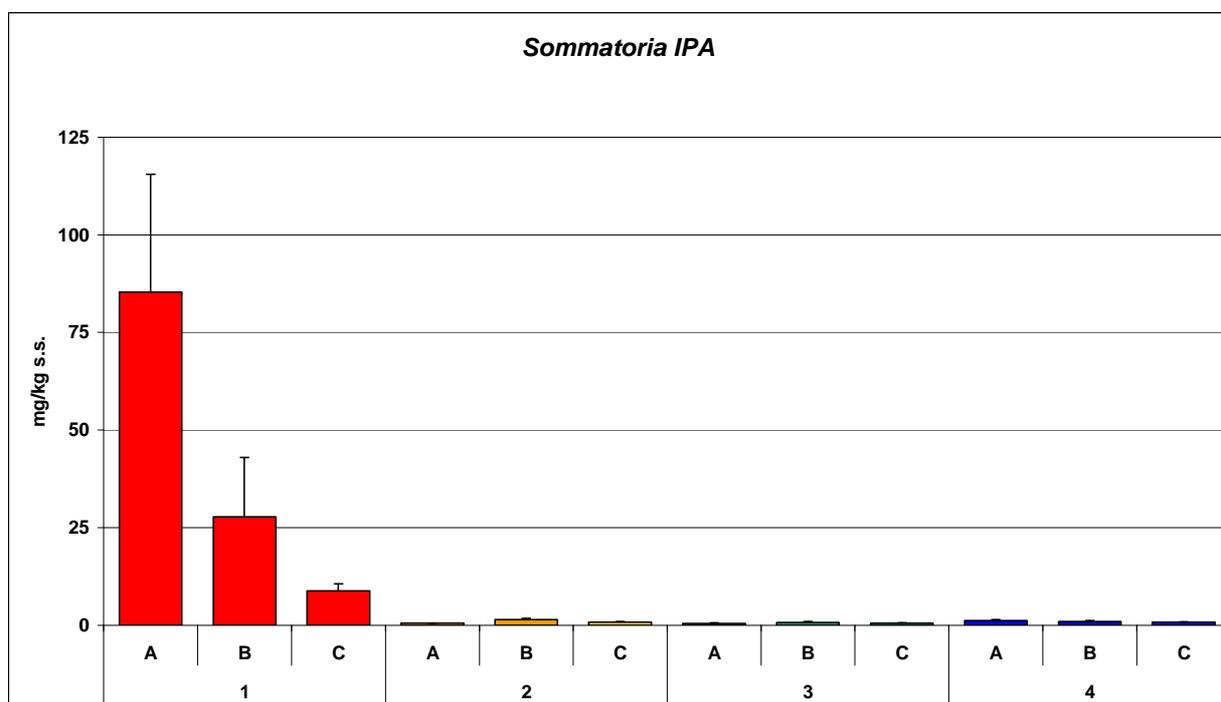


Fig. 32 - Distribuzione degli idrocarburi policiclici aromatici (espressi come sommatoria IPA) nei campioni di sedimento analizzati

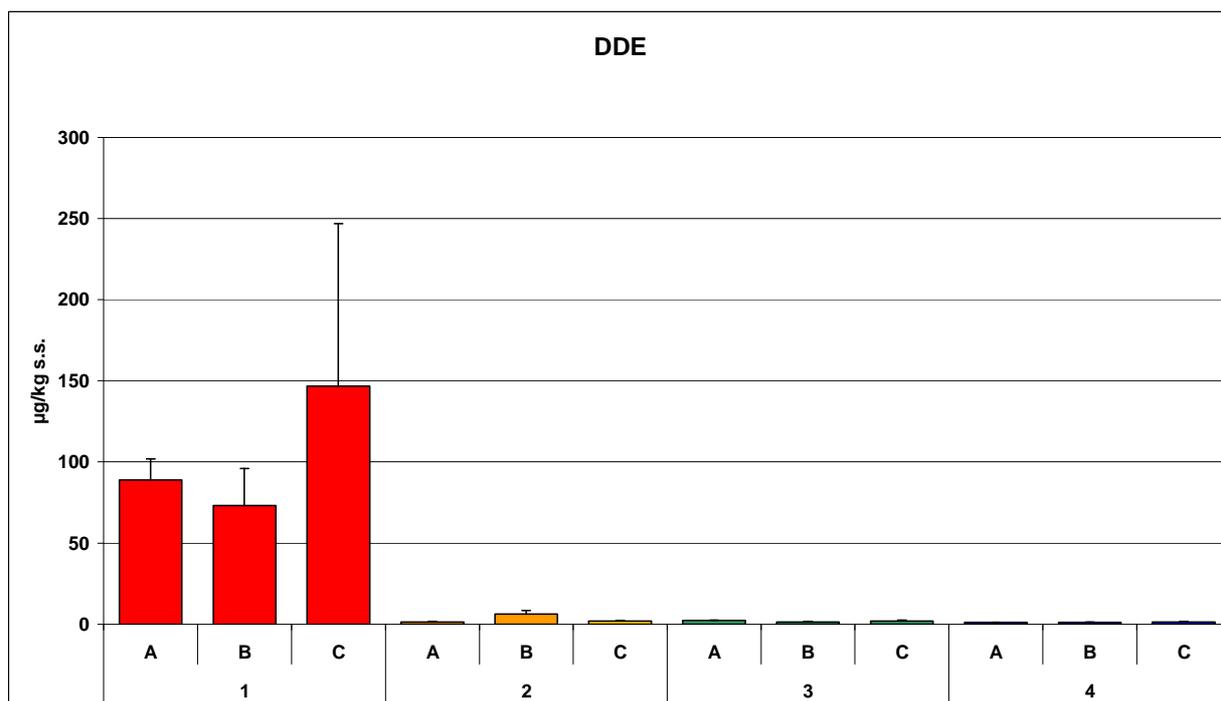


Fig. 33 - Distribuzione del pesticida DDE (diclorodifeniltricloroetano) nei campioni di sedimento analizzati

7.4 Analisi dei popolamenti bentonici

Complessivamente, nei campioni sono stati rivenuti ed identificati 32 377 individui. La fauna bentonica è risultata composta complessivamente da 84 taxa comprendenti cnidari (2), nemertini (1), molluschi gasteropodi (5) e bivalvi (14), anellidi policheti (35) e clitellati (1), artropodi crostacei (23) ed insetti (2) ed echinodermi ofiuroidi (1) (Tabella 11). Nell'insieme dei campioni la specie più abbondante è il crostaceo anfipode *Corophium insidiosum*, seguito dagli oligocheti (clitellati) della famiglia Tubificidae, dal polichete *Capitella capitata*, dal gasteropode *Hydrobia ventrosa*, e dalle larve dei ditteri *Chironomus salinarius* (Fig. 34).

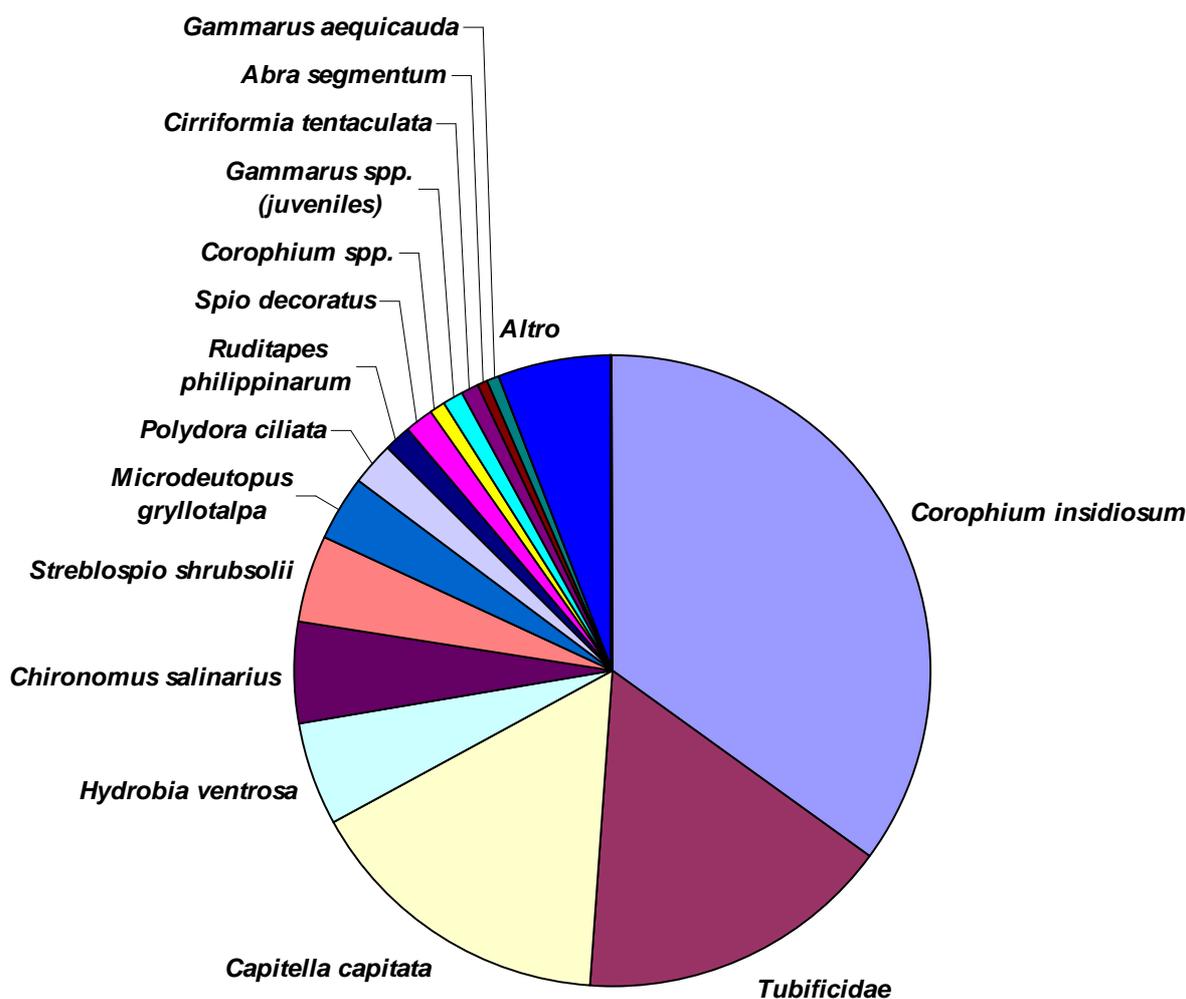


Fig. 34 - Abbondanza relativa dei principali taxa rinvenuti

Tabella 11 – Taxa rinvenuti

Phylum	Class	Family	Taxon
Cnidaria	Hydrozoa	-	Hydrozoa ind.
	Anthozoa	-	Actiniaria ind.
Nemertea			Nemertea ind.
Mollusca	Gastropoda	Haminoeidae	<i>Haminoea navicula</i>
		Hydrobiidae	<i>Hydrobia ventrosa</i>
		Nassariidae	<i>Cyclope neritea</i>
		Nassariidae	<i>Nassarius reticulatus</i>
		-	Gastropoda ind.
	Bivalvia	Arcidae	<i>Anadara</i> sp.
		Mytilidae	<i>Musculista senhousia</i>
		Mytilidae	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
		Semelidae	<i>Abra nitida</i>
		Semelidae	<i>Abra segmentum</i>
		Semelidae	<i>Abra</i> sp.
		Lasaeidae	<i>Mysella bidentata</i>
		Cardiidae	<i>Cerastoderma glaucum</i>
		Veneridae	<i>Paphia aurea</i>
		Veneridae	<i>Ruditapes philippinarum</i>
		Veneridae	<i>Ruditapes decussatus</i>
Corbulidae	<i>Corbula gibba</i>		
Pholadidae	<i>Barnea candida</i>		
-	Bivalvia ind.		

Tabella 11 – Taxa rinvenuti (segue)

Phylum	Class	Family	Taxon
Annelida	Polychaeta	Hesionidae	<i>Podarkeopsis capensis</i>
		Hesionidae	Hesionidae ind.
		Polynoidae	Polynoidae ind.
		Syllidae	<i>Trypanosyllis zebra</i>
		Syllidae	Syllidae ind.
		Nereididae	<i>Neanthes</i> cfr. <i>succinea</i>
		Nereididae	<i>Neanthes</i> cfr. <i>caudata</i>
		Nereididae	<i>Neanthes</i> cfr. <i>fucata</i>
		Nereididae	<i>Hediste diversicolor</i>
		Nereididae	Nereididae ind.
		Nephtyidae	<i>Nephtys hombergii</i>
		Phyllodocidae	Phyllodocidae ind.
		Phyllodocidae	<i>Eteone</i> cfr. <i>longa</i>
		Phyllodocidae	<i>Phyllodoce mucosa</i>
		Eunicidae	<i>Marphysa sanguinea</i>
		Lumbrineridae	<i>Lumbrineris tetraura</i>
		Paraonidae	<i>Cirrophorus furcatus</i>
		Spionidae	Spinoidae ind.
		Spionidae	<i>Polydora ciliata</i>
		Spionidae	<i>Pseudopolydora</i> cfr. <i>paucibranchiata</i>
		Spionidae	<i>Prionospio cirrifera</i>
		Spionidae	<i>Prionospio malmgreni</i>
		Spionidae	<i>Streblospio shrubsolii</i>
		Spionidae	<i>Malacoceros</i> cfr. <i>fuliginosus</i>
		Spionidae	<i>Spio decoratus</i>
		Cirratulidae	Cirratulidae ind.
		Cirratulidae	<i>Cirriformia tentaculata</i>
		Capitellidae	<i>Capitella capitata</i>
		Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i>
		Capitellidae	Capitellidae ind.
		Sabellidae	<i>Desdemonia ornata</i>
		Sabellidae	<i>Owenia fusiformis</i>
		Serpulidae	<i>Hydroides dianthus</i>
		Spirorbidae	<i>Janua pagenstecheri</i>
Terebellidae	<i>Amphitrite</i> sp.		
Clitellata	Tubificidae	Tubificidae ind.	

Tabella 11 – Taxa rinvenuti (segue)

Phylum	Class	Family	Taxon
Arthropoda	Maxillopoda	Balanidae	<i>Balanus amphitrite</i>
		Cirripedia	<i>Balanus</i> sp.
	Malacostraca	Idoteidae	<i>Idotea balthica</i>
		Anthuridae	<i>Cyathura carinata</i>
		Sphaeromatidae	<i>Lekanesphaera hookeri</i>
		-	Amphipoda ind.
		Aoridae	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>
		Corophiidae	<i>Corophium insidiosum</i>
		Corophiidae	<i>Corophium acherusicum</i>
		Corophiidae	<i>Corophium</i> spp.
		Gammaridae	<i>Gammarus aequicauda</i>
		Gammaridae	<i>Gammarus</i> spp. (juveniles)
		Gammaridae	<i>Gammarus</i> cfr. <i>insensibilis</i>
		Gammaridae	<i>Gammarus</i> sp.
		Gammaridae	Gammaridae ind.
		Caprellidae	<i>Caprella liparotensis</i>
		Tanaidae	<i>Tanais dulongii</i>
		Nebaliidae	<i>Nebalia</i> sp.
		Bodotridae	<i>Iphinoe</i> cfr. <i>serrata</i>
		Mysidae	<i>Mesopodopsis slabberi</i>
-	Decapoda ind.		
Insecta	Grapsidae	<i>Brachynotus gemmellari</i>	
	Portunidae	<i>Carcinus mediterraneus</i>	
	Chironomidae	<i>Chironomus salinarius</i>	
	-	Diptera ind.	
Echinodermata	Ophiuroidea	Amphiuridae	<i>Amphipholis</i> sp.

7.5 Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla distribuzione dei singoli taxa

La distribuzione delle specie più abbondanti che compongono i popolamenti di macroinvertebrati bentonici della laguna Pialassa Baiona è stata analizzata in relazione ai due principali gradienti ecologici presenti, quello naturale legato agli scambi con il mare e agli apporti di acque dolci dall'entroterra, e quello di disturbo antropico che contrappone la parte settentrionale poco urbanizzata con la parte meridionale dove sono presenti il porto ed il polo chimico-industriale di Ravenna (Fig. 35).

Il disegno sperimentale adottato analizza quindi gli effetti del possibile gradiente d'impatto antropico e dei gradienti naturali terra-mare. Questi elementi sono formalizzati nella definizione dei fattori "distanza dalla sorgente di impatto antropico" (D_i), per il quale vengono presi in considerazione due livelli (vicino e lontano), e "distanza dal mare" (D_m), con due livelli (vicino e lontano). Questi due fattori sono ortogonali tra loro non solo concettualmente ma, data la morfologia della laguna, anche geograficamente. Come già indicato, l'interazione di questi due fattori individua quattro aree costituite da tratti di canale che definiscono le possibili combinazioni tra vicino o lontano dalla zona industriale e vicino o lontano dal mare. Sono state così individuate zone della laguna maggiormente esposte al disturbo antropico, rappresentate dalle aree di campionamento 1 e 2, rispetto alle aree 3 e 4 collocate più a nord, mentre il gradiente naturale terra-mare viene analizzato confrontando le comunità delle aree 2 e 3, prossime al mare, con quelle delle aree 1 e 4 più interne alla laguna. I due fattori, vicinanza al mare e alle fonti di disturbo, potrebbero influenzarsi vicendevolmente determinando un differenziamento dei popolamenti più complesso dovuto all'interazione fra i due gradienti.

L'analisi è stata condotta includendo nell'indagine la grande variabilità naturale a piccola scala spaziale che caratterizza tutti gli ambienti marini costieri di transizione come lagune ed estuari. A questo scopo all'interno di ciascuna area sono stati individuati 3 siti distanti tra loro alcune decine di metri e sono state prelevati 3 campioni replica per sito (Sorgente di variazione indicata da $Si(D_i \times D_m)$).

Applicando questo disegno sperimentale, eventuali alterazioni di abbondanza delle specie, dei valori degli indici di diversità o dei popolamenti nel loro complesso, riconducibili alla presenza dello scarico termico della centrale Enel, localizzato in prossimità dell'area 2, verrebbero evidenziate dalla significatività dell'interazione tra i due gradienti ($D_i \times D_m$) e dalla evidenza grafica di una alterazione dei pattern di abbondanza in corrispondenza dell'area 2.

In questo modo diventa possibile discriminare un eventuale differenziamento dell'area 2, dove è collocato lo scarico termico della centrale Enel, rispetto all'area 1, quindi a parità di distanza dalle sorgenti di impatto antropico, oppure rispetto all'area 3, cioè a parità di distanza dal mare. L'assenza di un'interazione significativa tra i due gradienti indica l'assenza di un'alterazione dei popolamenti bentonici attribuibile in modo specifico alla presenza dello scarico termico della centrale Enel.

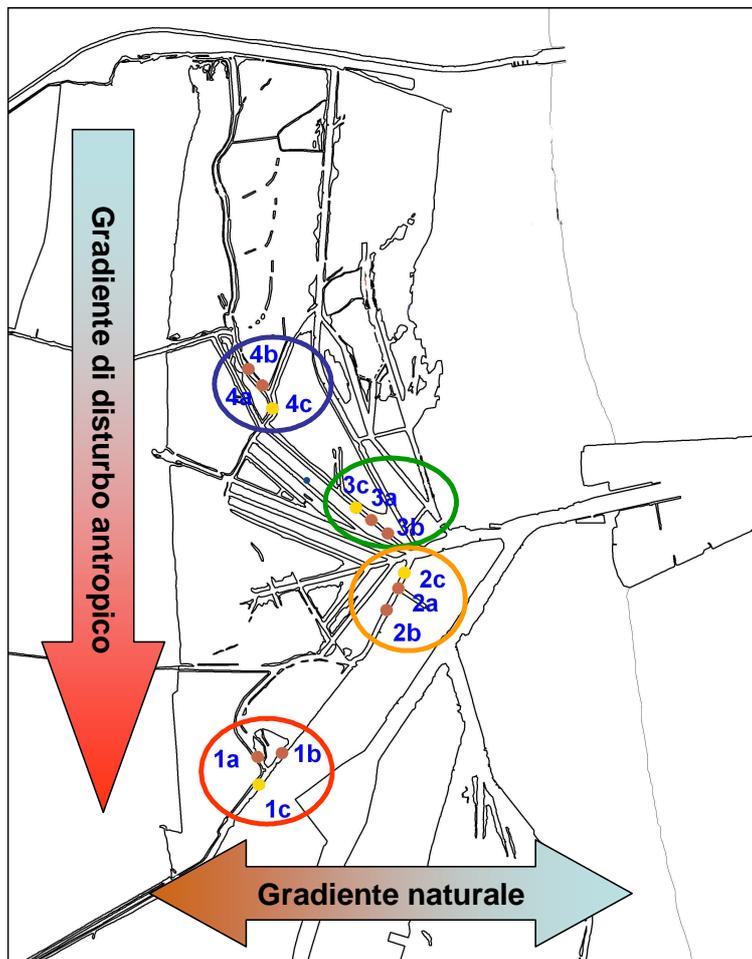


Fig. 35 - Localizzazione delle aree e dei siti di campionamento in relazione ai due principali gradienti ambientali che caratterizzano la Pialassa Baiona.

***Corophium insidiosum* Crawford, 1937**

Corophium insidiosum è un piccolo anfipode tipico delle lagune salmastre (Kevrekidis, 2004) e con una buona tolleranza all'arricchimento in sostanza organica dei sedimenti (Pearson e Rosenberg, 1978). Come la maggior parte degli anfipodi è una specie sensibile a diversi fattori di disturbo di origine antropica e per questo viene utilizzato come specie indicatrice in saggi ecotossicologici (Prato *et al.*, 2006; Guerra *et al.*, 2007; Prato *et al.*, 2008; Guerra *et al.*, 2009; Ponti *et al.*, 2009b).



La sua distribuzione nella laguna Pialassa Baiona è stata messa in relazione con l'idrodinamismo e il ricambio di acque marine (Ponti *et al.*, 2010), inoltre la sua abbondanza risulta essere influenzata dai fenomeni di anossia estivi (Ponti e Abbiati, 2004).

I risultati del presente studio evidenziano l'elevata eterogeneità nella distribuzione di questa specie a piccola scala spaziale, cioè con differenze significative di abbondanza tra i siti della medesima area, ed un aumento di abbondanza in relazione alla distanza dal mare, sottoposte ad un minor ricambio di acque marine (Fig. 36; Tabella 12).

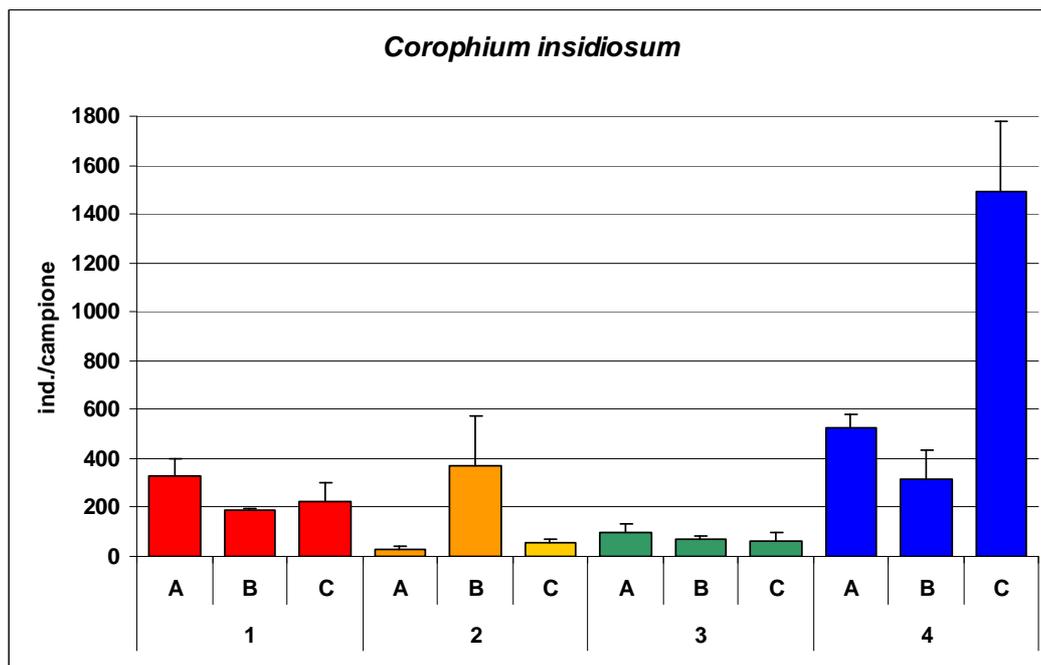


Fig. 36 - Abbondanza media (ind./campiono + e.s.) di *Corophium insidiosum* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 12 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto. Di – Disturbo antropico; Dm - Distanza dal mare; Di x Dm - interazione fra i due gradienti; Si (Di x Dm) – Siti definiti nell'interazione fra i due gradienti.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	4.74E+05	4.74E+05	1.4617	0.2757	8796
Dm	1	1.42E+06	1.42E+06	4.3767	0.0481	8856
DixDm	1	8.14E+05	8.14E+05	2.5094	0.1507	8887
Si(DixDm)	8	2.60E+06	3.24E+05	8.3662	0.0012	9946
Res	24	9.31E+05	38782			
Total	35	6.24E+06				

Tubificidae

Gli anellidi oligocheti della famiglia Tubificidae sono una componente abituale e caratteristica dei sedimenti delle acque lagunari costiere ricche di sostanza organica (Rossi e Underwood, 2002).

La loro presenza nella laguna Pialassa Baiona, risulta praticamente ubiquitaria ma con un'elevata eterogeneità a piccola scala spaziale (Ponti *et al.*, 2010). I risultati del presente studio evidenziano l'eterogeneità di abbondanza di questi organismi a piccola scala spaziale, cioè differenze significative tra i siti della medesima area (Fig. 37). La loro distribuzione non può essere messa in relazione né con la distanza dalle sorgenti di impatto antropico, né con la distanza dal mare (Tabella 13).



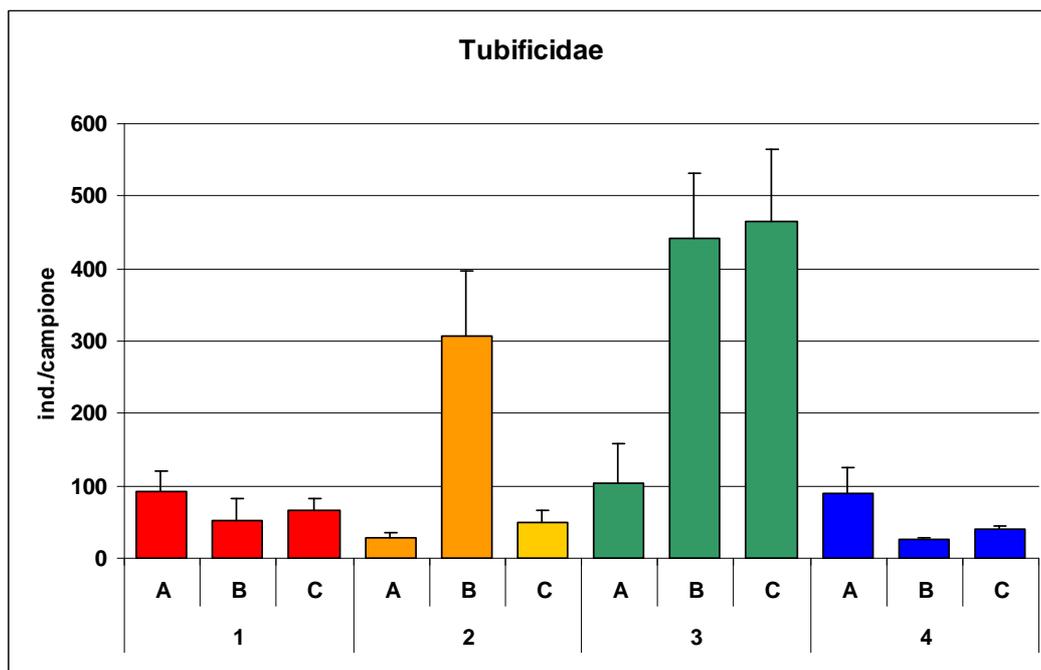


Fig. 37 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di oligocheti tubificidi nei diversi siti di campionamento.

Tabella 13 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	81225	81225	1.629	0.2298	8854
Dm	1	2.67E+05	2.67E+05	5.3536	0.0603	8832
DixDm	1	1.15E+05	1.15E+05	2.3138	0.1568	8781
Si(DixDm)	8	3.99E+05	49863	6.0751	0.0003	9952
Res	24	1.97E+05	8207.7			
Total	35	1.06E+06				

Capitella capitata (Fabricius, 1780)

Il polichete *Capitella capitata* è una specie eurialina (Pechenik *et al.*, 2000) tollerante all'arricchimento organico dei sedimenti e alle condizioni distrofiche, per questo ampiamente distribuita in diversi ambienti marini costieri (Mendez *et al.*, 1997; Gamenick *et al.*, 1998; Linton e Taghon, 2000; Ponti e Abbiati, 2004). Nonostante la sua elevata tolleranza allo stress ambientale, i risultati del presente studio indicano una risposta negativa alla presenza di sorgenti di disturbo antropico, infatti, *C. capitata* risulta significativamente più abbondante nelle aree 3 e 4 rispetto alle aree 1 e 2 (Fig.38). L'assenza di differenze significative tra l'area 1 e 2 indica che la sua distribuzione non è influenzata specificamente dalla presenza dello scarico termico della centrale Enel (Tabella 14).

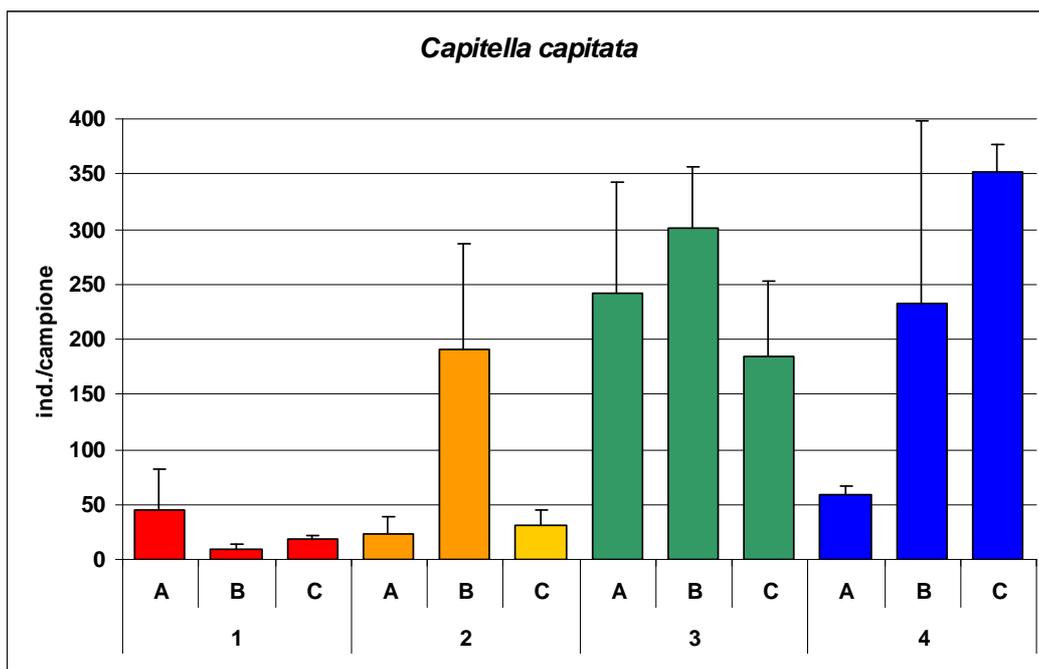


Fig. 38 - Abbondanza media (ind./campionone + e.s.) di *Capitella capitata* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 14 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	2.76E+05	2.76E+05	10.719	0.0139	8706
Dm	1	1.60E+04	1.60E+04	0.62241	0.4925	8728
DixDm	1	1.94E+03	1.94E+03	7.51E-02	0.8029	8824
Si(DixDm)	8	2.06E+05	25778	1.8004	0.1211	9945
Res	24	3.44E+05	14318			
Total	35	8.44E+05				

Hydrobia ventrosa (Montagu, 1803)

Il genere *Hydrobia* comprende specie ad elevata eurialità, tipiche delle lagune salmastre, ed *H. ventrosa* risulta essere la specie più diffusa in Mediterraneo (Torelli, 1982). Questa specie ha un reclutamento pressoché continuo, quindi la sua abbondanza può variare durante tutto l'anno (Drake e Arias, 1995b). Nella Pialassa Baiona questa specie mostra un'abbondanza maggiore nelle zone a ridotta profondità dei chiari, rispetto ai canali (Ponti *et al.*, 2010). Il presente studio, condotto unicamente nei canali, evidenzia l'elevata eterogeneità a piccola scala spaziale ed una maggiore abbondanza della specie nelle zone più interne della laguna, cioè distanti dal mare e meno profonde (Fig. 39).



Questa distribuzione non è riconducibile alla presenza di sorgenti di disturbo antropico (Tabella 15).

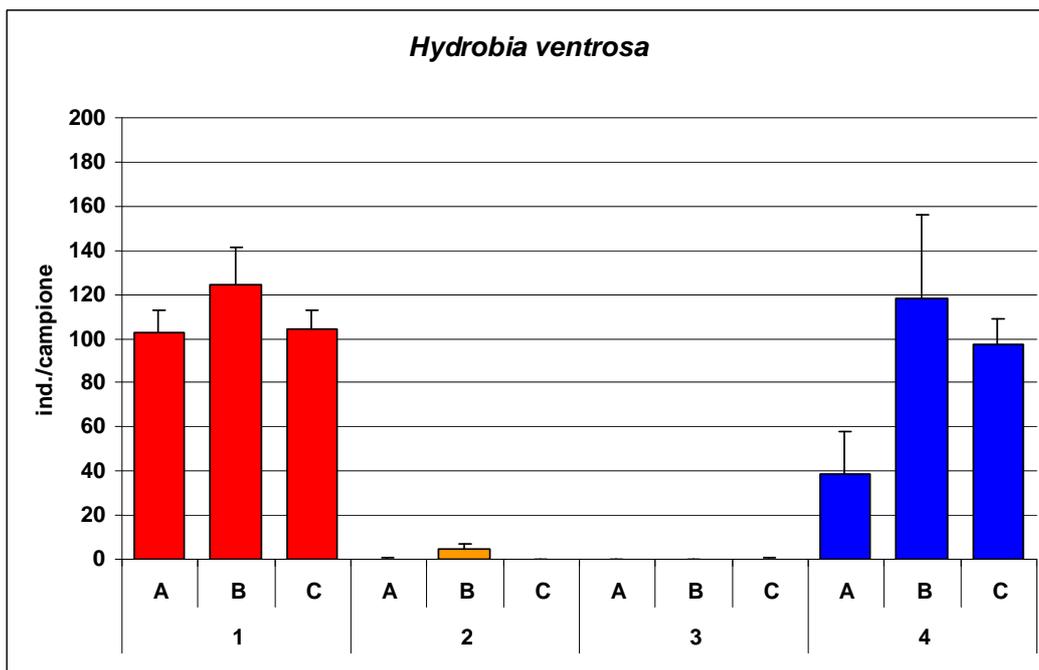


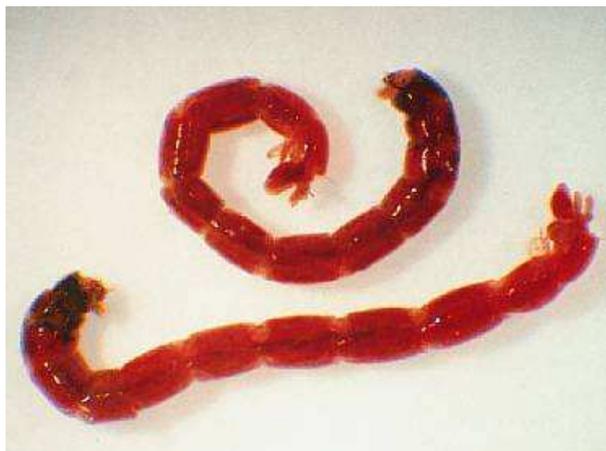
Fig. 39 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Hydrobia ventrosa* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 15 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	1.67E+03	1.67E+03	1.2018	0.3354	7981
Dm	1	8.42E+04	8.42E+04	60.69	0.0023	7558
DixDm	1	1.31E+03	1.31E+03	9.43E-01	0.4122	7875
Si(DixDm)	8	1.11E+04	1387.3	2.2687	0.0260	9930
Res	24	1.47E+04	611.5			
Total	35	1.13E+05				

***Chironomus salinarius* Kieffer, 1915**

Le larve del dittero *Chironomus salinarius* sono comuni nelle lagune salmastre costiere (Arias e Drake, 1994). Il ciclo riproduttivo di questo insetto, infatti, prevede una fase acquatica di durata variabile seconda delle condizioni climatiche. Nel periodo estivo possono verificarsi 5-7 cicli vitali completi (Drake e Arias, 1995a; Ponti *et al.*, 2007). La presenza di emoglobina oltre a conferire la tipica colorazione rossa, consente a queste larve di sopravvivere anche in condizioni di scarsa ossigenazione dei fondali (Rossaro, 1982).



I risultati del presente studio evidenziano l'elevata eterogeneità a piccola e media scala spaziale (Fig.40), già nota in questo habitat (Ponti *et al.*, 2010). L'interazione significativa tra distanza dal mare e distanza dalle sorgenti di impatto antropico (Tabella 16) indica che la risposta della specie non è coerente lungo i due gradienti analizzati. Dall'analisi grafica si potrebbe ritenere che l'interazione significativa sia dovuta all'abbondanza della specie nell'area 4 rispetto all'area 1, ma questa ipotesi non è confermata dal test a posteriori (*pairwise test*). Data l'ampia tolleranza di queste larve e l'effimerità dovuta al ciclo biologico questa specie è normalmente esclusa nella valutazione della qualità ambientale di acque costiere (Borja e Muxika, 2005).

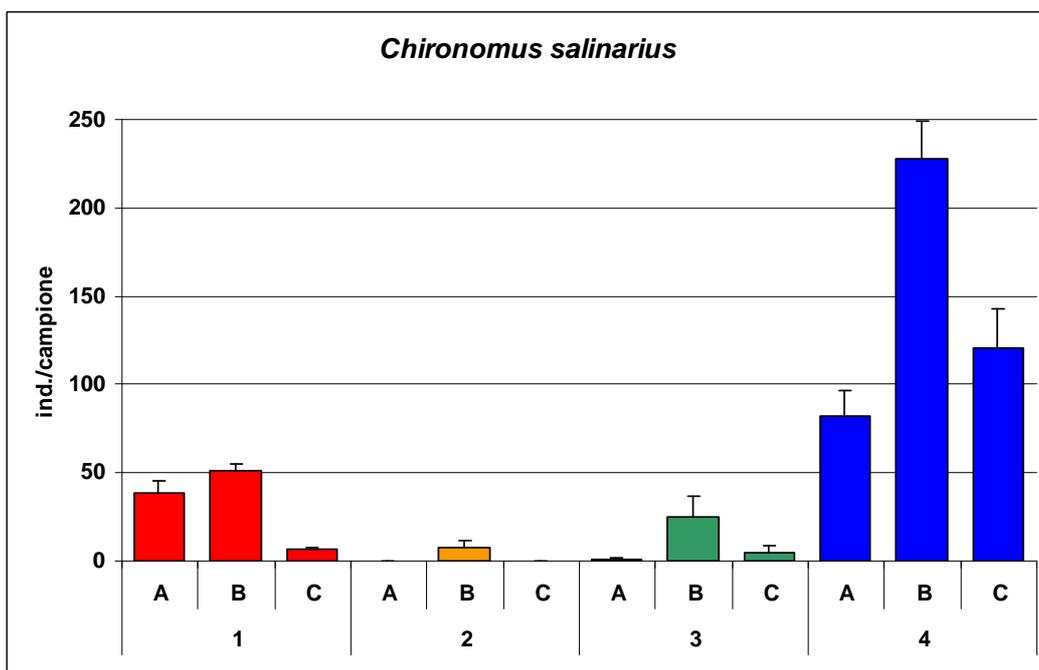


Fig. 40 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Chironomus salinarius* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 16 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	3.17E+04	3.17E+04	6.6675	0.0203	8086
Dm	1	5.95E+04	5.95E+04	12.488	0.0070	8145
DixDm	1	2.42E+04	2.42E+04	5.08E+00	0.0347	8048
Si(DixDm)	8	3.81E+04	4760.9	13.012	0.0001	9936
Res	24	8.78E+03	365.89			
Total	35	1.62E+05				

***Streblospio shrubsolii* (Buchanan, 1890)**

Si tratta di un polichete della famiglia degli spionidi, comuni ed abbondanti negli ambienti lagunari del Mediterraneo (Sardá e Martin, 1993; Lardicci *et al.*, 1997). I risultati del presente studio sottolineano l'elevata eterogeneità a piccola e media scala spaziale (Fig. 41), già osservata in questa laguna (Ponti *et al.*, 2010). Anche in questo caso, la distribuzione della specie non è riconducibile al gradiente naturale terra-mare o all'effetto delle sorgenti di disturbo antropico (Tabella 17).

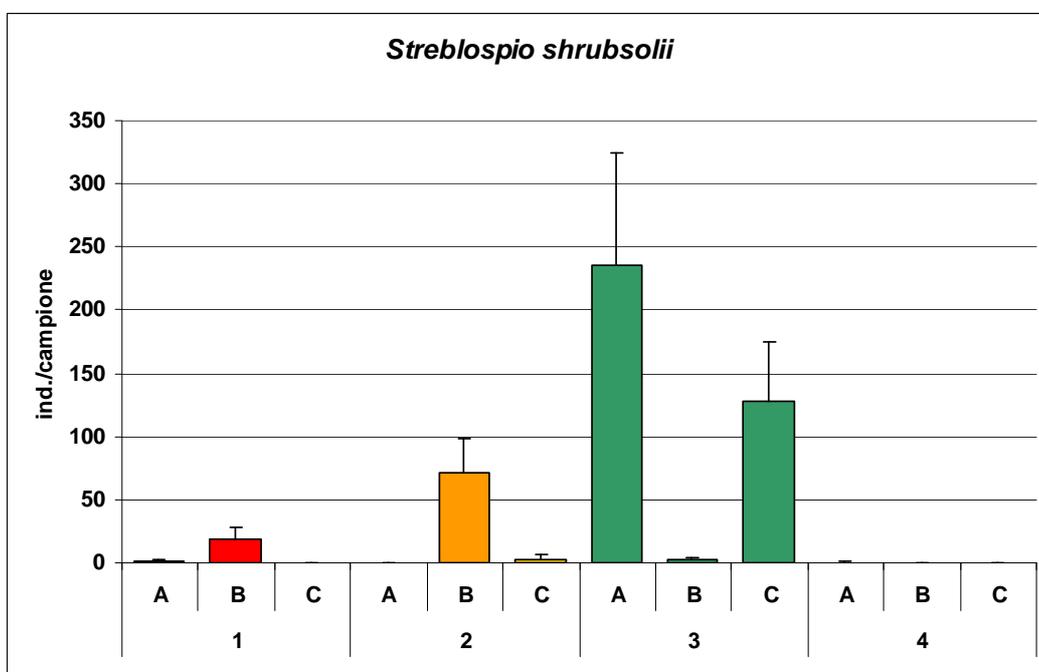


Fig. 41 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Streblospio shrubsolii* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 17 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	1.86E+04	1.86E+04	1.6249	0.2660	8078
Dm	1	4.46E+04	4.46E+04	3.8888	0.0909	8187
DixDm	1	2.43E+04	2.43E+04	2.12E+00	0.1907	8060
Si(DixDm)	8	9.17E+04	11467	4.2154	0.0004	9940
Res	24	6.53E+04	2720.2			
Total	35	2.45E+05				

Microdeutopus gryllotalpa (A. Costa, 1853)

Anfipode comune negli ambienti lagunari mediterranei (Procaccini e Scipione, 1992) sensibile alle condizioni distrofiche estive (Ponti e Abbiati, 2004). Sebbene mostri generalmente una distribuzione di abbondanza eterogenea a piccola e media scala spaziale (Ponti *et al.*, 2010), i risultati del presente studio non indicano differenze significative tra i siti (Fig. 42). La mancanza di un effetto a piccola scala spaziale fra i siti all'interno delle singole aree (Si(DixDm) $P > 0.25$; Tabella 18) consente di eliminare dall'analisi i siti come sorgente di variabilità. In questo modo, è possibile utilizzare un modello semplificato per l'analisi dei dati. Da questa nuova analisi l'interazione tra i due gradienti principali risulta significativa (DixDm $P < 0.05$).



I test a posteriori rivelano come a parità di distanza dal mare non vi siano differenze fra l'area 2 e l'area 3, mentre la specie risulta significativamente meno abbondante nell'area 1 rispetto all'area 4. Risulta pertanto evidente l'effetto dovuto alle sorgenti di disturbo antropico che caratterizzano l'area 1.

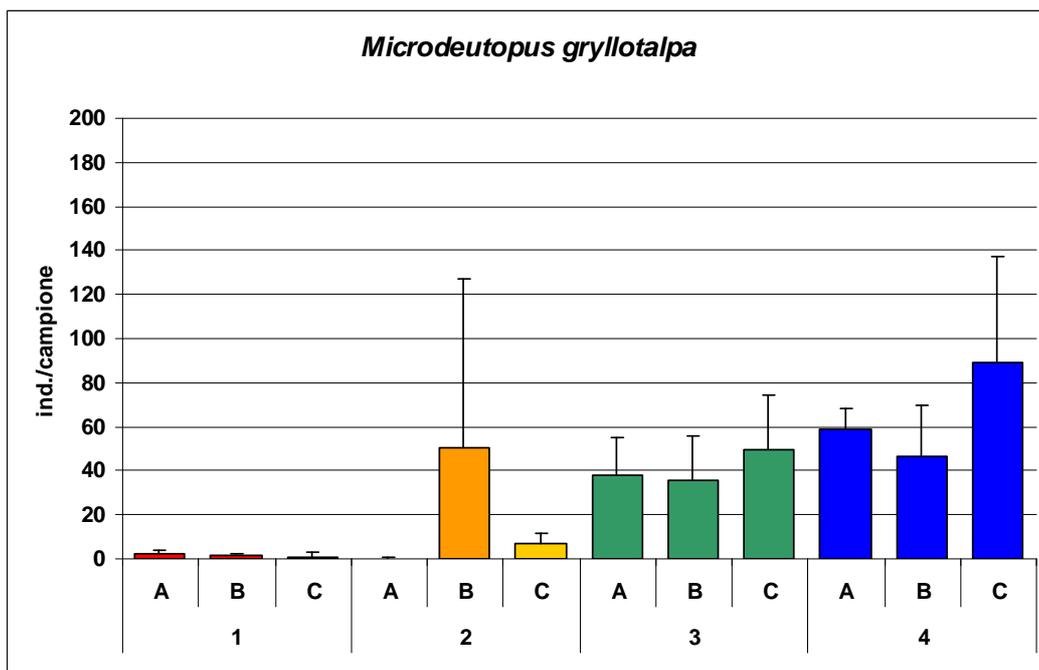


Fig. 42 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Microdeutopus gryllotalpa* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 18 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	1.65E+04	1.65E+04	17.151	0.0066	8694
Dm	1	7.80E+01	7.80E+01	8.10E-02	0.7853	8713
DixDm	1	3.82E+03	3.82E+03	3.97E+00	0.0770	8586
Si(DixDm)	8	7.70E+03	962.75	1.1398	0.3422	9941
Res	24	2.03E+04	844.67			
Total	35	4.84E+04				

***Polydora ciliata* (Johnston, 1838)**

Polichete della famiglia degli spionidi presente in molti ambienti marini costieri di diversa natura e ben adattato alle condizioni lagunari ed estuarine. Anche per questa specie i risultati del presente studio evidenziano l'elevata eterogeneità a piccola e media scala spaziale (Fig. 43), già osservata in questa laguna (Ponti *et al.*, 2010). Le analisi non evidenziano nessun effetto sull'abbondanza attribuibile al gradiente mare-terra o al gradiente di disturbo antropico presente nella laguna (Tabella 19).

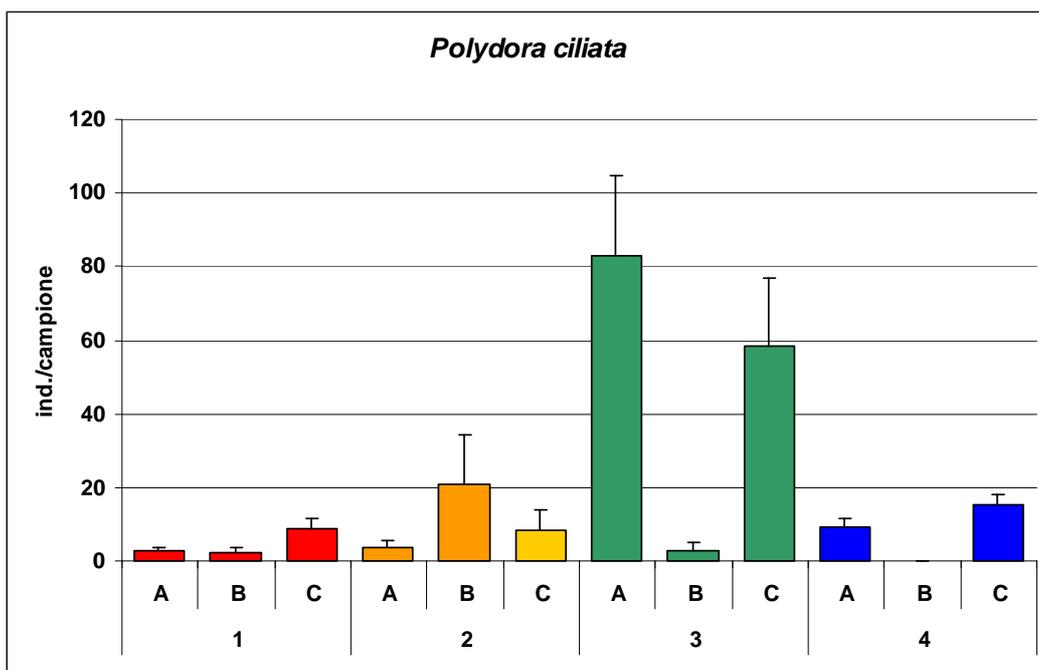


Fig. 43 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Polydora ciliata* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 19 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	3.74E+03	3.74E+03	2.7269	0.1428	8796
Dm	1	4.78E+03	4.78E+03	3.49E+00	0.0916	8805
DixDm	1	2.55E+03	2.55E+03	1.86E+00	0.2155	8778
Si(DixDm)	8	1.10E+04	1372	5.1617	0.0005	9934
Res	24	6.38E+03	265.81			
Total	35	2.84E+04				

Ruditapes philippinarum (Adams & Reeve, 1850)

La vongola filippina è una specie di interesse commerciale e soggetta a raccolta professionale all'interno della laguna Pialassa Baiona. Negli ultimi anni il suo stock si è fortemente ridotto rendendone lo sfruttamento non redditizio o comunque marginale nell'economia dei pescatori locali (Ponti *et al.*, 2003; Ponti *et al.*, 2009a). La sua distribuzione a piccoli banchi è evidenziata dall'eterogeneità a piccola scala spaziale (differenze tra siti all'interno delle aree; Fig. 44).



In generale questa specie sembra risentire negativamente delle diverse sorgenti di disturbo antropico presenti nell'area meridionale della laguna, ma anche in questo caso non è possibile mettere in relazione la sua distribuzione di abbondanza con la specifica presenza dello scarico termico della centrale Enel in corrispondenza dell'area 2 (Tabella 20).

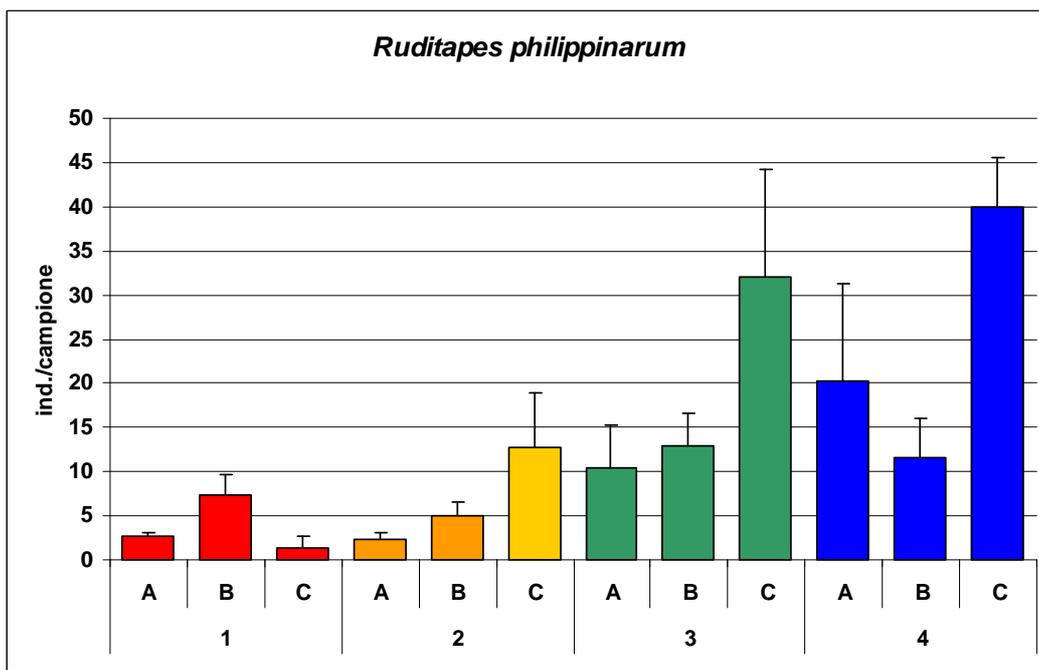


Fig. 44 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Ruditapes philippinarum* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 20 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	2.30E+03	2.30E+03	7.8957	0.0197	8536
Dm	1	1.60E+01	1.60E+01	5.48E-02	0.8114	8508
DixDm	1	1.60E+02	1.60E+02	5.50E-01	0.4780	7472
Si(DixDm)	8	2.33E+03	291.81	2.9068	0.0197	9940
Res	24	2.41E+03	100.39			
Total	35	7.22E+03				

7.6 Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla diversità in specie

7.6.1 Ricchezza specifica

La ricchezza specifica media dei (*S*) popolamenti di invertebrati bentonici per sito di studio (Fig.45) varia da un minimo di $13,7 \pm 6,4$ ad un massimo di $32,3 \pm 4,5$ specie/campione (\pm e.s.); è interessante sottolineare come entrambi questi valori estremi siano stati rilevati nella stessa area. Questo valore varia significativamente tra i siti all'interno delle aree considerate, ma non in relazione con la distanza dal mare o dalle sorgenti di impatto antropico e quindi non può essere messo in relazione alla presenza dello scarico termico della centrale Enel presenti in area 2 (Tabella 21).

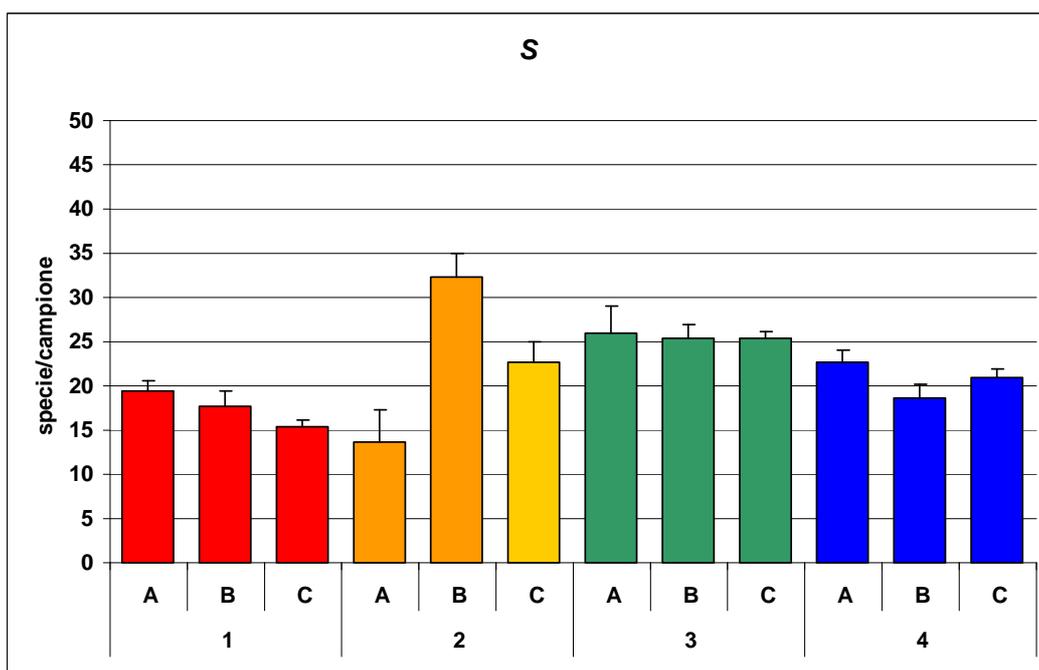


Fig. 45 - Ricchezza specifica media (numero di specie/campione + e.s.) nei diversi siti di campionamento.

Tabella 21 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 21).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	8.10E+01	8.10E+01	1.1324	0.3566	6898
Dm	1	2.35E+02	2.35E+02	3.29E+00	0.0897	1956
DixDm	1	1.00E+00	1.00E+00	1.40E-02	0.8560	6703
Si(DixDm)	8	5.72E+02	71.528	5.7865	0.0002	9938
Res	24	2.97E+02	12.361			
Total	35	1.19E+03				

7.6.2 Equidistribuzione

L'equidistribuzione media dei popolamenti bentonici, calcolata mediante l'indice di Pielou (J), non varia tra i siti all'interno delle aree, ma sembra comunque essere condizionata sia dalla distanza dal mare sia dalla distanza dalle diverse sorgenti di disturbo. In generale, infatti, si osserva una maggiore equidistribuzione nelle aree prossime al mare, rispetto a quelle più interne della laguna, e a parità di distanza dal mare si riscontra una maggiore equidistribuzione nella zona meridionale, prossima alle diverse sorgenti di disturbo antropico (Fig. 46). L'assenza di un'interazione significativa fra i due fattori principali dell'analisi porta ad escludere un possibile effetto della presenza dello scarico termico della centrale Enel nell'area 2 nel condizionare l'equidistribuzione dei popolamenti (Tabella 22).

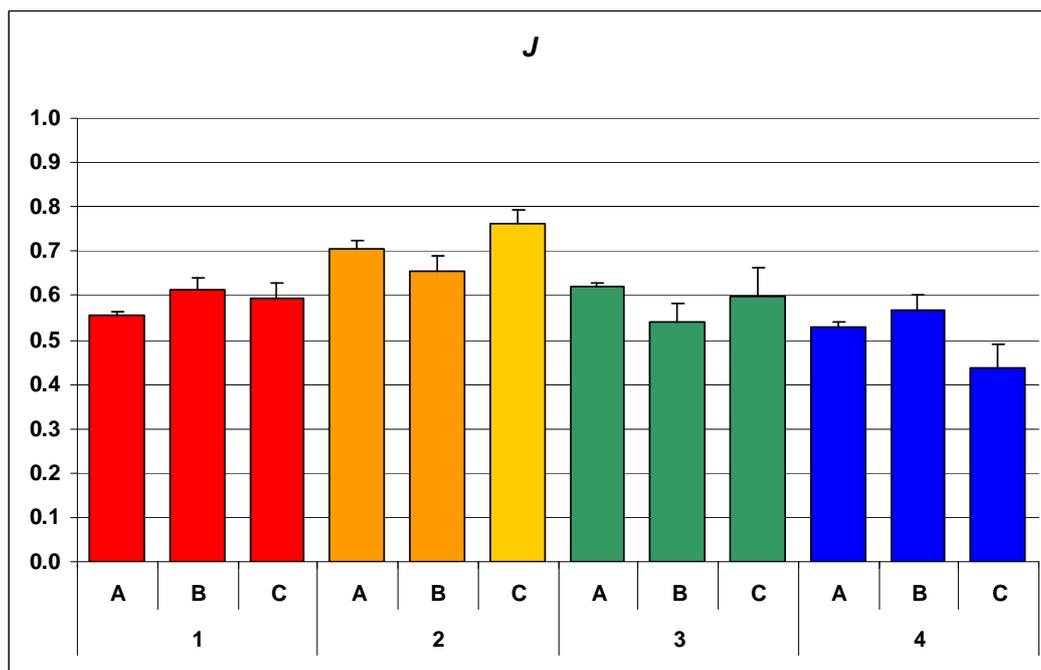


Fig. 46 - Equidistribuzione media (+ e.s.) nei diversi siti di campionamento.

Tabella 22 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	8.66E-02	8.66E-02	11.892	0.0096	8823
Dm	1	8.62E-02	8.62E-02	1.18E+01	0.0107	8834
DixDm	1	4.96E-03	4.96E-03	6.81E-01	0.4347	8734
Si(DixDm)	8	5.83E-02	7.28E-03	2.0359	0.0838	9943
Res	24	8.58E-02	3.58E-03			
Total	35	3.22E-01				

7.6.3 Diversità specifica

La diversità specifica complessiva dei popolamenti bentonici, espressa mediante l'indice di Shannon (H'), nei diversi siti indagati assume valori medi compresi tra $1,92 \pm 0,34$ e $3,4 \pm 0,15$ (Fig. 47). L'analisi dei dati indica una significativa eterogeneità tra siti all'interno delle aree e un effetto della distanza dal mare, con valori di diversità mediamente maggiori nelle aree prossime al mare (Tabella 23). Questo risultato è in accordo sia con gli studi precedenti condotti in questa laguna (Ponti *et al.*, 2010) sia con gli andamenti generali che si osservano negli ambienti costieri di transizione (e.g. Lardicci *et al.*, 1993; Barnes, 1994; Attrill, 2002; Attrill e Rundle, 2002; Rossi *et al.*, 2006).

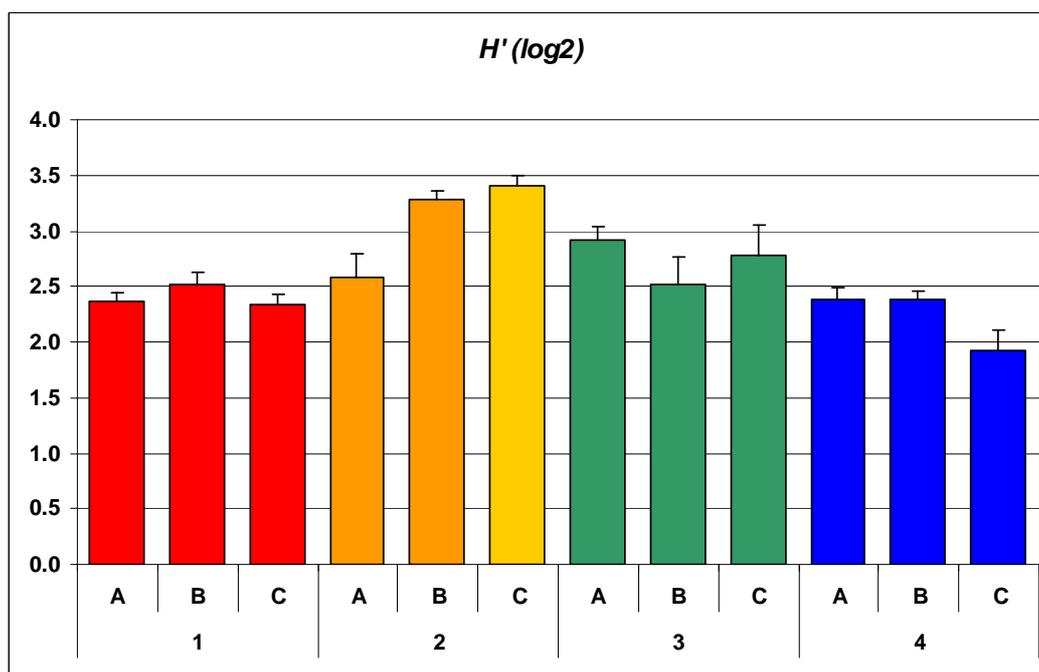


Fig. 47 - Diversità specifica media (ind./campione + e.s.) nei diversi siti di campionamento.

Tabella 23 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	6.36E-01	6.36E-01	2.6621	0.1440	8803
Dm	1	3.20E+00	3.20E+00	1.34E+01	0.0135	8847
DixDm	1	6.94E-02	6.94E-02	2.91E-01	0.5935	8832
Si(DixDm)	8	1.91E+00	2.39E-01	3.3131	0.0120	9951
Res	24	1.73E+00	7.21E-02			
Total	35	7.55E+00				

7.7 Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla struttura di comunità

L'analisi della struttura delle comunità permette di valutare se i fattori inclusi nell'analisi, oltre ad influenzare le singole specie o gli indici sintetici come esposto in precedenza, sono causa di alterazioni della composizione quali-quantitativa del popolamento plurispecifico considerato nel suo insieme.

Questa analisi si basa sulla similarità nella composizione dei popolamenti bentonici tra tutte le possibili coppie di campioni, calcolata mediante l'indice di Bray-Curtis (dati trasformati con radice quadrata per ridurre il peso delle specie dominanti; Clarke, 1993).

Le similarità tra le diverse coppie di campioni possono essere visualizzate in termini di distanze tra i punti campione in un grafico di ordinamento bidimensionale (PCO).

Un quadro della similarità reciproca tra i popolamenti rinvenuti in tutti i campioni di ciascun sito nell'ambito delle diverse aree analizzate è riportato graficamente in Fig. 48. Il grafico di ordinamento bidimensionale, spiegando circa il 60% della variabilità complessiva del sistema (Somma della variazione spiegata da Asse PCO1+Asse PCO2 in Fig. 48), permette di evidenziare un chiaro differenziamento dei popolamenti presenti nelle quattro diverse aree rappresentate nel grafico da punti di colore e simbolo diverso.

Tale differenziamento rispecchia chiaramente l'influenza del gradiente naturale, rappresentato dalla distanza dal mare (differenziamento orizzontale nel grafico), e del gradiente di impatto antropico, cioè la vicinanza alle differenti sorgenti di disturbo antropico localizzate lungo tutto il lato meridionale della laguna (differenziamento verticale nel grafico).

L'analisi di struttura di comunità conferma l'elevata variabilità dei popolamenti a piccola scala spaziale, così come un significativo effetto nel differenziamento dei popolamenti dovuto principalmente al gradiente terra-mare e, in misura minore, al gradiente di disturbo antropico (Tabella 24). L'assenza di un'interazione significativa fra i due fattori principali dell'analisi porta ad escludere un differenziamento del popolamento presente nell'area 2 rispetto all'area 1.

Pertanto, rispetto all'alterazione complessiva determinata dalla presenza della zona industriale, non si osserva un effetto specifico che sia riconducibile alla presenza dello scarico termico della centrale Enel.

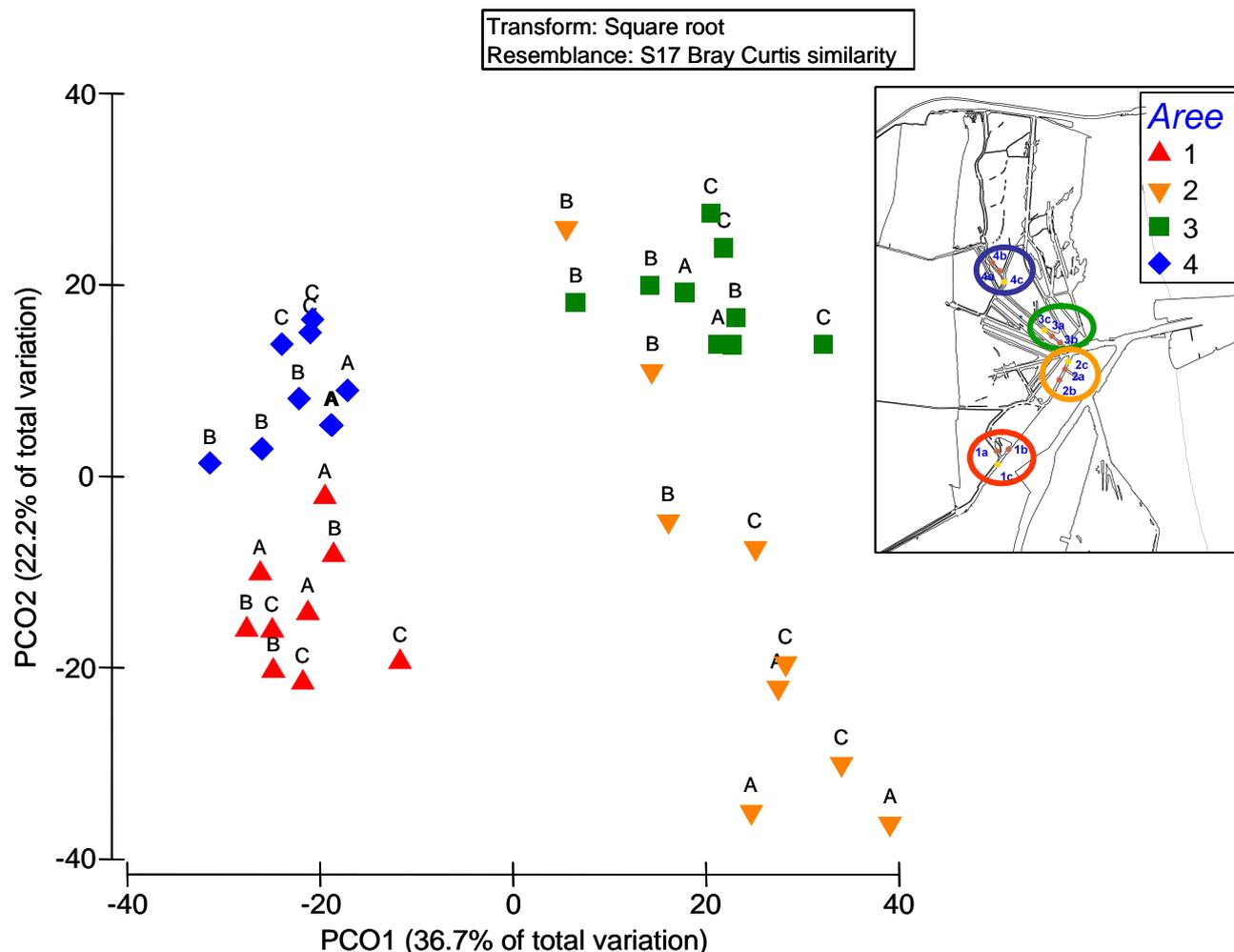


Fig. 48 - Grafico di ordinamento (PCO) rappresentante le similarità reciproche tra i popolamenti rinvenuti in tutti i campioni di ciascun sito (indicato dalle lettere) delle diverse aree di studio (indicate da simboli e colori).

Tabella 24 - Risultati dell'analisi della varianza multivariata (PERMANOVA), i risultati significativi ($p < 0.05$) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 12).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	7689.6	7689.6	4.5939	0.0120	8873
Dm	1	17731	17731	10.592	0.0019	8924
DixDm	1	2651.7	2651.7	1.5841	0.1411	8870
Si(DixDm)	8	13391	1673.9	3.8659	0.0001	9852
Res	24	10392	432.99			
Total	35	51855				

Il contributo dei diversi taxa al differenziamento dei popolamenti bentonici osservati è rappresentato graficamente in Fig. 49, dove al posto dei punti relativi a ciascun campione sono stati riportati i punti medi (centroidi) di ciascun sito all'interno delle diverse aree.

I vettori di correlazione indicano che l'abbondanza di molte specie aumenta in direzione del mare (verso destra) oppure andando verso la zona settentrionale della laguna (verso l'alto), ovvero allontanandosi dall'area 1.

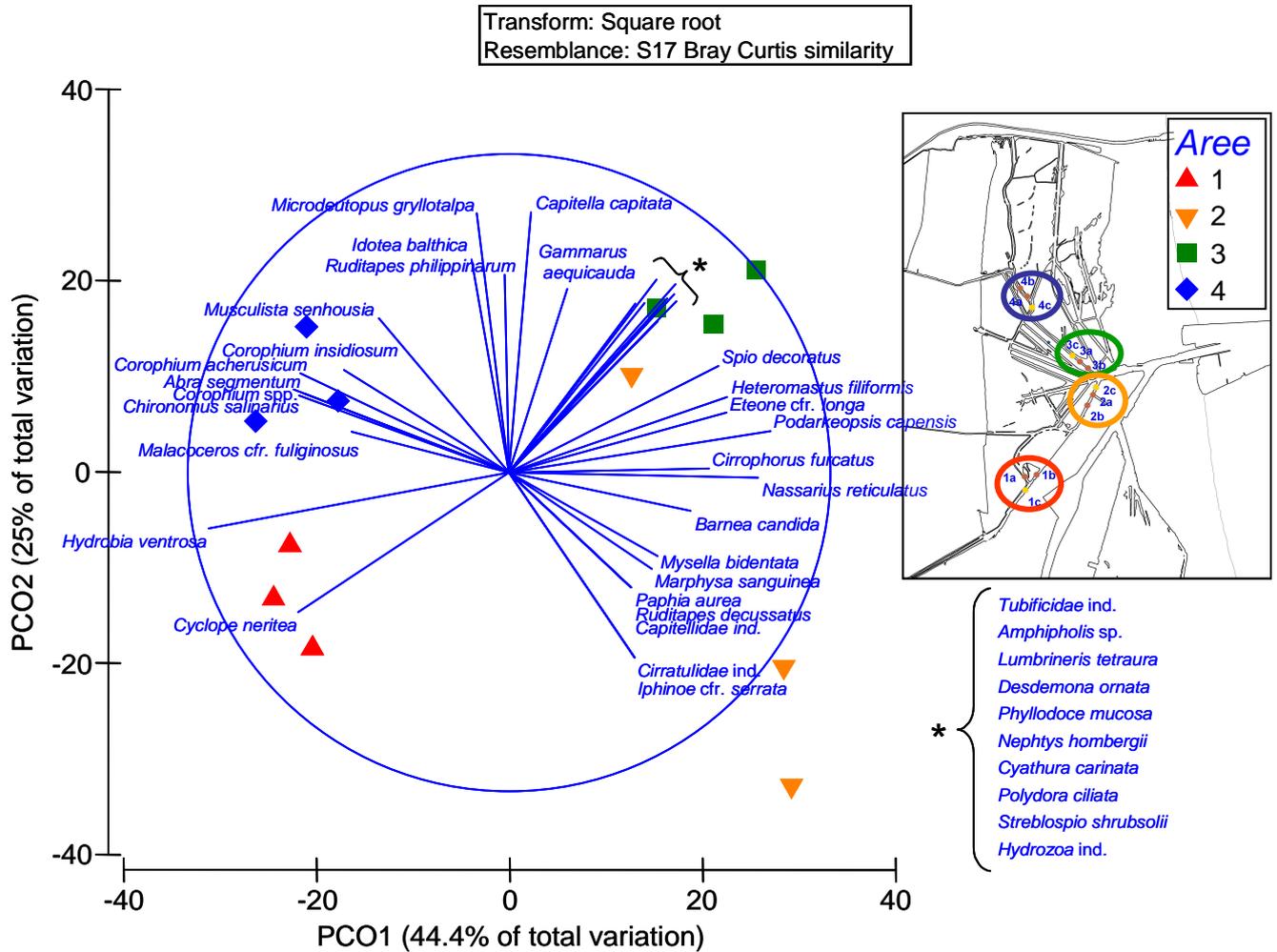


Fig. 49 - Vettori di abbondanza dei principali taxa in relazione al grafico di ordinamento (PCO) rappresentante le similarità reciproche tra i popolamenti bentonici rinvenuti in ciascun sito (centroidi dei campioni) delle diverse aree di studio (indicate da simboli e colori).

7.8 Correlazioni tra la struttura di comunità e le variabili chimico-fisiche

L'andamento delle variabili chimico-fisiche misurate nei sedimenti e nella colonna d'acqua rispetto alla struttura di comunità dei popolamenti bentonici è rappresentata graficamente in Fig. 50. La maggior parte degli inquinanti presenti nei sedimenti aumentano di concentrazione verso l'area 1, cioè nella zona più interna e meridionale della laguna dove, anche storicamente, sono state immesse le acque di scarico provenienti dall'area chimico-industriale di Ravenna. La temperatura dell'acqua aumenta in relazione al gradiente di disturbo antropico, rappresentato dalle aree 1 e 2. Si evidenzia come tutta la zona meridionale (aree 1 e 2) sia caratterizzata da valori più elevati di temperatura determinati dall'insieme degli scarichi termici provenienti dalle diverse attività produttive che insistono nella zona meridionale della laguna. È importante rilevare come non si evidenzia una specifica relazione fra il vettore relativo alla temperatura e la struttura delle comunità dell'area 2.

Le escursioni medie giornaliere di temperatura dell'acqua presentano valori maggiori verso le aree più interne della laguna (aree 1 e 4) meno influenzate dagli scambi col mare e caratterizzate da fondali meno profondi.

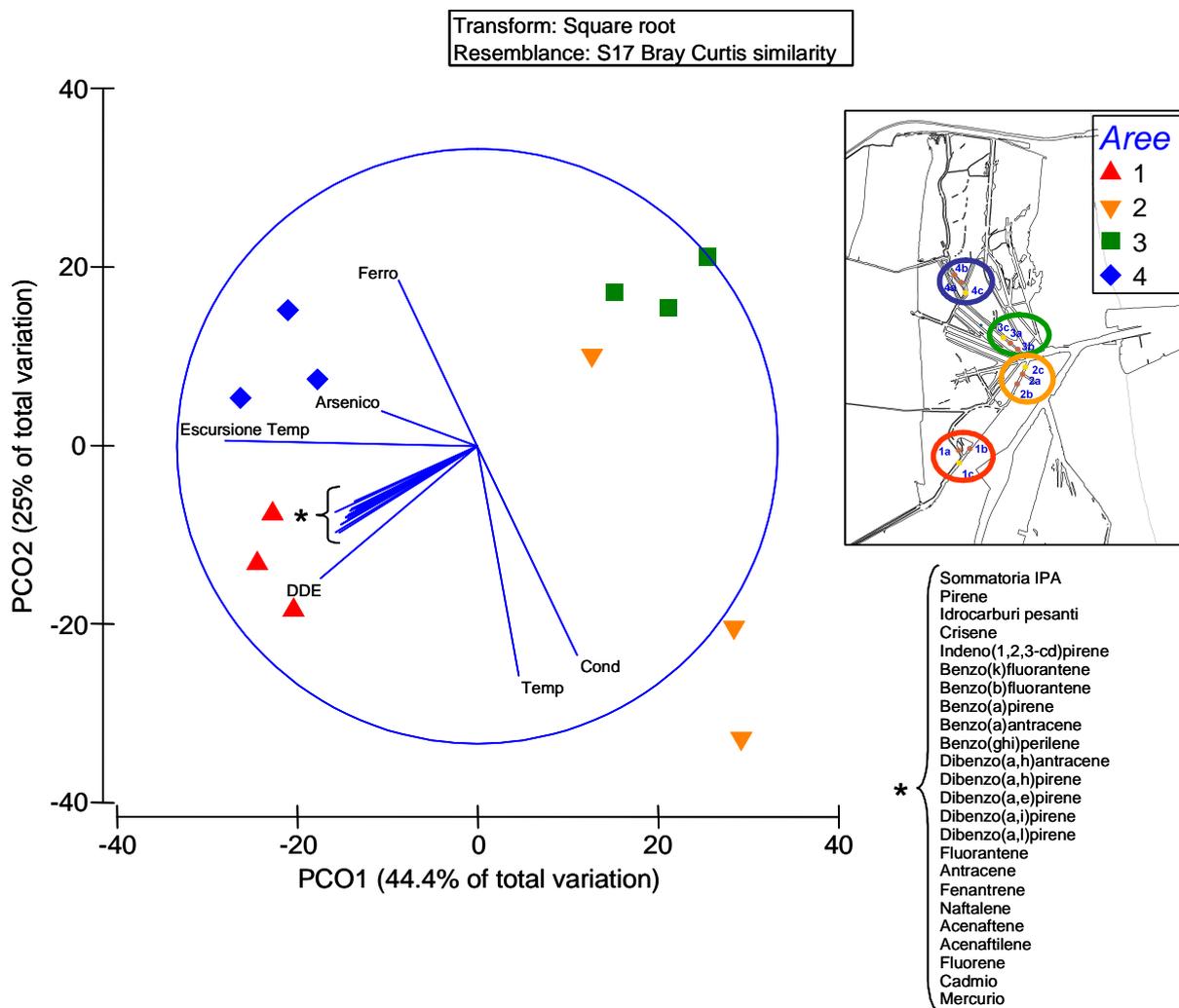


Fig. 50 - Vettori correlazione delle variabili chimico-fisiche rispetto al grafico di ordinamento (PCO) rappresentante le similarità reciproche tra i popolamenti bentonici rinvenuti in ciascun sito (centroidi dei campioni) delle diverse aree di studio (indicate da simboli e colori).

7.9 Considerazioni generali derivanti dall'analisi dei popolamenti bentonici

Le analisi della distribuzione delle specie più abbondanti che compongono i popolamenti di macroinvertebrati bentonici della laguna Pialassa Baiona e delle strutture di comunità nel loro insieme concorrono a delineare un quadro complessivo dello stato ecologico del sistema.

La distribuzione delle specie più abbondanti indica un'elevata variabilità a piccola scala spaziale così come un chiaro effetto del gradiente naturale terra-mare. Questo risultato è in accordo sia con gli studi precedenti condotti in questa laguna (Ponti *et al.*, 2010) sia con gli andamenti generali che si osservano negli ambienti costieri di transizione (e.g. Lardicci *et al.*, 1993; Barnes, 1994; Attrill, 2002; Attrill e Rundle, 2002; Rossi *et al.*, 2006). L'abbondanza di alcune specie risulta influenzata anche dal disturbo antropico che caratterizza la costa sud di questa laguna. Nonostante questo, non si rileva nessun andamento che possa essere specificamente messo in relazione con la presenza dello scarico termico della centrale Enel, localizzato nell'area 2 del presente disegno di campionamento.

Il differenziamento della composizione e struttura delle comunità bentoniche nel loro insieme, come emerge dalle analisi multivariate, risulta principalmente condizionato dal gradiente naturale terra-mare e, in misura minore, dal gradiente di disturbo antropico nord-sud. Anche in questo caso non si rilevano effetti che possano essere messi in relazione specificamente con la presenza dello scarico termico della centrale Enel.

L'analisi di correlazione tra gli andamenti di similarità dei popolamenti bentonici e le variabili chimico-fisiche e dei contaminanti, misurate nella colonna d'acqua e nei sedimenti, suggerisce che la struttura delle comunità è influenzata dalla presenza nei sedimenti di numerosi inquinanti che presentano concentrazioni maggiori in area 1 e che, come evidenziato da altri studi, hanno diversa origine ed età (Fabbri *et al.*, 1998; Guerra *et al.*, 2002; Trombini *et al.*, 2003).

Alla luce dei dati raccolti, risulta che i popolamenti di macroinvertebrati bentonici sono fortemente condizionati dal gradiente naturale terra-mare, evidenziabile dalle differenze riscontrate tra la zona interna (aree 1 e 4) e la zona vicina al mare (aree 2 e 3). La presenza delle diverse sorgenti di disturbo antropico lungo il margine meridionale della laguna, determina un gradiente di disturbo antropico nord-sud che, anche se in misura minore rispetto al gradiente terra-mare, influenza la composizione e struttura delle comunità di invertebrati macrobentonici così come la qualità ambientale della Pialassa Baiona. Infatti, la zona settentrionale del bacino (aree 3 e 4) è quella che meno risente delle perturbazioni di origine antropica. I popolamenti dell'area 3 sembrano essere influenzati principalmente dell'apporto vivificante (*sensu* Guélorget e Perthuisot, 1992) delle maree; mentre l'area 4 presenta un popolamento più tipico degli ambienti salmastri. La zona meridionale del bacino della Pialassa Baiona (aree 1 e 2) è quella che subisce maggiormente gli effetti dei numerosi reflui industriali che insistono sul canale Magni. In particolare l'area 1 (zona meridionale ed interna) è quella che più risente della storia del bacino, dell'accumulo di contaminanti nei sedimenti e della presenza di numerosi reflui provenienti dalla zona chimico-industriale. Dallo studio, nell'Area 2 (zona meridionale esterna) non emerge alcuna alterazione della struttura dei popolamenti, che avrebbe potuto rappresentare uno specifico effetto aggiuntivo di disturbo imputabile univocamente alla presenza dello scarico termico della centrale Enel.

8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Abbiati 2003. Problematiche ambientali delle lagune costiere. In. Bologna C.U.d., Ravenna C.d. (Eds.). La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 9-15.

Abbiati M., Mistri M., Bartoli M., Ceccherelli V.U., Colangelo M.A., Ferrari C.R., Giordani G., Munari C., Nizzoli D., Ponti M., Rossi R., Viaroli P., 2010. Tradeoff between conservation and exploitation of the transitional water ecosystems of the northern Adriatic Sea. *Chem Ecol* 26: 105-119

Anconelli M.T., Baldrati C., Vandini W. (1980). Studio composito sull'inquinamento da mercurio ed altri oligoelementi delle valli ravennati (Pialasse). *Acqua Aria* 10: 1323-1331.

Anderson M.J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.

Anderson M.J. (2003a). PCO: a FORTRAN computer program for principal coordinate analysis. Department of Statistics, University of Auckland, Auckland. Available at: www.stat.auckland.ac.nz/~mja/programs.htm.

Anderson M.J. (2003b). DISTLM forward: a FORTRAN computer program to calculate a distance-based multivariate analysis for a linear model using forward selection. Department of Statistics, University of Auckland, Auckland. Available at: www.stat.auckland.ac.nz/~mja/programs.htm.

Anderson M.J., ter Braak C.J.F. (2003). Permutation tests for multi-factorial analysis of variance. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 73(2): 85-113.

Arias A.M., Drake P. (1994). Structure and production of the benthic macroinvertebrate community in a shallow lagoon in the Bay of Cádiz. *Marine Ecology Progress Series* 115: 151-167.

Attrill M.J. (2002). A testable linear model for diversity trends in estuaries. *Journal of Animal Ecology* 71(2): 262-269.

Attrill M.J., Rundle S.D. (2002). Ecotone or ecocline: ecological boundaries in estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55(6): 929-936.

Ballardini D., Setti R., Minghetti A., Amadori A., Pezzi A. (1994). Indagine sui sedimenti. In. Soprani S., Ricci C. (Eds.). Analisi dello stato ambientale e sanitario nelle valli ravennati. La Pialassa Baiona. Azienda U.S.L., Dipartimento dei Servizi di Prevenzione, Ravenna: 325-354.

Barnes R.S.K. (1994). A critical appraisal of the application of Guélorget and Perthuisot's concepts of the paralic ecosystem and confinement to macrotidal Europe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 38(1): 41-48.

Basset, A.; Sabetta, L.; Fonnesu, A., Mouillot D., Do Chi T., Viaroli P., Giordani G., Reizopoulou S., Abbiati M., Carrada G.C. (2006). Typology in Mediterranean transitional waters: new challenges and perspectives *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16: 441-455.

Borja A., Muxika H. (2005). Guidelines for the use of AMBI (Aztí's Marine Biotic Index) in the assessment of the Benthic Ecological Quality. *Marine Pollution Bulletin* 50(7): 787-789.

CIRSA Università di Bologna, Comune di Ravenna, Eds. (2003). La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca, Imola (BO), Editrice La Mandragora.

Clarke K.R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.

Conlan K.E. (1994). Amphipod crustaceans and environmental disturbance - a Review. *Journal of Natural History* 28(3): 519-554.

Dauer D.M. (1993). Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure. *Marine Pollution Bulletin* 26(5): 249-257.

- Drake P., Arias A.M. (1995a). Distribution and production of *Chironomus salinarus* (Diptera: Chironomidae) in a shallow coastal lagoon in the Bay of Cádiz. *Hydrobiologia* 299: 195-206.
- Drake P., Arias A.M. (1995b). Distribution and production of three *Hydrobia* species (Gastropoda: Hydrobiidae) in a shallow coastal lagoon in the Bay of Cádiz, Spain. *Journal of Molluscan Studies* 61: 185-196.
- Fabbri D., Felisatti O., Lombardo M., Trombini C., Vassura I. (1998). The Lagoon of Ravenna (Italy): characterisation of mercury-contaminated sediments. *Science of the Total Environment* 213: 121-128.
- Fabbri D., Tartari D., Trombini C. (2000). Analysis of poly(vinyl chloride) and other polymers in sediments and suspended matter of a coastal lagoon by pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 413: 3-11.
- Fabbri D., Vassura I. (2003). Analisi delle fonti degli idrocarburi policiclici aromatici nei sedimenti. In: Bologna C.U.d., Ravenna C.d. (Eds.). *La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca*. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 187-198.
- Fabbri D., Vassura I., Sun C.-G., Snape C.E., McRae C., Fallick A.E. (2003). Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in a coastal lagoon by molecular and isotopic characterisation. *Marine Chemistry* 84(1-2): 123-135.
- Foschini F. (2002). Analisi di idrocarburi policiclici aromatici pirogenici in ambienti lagunari. Tesi di Laurea quinquennale in Scienze Ambientali a.a. 2000-2001, Università di Bologna.
- Gamenick I., Abbiati M., Giere O. (1998). Field distribution and sulphide tolerance of *Capitella capitata* (Annelida: Polychaeta) around shallow water hydrothermal vents off Milos (Aegean Sea). A new sibling species? *Marine Biology* 130(3): 447-453.
- Gray JS, Elliot M (2009). *Ecology of marine sediments*. New York, Oxford University Press.
- Green R.H., Ed. (1979). *Sampling design and statistical methods for environmental biologists*, Chichester, England, Wiley Interscience.
- Guélorget O., Perthuisot J.P. (1992). Paralitic ecosystem. Biological organisation and functioning. *Vie et Milieu* 42: 215-251.
- Guerra R., Pasteris A., Ponti M. (2009). Impacts of maintenance channel dredging in a northern Adriatic coastal lagoon. I: Effects on sediment properties, contamination and toxicity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 85: 134-142.
- Guerra R., Pasteris A., Ponti M., Fabbri D., Bruzzi L. (2007). Impact of dredging in a shallow coastal lagoon: Microtox (R) Basic Solid-Phase Test, trace metals and *Corophium* bioassay. *Environment International* 33(4): 469-473.
- Guerra R., Righi S., Bruzzi L. (2002). Accumulation of radionuclides and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from Pialassa Baiona (Italy). *Proceedings of the International Conference on Radioactivity in the Environment, Principality of Monaco, 1-5 September 2002*.
- Kevrekidis T. (2004). Population dynamics, growth and reproduction of *Corophium insidiosum* (Crustacea : Amphipoda) at low salinities in Monolimni lagoon (Evros Delta, North Aegean Sea). *Hydrobiologia* 522(1-3): 117-132.
- Krebs C.J., Ed. (1989). *Ecological methodology*, New York, Harper Collins Publisher.
- Lardicci C., Abbiati M., Crema R., Morri C., Bianchi C.N., Castelli A. (1993). The distribution of polychaetes along an environmental gradient, an example from the Orbetello lagoon, Italy. *Marine Ecology - Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli* 14: 35-52.
- Lardicci C., Ceccherelli G., Rossi F. (1997). *Streblospio shrubsolii* (Polychaeta: Spionidae): temporal fluctuations in size and reproductive activity. *Cahiers de Biologie Marine* 38: 207-214.
- Linton D.L., Taghon G.L. (2000). Feeding, growth, and fecundity of *Capitella* sp. I in relation to sediment organic concentration. *Marine Ecology Progress Series* 205: 229-240.

Martinelli L., Zanuttigh B., Lamberti A. (2003). Idrodinamica del sistema delle "Pialasse" ravennati. In: Bologna C.U.d., Ravenna C.d. (Eds.). La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 87-96.

Massa S.I., Arnaud-Haond S., Pearson G.A., Serrao E.A. (2009). Temperature tolerance and survival of intertidal populations of the seagrass *Zostera noltii* (Hornemann) in southern Europe (Ria Formosa, Portugal). *Hydrobiologia* 619: 195-201.

Matteucci G., Rossini P., Arcangeli A., De Falco G., Fonti P., Guerzoni S. (2001). Organic pollution in a Ramsar site (Pialassa Baiona, northern Adriatic Sea). *Annali di Chimica* 91: 445-457.

McRae C., Snape C.E., Sun C.-G., Fabbri D., Tartari D., Trombini C., Fallick A.E. (2000). Use of compound-specific stable isotope analysis to source anthropogenic natural gas-derived polycyclic aromatic hydrocarbons in a lagoon sediment. *Environmental Science and Technology* 34(22): 4684-4686.

Mendez N., Romero J., Flos J. (1997). Population dynamics and production of the polychaete *Capitella capitata* in the littoral zone of Barcelona (Spain, NW Mediterranean). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 218(2): 263-284.

Miserocchi S., Langone L., Guerzoni S. (1993). The fate of Hg contaminated sediment of the Ravenna lagoon (Italy), final burial or potential remobilization. *Water Science and Technology* 28(8-9): 349-358.

Pearson T.H., Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 16: 229-311.

Pechenik J.A., Berard R., Kerr L. (2000). Effects of reduced salinity on survival, growth, reproductive success, and energetics of the euryhaline polychaete *Capitella sp.* I. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 254: 19-35.

Ponti M., Abbiati M. (2004). Quality assessment of transitional waters using a benthic biotic index: the case study of the Pialassa Baiona (Northern Adriatic Sea). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 14(S1): S31-S41.

Ponti M., Bonati A., Abbiati M. (2003a). Dinamica dei popolamenti zoobentonici in relazione alla qualità ambientale. In: Bologna C.U.d., Ravenna C.d. (Eds.). La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 199-221.

Ponti M., Casselli C., Abbiati M. (2003b). Application of the Biotic Coefficient to the environmental quality assessment of the coastal lagoon Pialassa Baiona (Ravenna, Italy). Proceedings of the International Conference on Southern European Coastal Lagoons: The Influence of River Basin-Coastal Zone interactions. Murray C.N., Zaldivar J.M., Giordani G., Viaroli P. Ispra (VA) Italy, Joint Research Centre, European Commission. Special Publication No.I.03.136: 127.

Ponti M., Casselli C., Abbiati M. (2010). Anthropogenic disturbance and spatial heterogeneity of macrobenthic invertebrate assemblages in coastal lagoons: the study case of Pialassa Baiona (northern Adriatic Sea). *Helgoland Marine Research* accepted.

Ponti M., Castellini A., Ragazzoni A., Devenuto L., Ceccherelli V.U., Abbiati M. (2009a). Stock assessment, recruitment and harvesting of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) in a small northern Adriatic lagoon: an economic and biological approach. Science and management of estuaries and coasts: a tale of two hemispheres. Abstract of the ECSA 44th International conference. ECSA Bulletin No 53. UK, Estuarine & Coastal Science Association: 19-20.

Ponti M., Colangelo M.A., Ceccherelli V.U. (2007). Composition, biomass and secondary production of the macrobenthic invertebrate assemblages in a coastal lagoon exploited for extensive aquaculture: Valle Smarlacca (northern Adriatic Sea): Biodiversity and Ecosystem Functioning in Coastal and Transitional Waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 75(1-2): 79-89.

- Ponti M., Della Casa C., Bacchiocchi F., Colangelo M.A., Ceccherelli V.U. (2002). Analisi delle comunità bentoniche della laguna costiera "Pialassa Baiona" (Ravenna). Riassunti del 33° Congresso SIBM. Genova, Società Italiana di Biologia Marina: 70.
- Ponti M., Della Casa C., Bacchiocchi F., Colangelo M.A., Ceccherelli V.U. (2005). Distribuzione spaziale e variazioni stagionali dei popolamenti macrobentonici nella laguna costiera "Pialassa Baiona" (Ravenna). *Biologia Marina Mediterranea* 12(1): 312-316
- Ponti M., Gamba E., Ceccherelli V.U. (2003). Distribuzione della vongola filippina (*Tapes philippinarum*) e stima della consistenza dello stock commercialmente sfruttabile. In: Bologna C.U.d., Ravenna C.d. (Eds.). *La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca*. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 223-237.
- Ponti M., Pasteris A., Guerra R., Abbiati M. (2009b). Impacts of maintenance channel dredging in a northern Adriatic coastal lagoon. II: Effects on macrobenthic assemblages in channels and ponds. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 85: 143-150.
- Ponti M., Pinna M., Basset A., Moncheva S., Trayanova A., Georgescu L., Beqiraj S., Orfanidis S., Abbiati M. (2008). Quality assessment of Mediterranean and Black Sea transitional waters: comparing responses of benthic biotic indices. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 18(S1): S62-S75.
- Ponti M., Pinna M., Trayanova A., Basset A., Abbiati M. (2007). Taxonomic benthic biotic indices in transitional waters: study cases from northern Adriatic and Black Sea. *Transitional Waters Bulletin* 1(3): 29-32.
- Prato E., Di Leo A., Biandolino F., Cardellicchio N. (2006). Sediment toxicity tests using two species of marine amphipods: *Gammarus aequicauda* and *Corophium insidiosum*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 76(4): 629-636.
- Prato E., Scardicchio C., Biandolino F. (2008). Effects of temperature on the acute toxicity of cadmium to *Corophium insidiosum*. *Environmental Monitoring and Assessment* 136(1): 161-166.
- Procaccini G., Scipione M.B. (1992). Observations on the spatiotemporal distribution of crustacean amphipods in the Fusaro coastal lagoon (central Tyrrhenian Sea, Italy) and some notes on their presence in Mediterranean lagoons. *Marine Ecology* 13(3): 203-224.
- Rossaro B., Ed. (1982). *Chironomidi, 2 (Diptera Chironomidae: Orthocladiinae)*. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Rossi F., Castelli A., Lardicci C. (2006). Distribution of macrobenthic assemblages along a marine gradient in Mediterranean eutrophic coastal lagoons. *Marine Ecology-an Evolutionary Perspective* 27(1): 66-75.
- Rossi F., Underwood A.J. (2002). Small-scale disturbance and increased nutrients as influences on intertidal macrobenthic assemblages: experimental burial of wrack in different intertidal environments. *Marine Ecology Progress Series* 241: 29-39.
- Sardá R., Martin D. (1993). Population of *Streblospio* (Polychaeta: Spionidae) in temperate zones: demography and production. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 73: 769-784.
- Tartari D. (1999). Studio sull'inquinamento da idrocarburi policiclici aromatici e polimeri vinilici nella pialassa Baiona. Tesi di Laurea quinquennale in Scienze Ambientali a.a. 1998-1999, Università di Bologna.
- Torelli A., Ed. (1982). *Gasteropodi conchigliati*. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane, Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Trombini C., Fabbri D., Lombardo M., Vassura I., Zavoli E., Horvat M. (2003). Mercury and methylmercury contamination in surficial sediments and clams of a coastal lagoon (Pialassa Baiona, Ravenna, Italy). *Continental Shelf Research* 23(17-19): 1821-1831.



Underwood A.J. (1997). Experiments in ecology. Cambridge University Press, Cambridge.

9 APPENDICI

APPENDICE 1: Monografie stazioni di registrazione

APPENDICE 2: Mappe di temperatura

APPENDICE 3: Profili CTD

ALTRA DOCUMENTAZIONE

**I SOTTO ELENCATI ALLEGATI AL RAPPORTO SONO
DISPONIBILI PRESSO LA CENTRALE DI PORTO CORSINI**

CERTIFICATO DI TARATURA SONDA MULTIPARAMETRICA DI PAGG.3

RAPPORTO DI PROVA SU SEDIMENTO DI PAGG.108

RAPPORTO DI PROVA SU SEDIMENTO DI PAGG.4

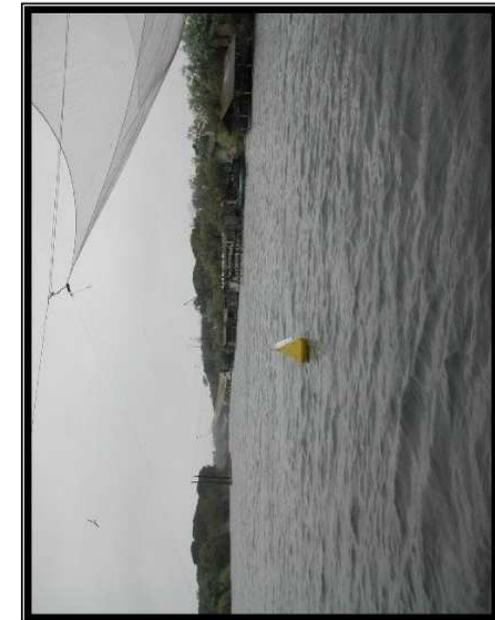
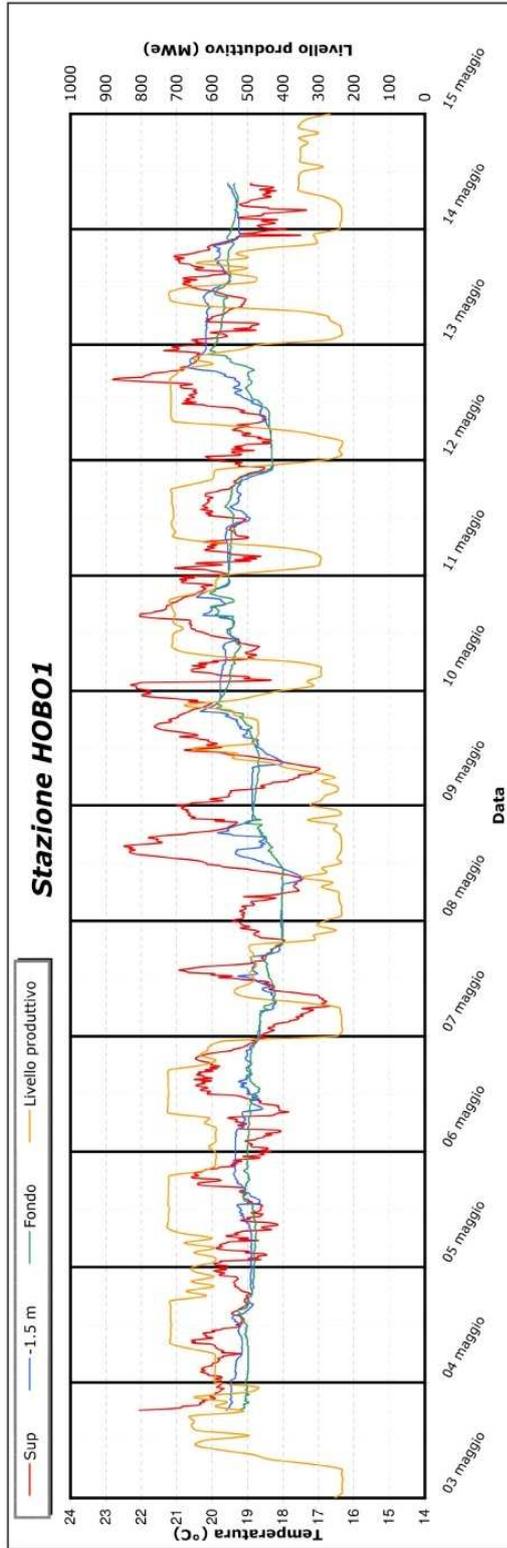
RAPPORTO DI PROVA TERMOMETRI DI PAGG.5



APPENDICE 1 - Monografie stazioni di registrazione

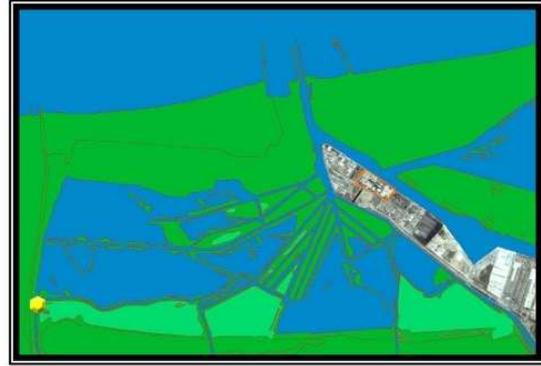


Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 1
(Pialassa Baiona - Stazione nord-occidentale)

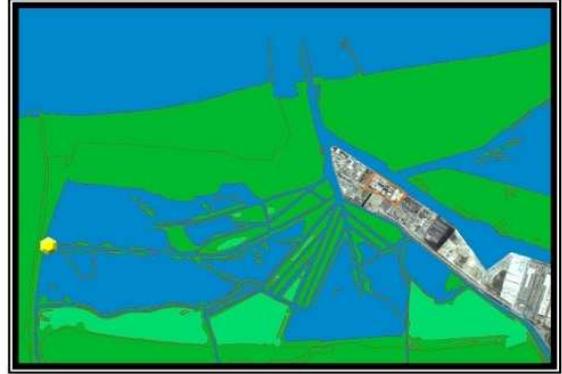
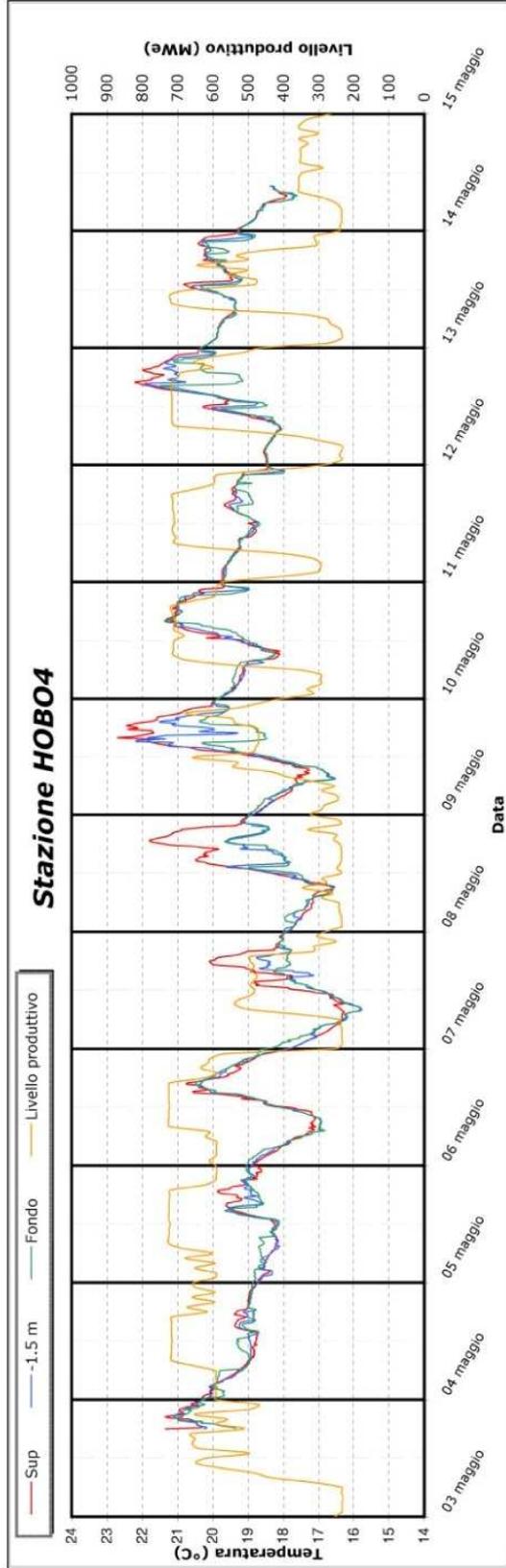


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 757977 m
 Northing: 4935650 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 4
(Canale artificiale Baccarini - Stazione settentrionale)

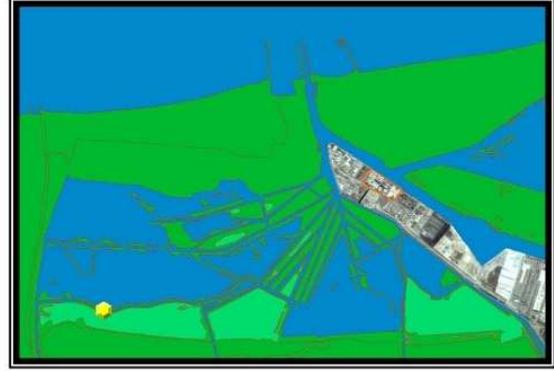
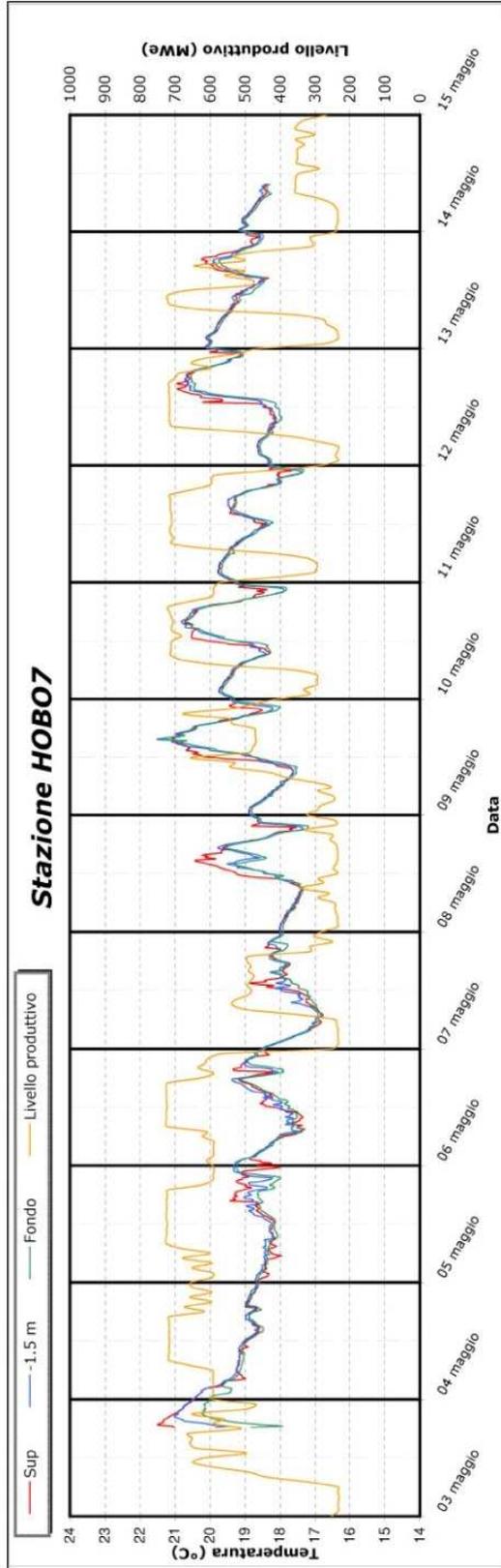


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 758899 m
 Northing: 4935539 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 7
(Pialassa Baiona - Stazione occidentale)

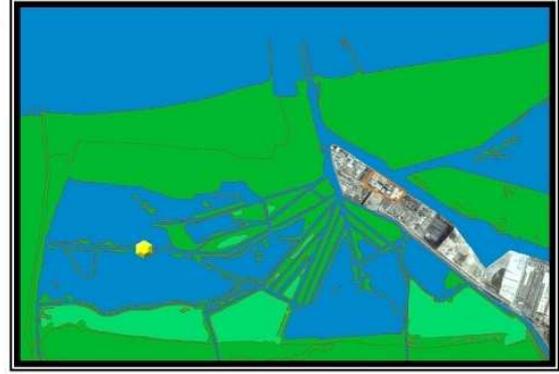
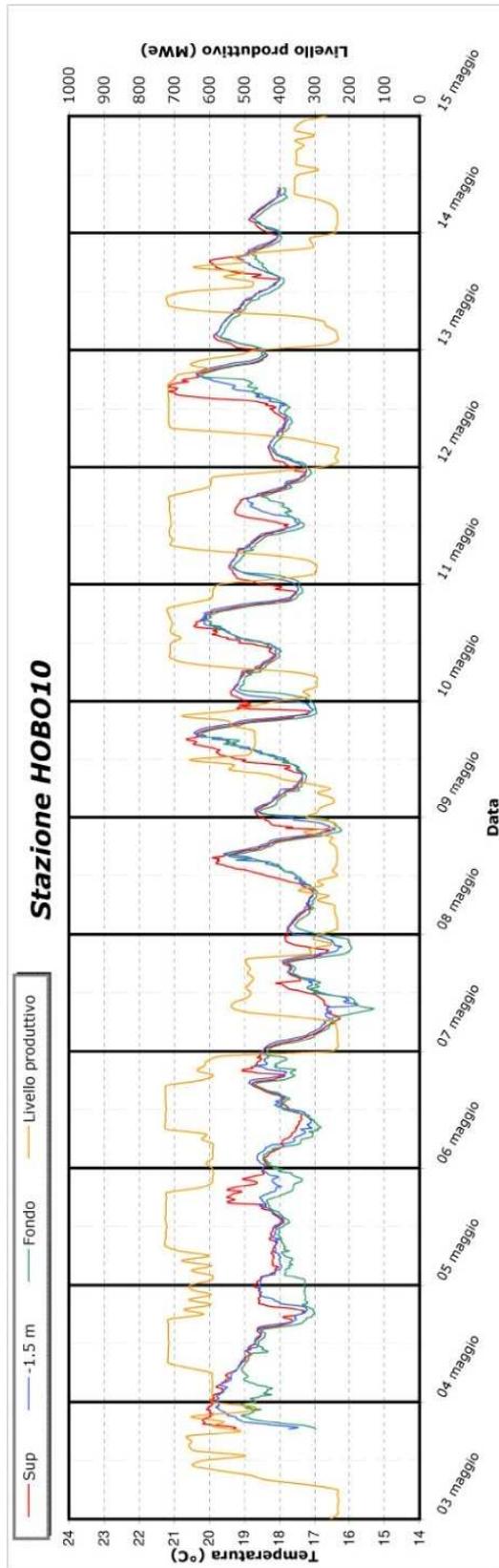


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 757877 m
 Northing: 4934654 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 10
(Canale artificiale Baccarini - Stazione intermedia settentrionale)

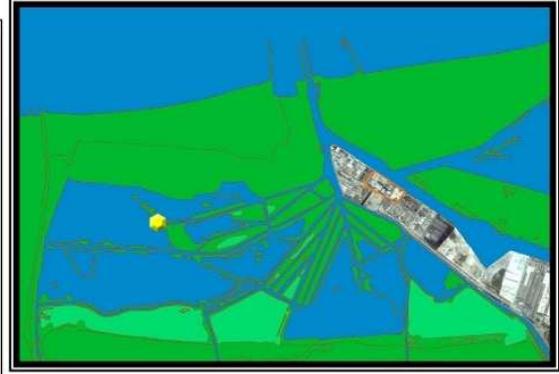
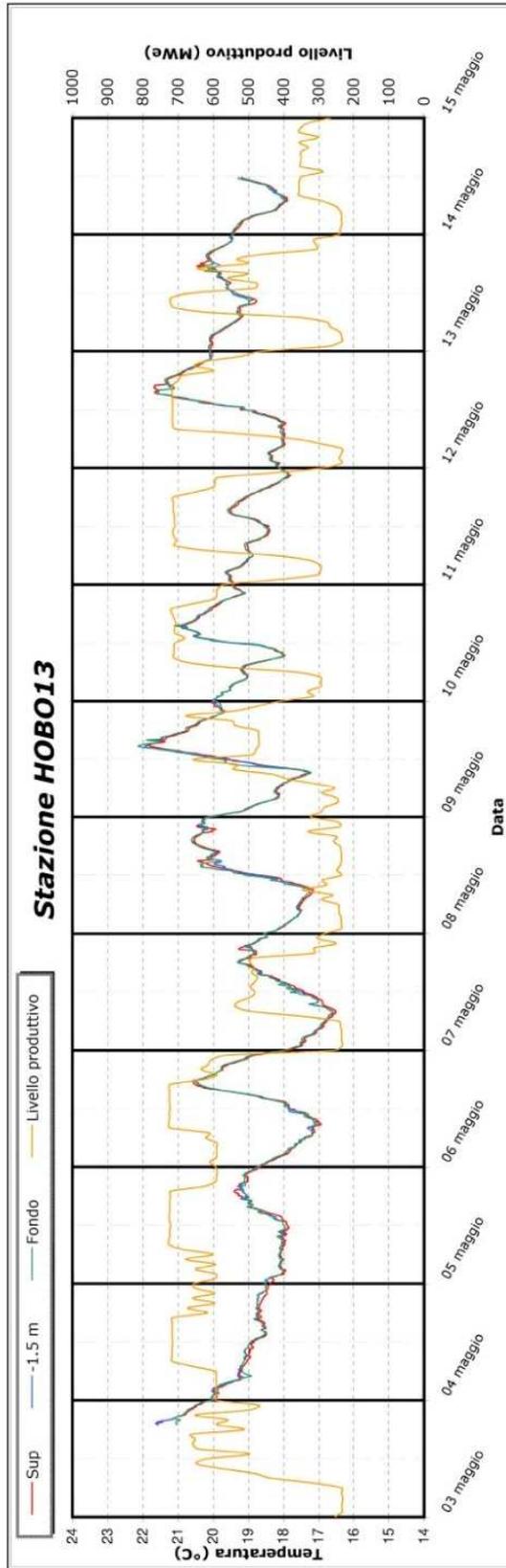


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 758802 m
 Northing: 4934594 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 13
(Pialassa Baiona - Stazione orientale)

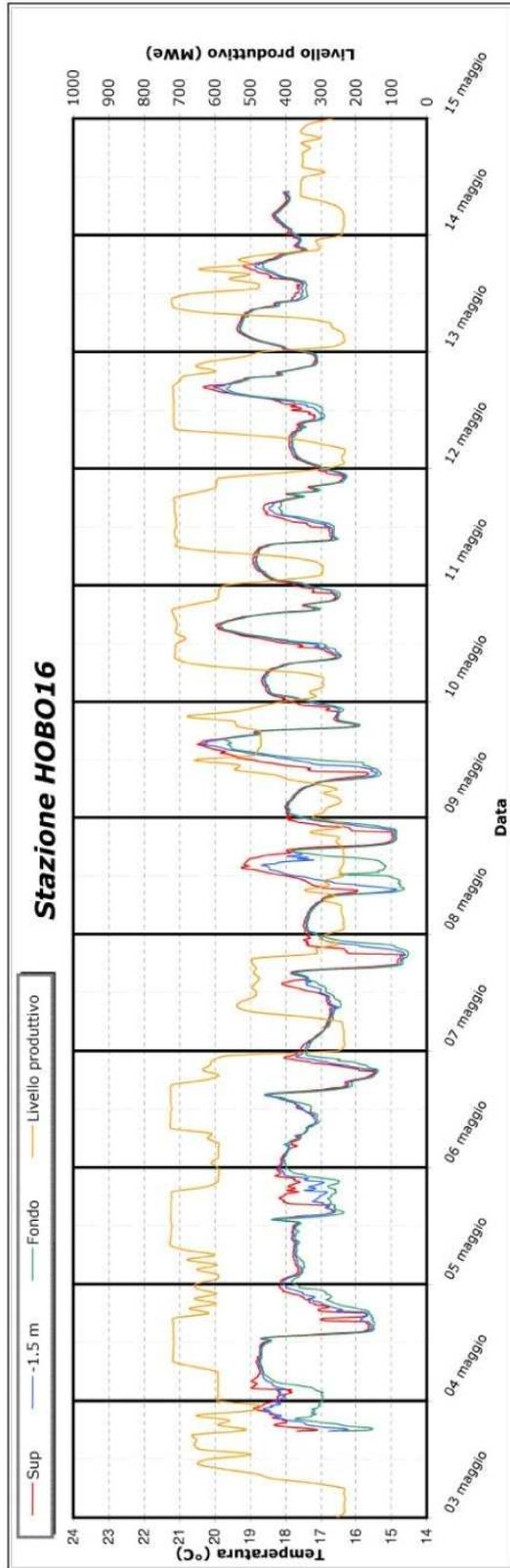


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 759145 m
 Northing: 4933915 m

Note
 Nessuna

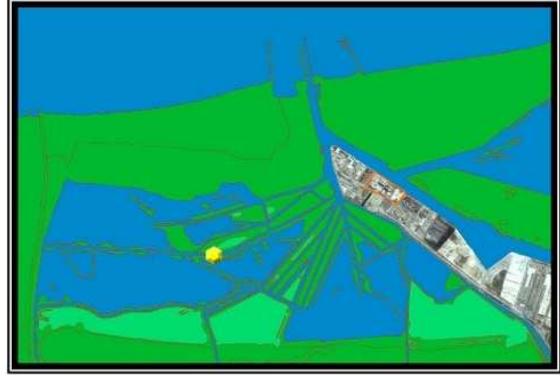


Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 16
(Canale artificiale Baccarini - Stazione intermedia meridionale)

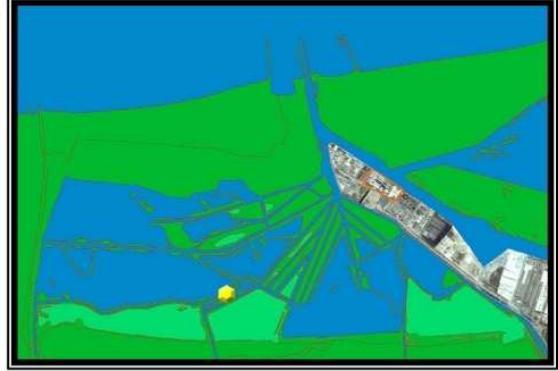
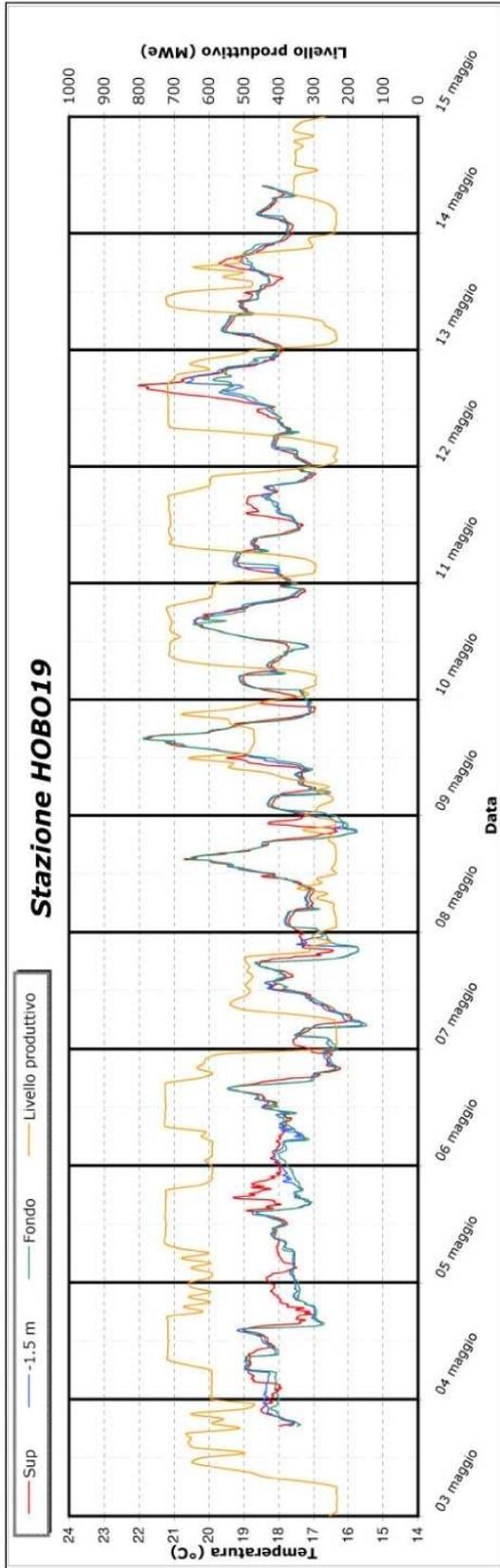


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 758724 m
 Northing: 4933362 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 19
(Pialassa Baiona - Stazione sud-occidentale)

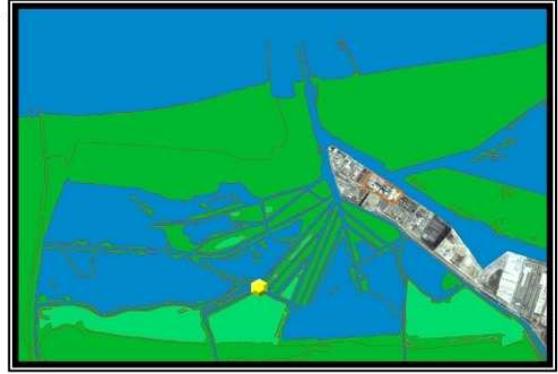
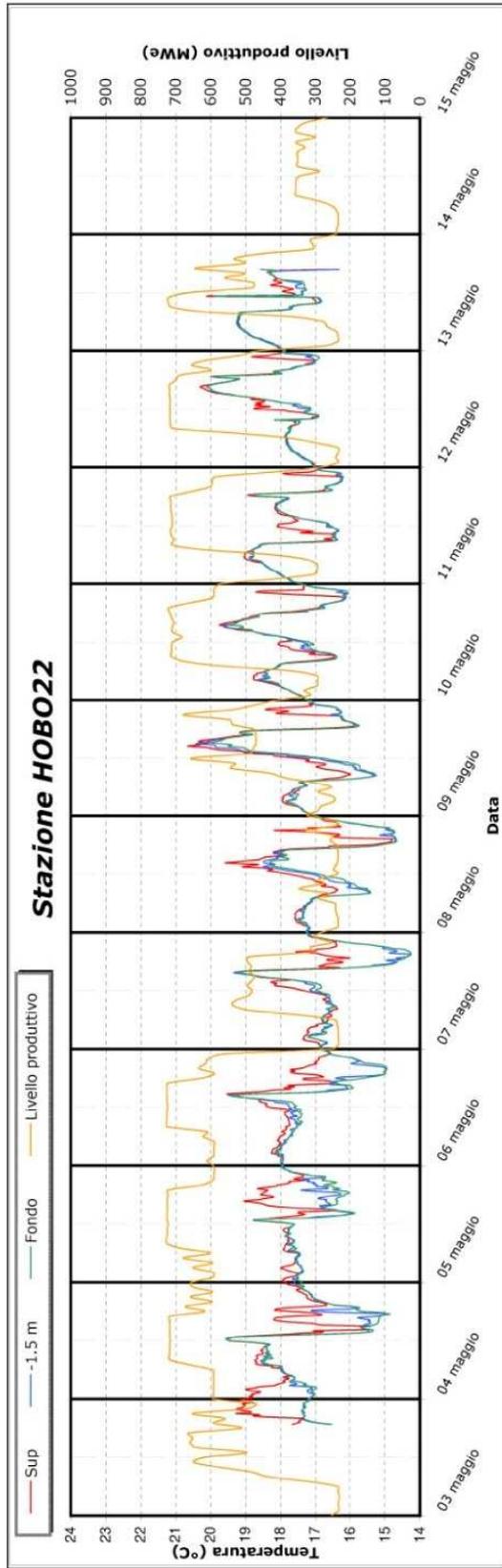


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 758070 m
 Northing: 4933192 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 22
(Canale artificiale Fossatone - Stazione settentrionale)

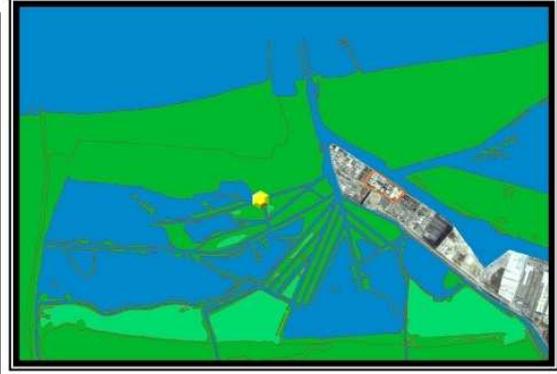
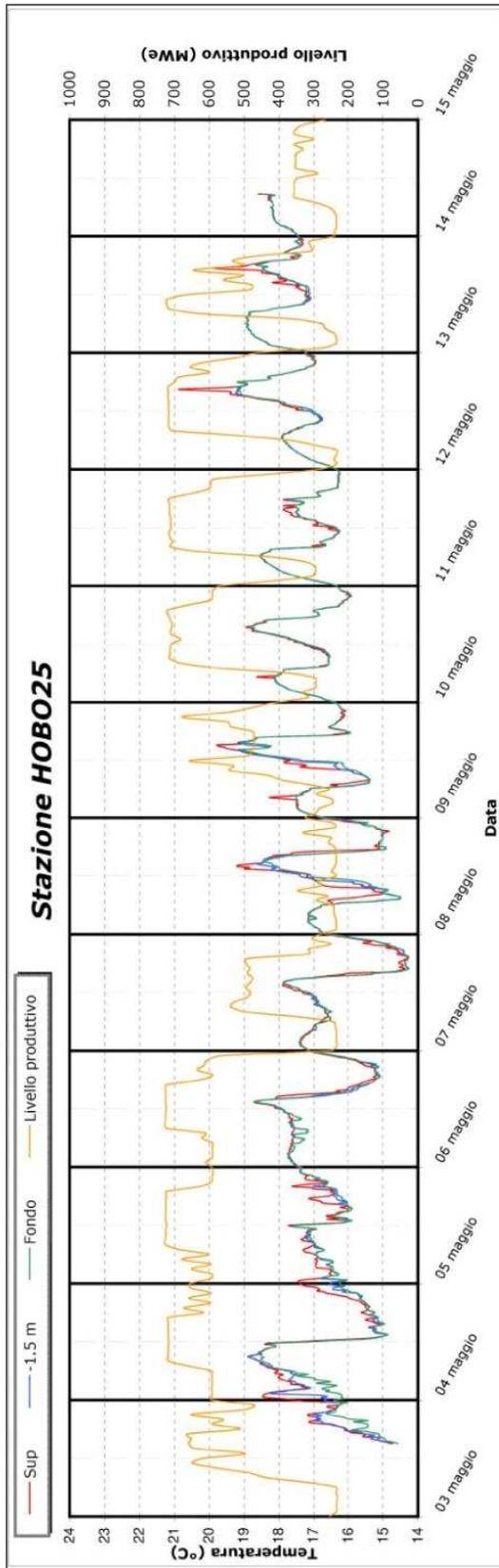


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 758294 m
 Northing: 4932526 m

Note
 Stazione rinvenuta danneggiata e
 salpata alle ore 16.00 del 13 maggio



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 25
(Pialassa Baiona - Attracco Isola Spinaroni)

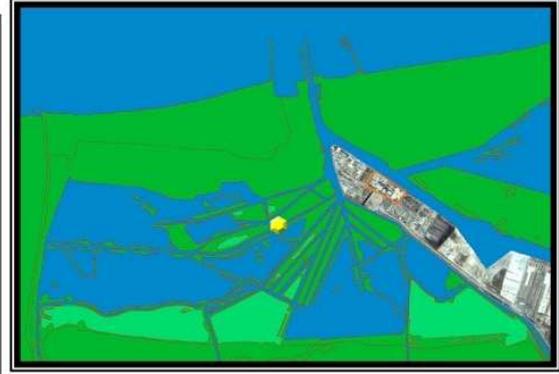
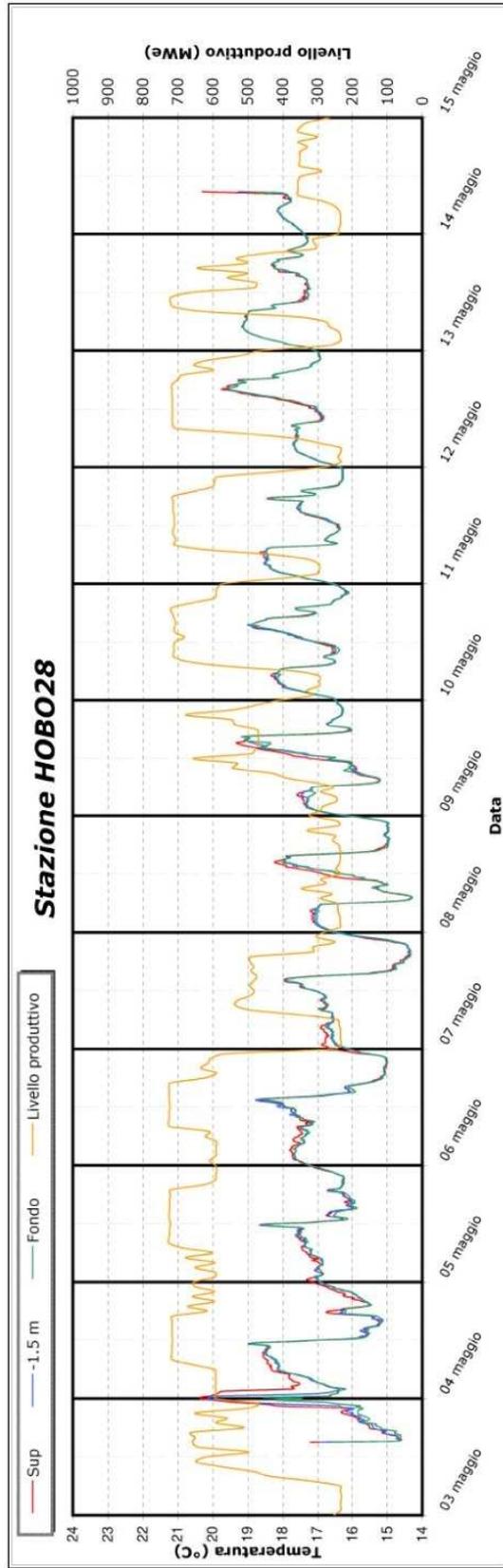


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 759497 m
 Northing: 4932544 m

Note
 Nessuna

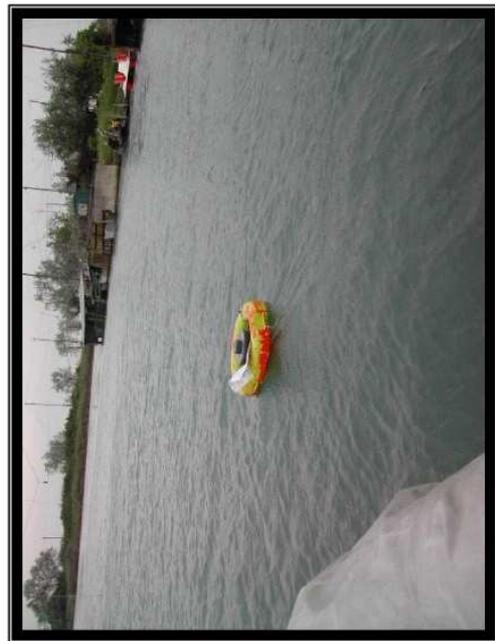


Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 28
(Canale artificiale Baccarini - Diramazione Canale della Rotta)

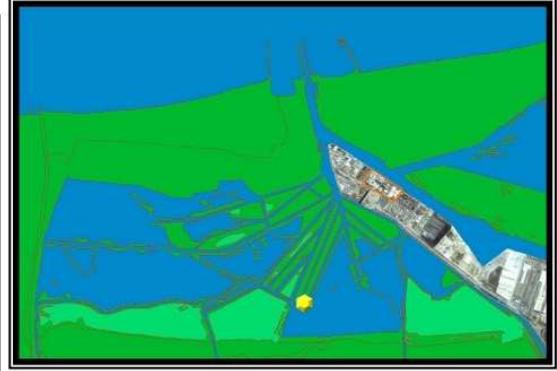
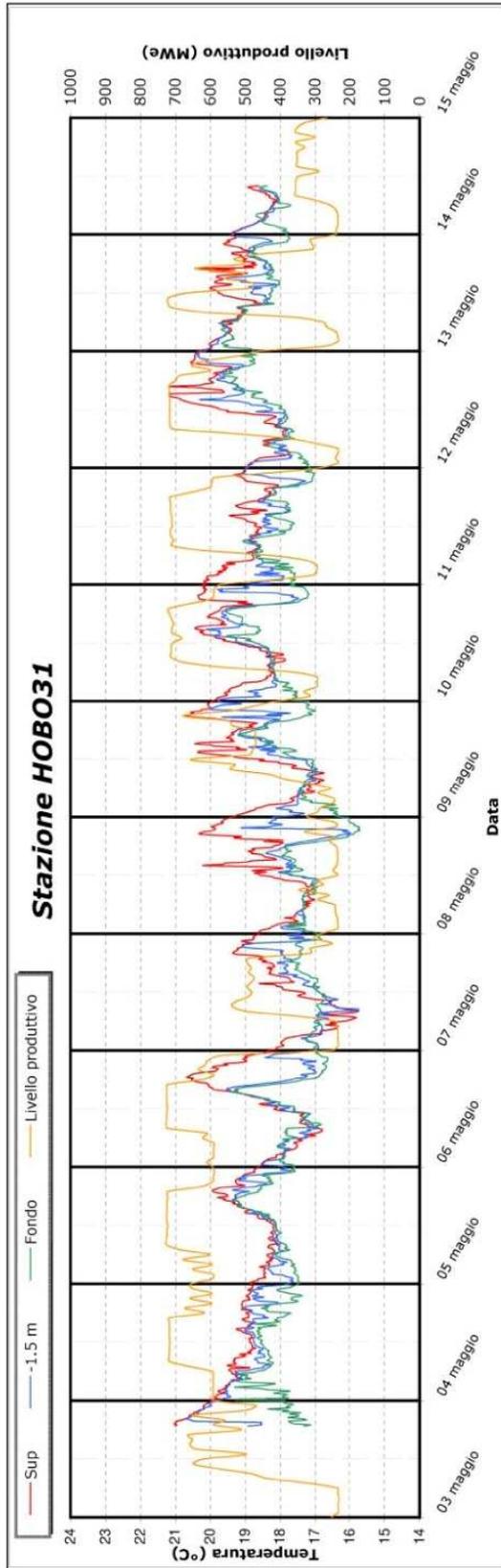


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 759079 m
 Northing: 4932375 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 31
(Canale artificiale Cavedone - Stazione occidentale)

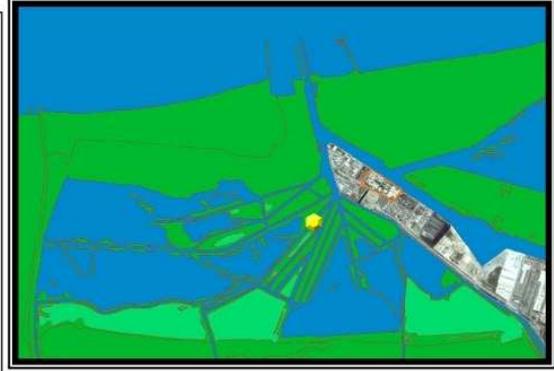
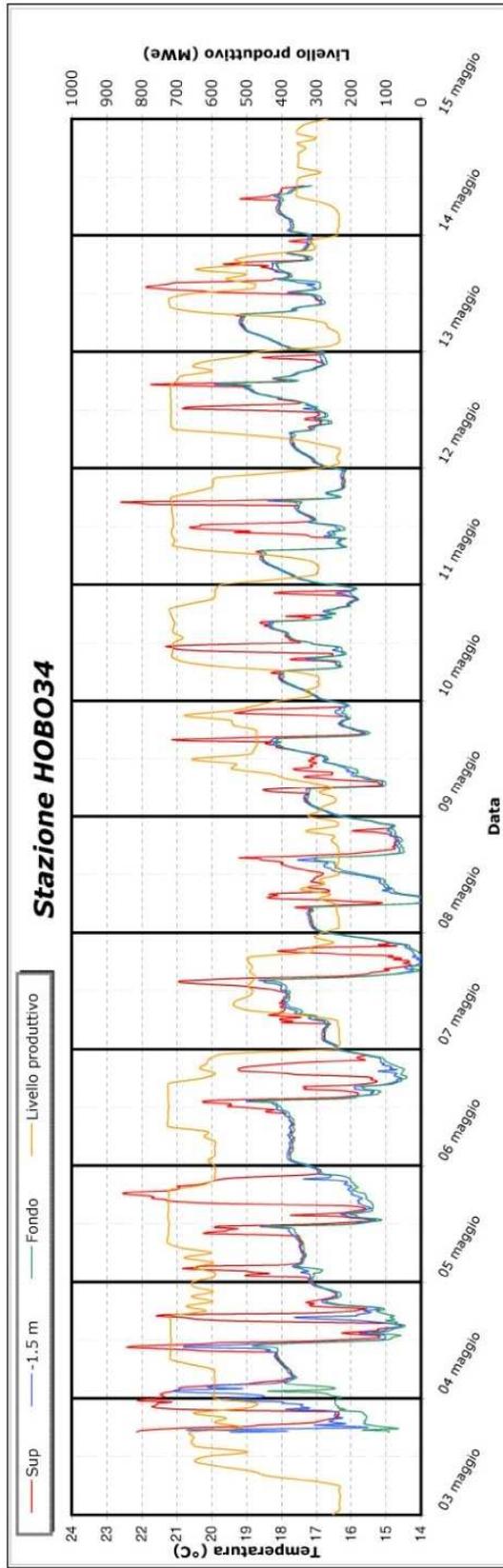


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 757977 m
 Northing: 4931960 m

Note
 Nessuna

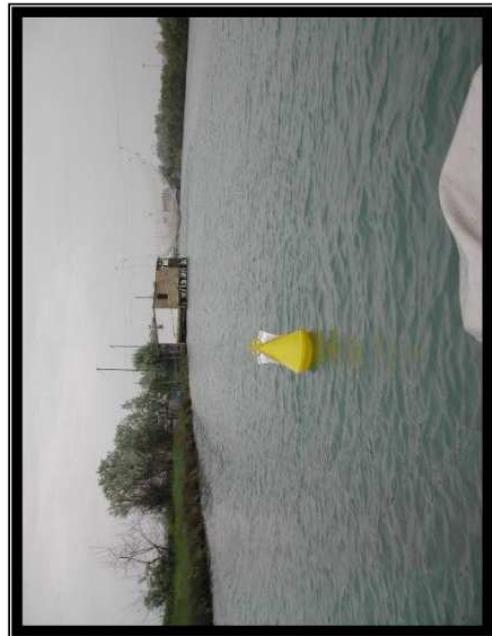


Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 34
(Canale artificiale Fossatone - Stazione meridionale)

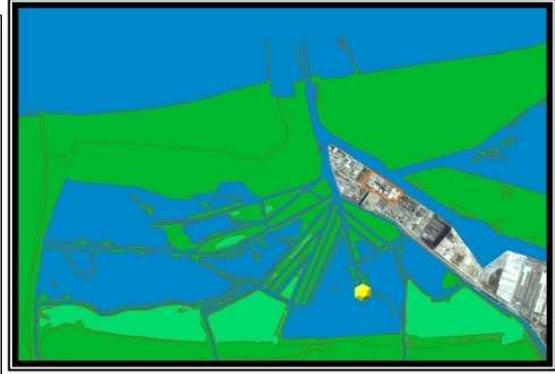
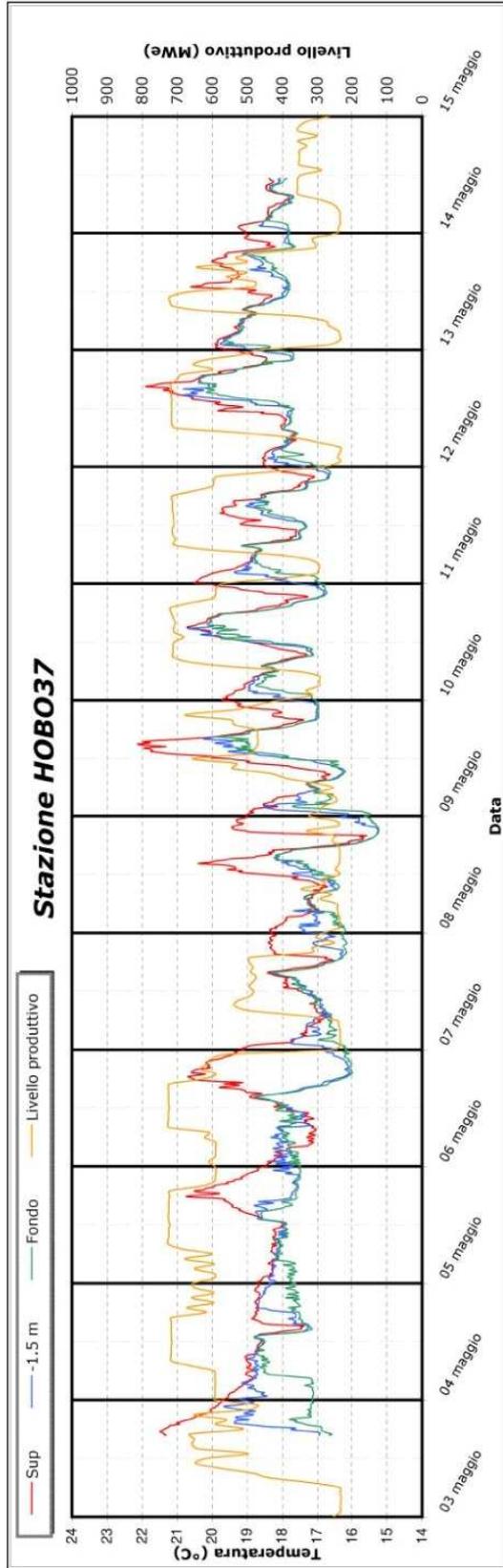


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 759174 m
 Northing: 4931775 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 37
(Pialassa della Riseiga)

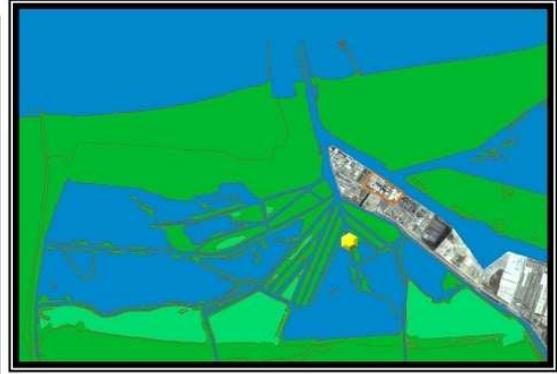
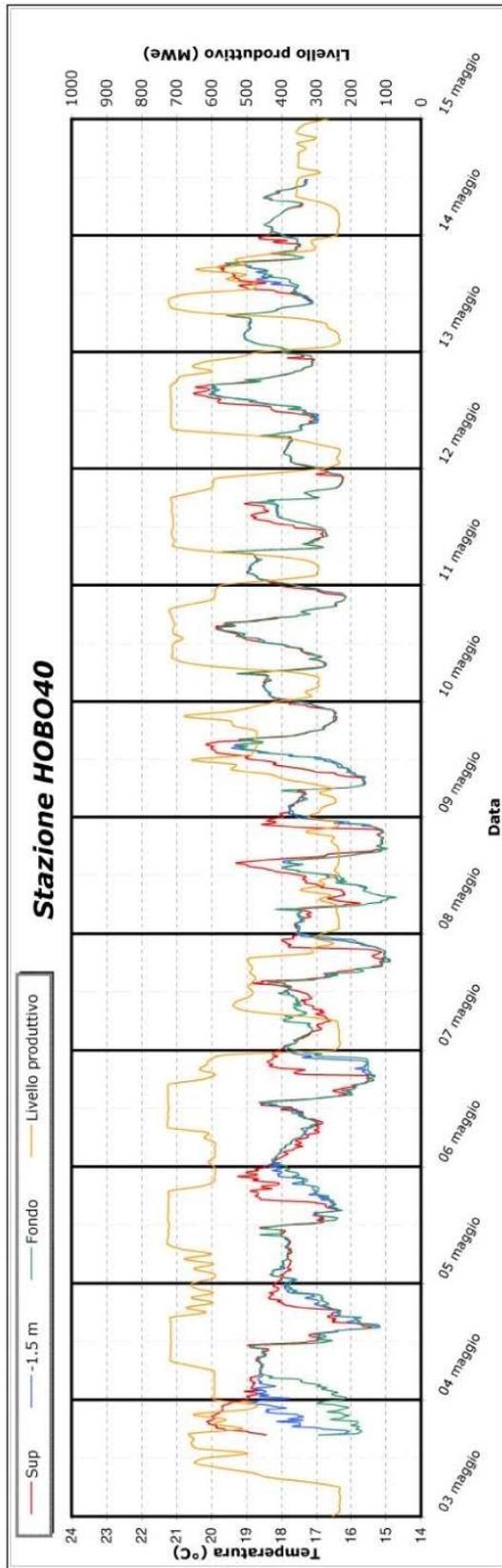


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
Easting: 758207 m
Northing: 4931104 m

Note
Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 40
(Canale artificiale Baiona - Stazione occidentale)

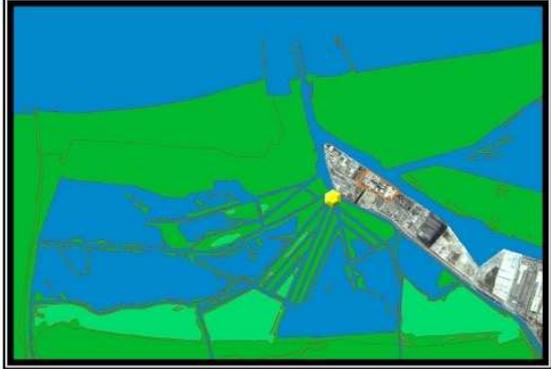
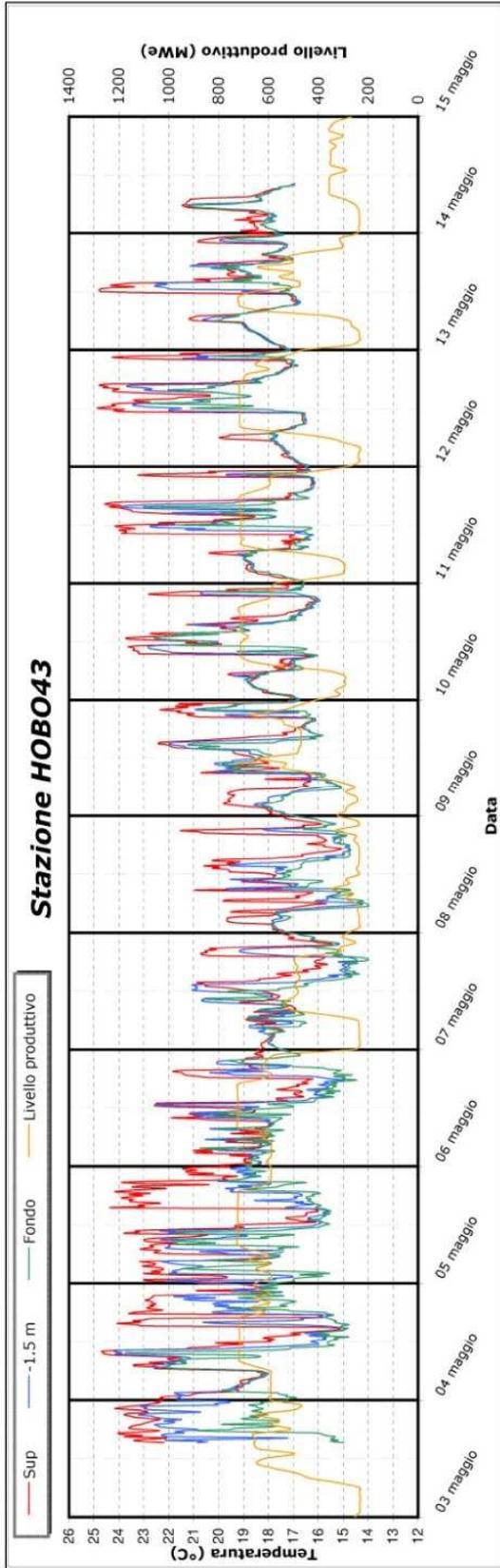


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 758953 m
 Northing: 4931301 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 43
(Canale artificiale Baiona - Diramazione Canale Fossatone)

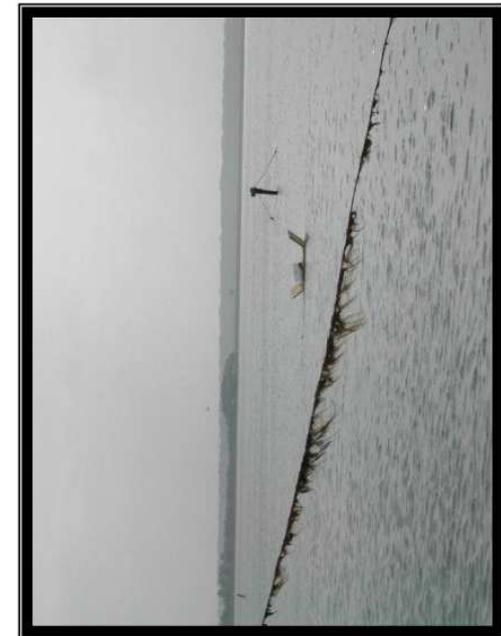
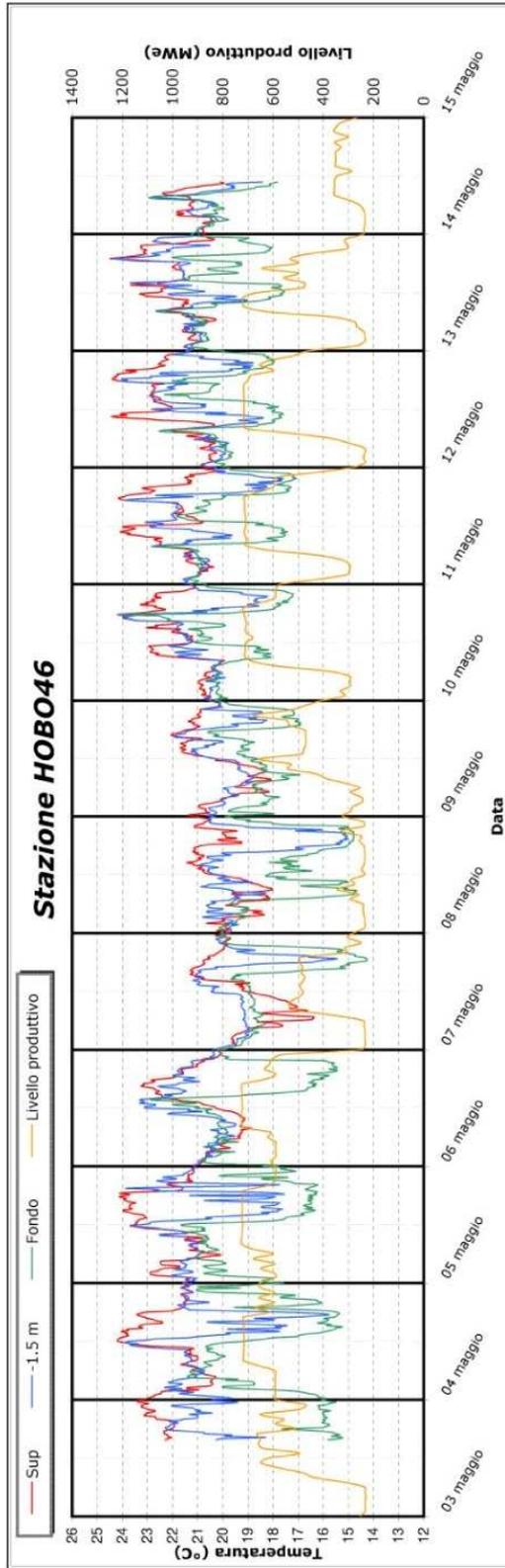


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 759537 m
 Northing: 4931503 m

Note
 Nessuna

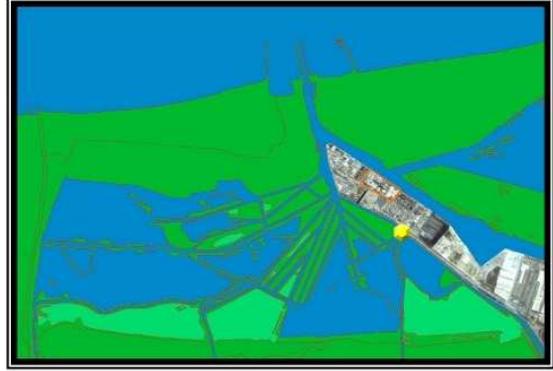


Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 46
(Canale artificiale Magni - Stazione intermedia)

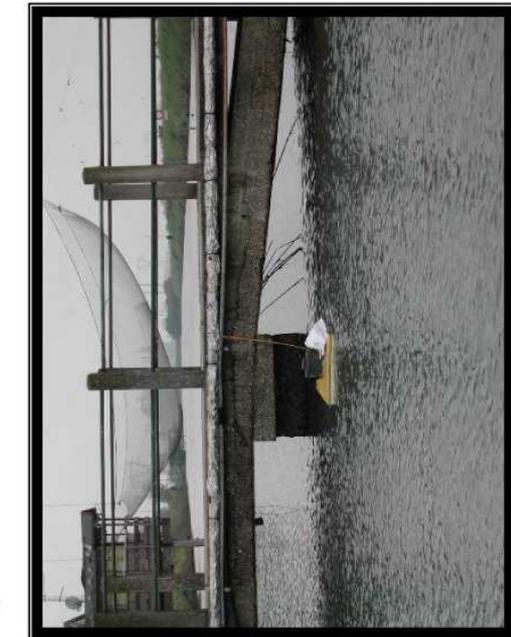
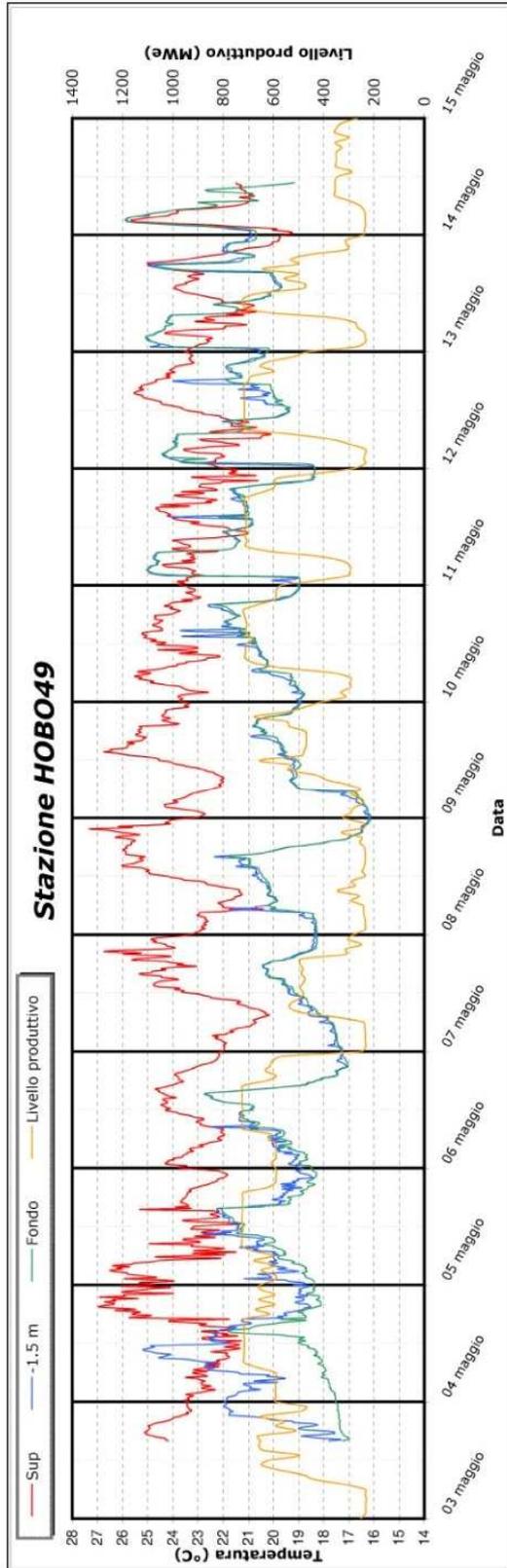


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 758958 m
 Northing: 4930499 m

Note
 Nessuna

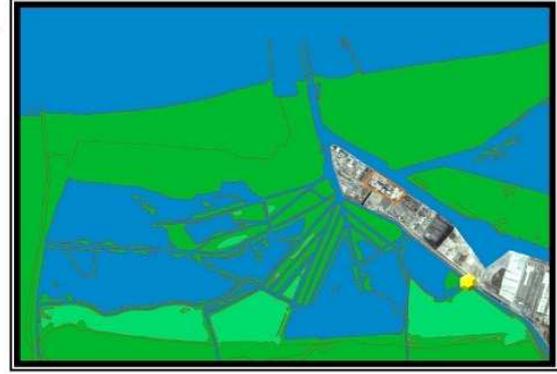


Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 49
(Canale artificiale Magni - Stazione al Capanno Garibaldi)

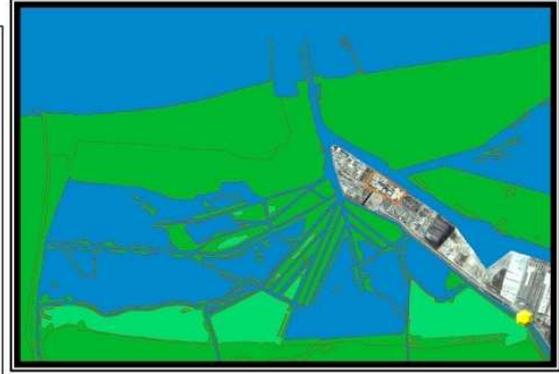
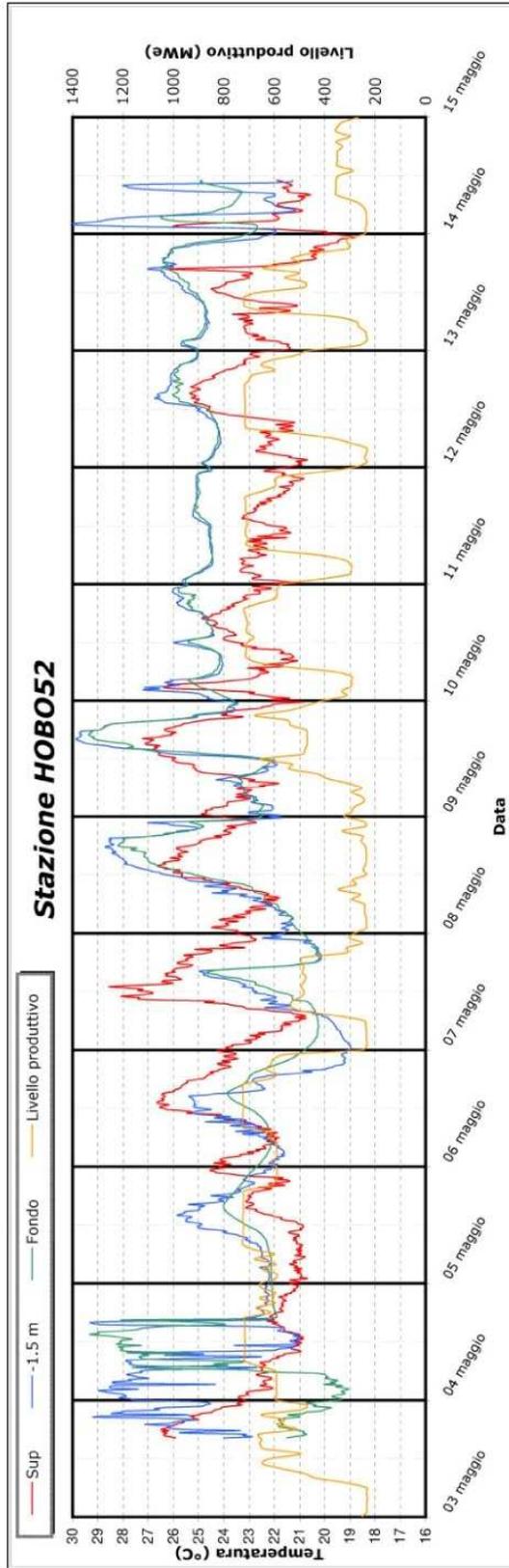


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 758353 m
 Northing: 4929691 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 52
(Canale degli Staggi)

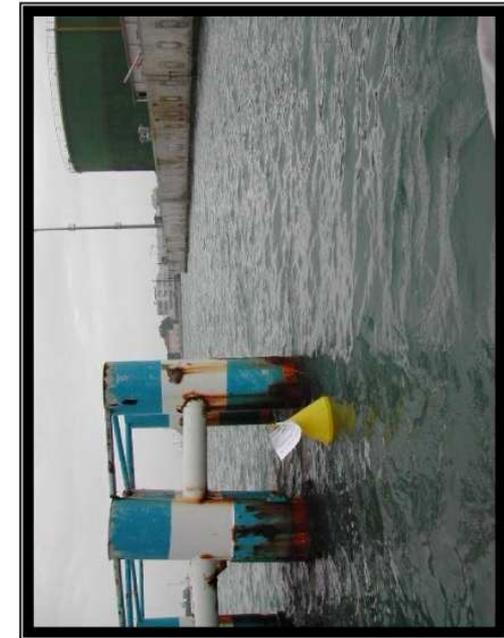
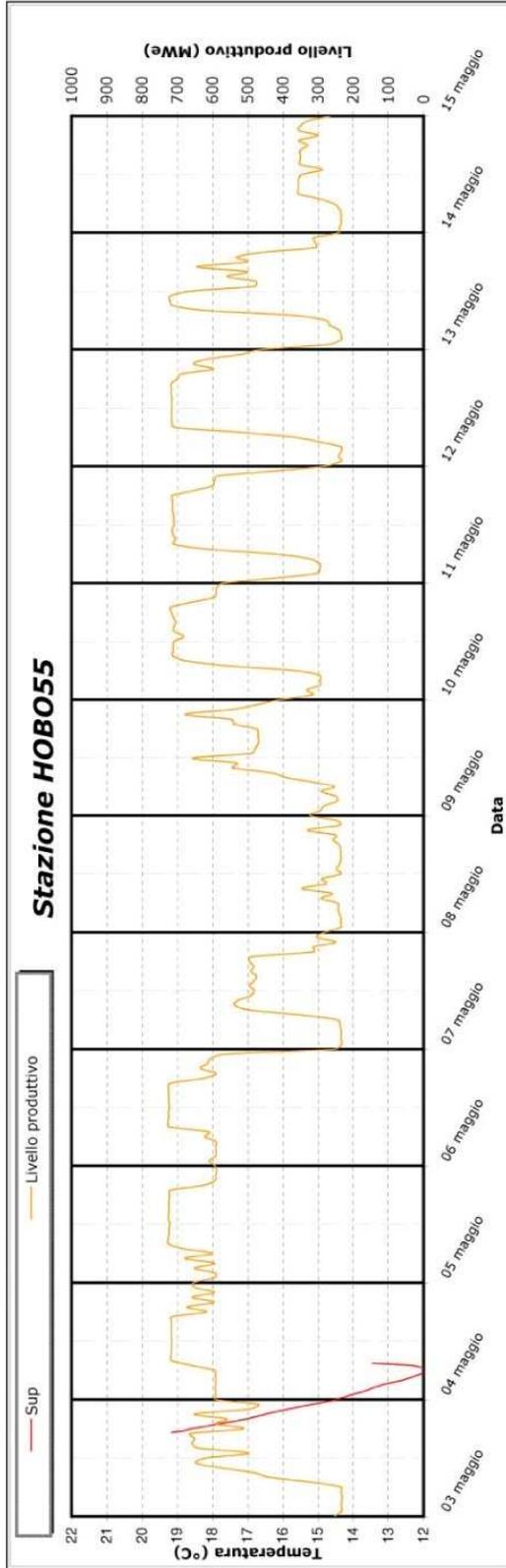


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 757652 m
 Northing: 4928743 m

Note
 Nessuna

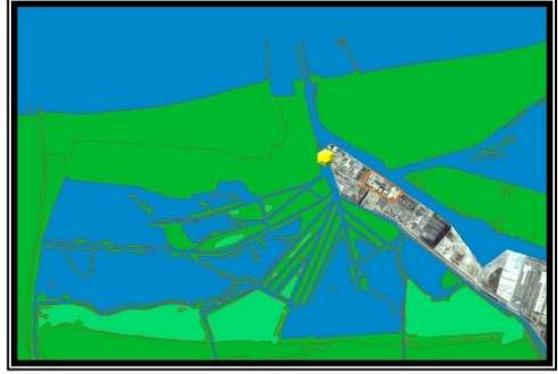


Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 55
(Porto Canale di Ravenna - Attracco navi gasiere)

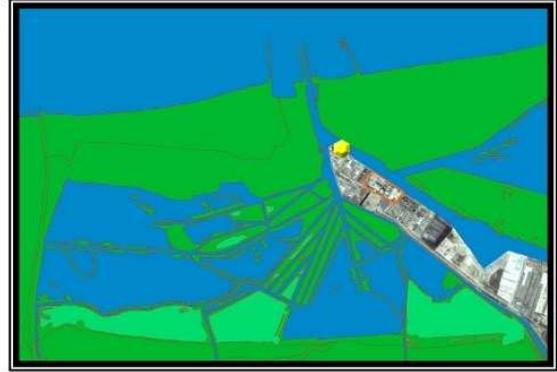
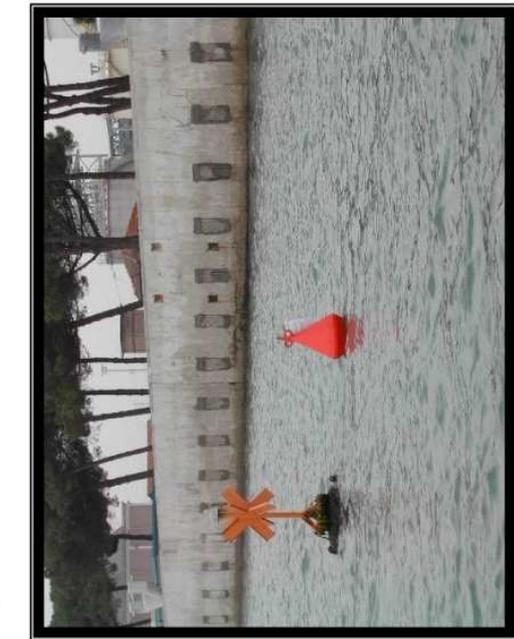
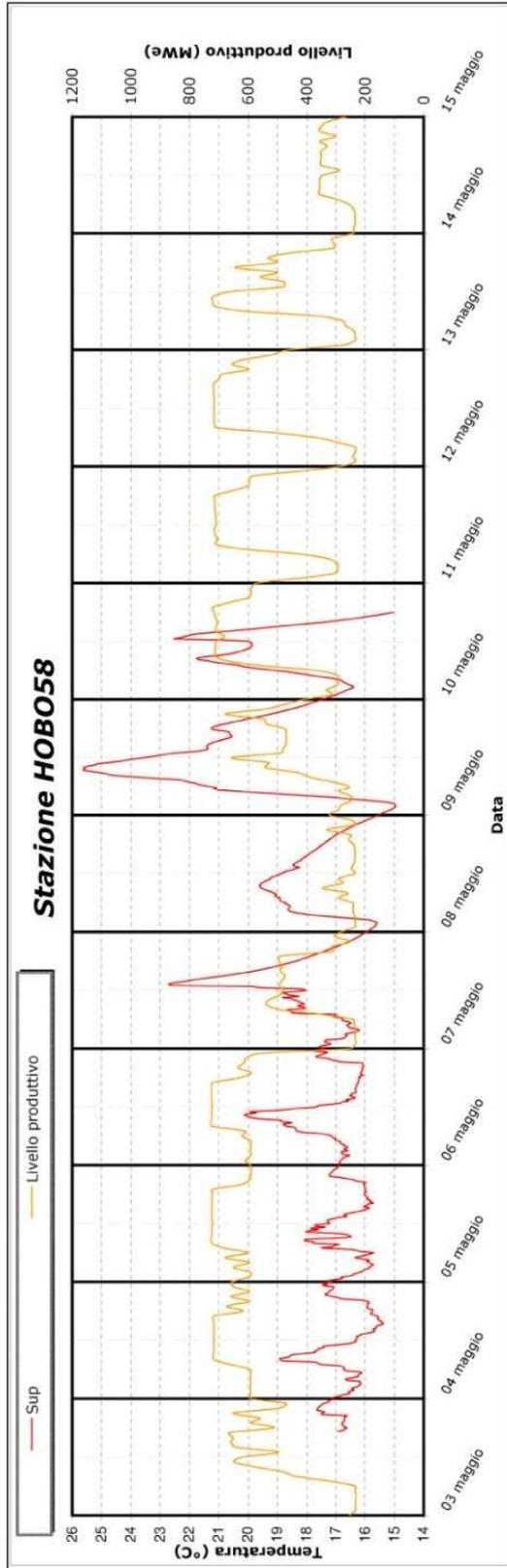


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 760120 m
 Northing: 4931598 m

Note
 Stazione rinvenuta danneggiata, con perdita dei sensori intermedio e di fondo; salpata alle 7:30 del 4 maggio



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 58
(Naviglio Candiano - Stazione settentrionale)



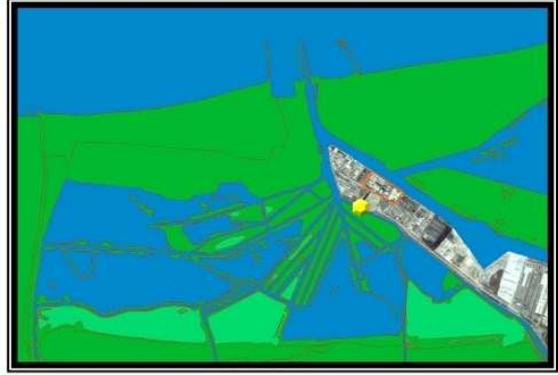
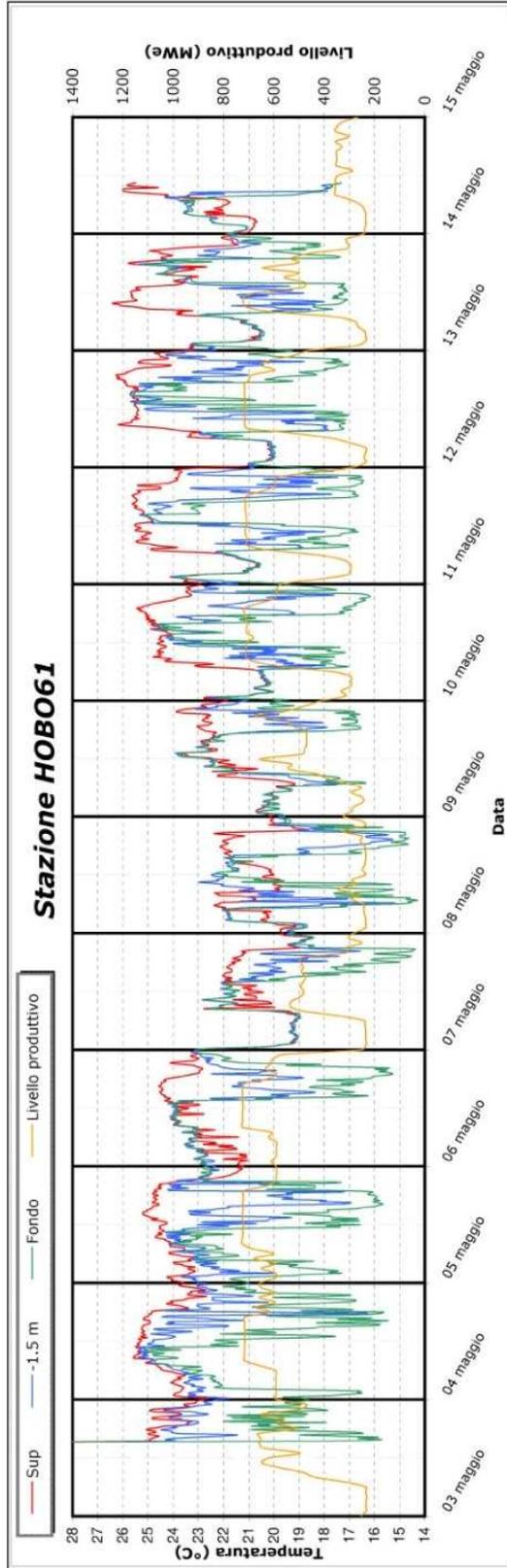
Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

Easting: 760229 m
 Northing: 4931425 m

Note

Stazione rinvenuta danneggiata, con perdita dei sensori intermedio e di fondo; salpata alle 18:00 del 10 maggio

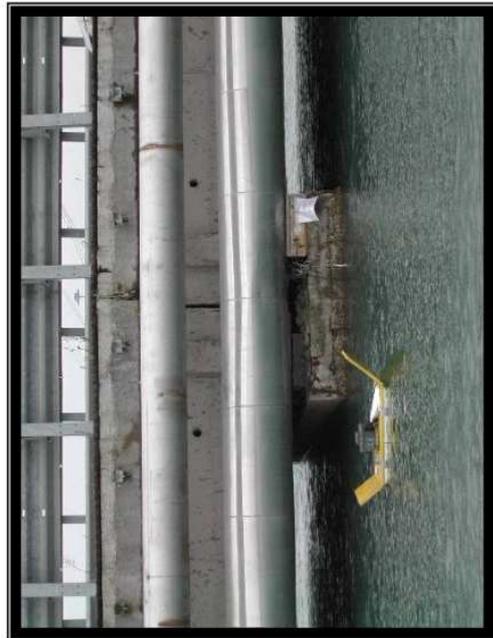
Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 61
(Canale artificiale Magni - Opera di scarico della Centrale)



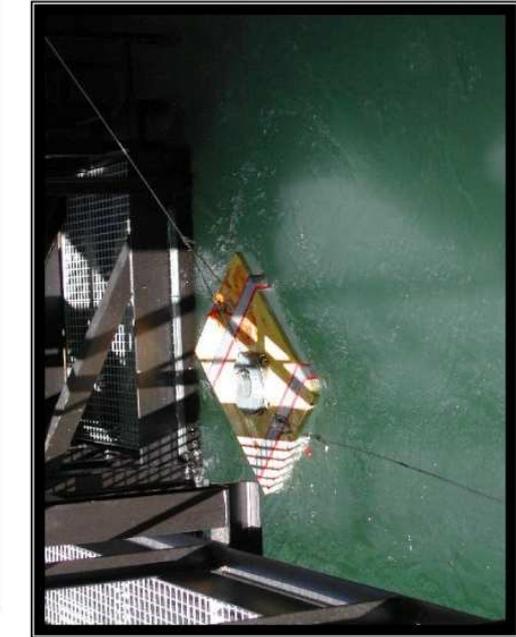
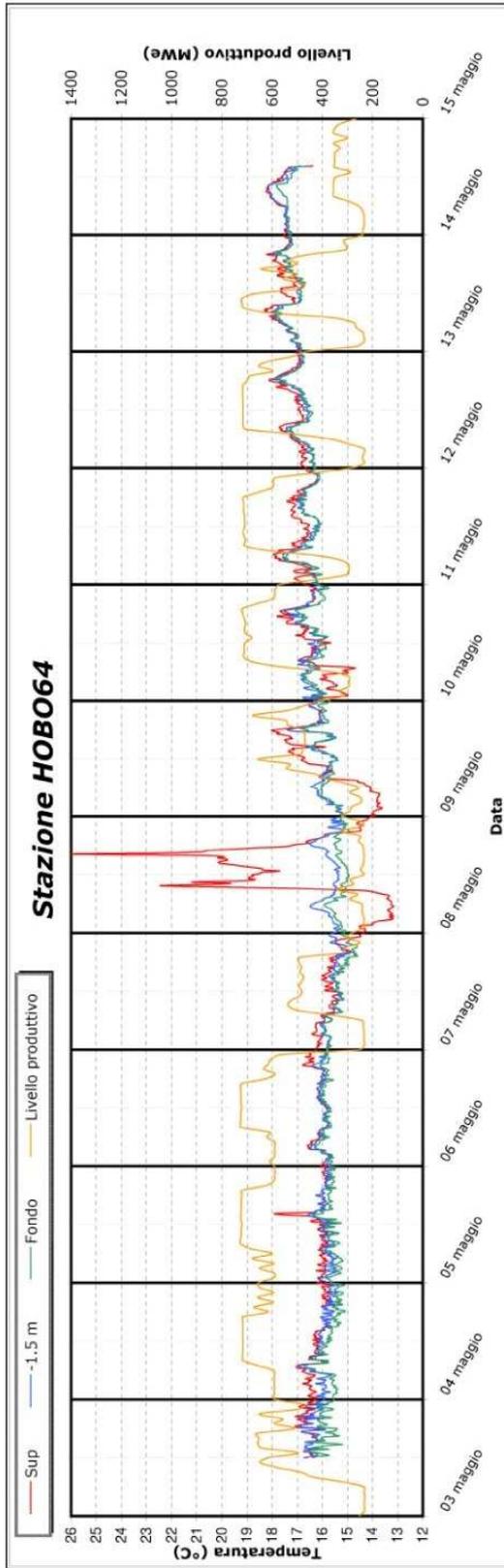
Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

Easting: 759404 m
 Northing: 4931158 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 64
(Naviglio Candiano - Opera di presa della Centrale)

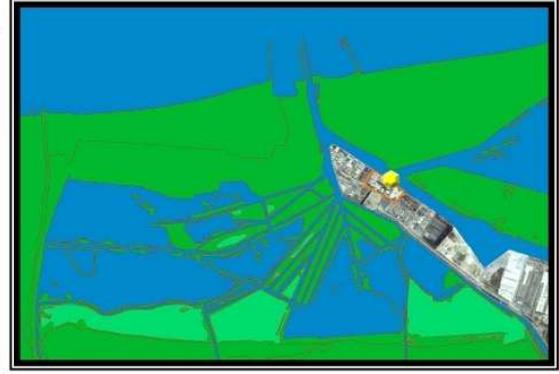


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

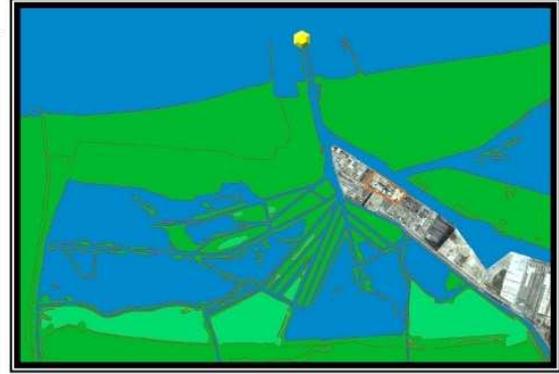
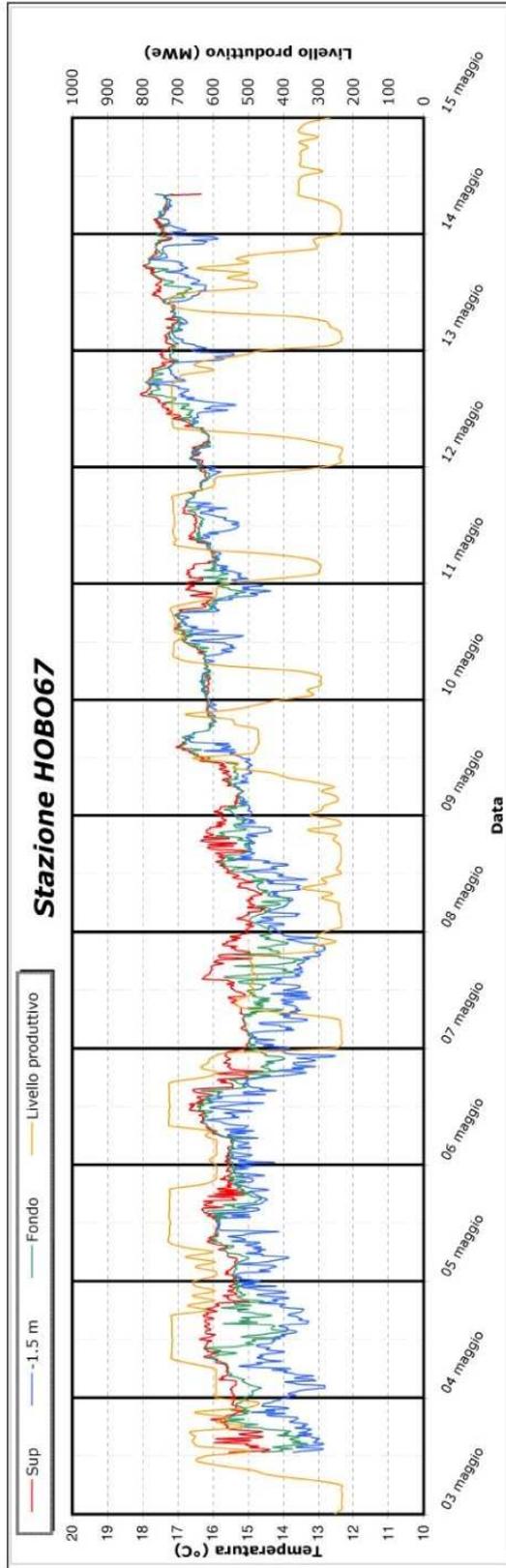
Easting: 759922 m
 Northing: 4931022 m

Note

La lettura anomala del giorno 8 maggio è dovuta al ribaltamento dello strumento, con venuta a galla del sensore superficiale



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 67
(Marina di Ravenna - Estremità del molo del porto canale)

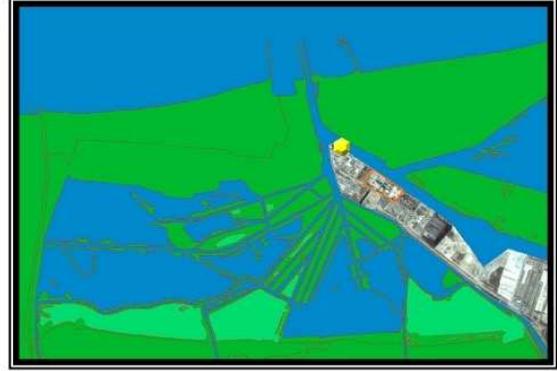
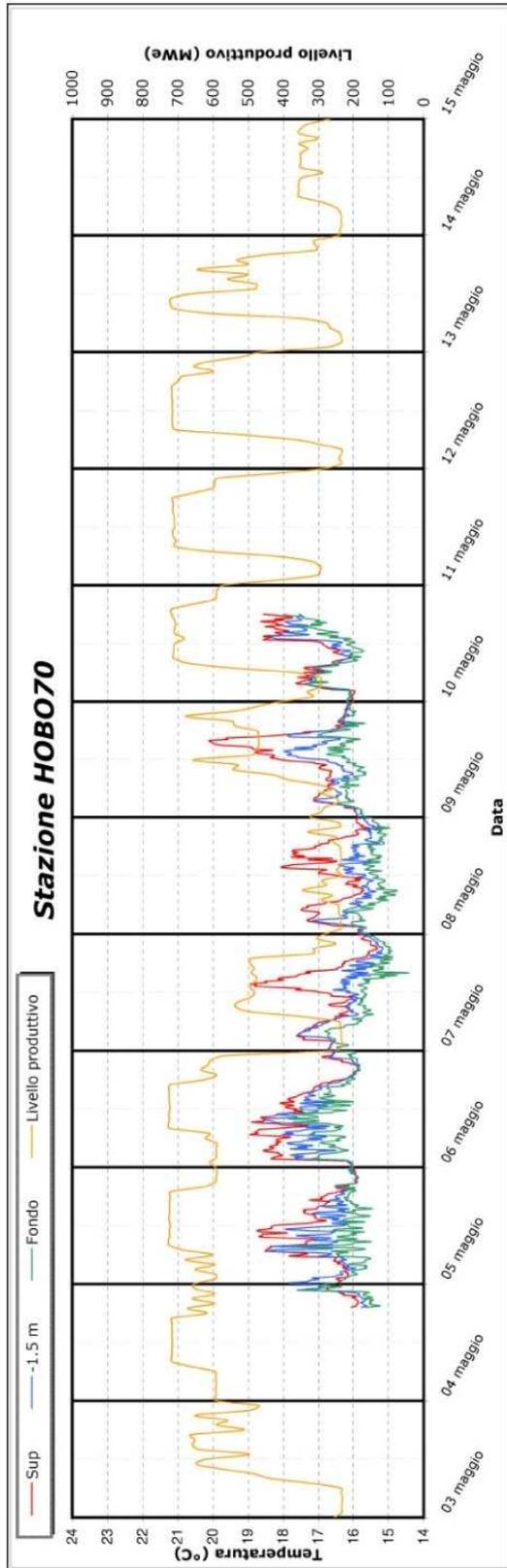


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 761813 m
 Northing: 4932125 m

Note
 Nessuna



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 70
(Naviglio Candiano - Stazione settentrionale)

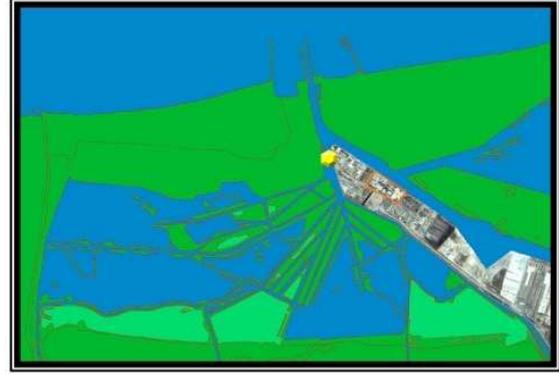
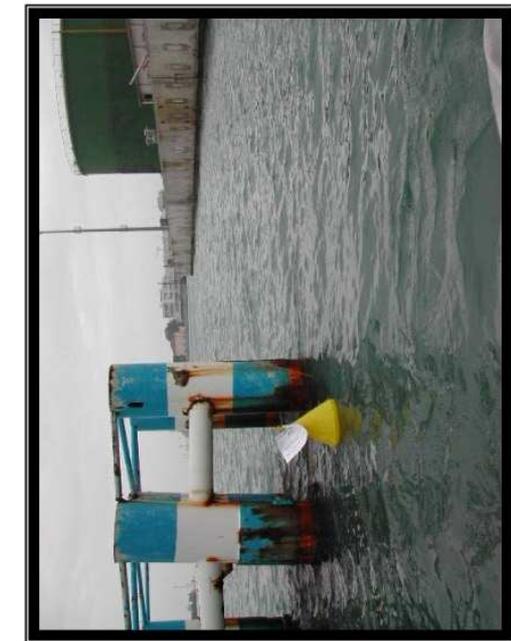
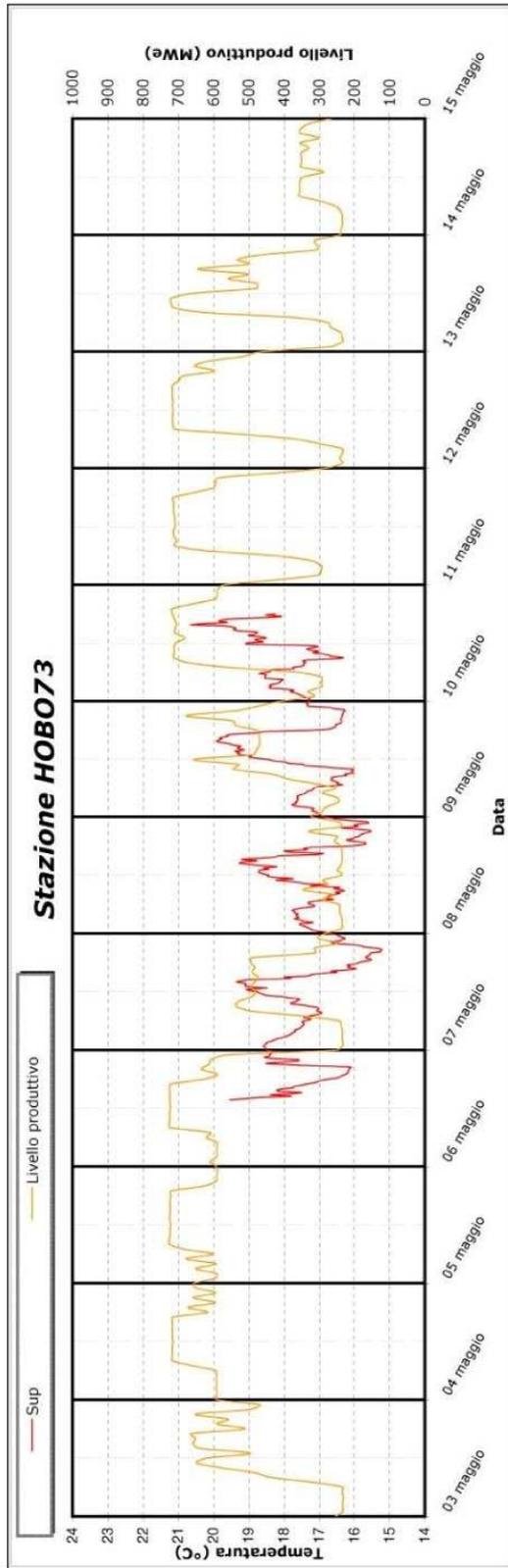


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 760229 m
 Northing: 4931425 m

Note
 Stazione posizionata in sostituzione
 della HOB058, salpata alle 18:00 del
 10 maggio



Porto Corsini (RA) 3 - 14 maggio 2010
Registrazioni di temperatura della stazione termografica HOBO 73
(Porto Canale di Ravenna - Attracco navi gastere)



Coordinate WGS84 UTM Fuso 32
 Easting: 760120 m
 Northing: 4931598 m

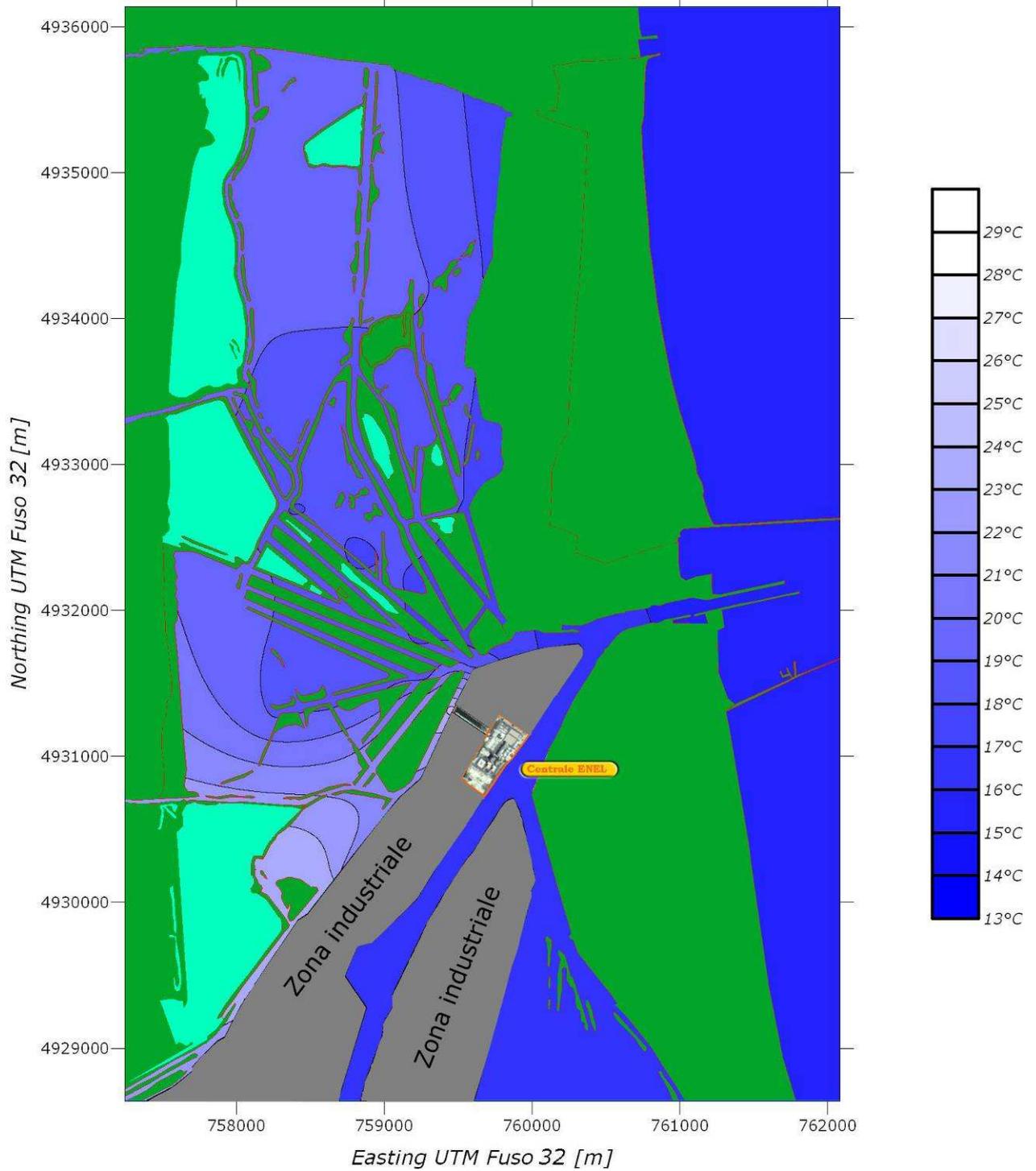
Note

Stazione posizionata in sostituzione della HOB055; anch'essa rinvenuta danneggiata, con perdita dei sensori intermedio e di fondo; salpata alle 18:00 del 10 maggio

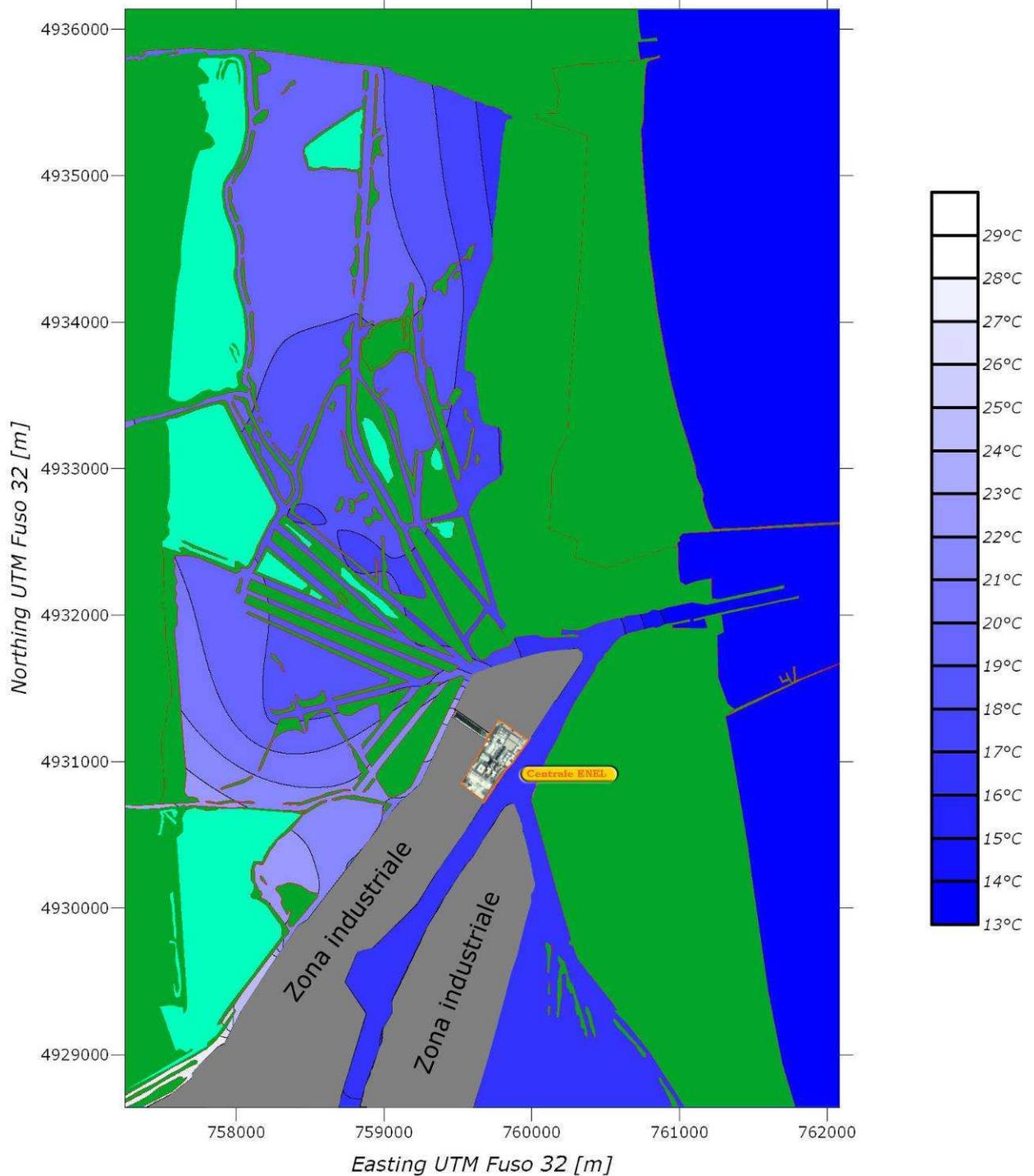


APPENDICE 2 - Mappe di temperatura

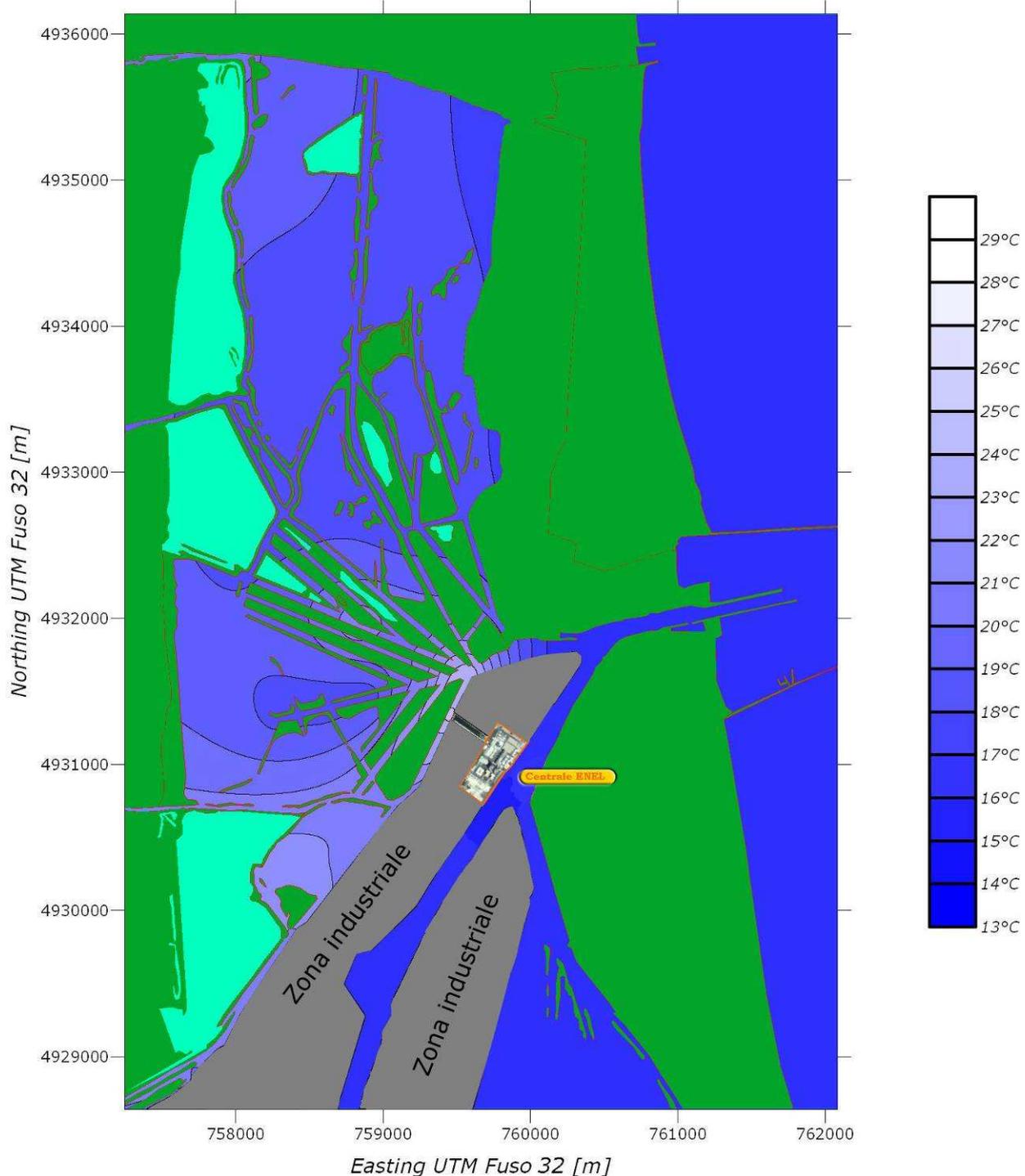
**Porto Corsini - 4 maggio 2010 ore 6:00
quadratura - minimo di marea - sonda superficiale**



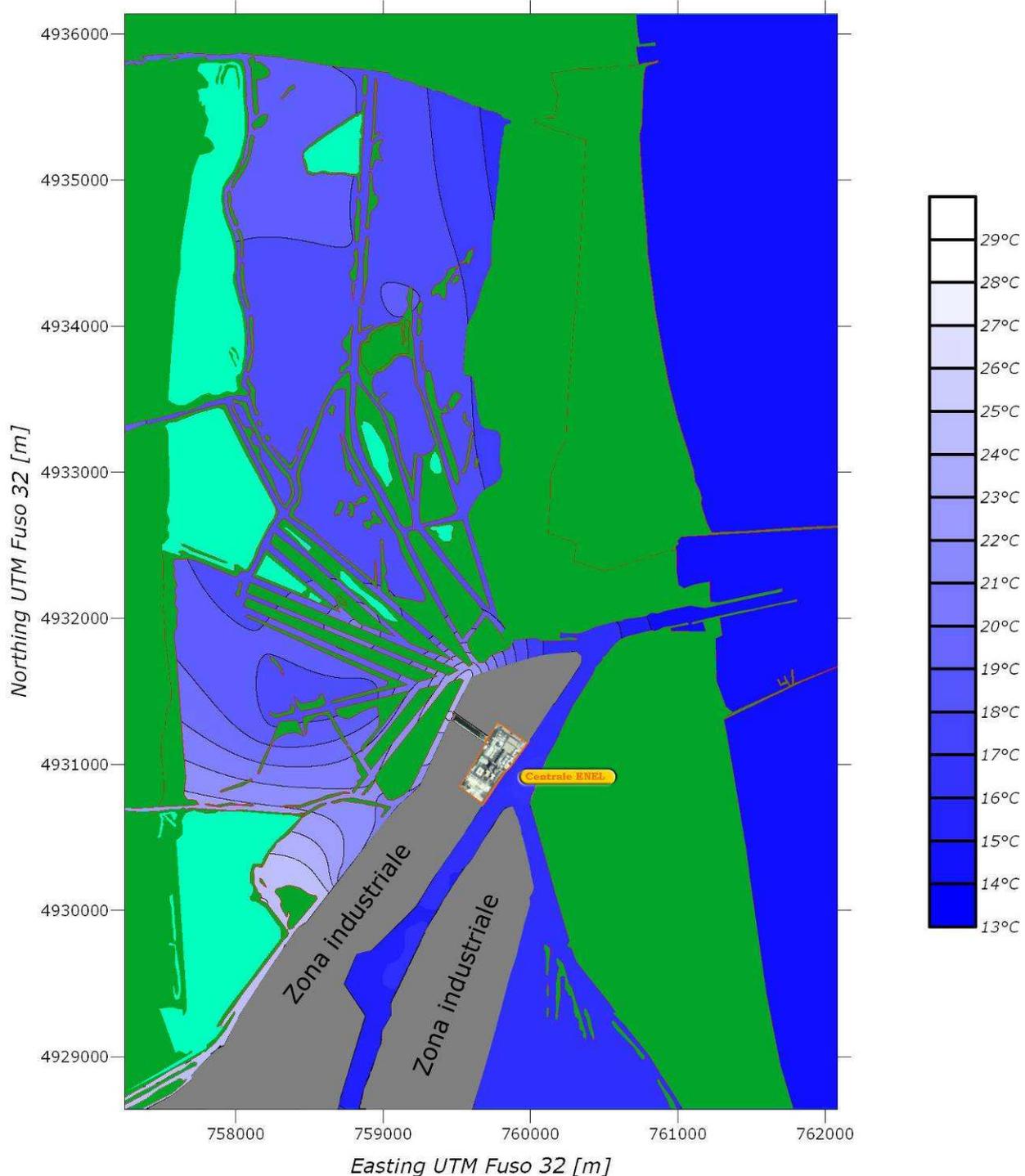
**Porto Corsini - 4 maggio 2010 ore 6:00
quadratura - minimo di marea - sonda intermedia**



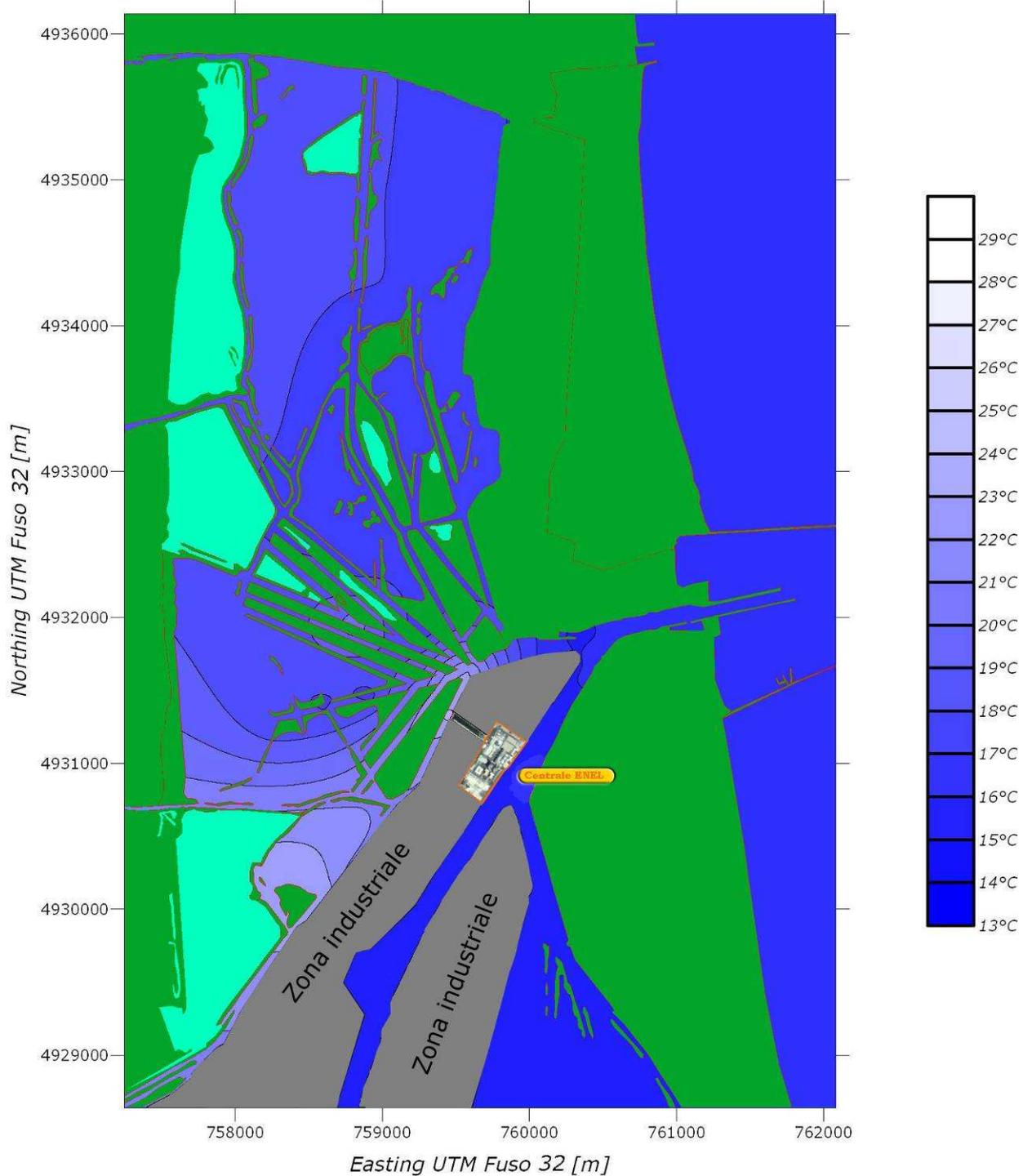
**Porto Corsini - 4 maggio 2010 ore 10:00
quadratura - minimo di marea - sonda superficiale**



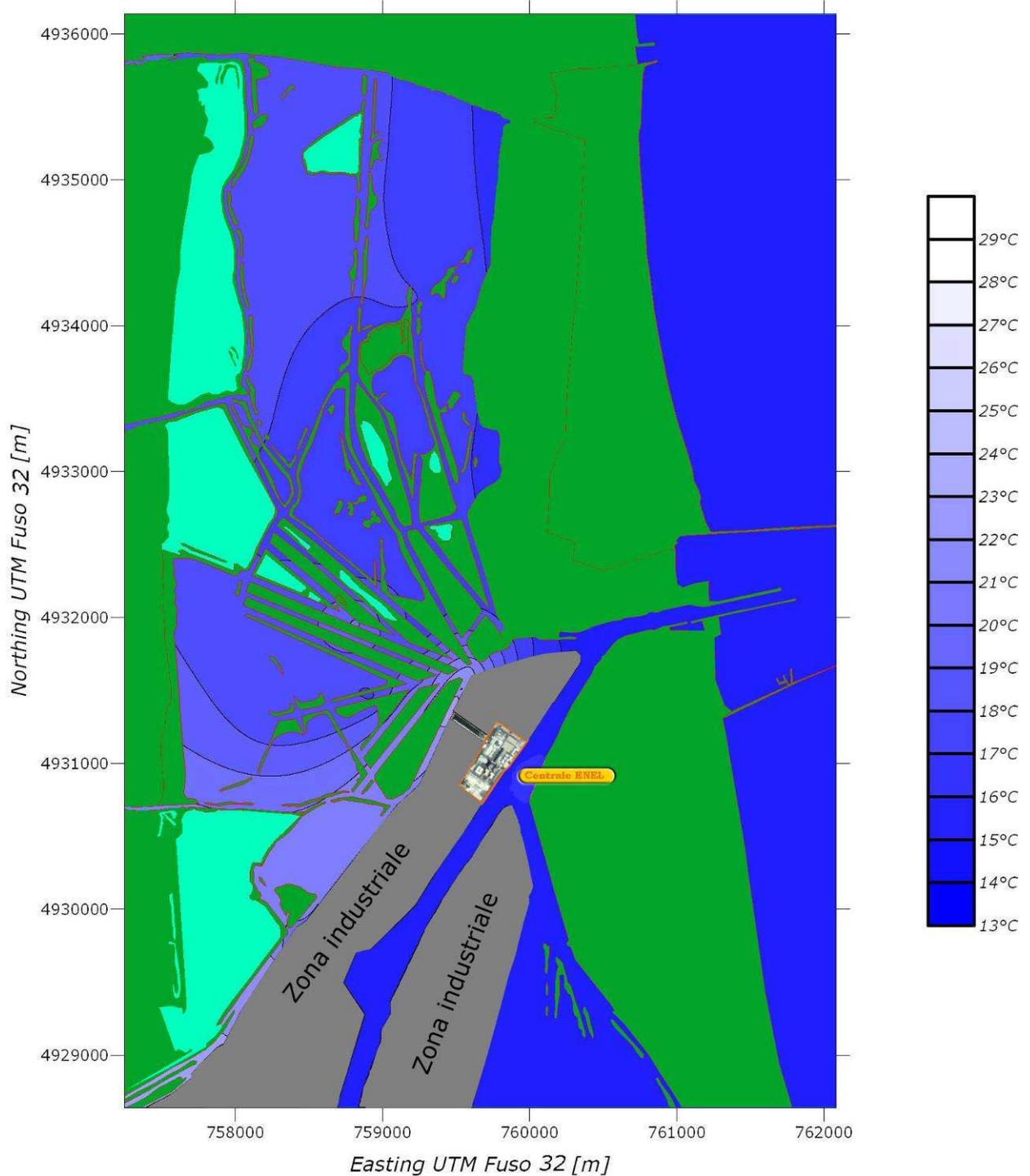
**Porto Corsini - 4 maggio 2010 ore 10:00
quadratura - minimo di marea - sonda intermedia**



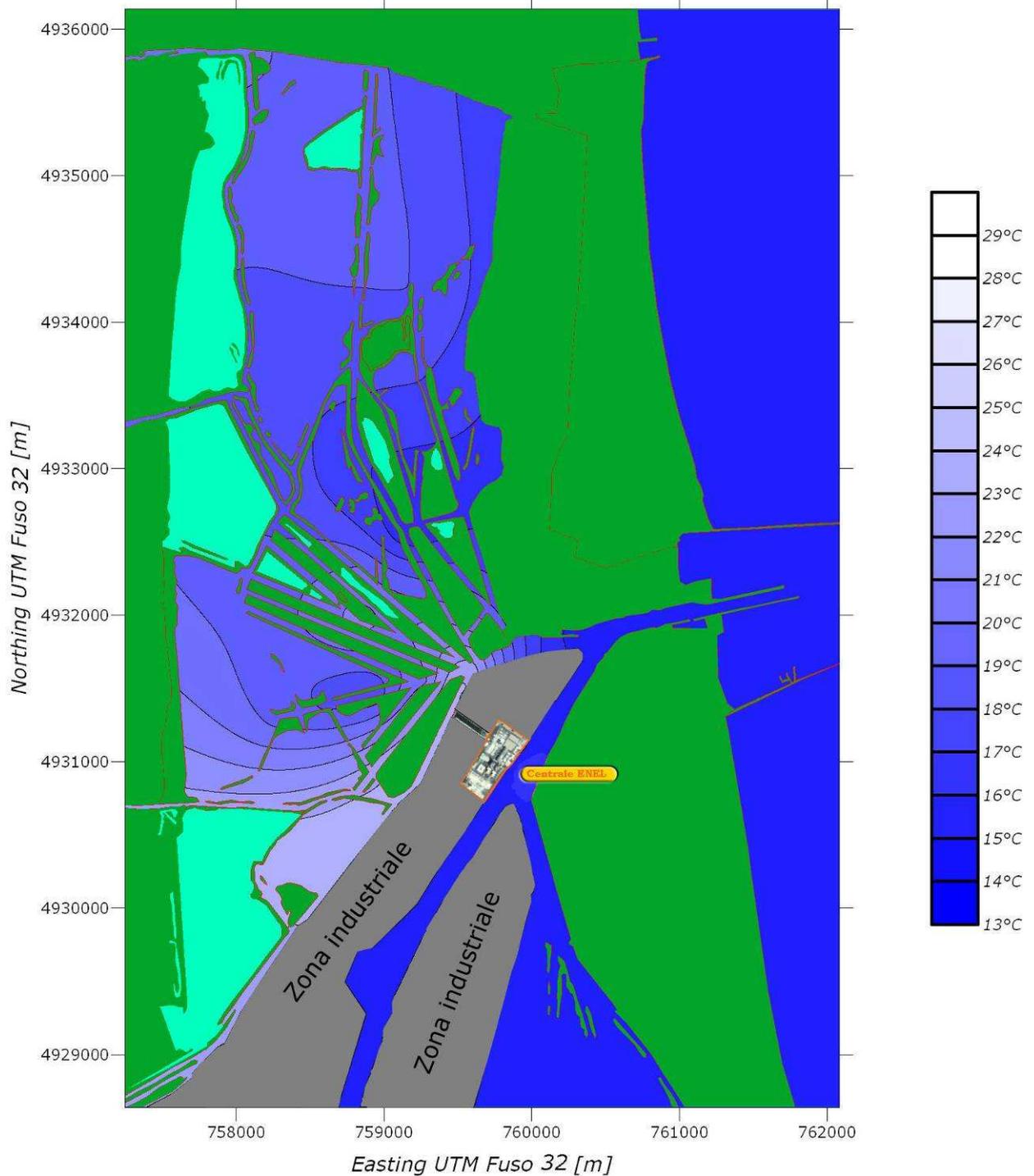
**Porto Corsini - 5 maggio 2010 ore 9:00
quadratura - stanca di marea - sonda superficiale**



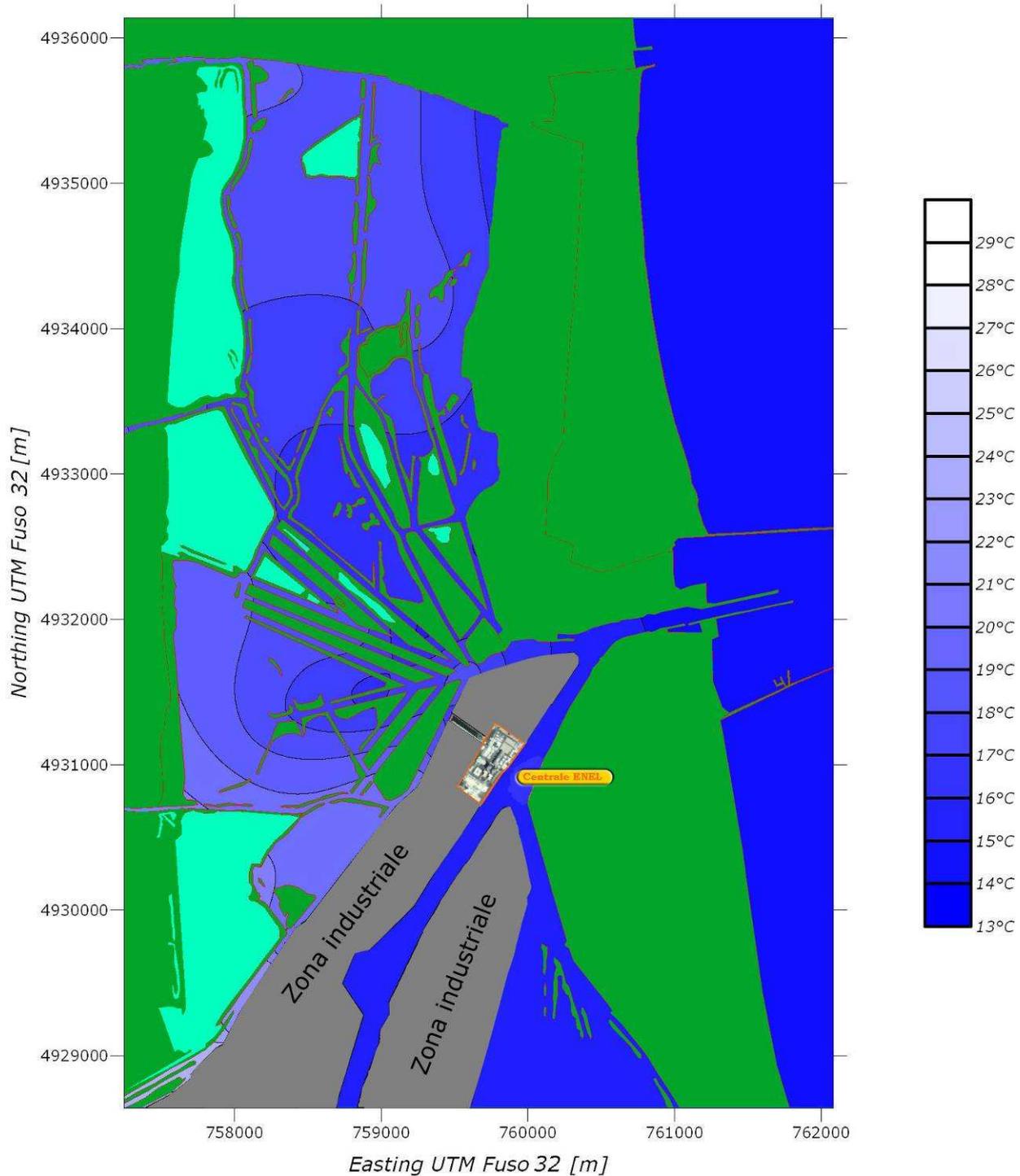
**Porto Corsini - 5 maggio 2010 ore 9:00
quadratura - stanca di marea - sonda intermedia**



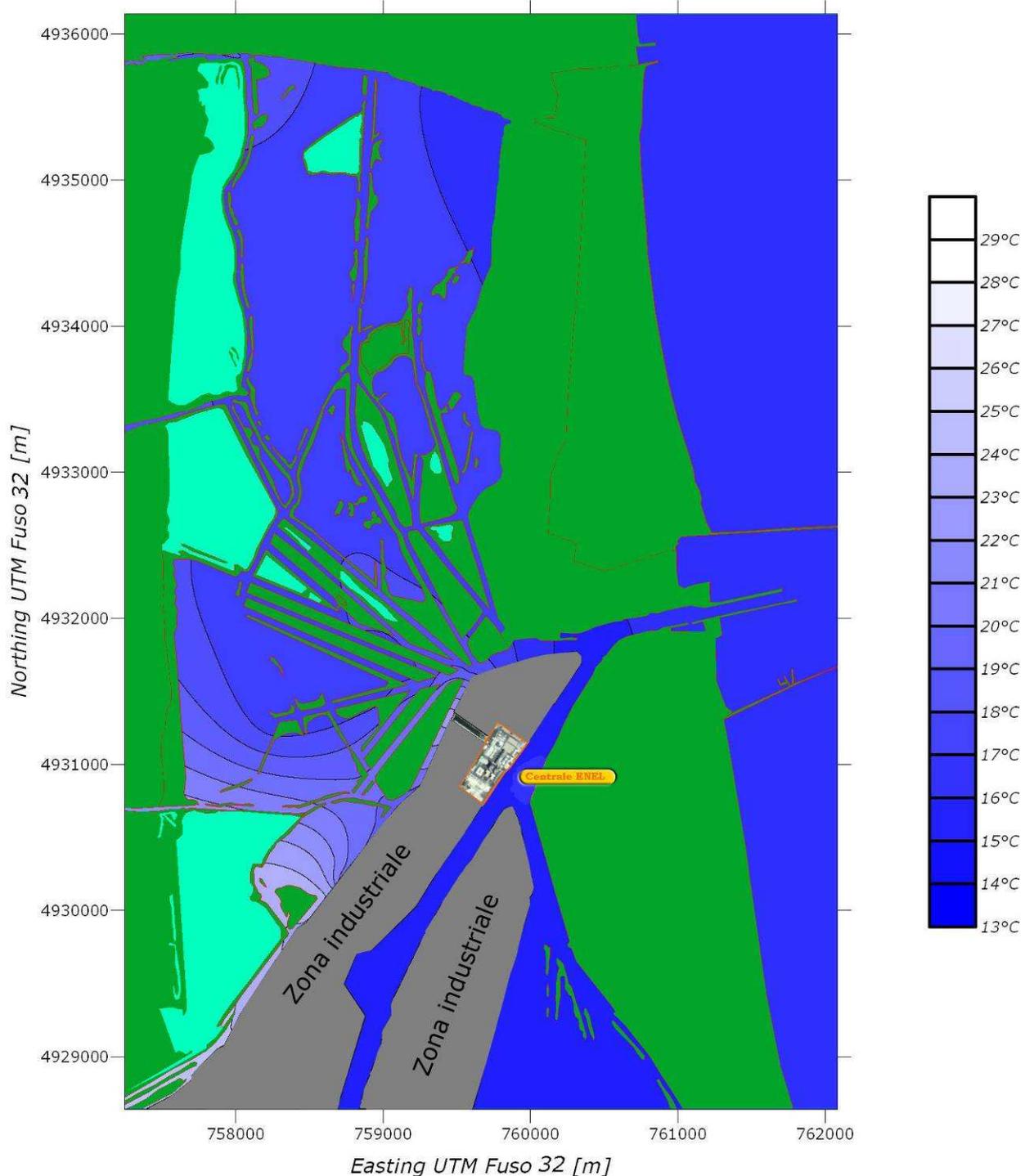
**Porto Corsini - 5 maggio 2010 ore 17:00
quadratura - massimo di marea - sonda superficiale**



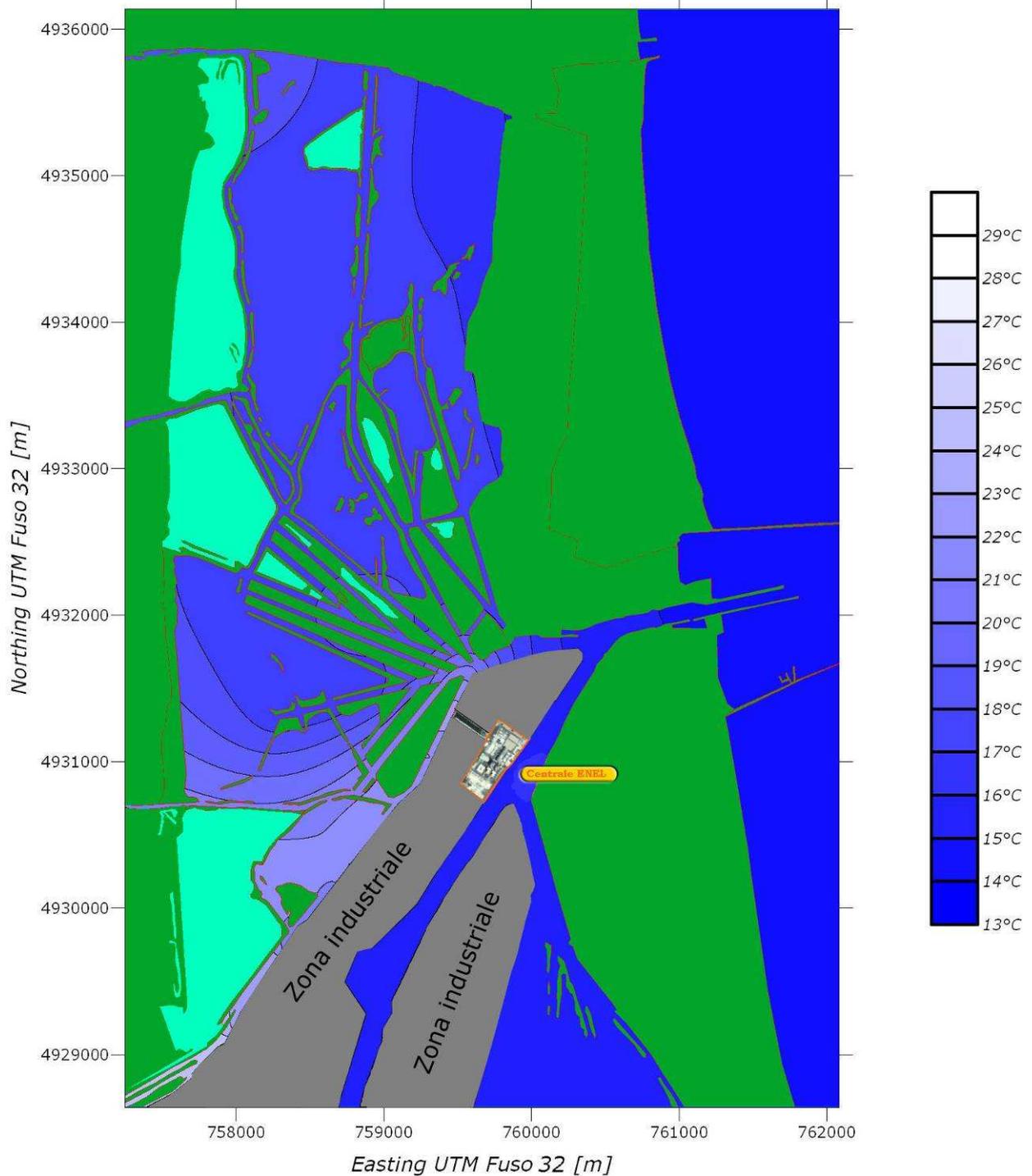
Porto Corsini - 5 maggio 2010 ore 17:00
quadratura - massimo di marea - sonda intermedia



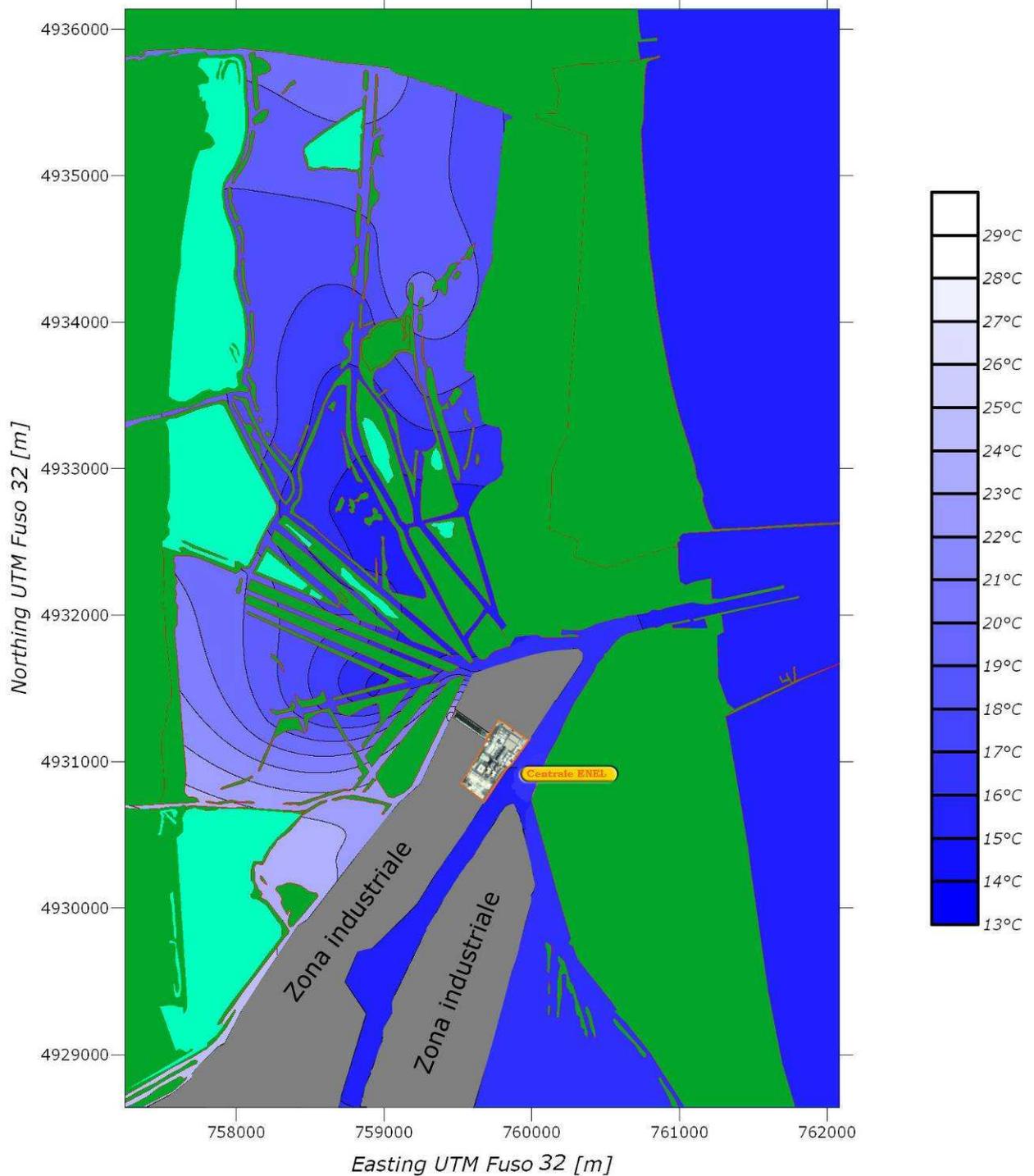
**Porto Corsini - 6 maggio 2010 ore 11:00
quadratura - minimo di marea - sonda superficiale**



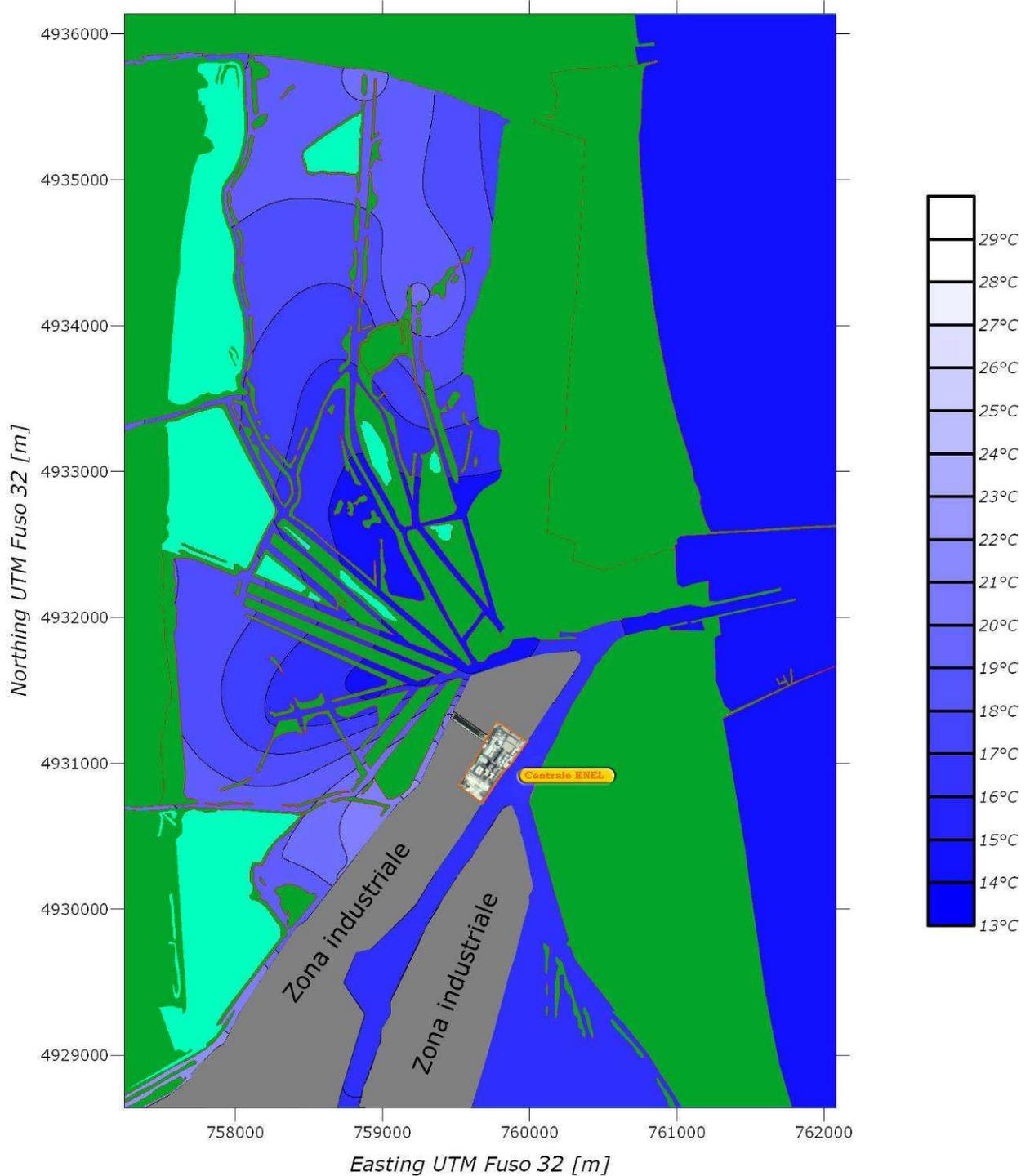
**Porto Corsini - 6 maggio 2010 ore 11:00
quadratura - minimo di marea - sonda intermedia**



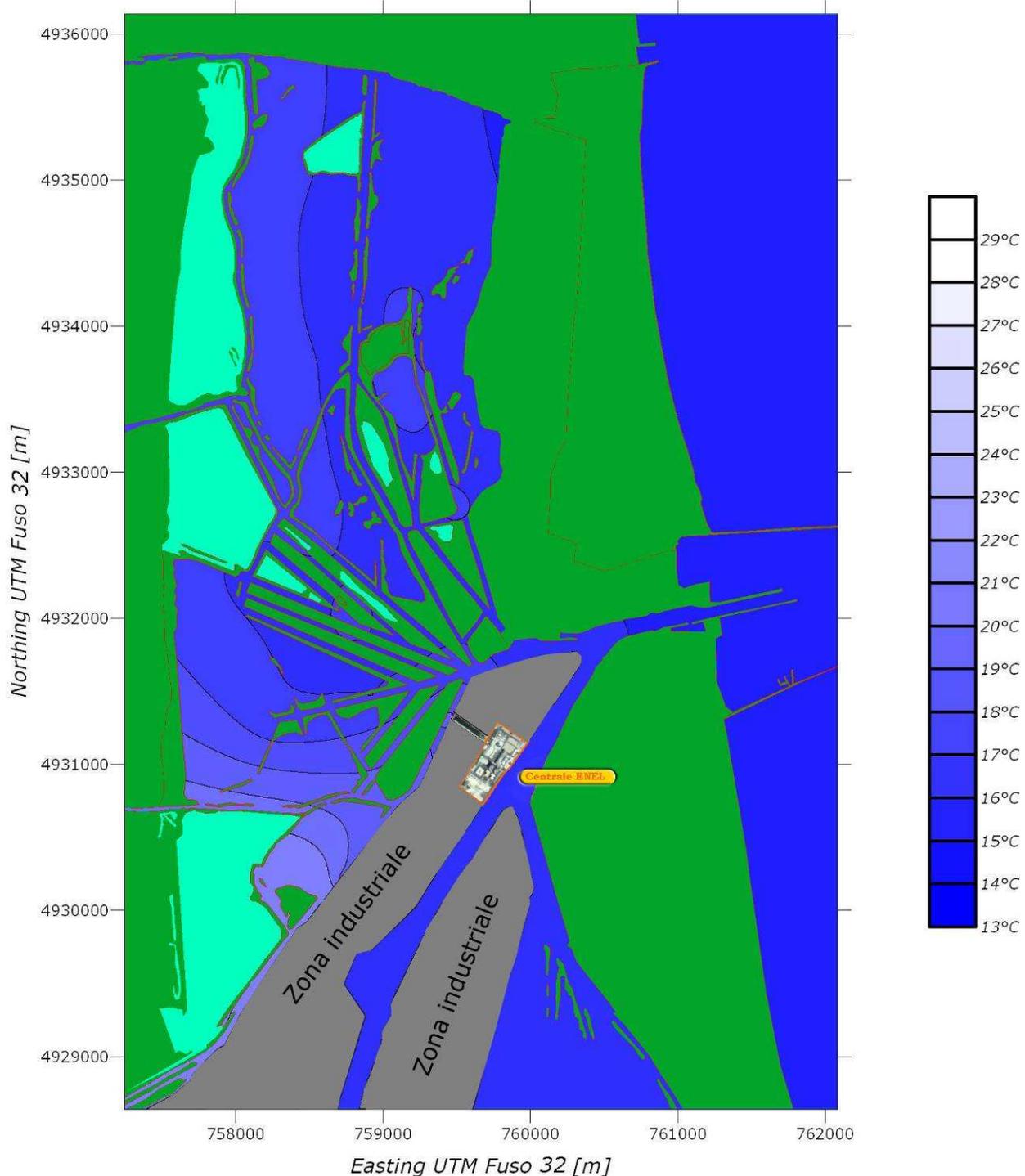
**Porto Corsini - 6 maggio 2010 ore 17:00
quadratura - massimo di marea - sonda superficiale**



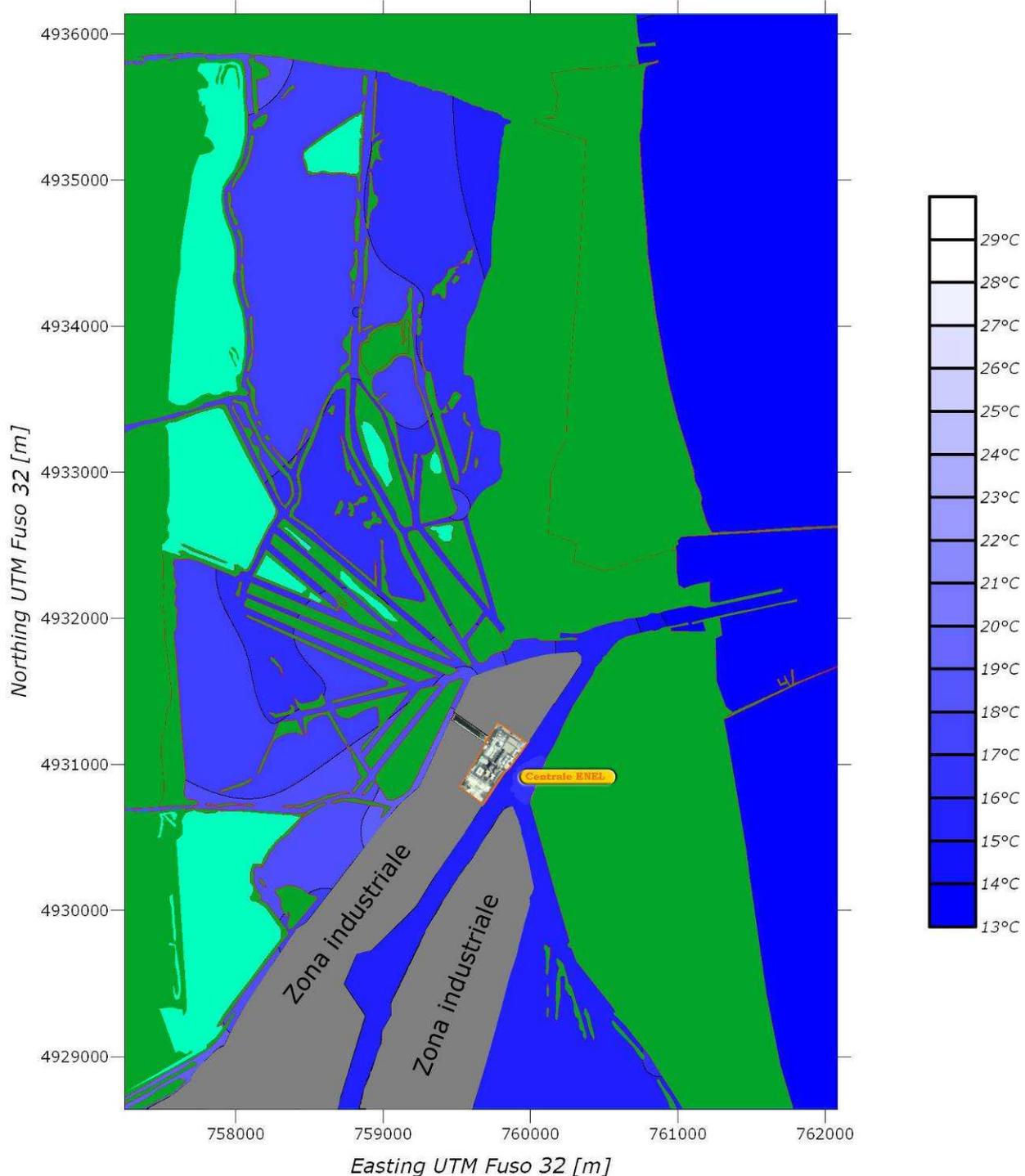
**Porto Corsini - 6 maggio 2010 ore 17:00
quadratura - massimo di marea - sonda intermedia**



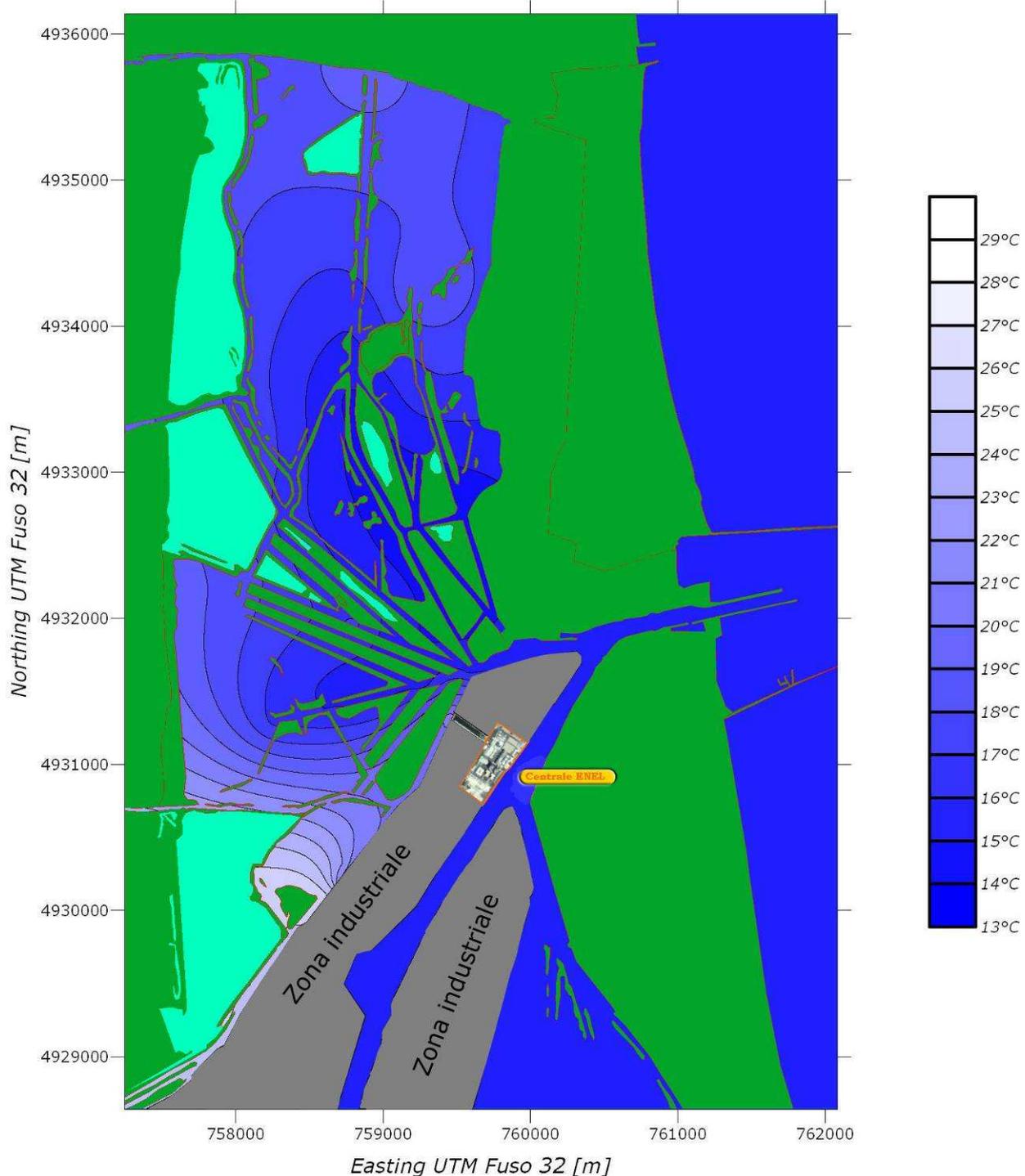
**Porto Corsini - 7 maggio 2010 ore 4:00
quadratura - minimo di marea - sonda superficiale**



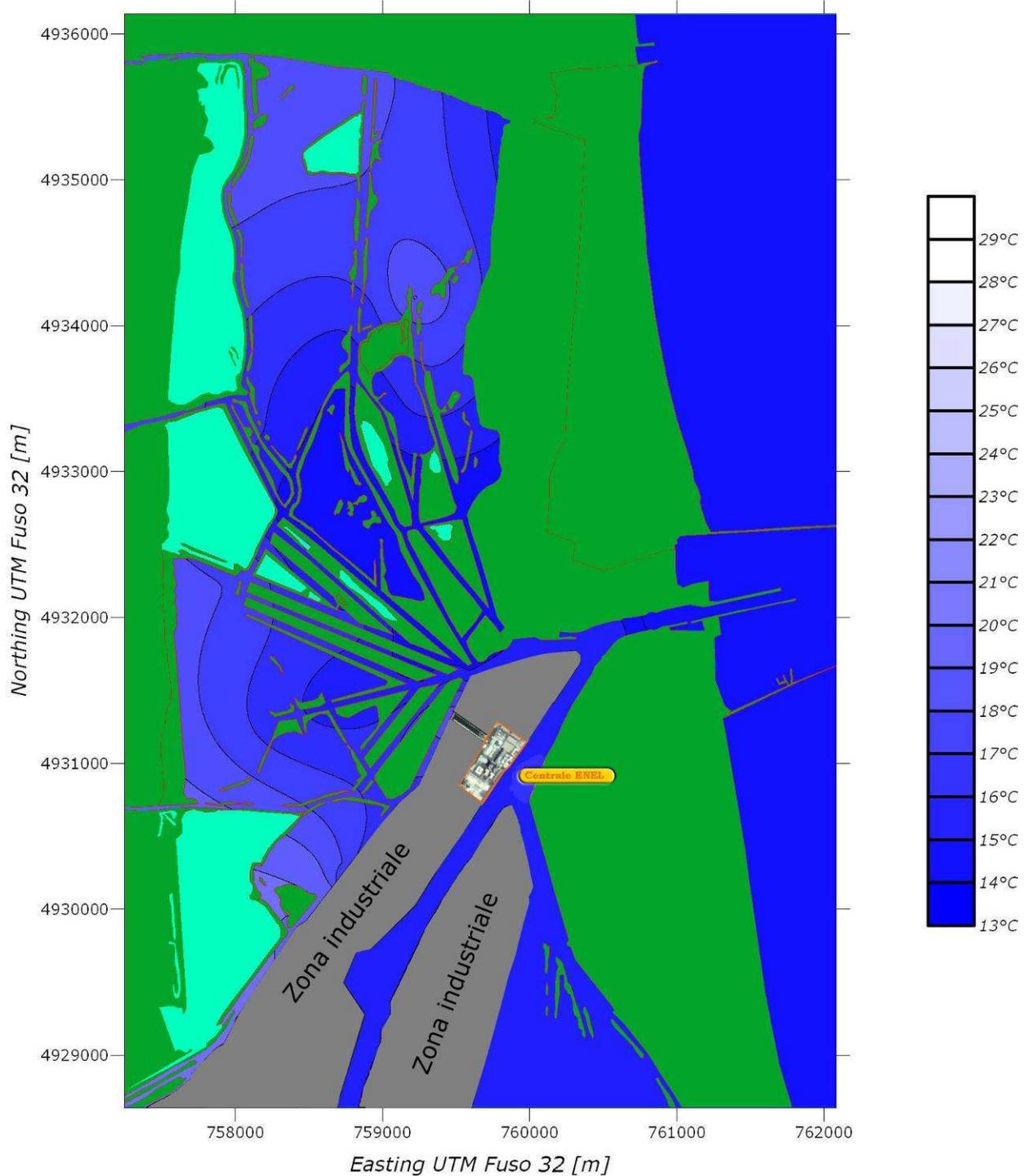
**Porto Corsini - 7 maggio 2010 ore 4:00
quadratura - minimo di marea - sonda intermedia**



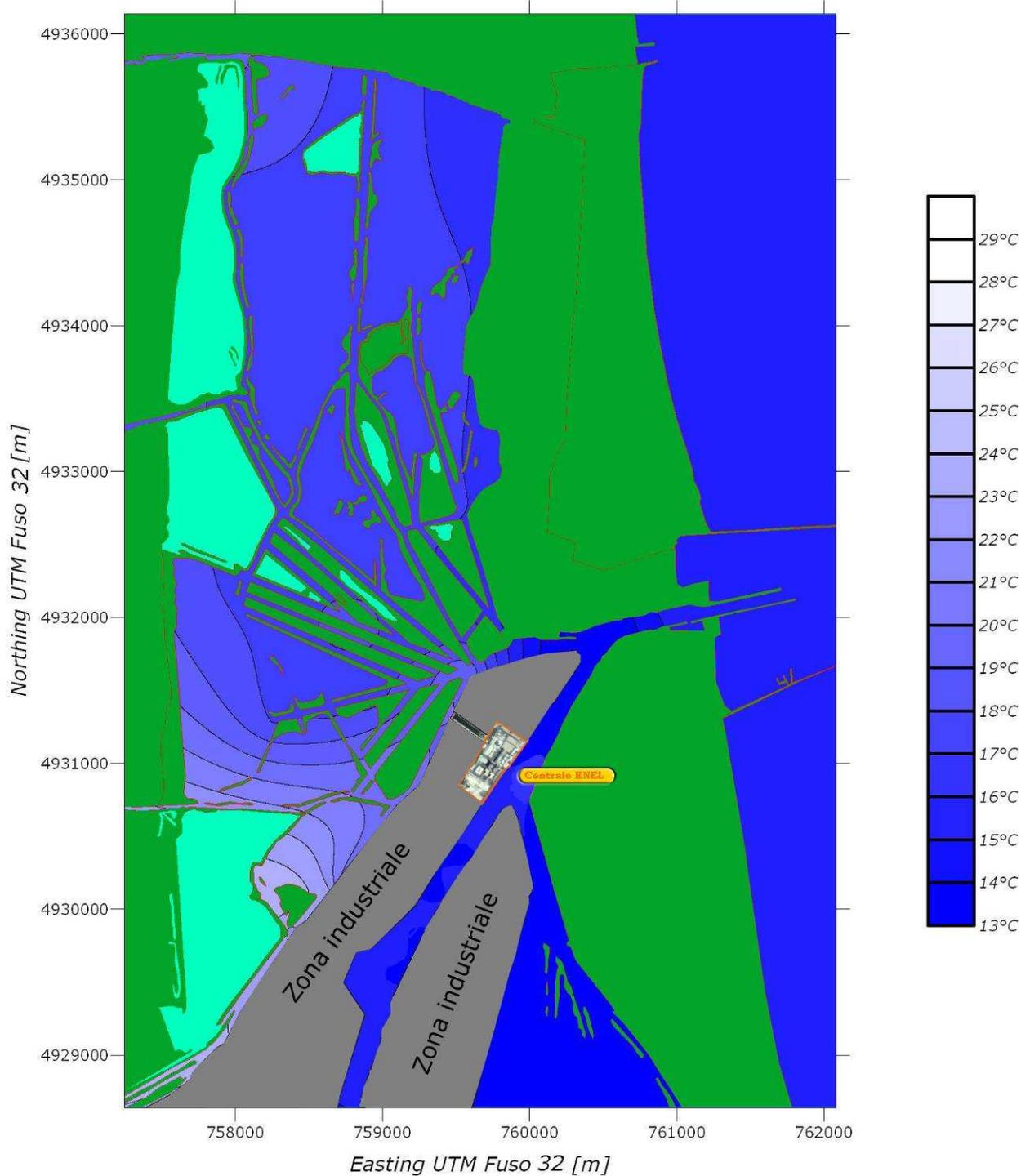
**Porto Corsini - 7 maggio 2010 ore 19:00
quadratura - massimo di marea - sonda superficiale**



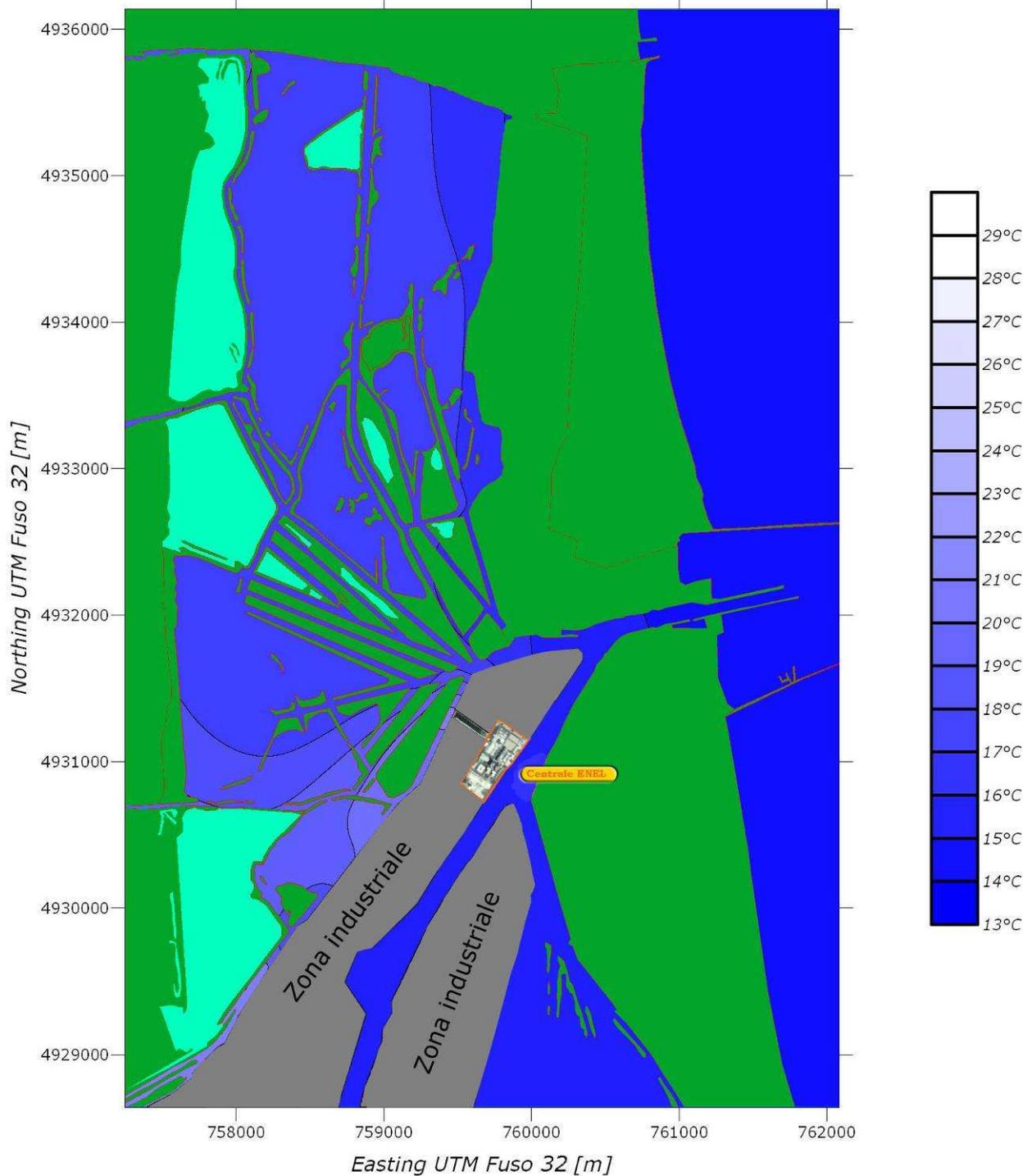
**Porto Corsini - 7 maggio 2010 ore 19:00
quadratura - massimo di marea - sonda intermedia**



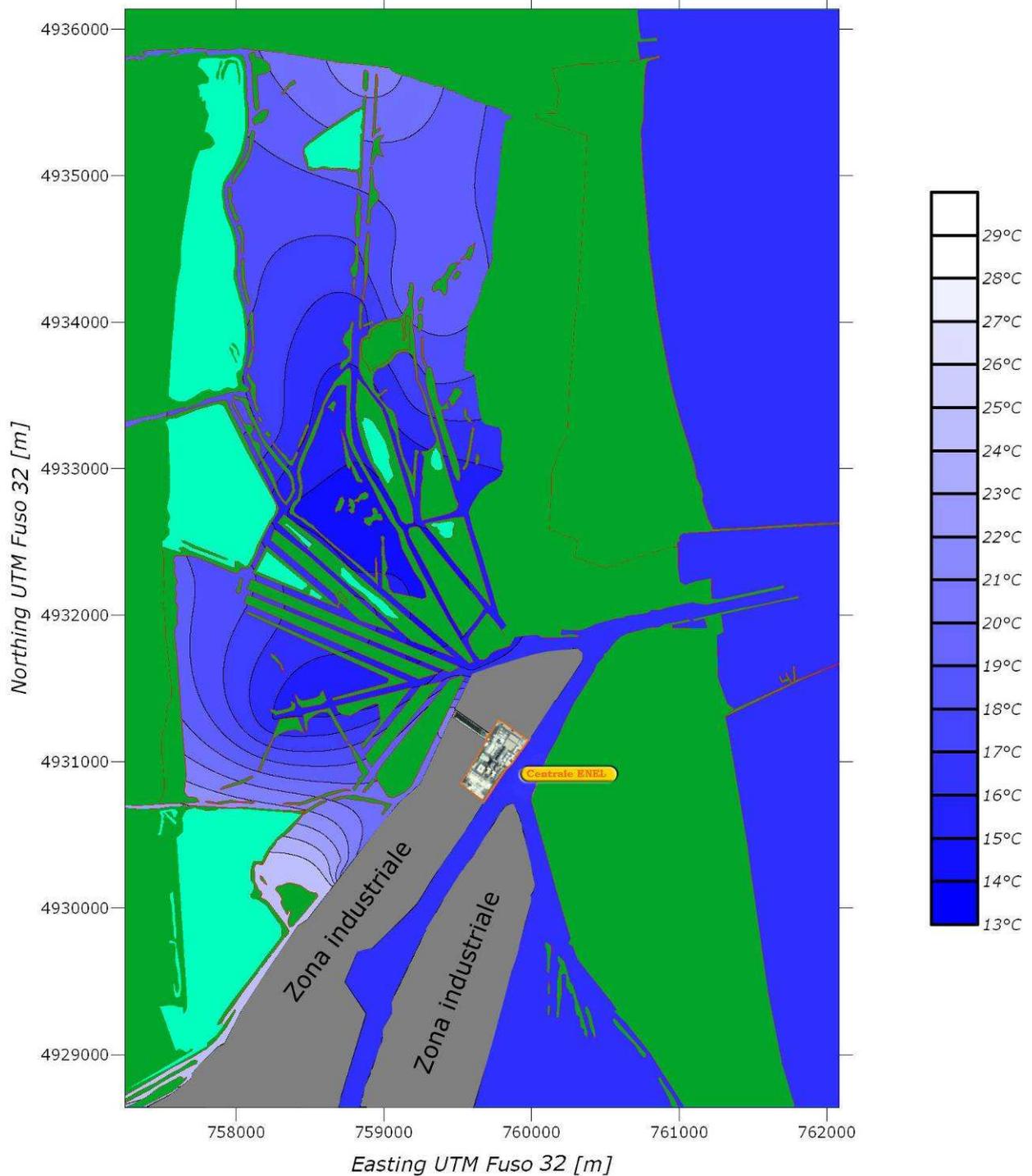
**Porto Corsini - 8 maggio 2010 ore 3:00
quadratura - minimo di marea - sonda superficiale**



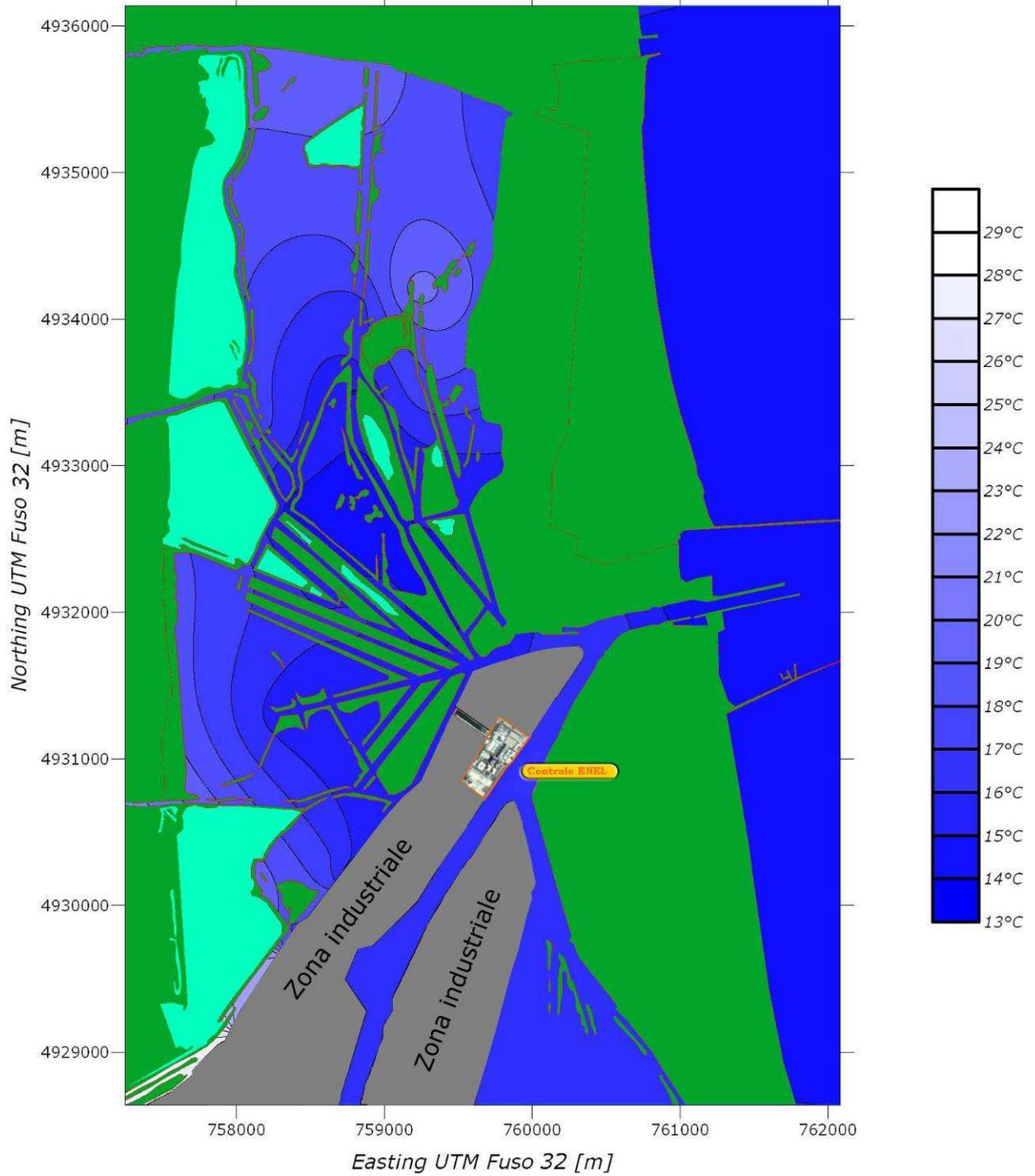
**Porto Corsini - 8 maggio 2010 ore 3:00
quadratura - minimo di marea - sonda intermedia**



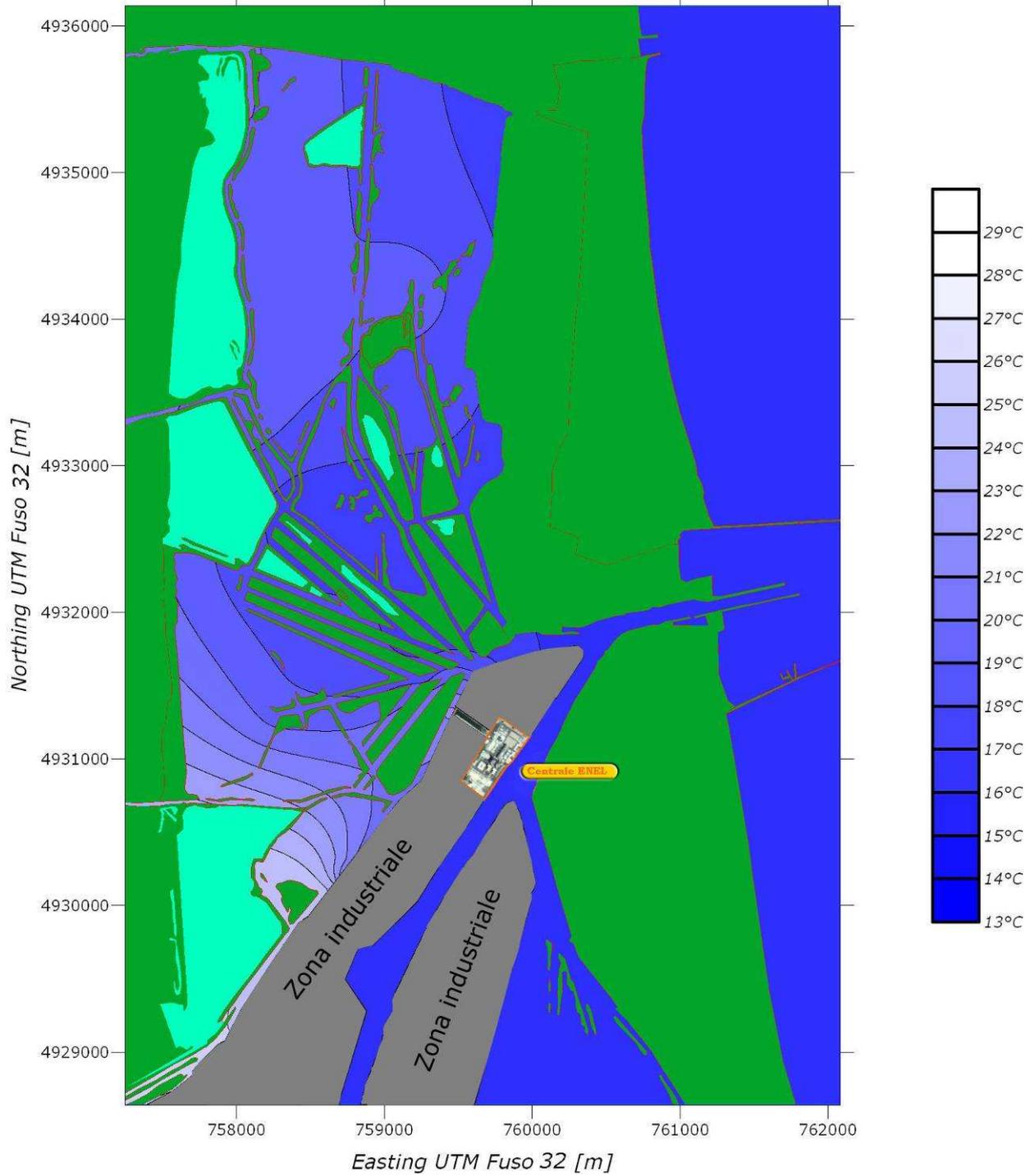
**Porto Corsini - 8 maggio 2010 ore 19:00
quadratura - massimo di marea - sonda superficiale**



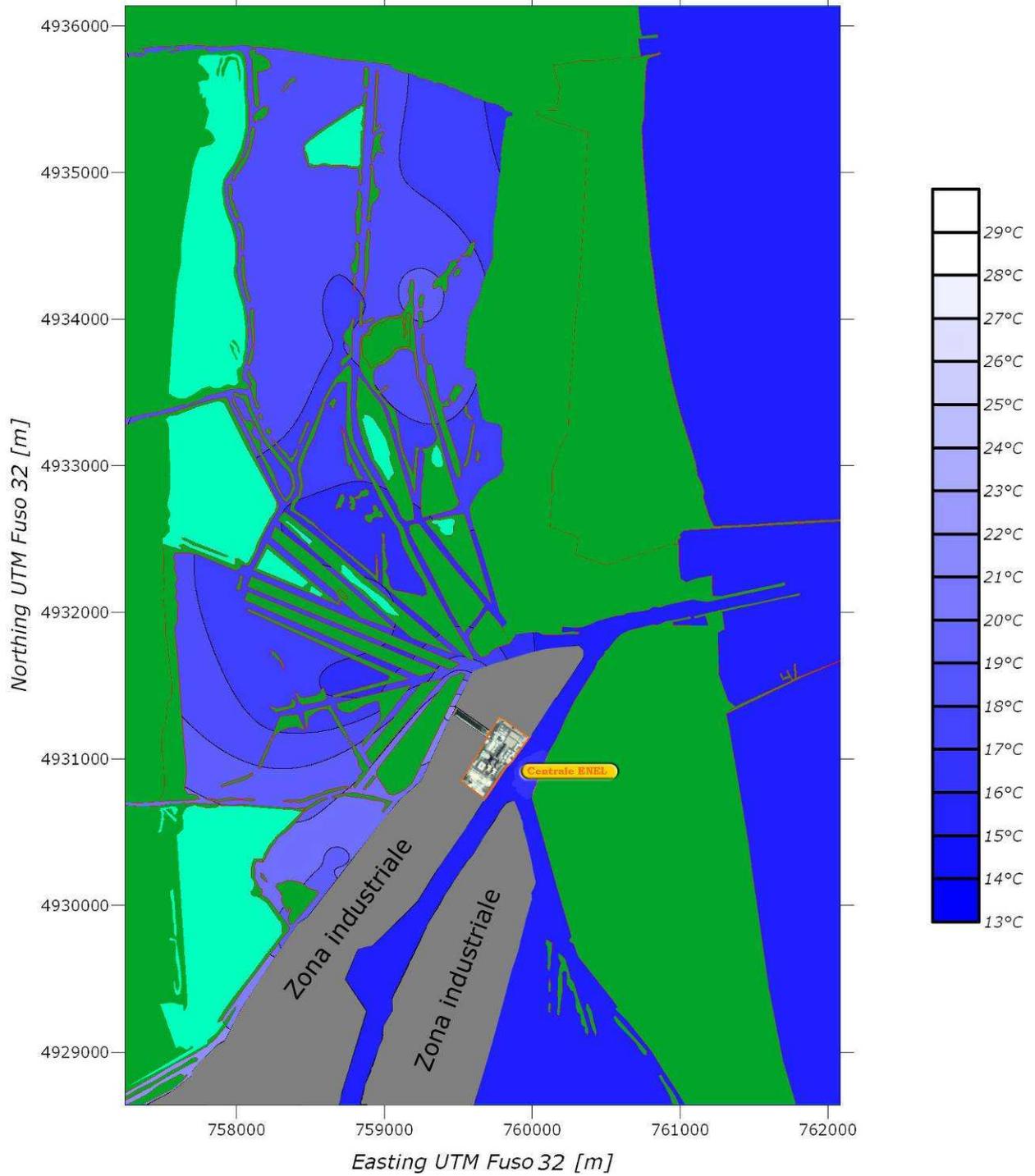
**Porto Corsini - 8 maggio 2010 ore 19:00
quadratura - massimo di marea - sonda intermedia**



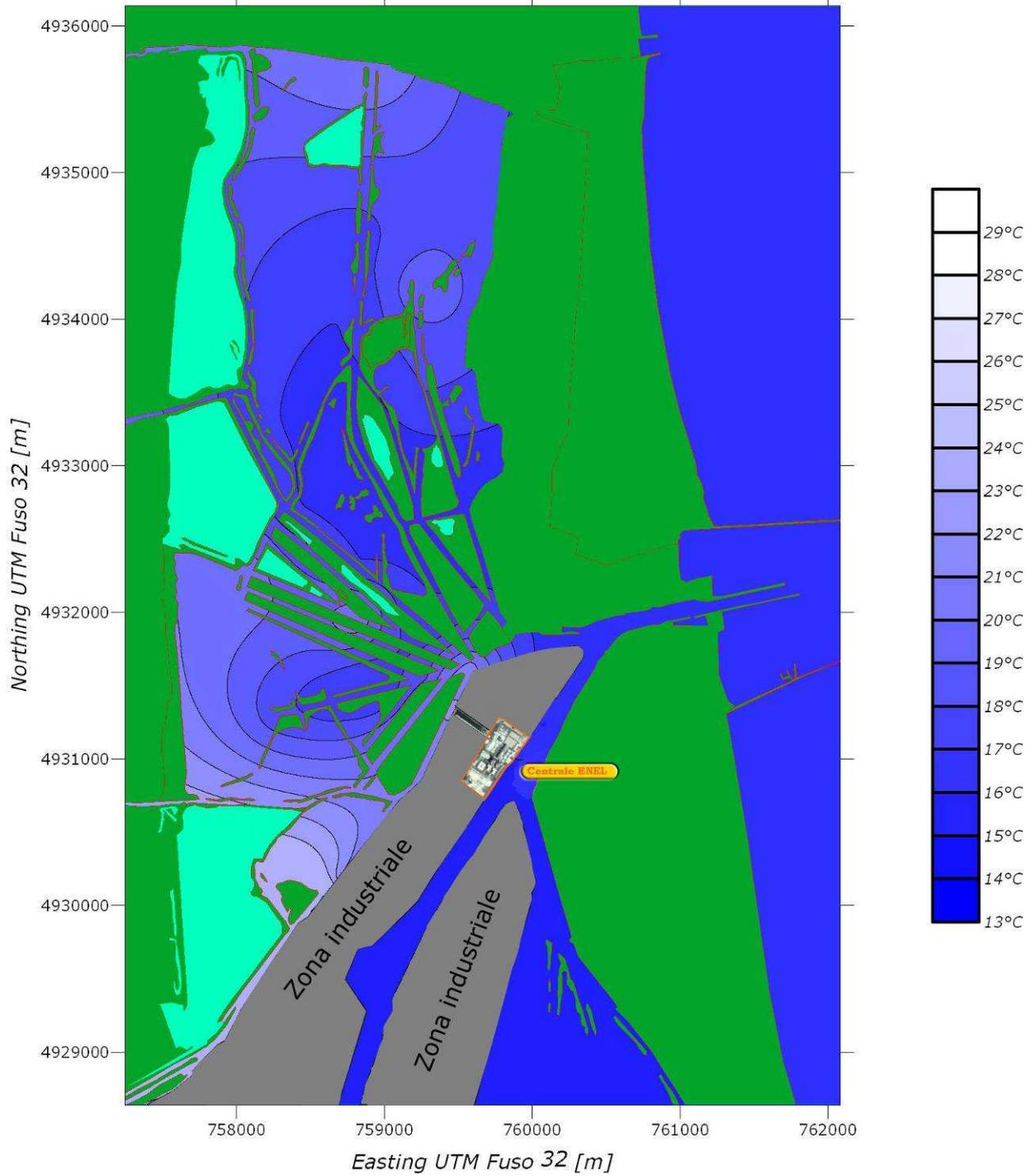
Porto Corsini - 9 maggio 2010 ore 12:00
sizigia - minimo di marea - sonda superficiale



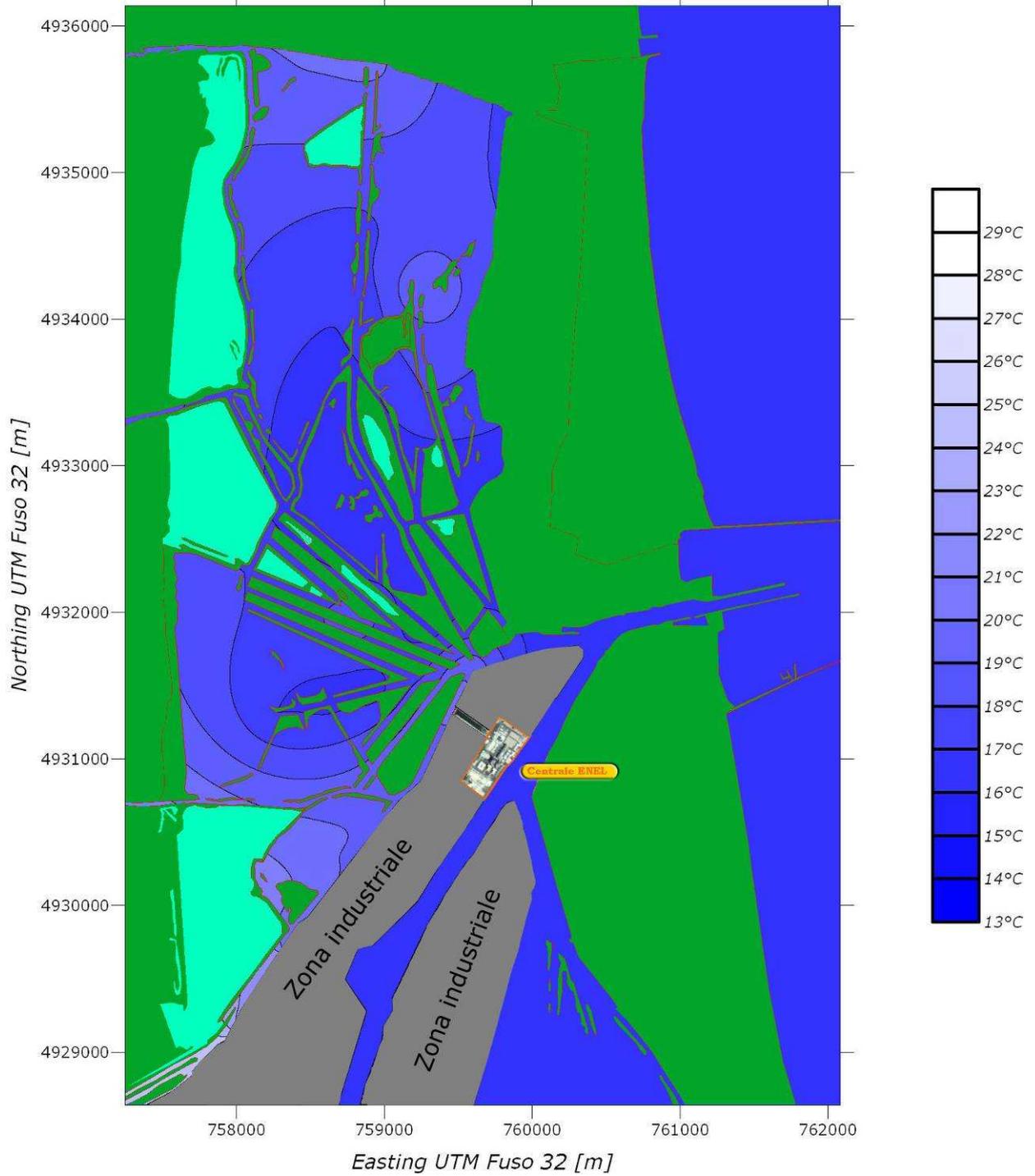
**Porto Corsini - 9 maggio 2010 ore 12:00
sizigia - minimo di marea - sonda intermedia**



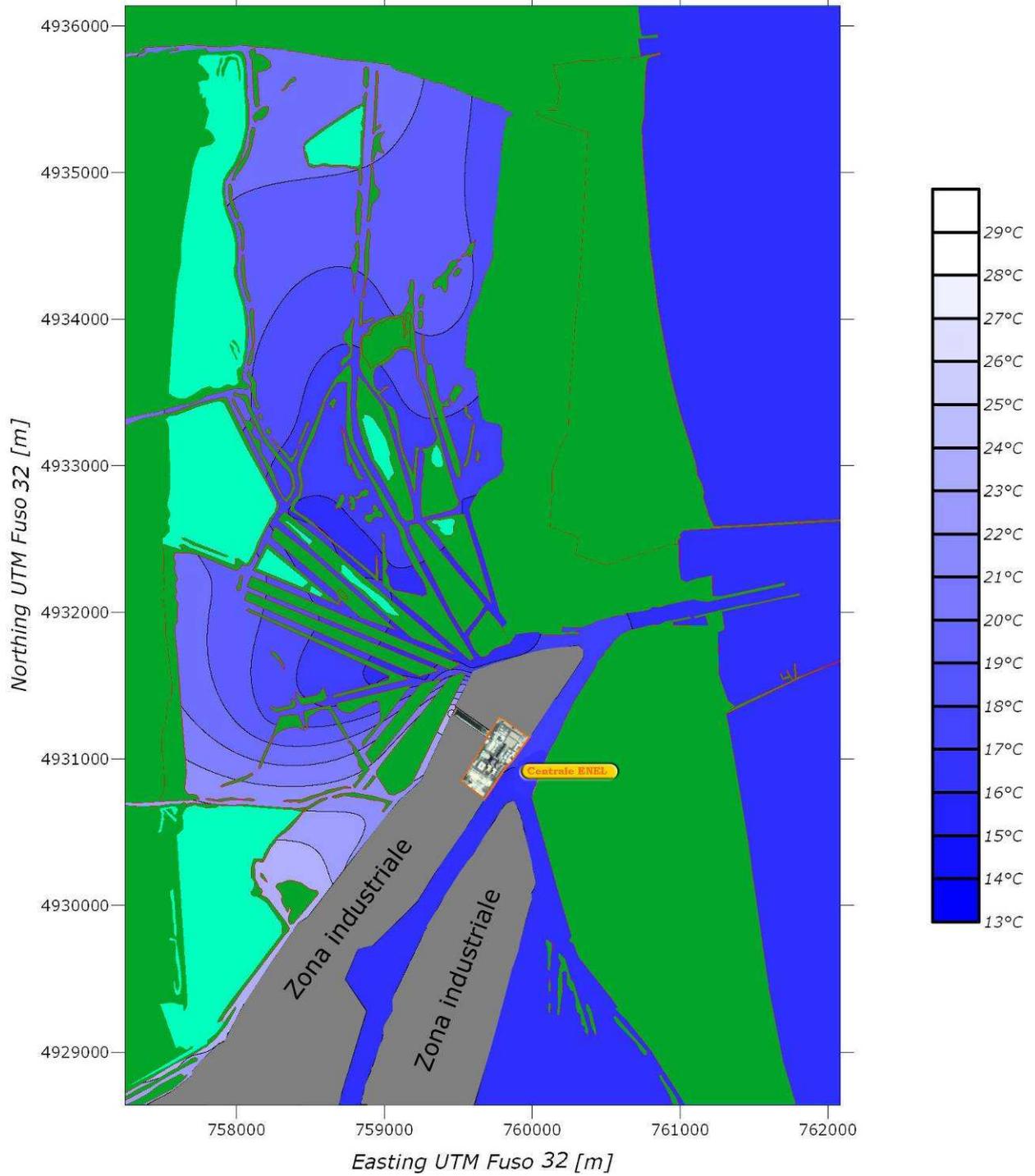
**Porto Corsini - 9 maggio 2010 ore 21:00
sizigia - massimo di marea - sonda superficiale**



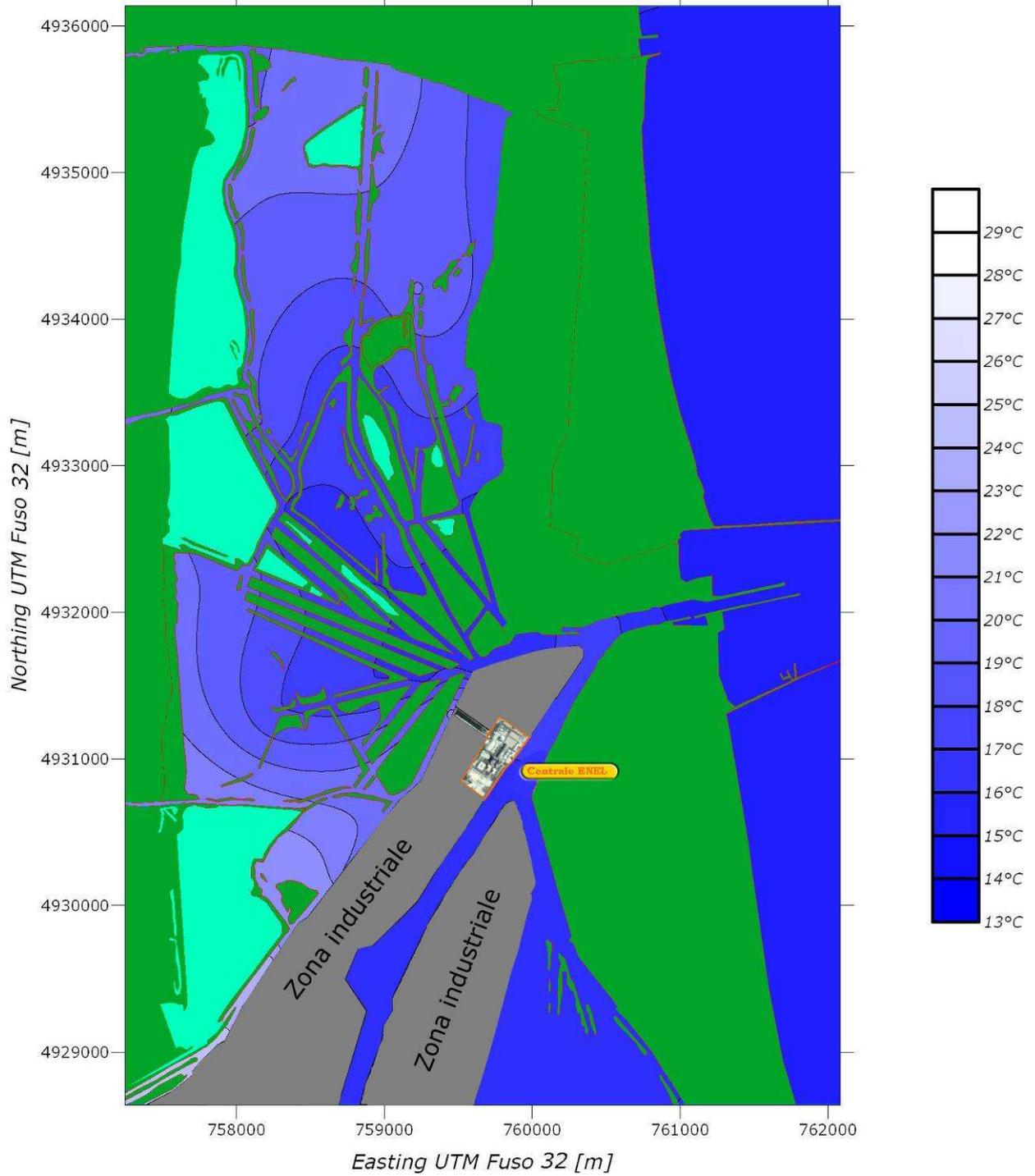
**Porto Corsini - 9 maggio 2010 ore 21:00
sizigia - massimo di marea - sonda intermedia**



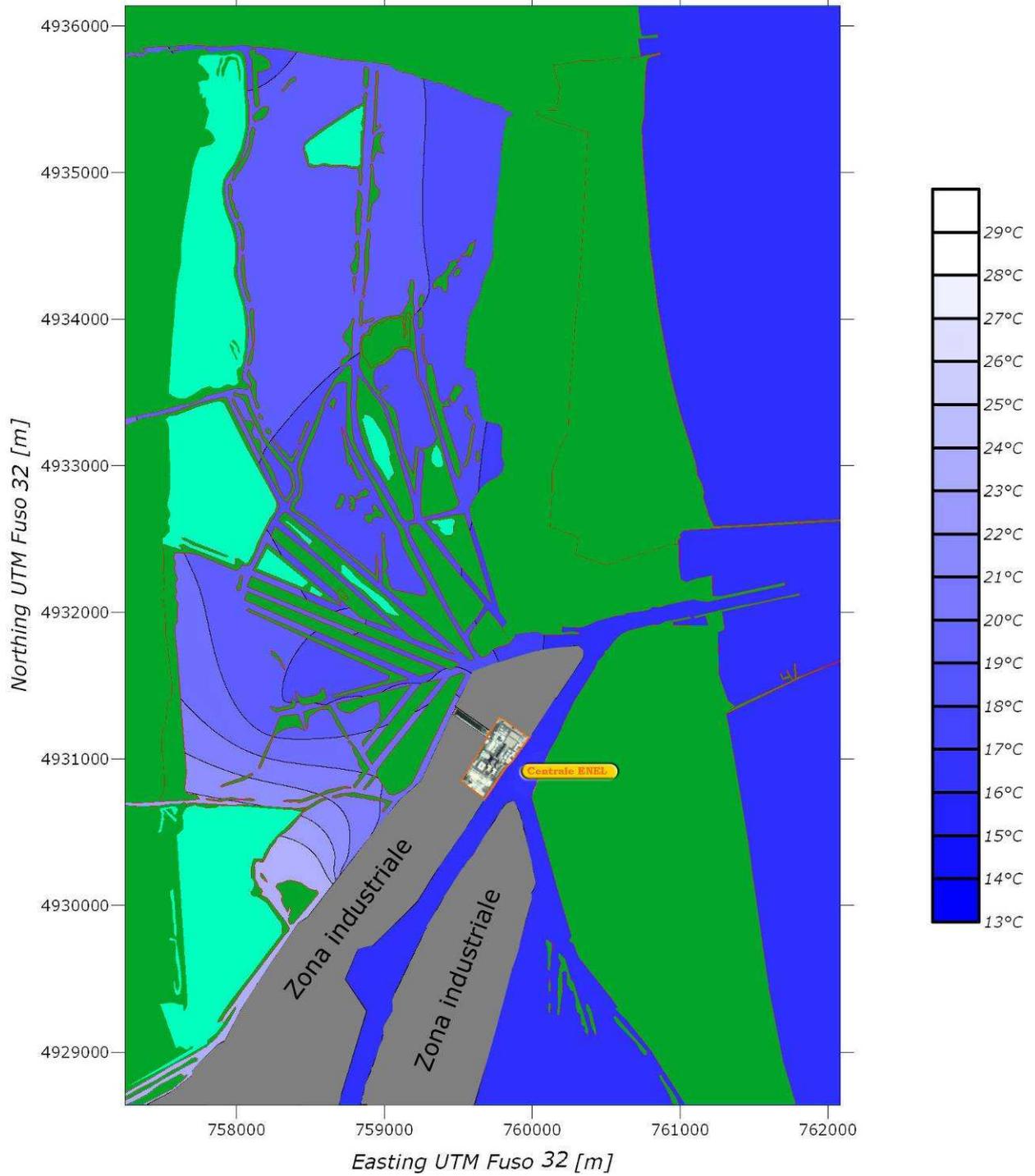
**Porto Corsini - 10 maggio 2010 ore 19:00
sizigia - marea crescente - sonda superficiale**



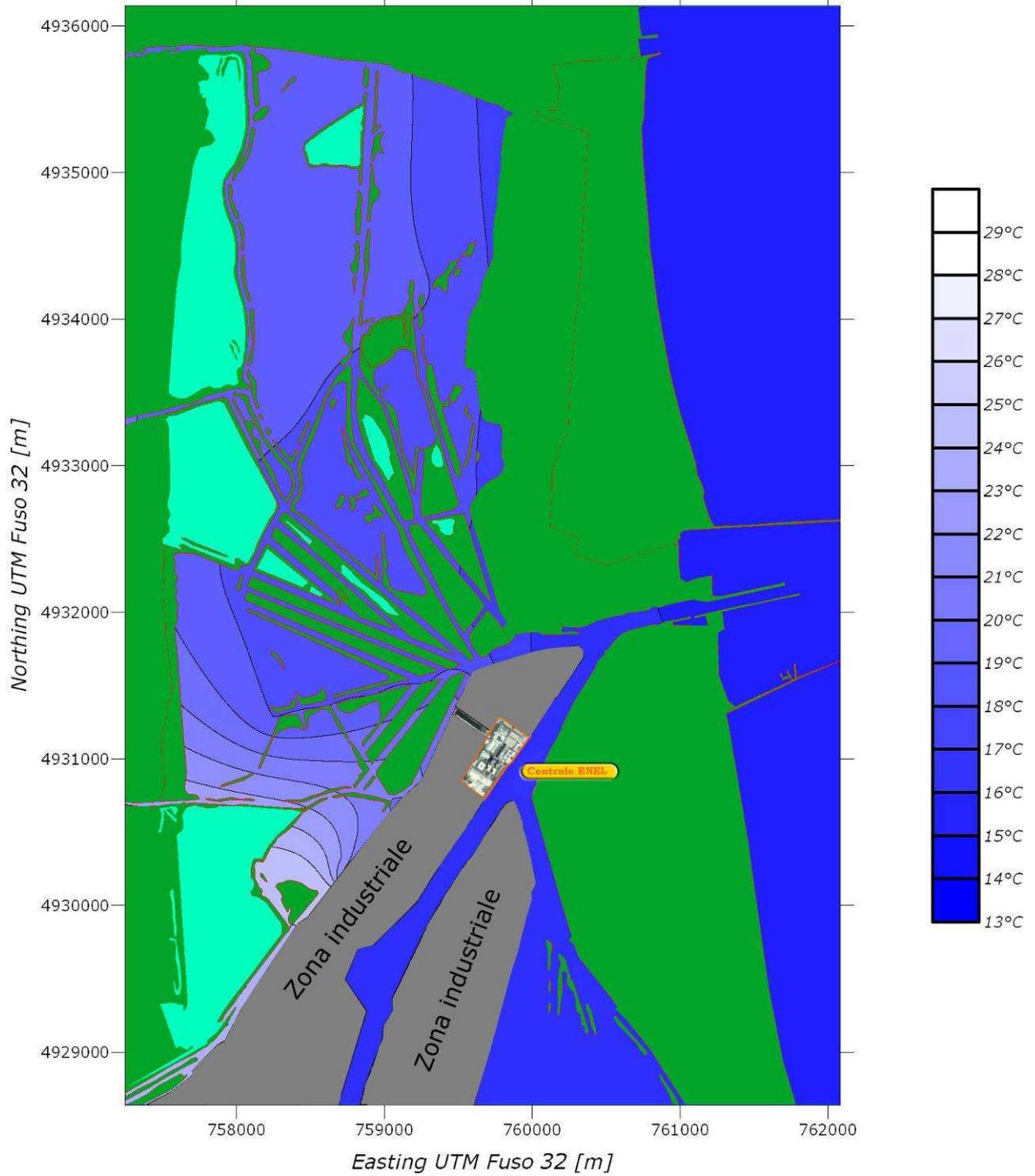
Porto Corsini - 10 maggio 2010 ore 19:00
sizigia - marea crescente - sonda intermedia



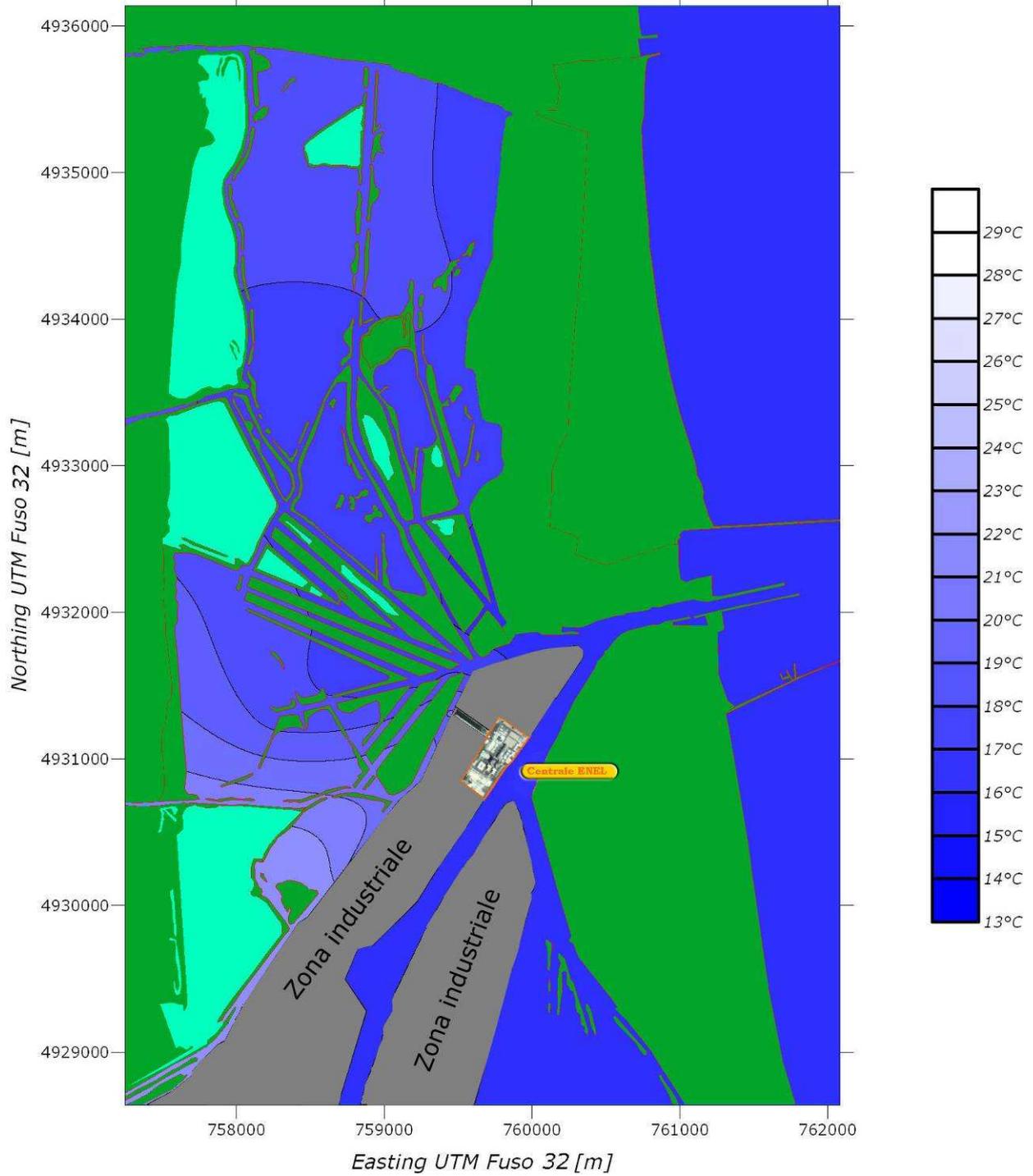
**Porto Corsini - 11 maggio 2010 ore 4:00
sizigia - minimo di marea - sonda superficiale**



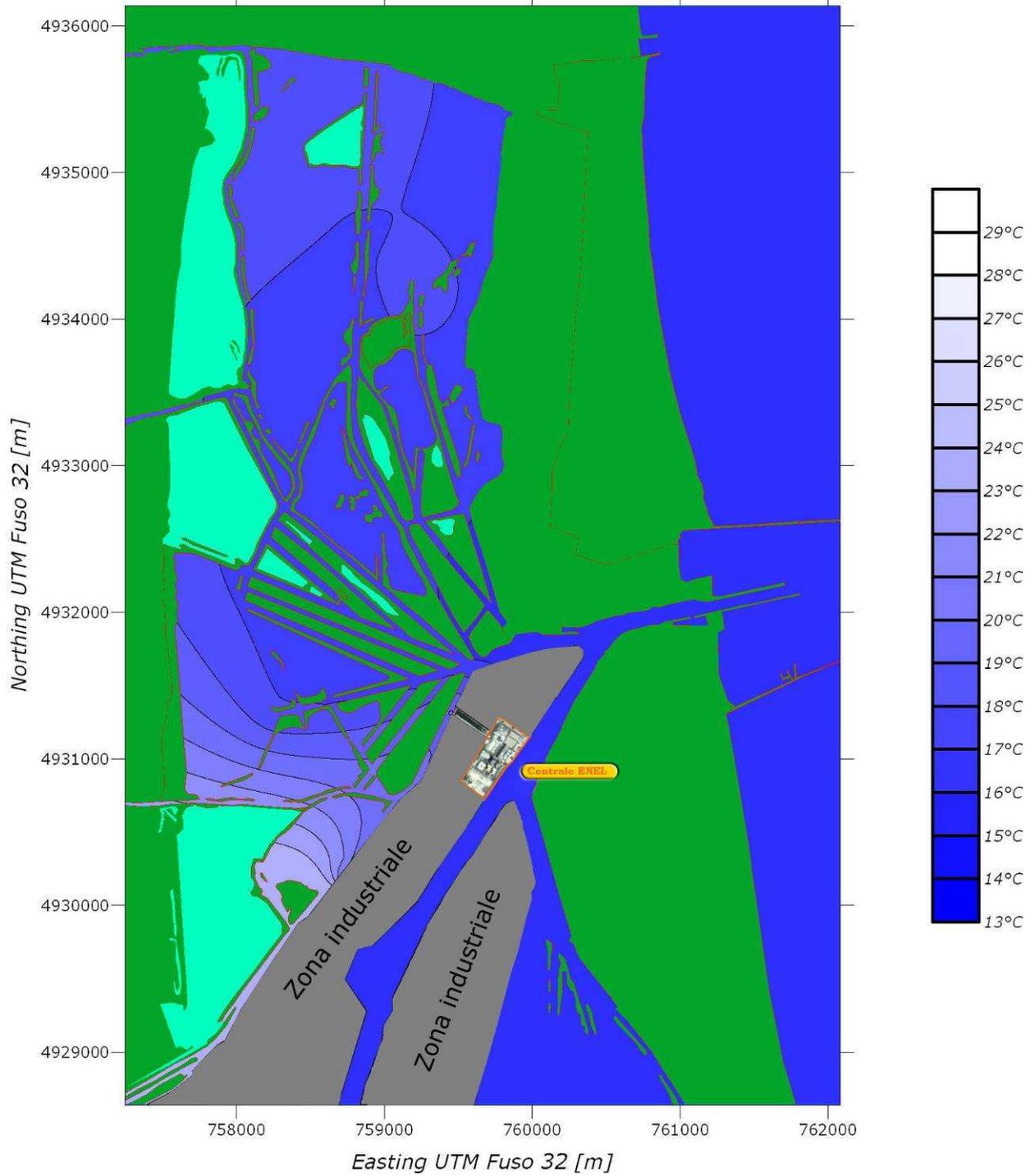
**Porto Corsini - 11 maggio 2010 ore 4:00
sizigia - minimo di marea - sonda intermedia**



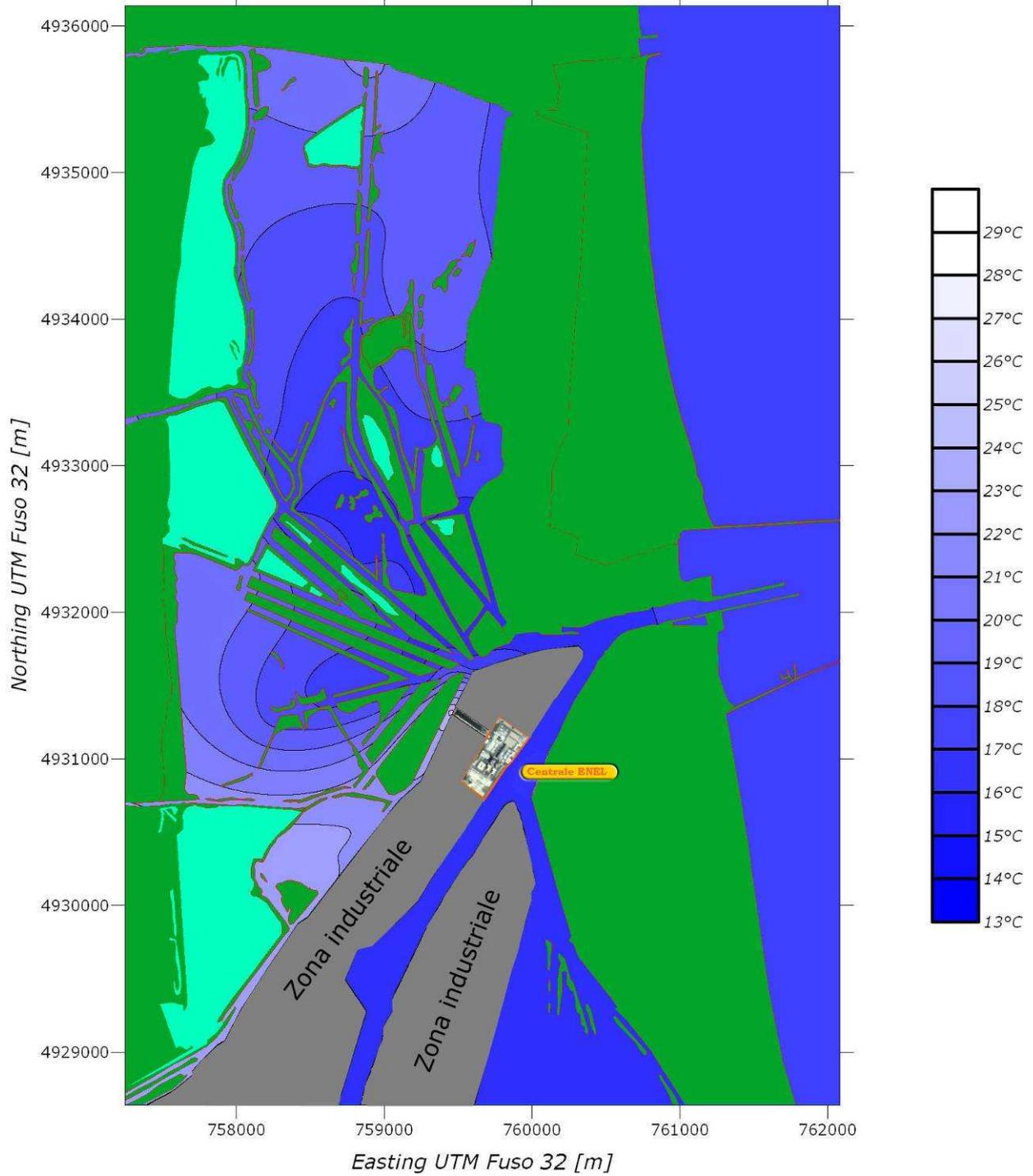
Porto Corsini - 12 maggio 2010 ore 2:00
sizigia - marea calante - sonda superficiale



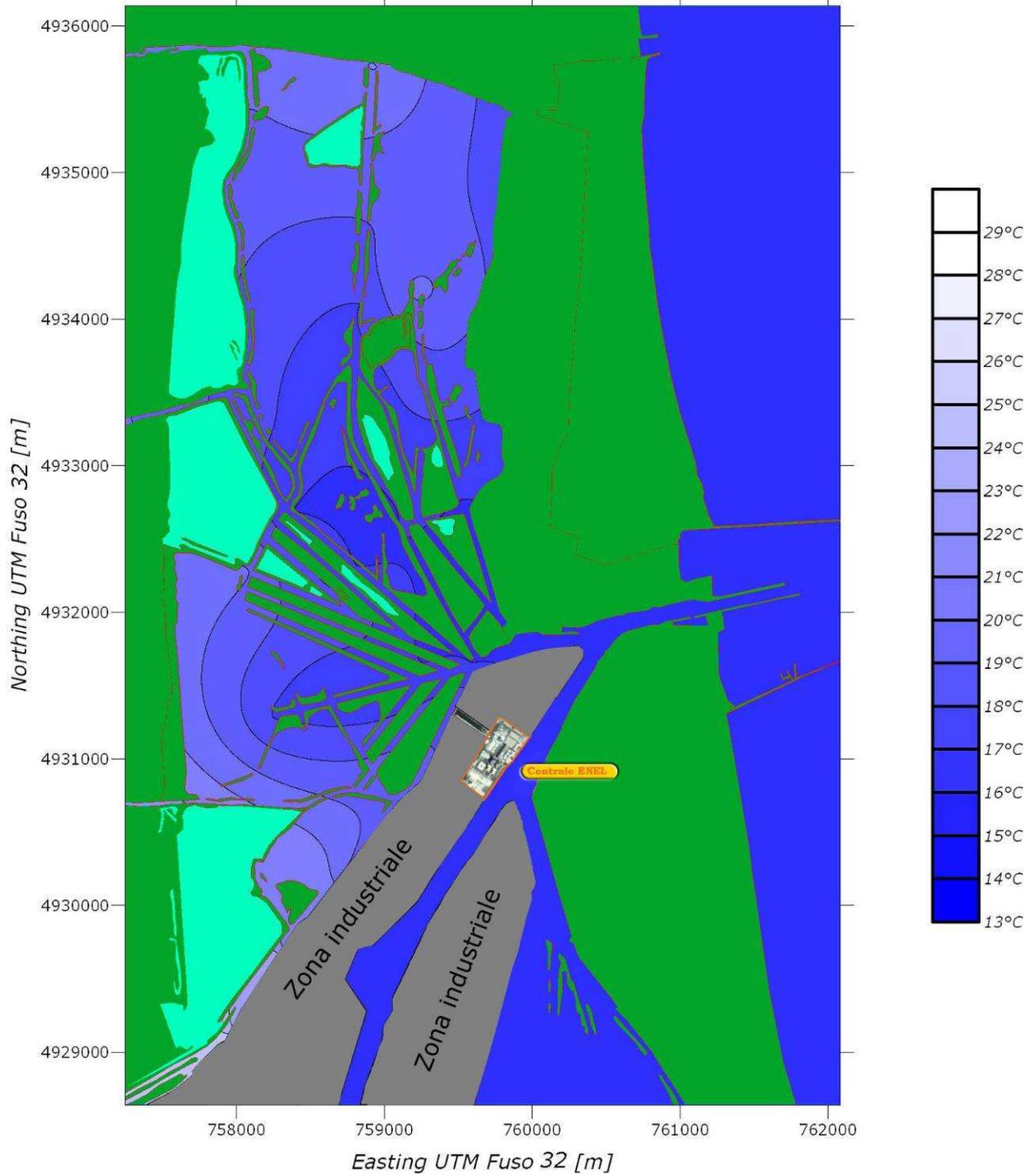
Porto Corsini - 12 maggio 2010 ore 2:00
sizigia - marea calante - sonda intermedia



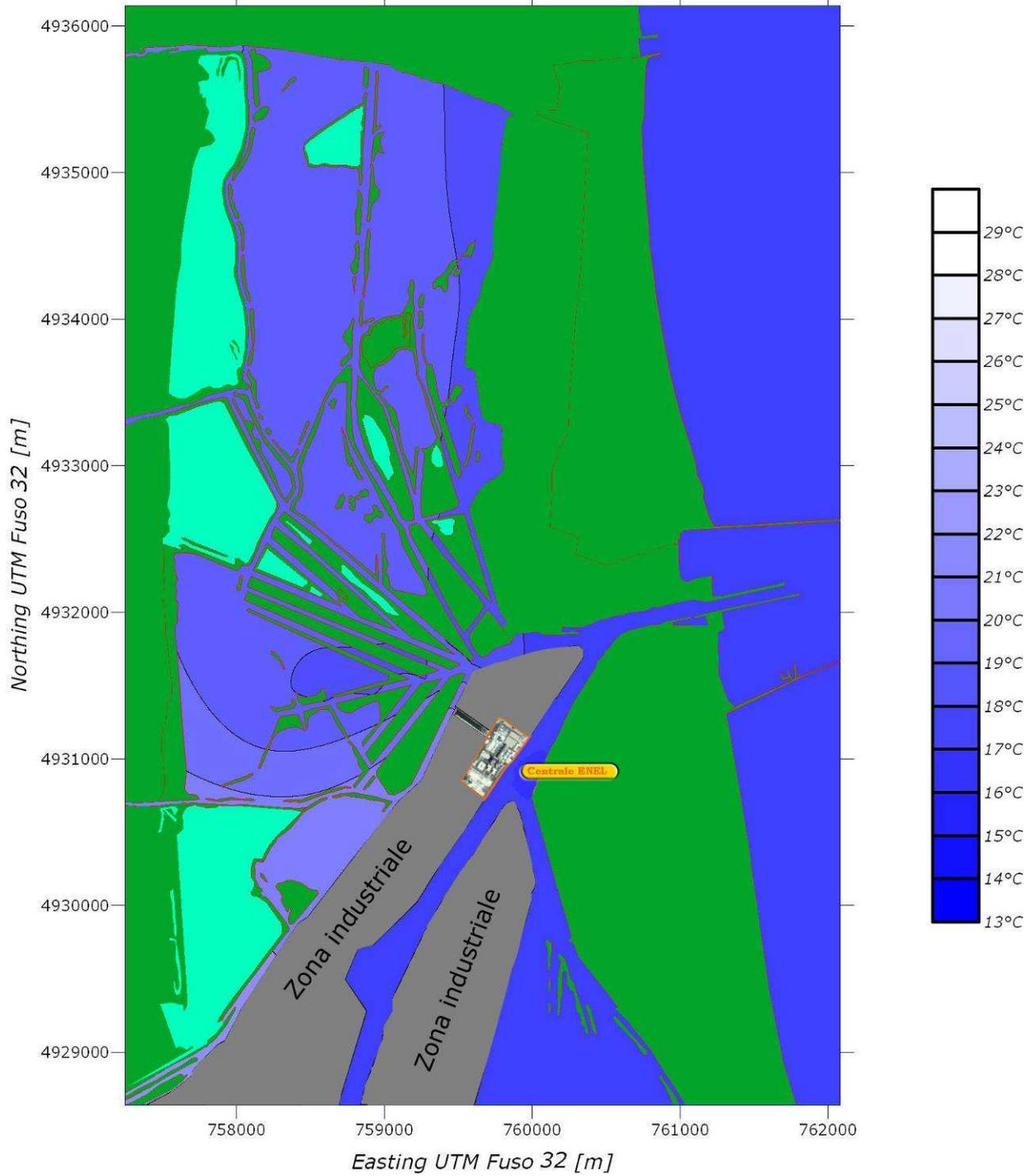
**Porto Corsini - 12 maggio 2010 ore 21:45
sizigia - massimo di marea - sonda superficiale**



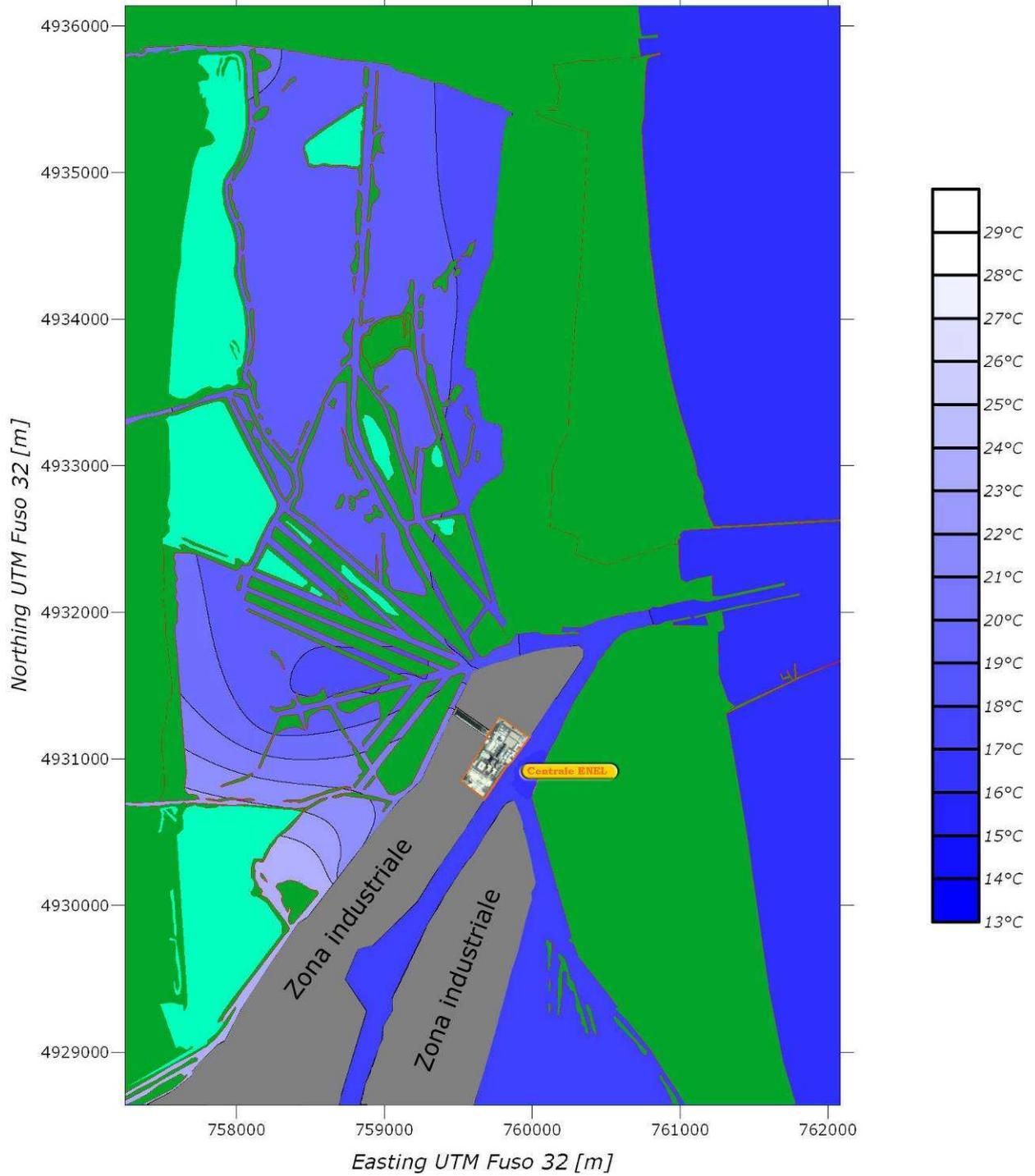
Porto Corsini - 12 maggio 2010 ore 21:45
sizigia - massimo di marea - sonda intermedia



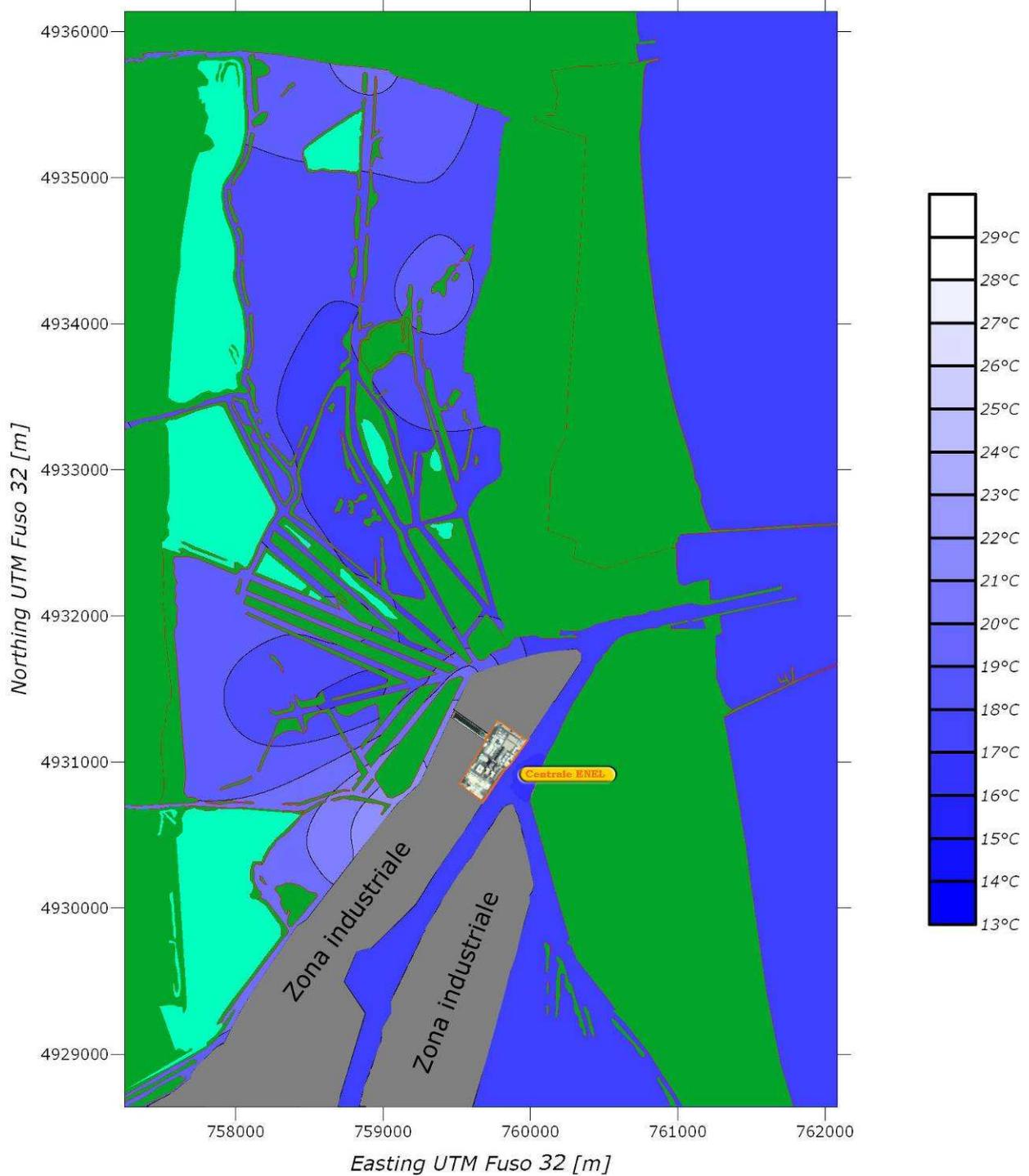
**Porto Corsini - 13 maggio 2010 ore 5:30
sizigia - minimo di marea - sonda superficiale**



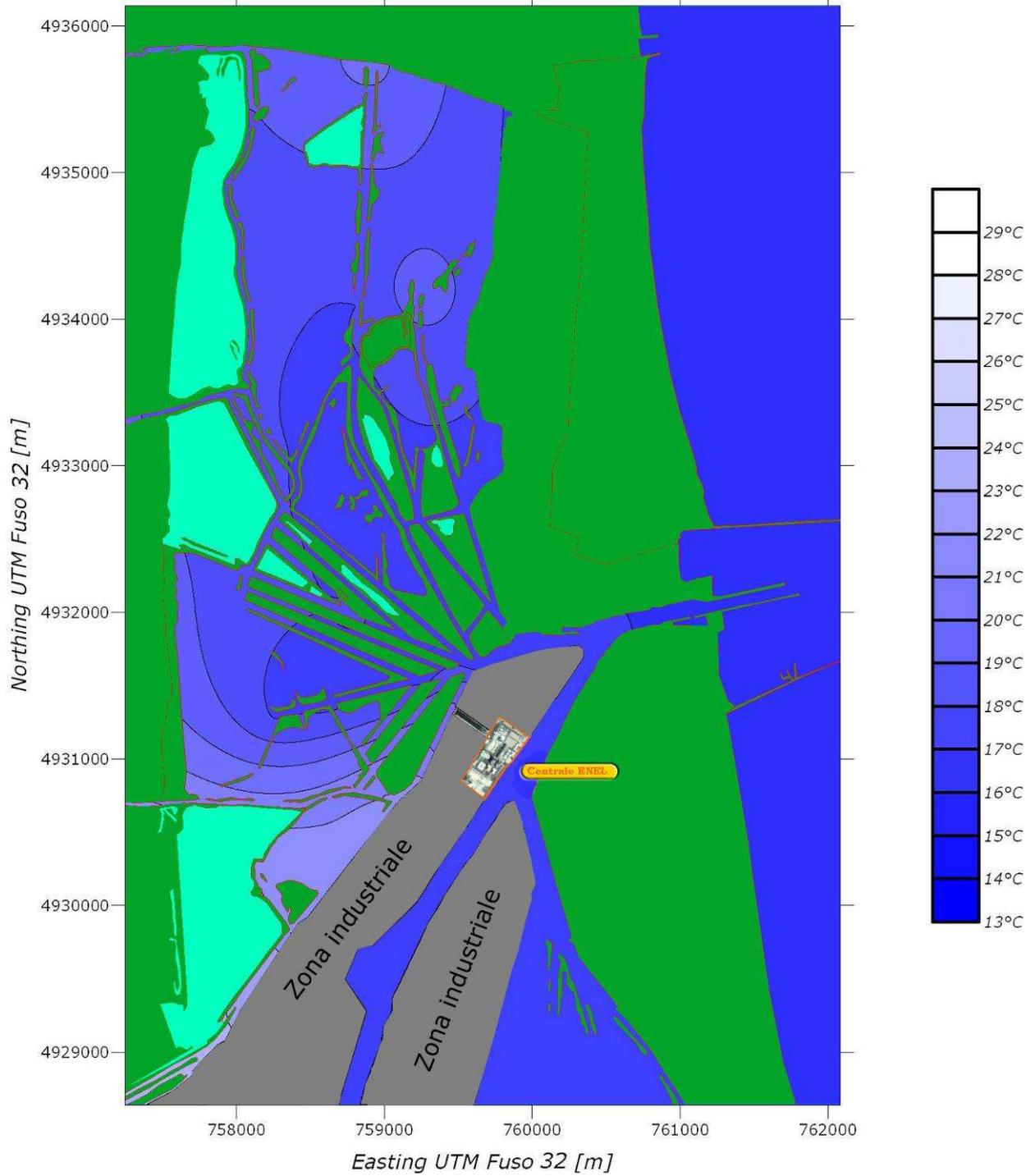
**Porto Corsini - 13 maggio 2010 ore 5:30
sizigia - minimo di marea - sonda intermedia**



**Porto Corsini - 13 maggio 2010 ore 22:00
sizigia - massimo di marea - sonda superficiale**



**Porto Corsini - 13 maggio 2010 ore 22:00
sizigia - massimo di marea - sonda intermedia**

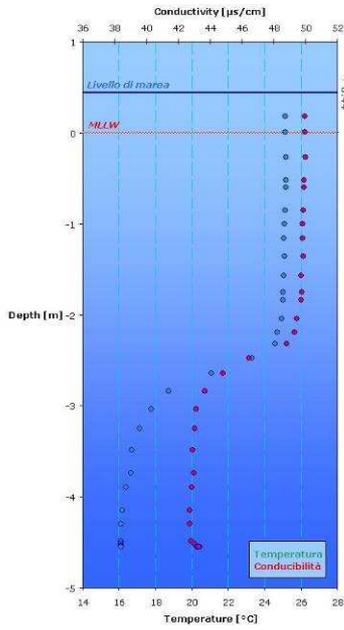




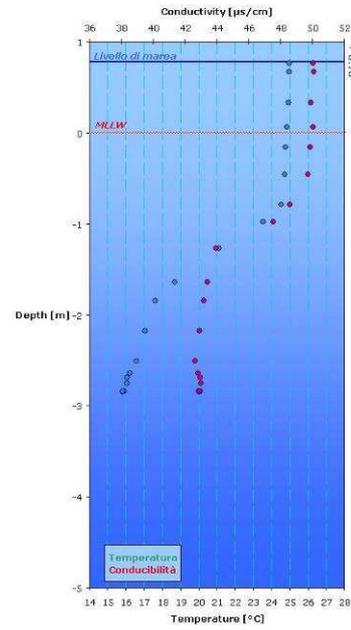
APPENDICE 3 - Profili CTD



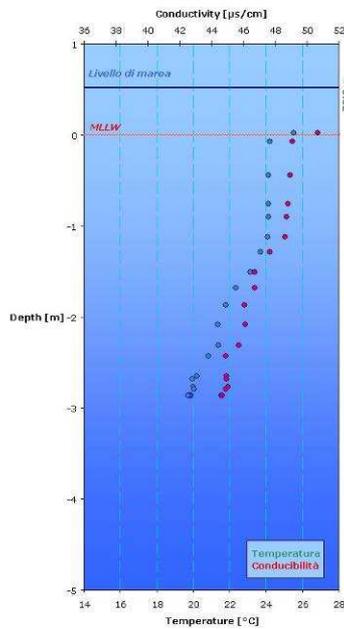
Stazione 20 - 4 maggio h. 11:00



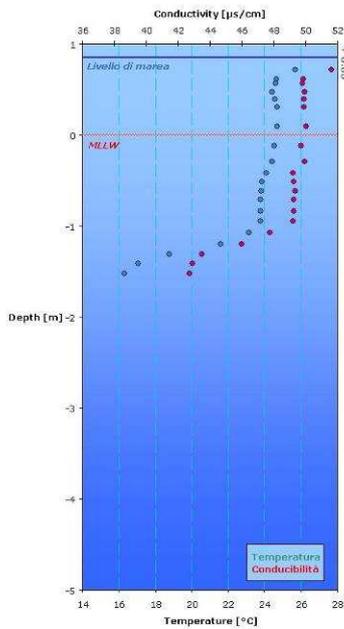
Stazione 20 - 4 maggio h. 17:20



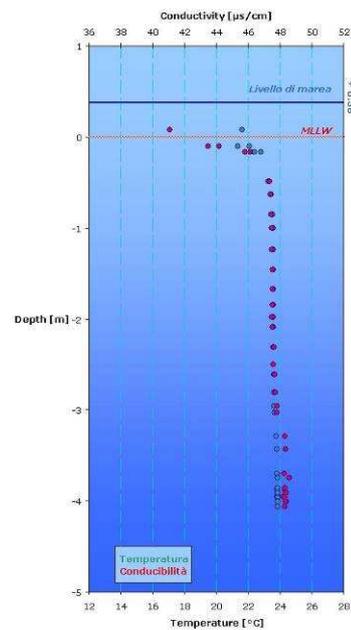
Stazione 20 - 5 maggio h. 09:50



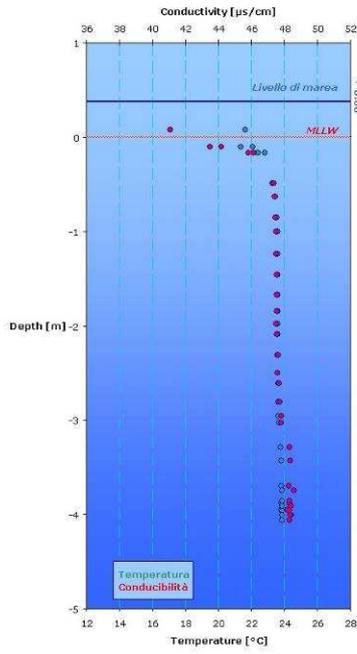
Stazione 20 - 5 maggio h. 17:00



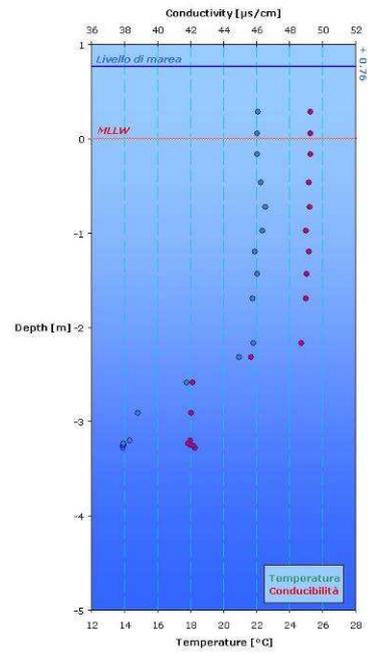
Stazione 20 - 6 maggio h. 11:30



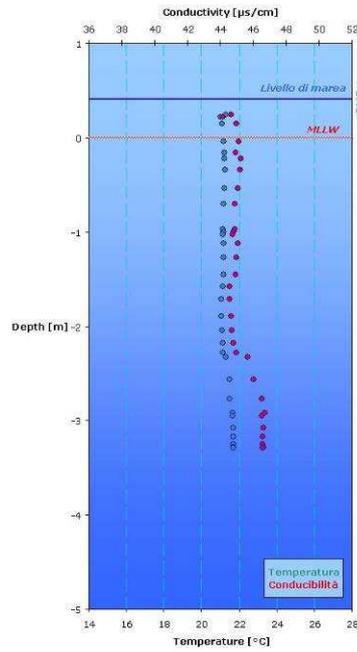
Stazione 20 - 6 maggio h. 11:30



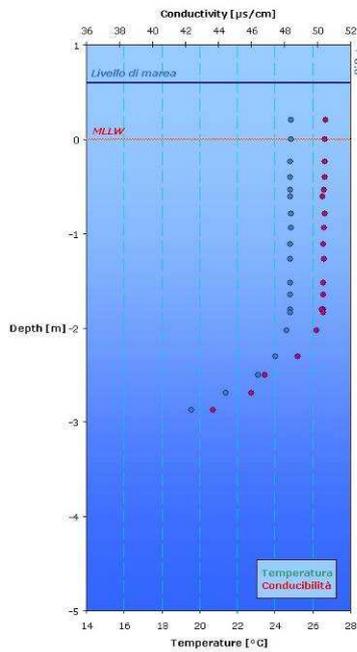
Stazione 20 - 6 maggio h. 17:05



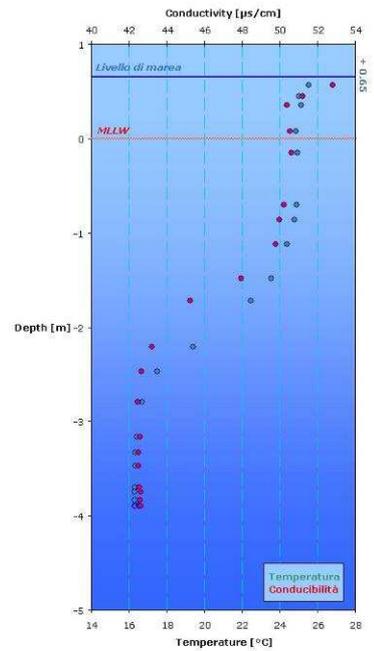
Stazione 20 - 7 maggio h. 09:50



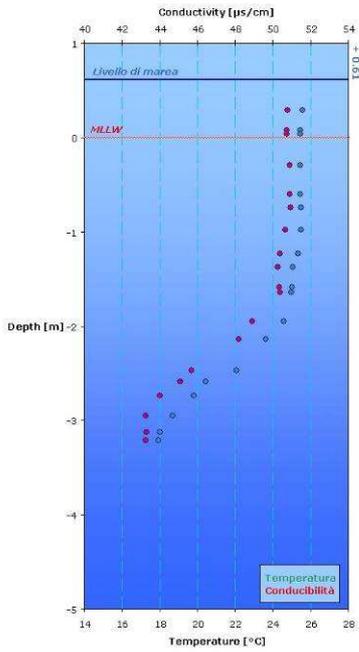
Stazione 20 - 10 maggio h. 16:50



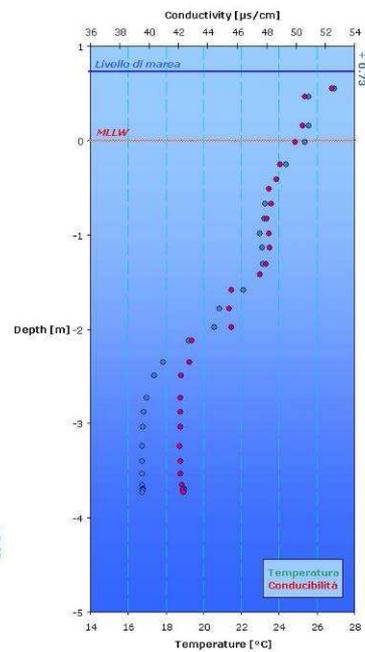
Stazione 20 - 11 maggio h. 09:40



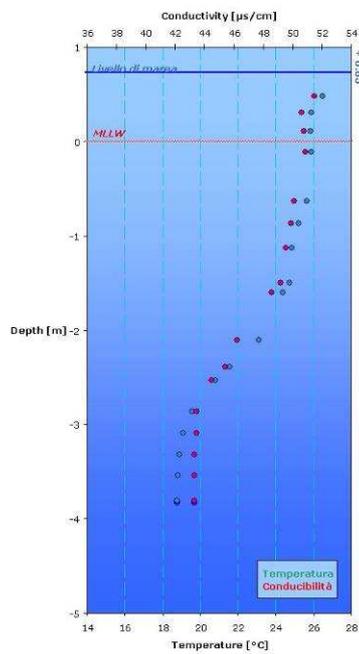
Stazione 20 - 11 maggio h. 17:00



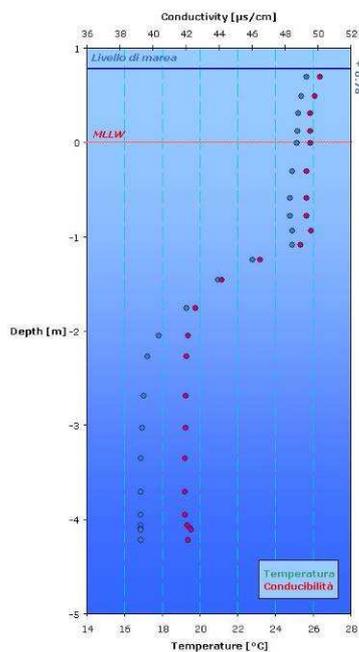
Stazione 20 - 12 maggio h. 10:05



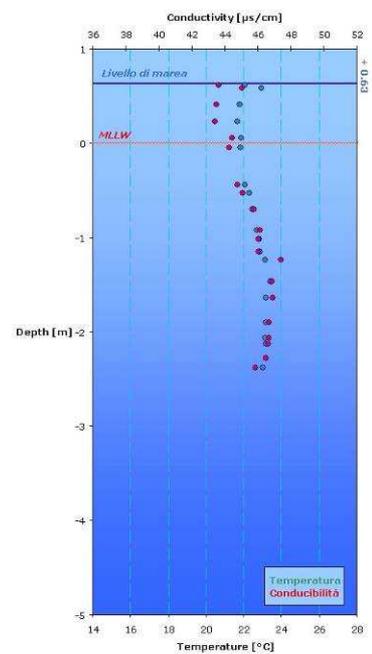
Stazione 20 - 12 maggio h. 17:55



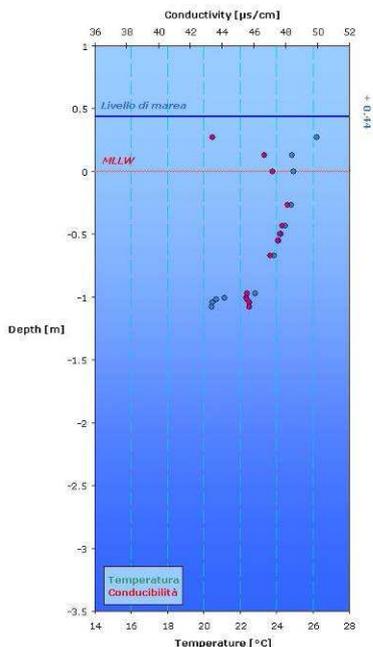
Stazione 20 - 13 maggio h. 11:25



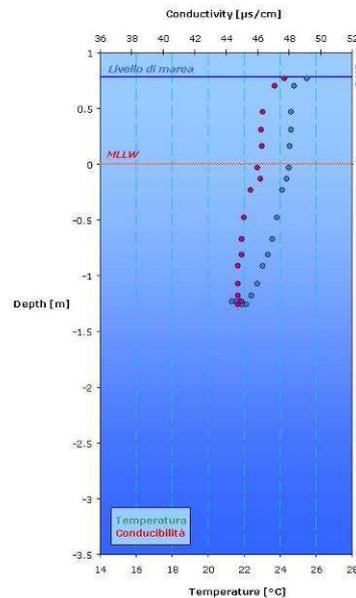
Stazione 20 - 13 maggio h. 16:45



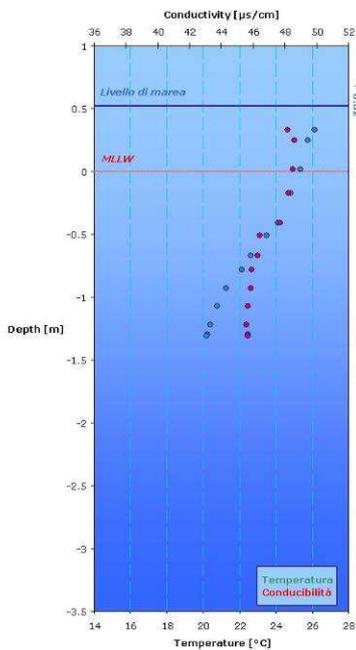
Stazione 23 - 4 maggio h. 11:10



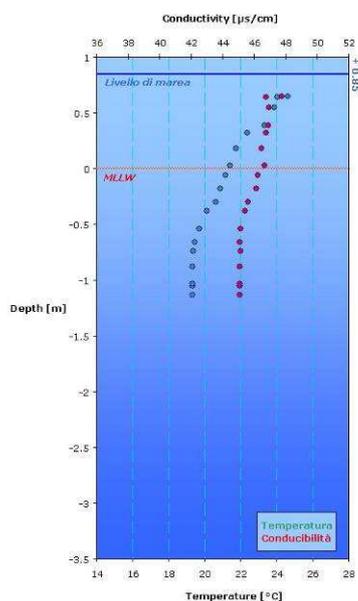
Stazione 23 - 4 maggio h. 17:05



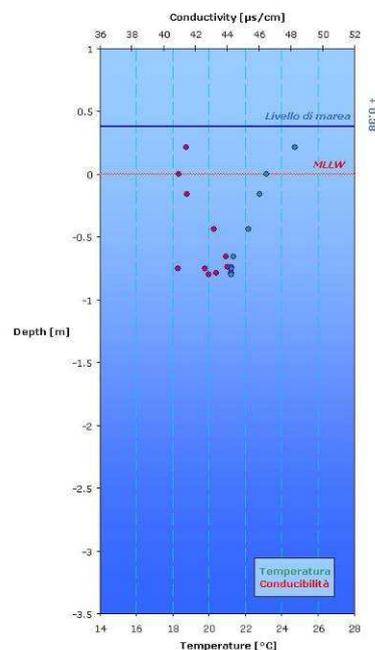
Stazione 23 - 5 maggio h. 09:55



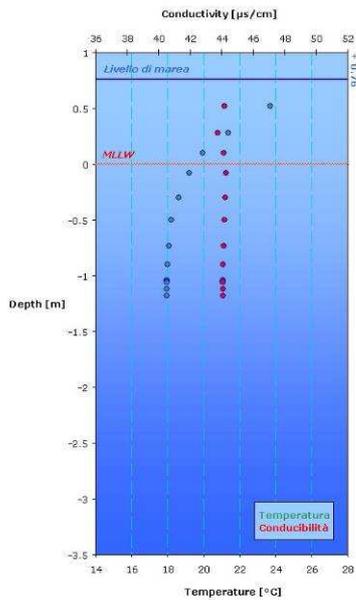
Stazione 23 - 5 maggio h. 17:05



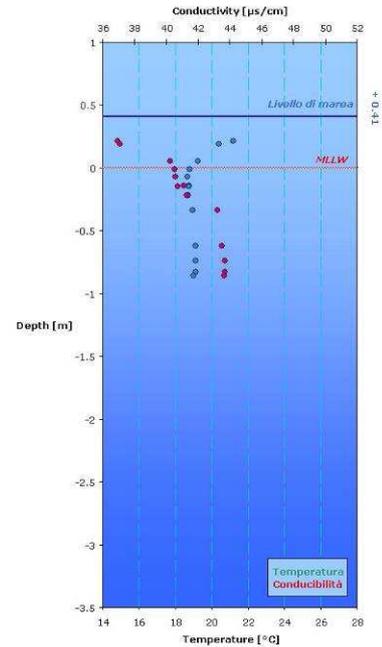
Stazione 23 - 6 maggio h. 11:35



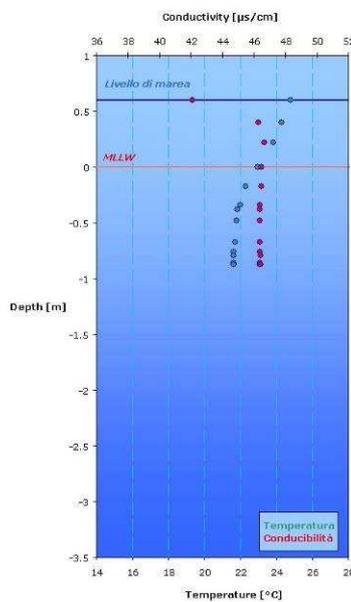
Stazione 23 - 6 maggio h. 17:15



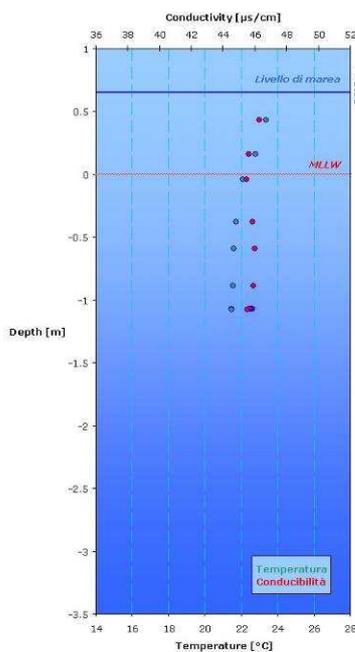
Stazione 23 - 7 maggio h. 10:00



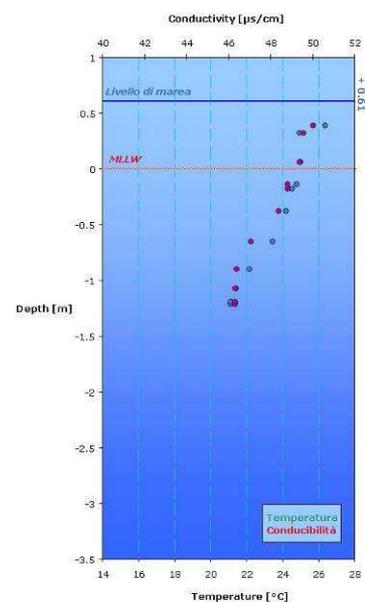
Stazione 23 - 10 maggio h. 17:05



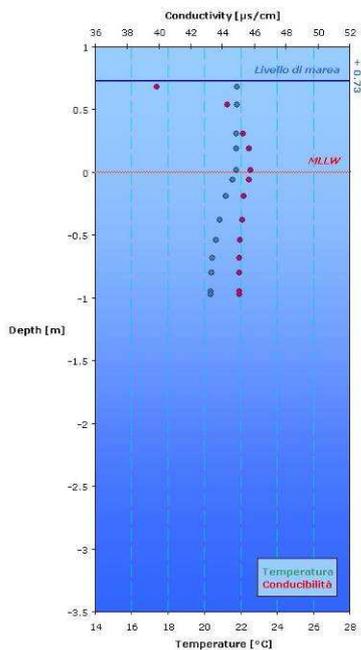
Stazione 23 - 11 maggio h. 09:45



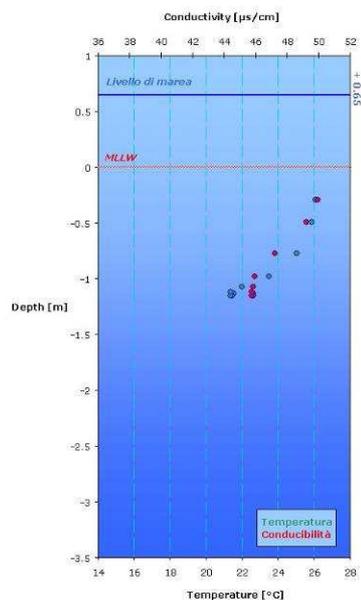
Stazione 23 - 11 maggio h. 17:10



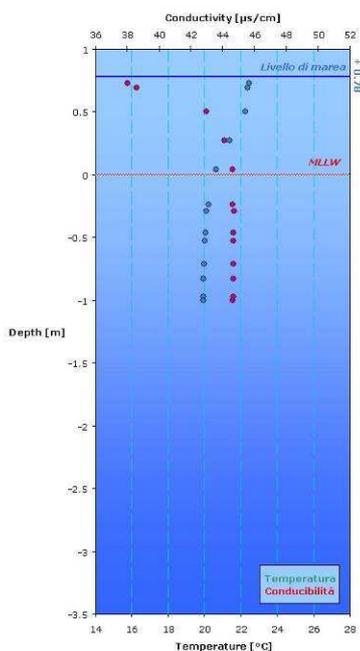
Stazione 23 - 12 maggio h. 10:15



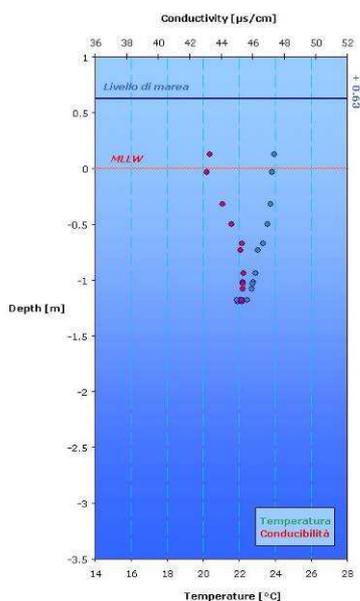
Stazione 23 - 12 maggio h. 17:30



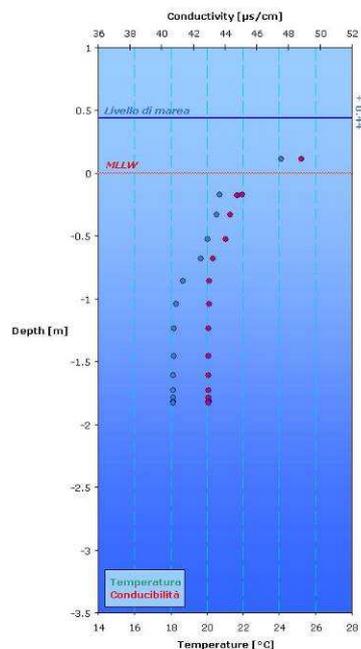
Stazione 23 - 13 maggio h. 11:30



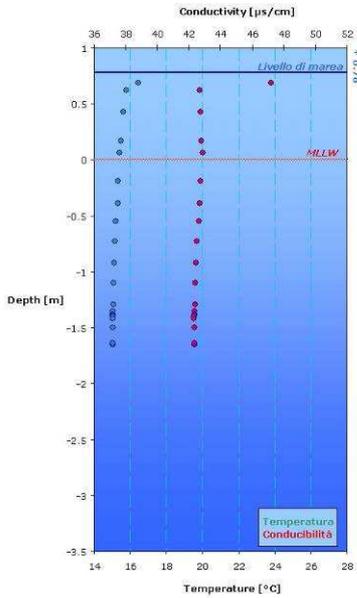
Stazione 23 - 13 maggio h. 16:55



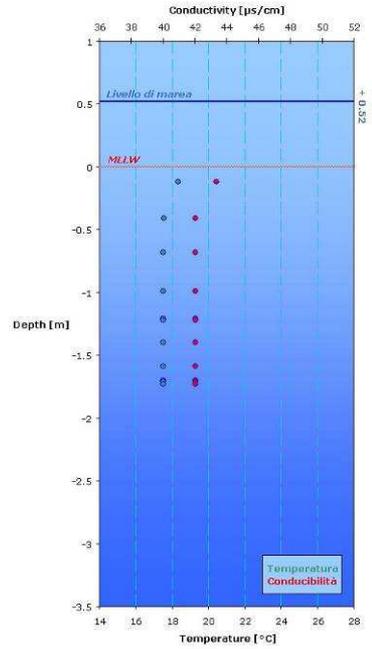
Stazione 27 - 4 maggio h. 10:35



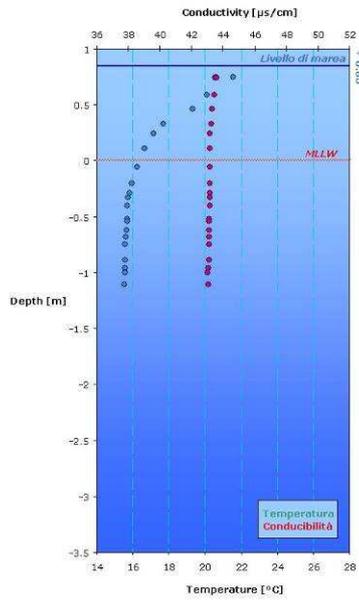
Stazione 27 - 4 maggio h. 18:15



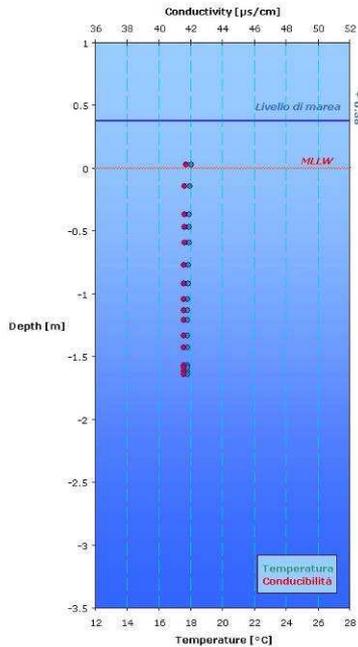
Stazione 27 - 5 maggio h. 09:45



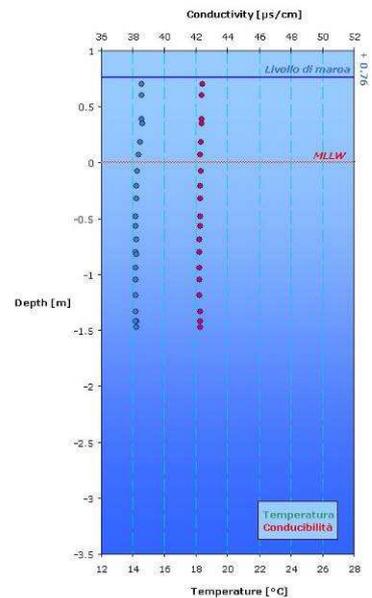
Stazione 27 - 5 maggio h. 16:50



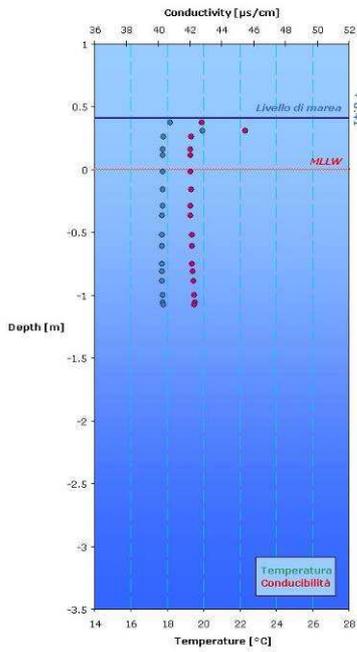
Stazione 27 - 6 maggio h. 11:25



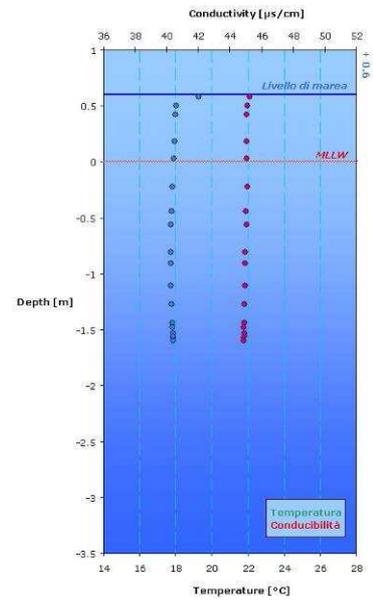
Stazione 27 - 6 maggio h. 17:00



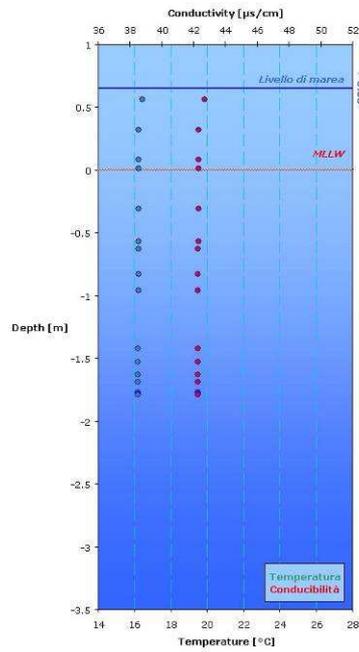
Stazione 27 - 7 maggio h. 09:50



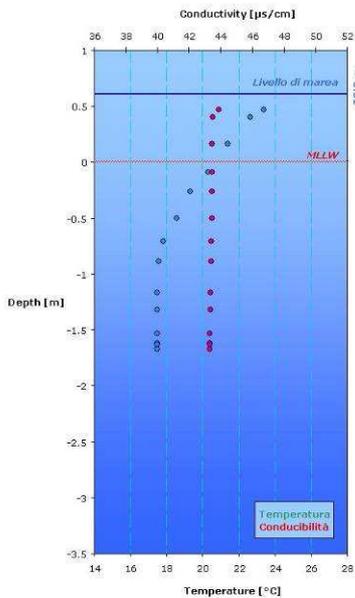
Stazione 27 - 10 maggio h. 16:30



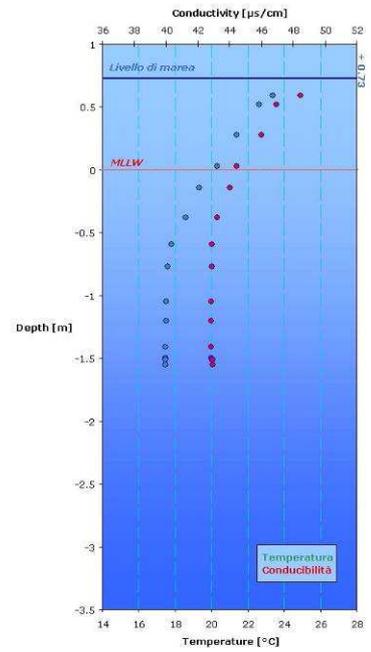
Stazione 27 - 11 maggio h. 09:35



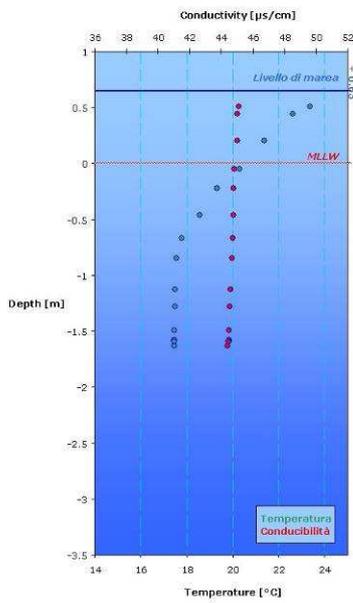
Stazione 27 - 11 maggio h. 16:55



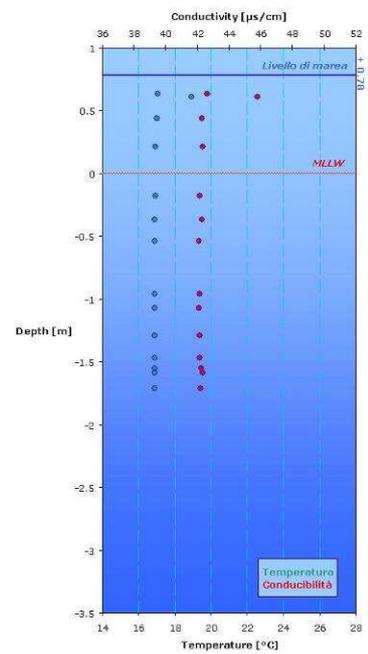
Stazione 27 - 12 maggio h. 10:00



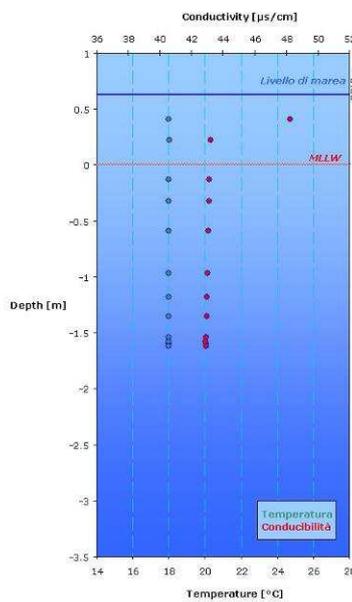
Stazione 27 - 12 maggio h. 17:15



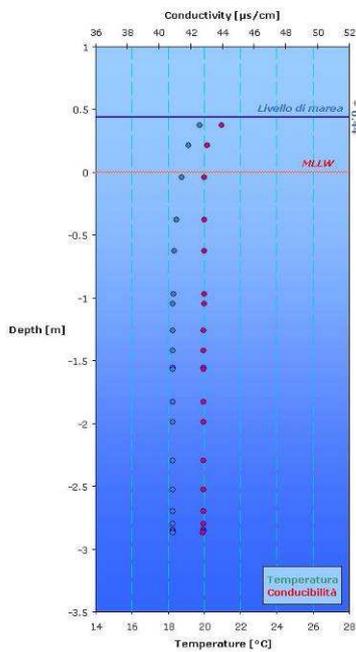
Stazione 27 - 13 maggio h. 11:20



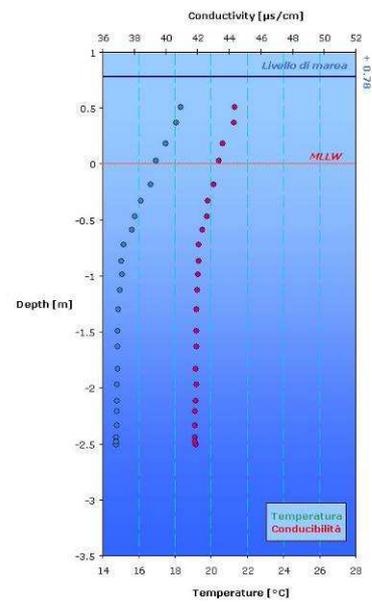
Stazione 27 - 13 maggio h. 16:40



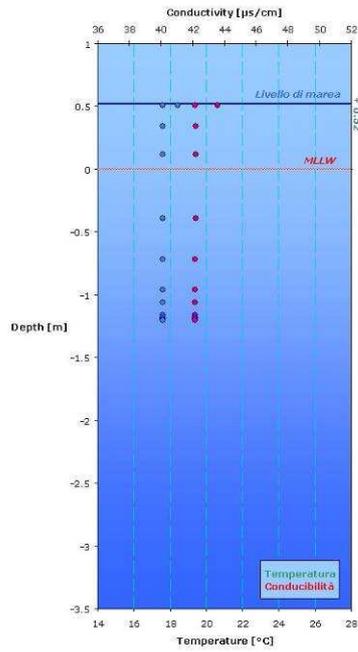
Stazione 29 - 4 maggio h. 10:50



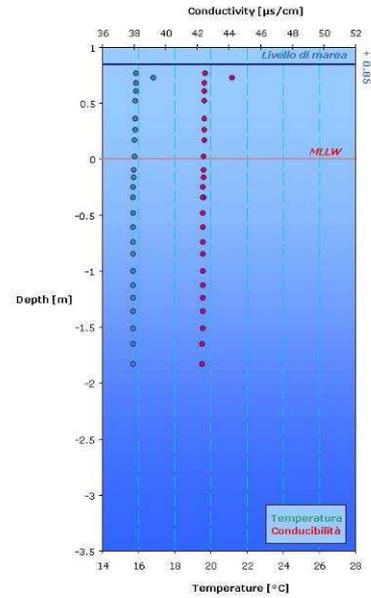
Stazione 29 - 4 maggio h. 18:20



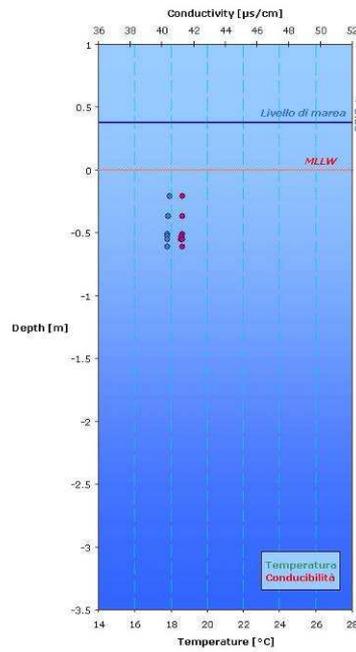
Stazione 29 - 5 maggio h. 09:40



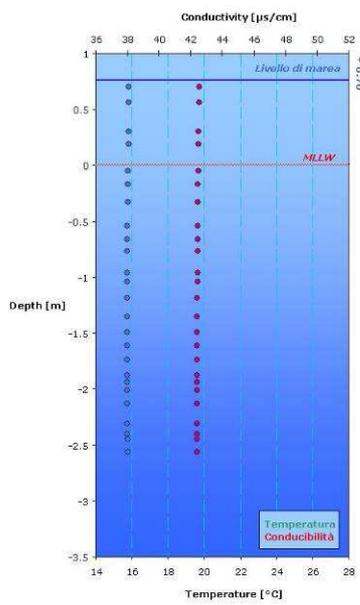
Stazione 29 - 5 maggio h. 16:50



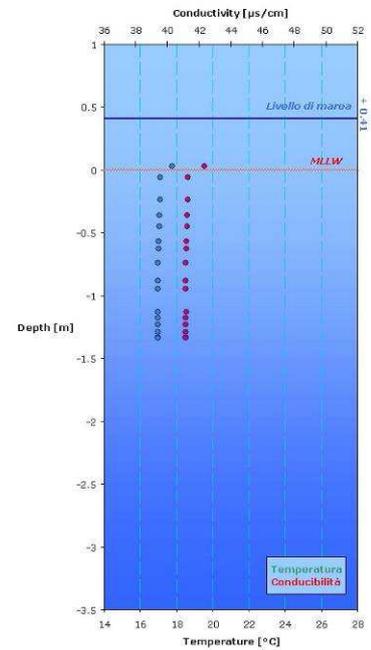
Stazione 29 - 6 maggio h. 11:25



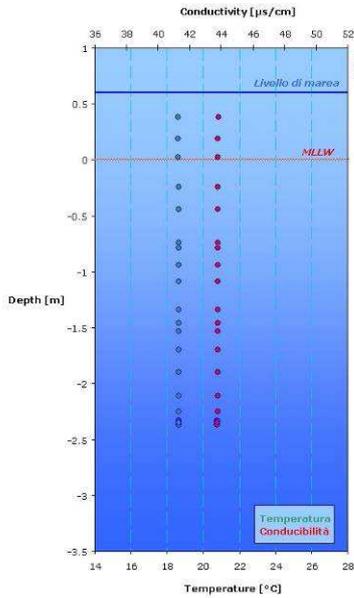
Stazione 29 - 6 maggio h. 17:00



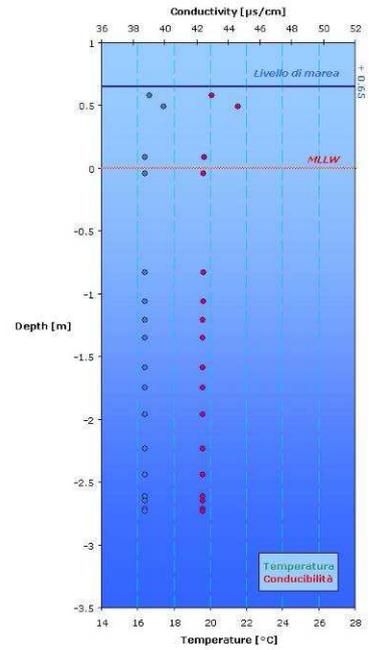
Stazione 29 - 7 maggio h. 09:45



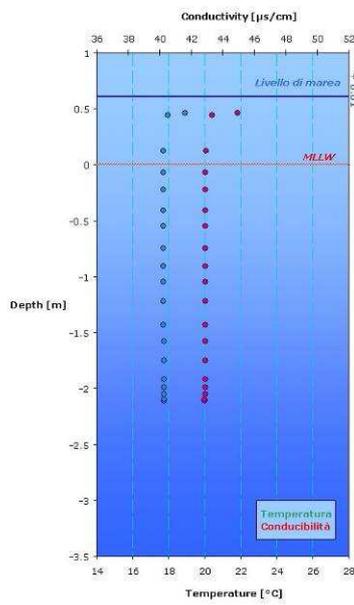
Stazione 29 - 10 maggio h. 16:20



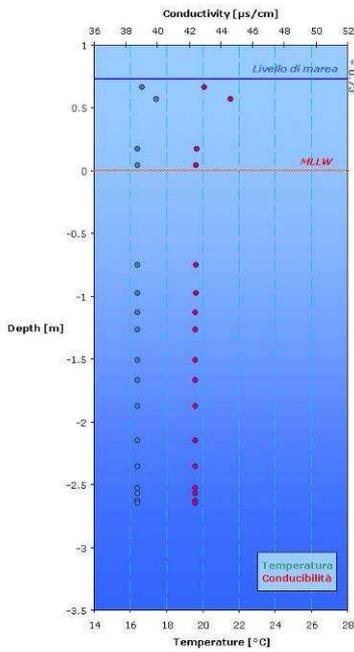
Stazione 29 - 11 maggio h. 09:30



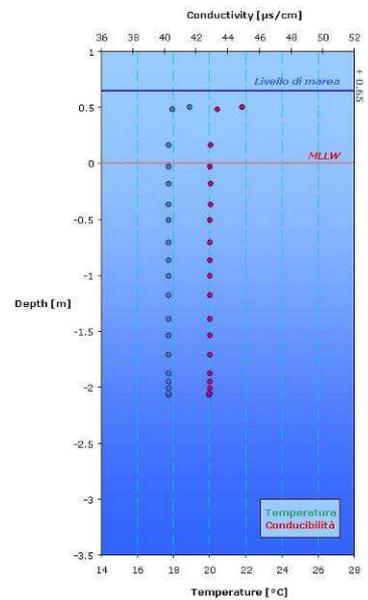
Stazione 29 - 11 maggio h. 16:50



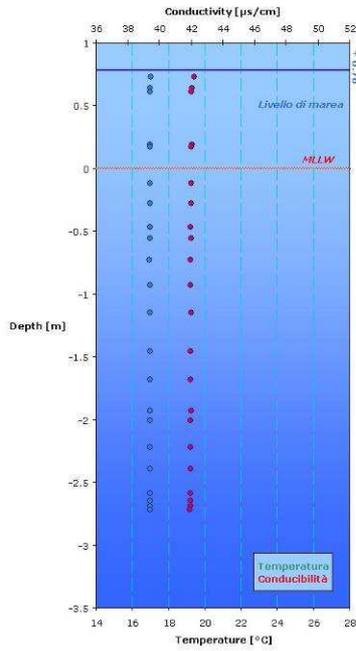
Stazione 29 - 12 maggio h. 09:55



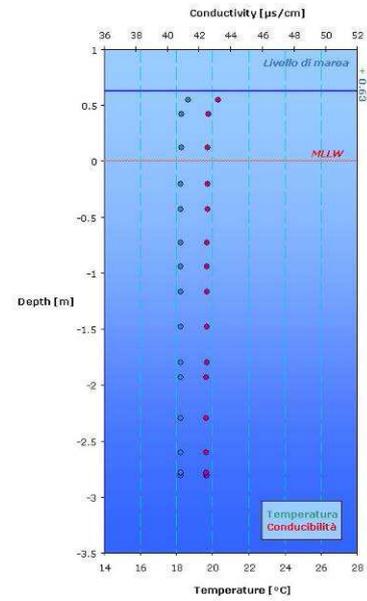
Stazione 29 - 12 maggio h. 16:50



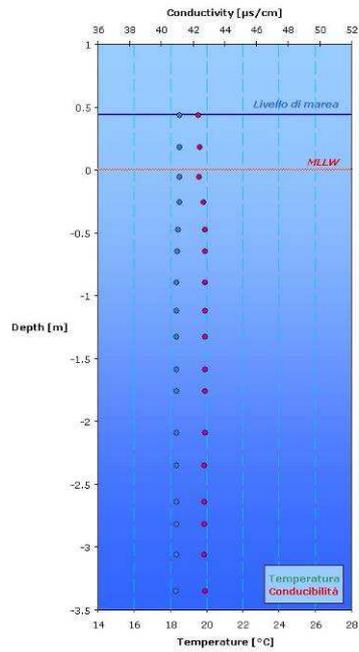
Stazione 29 - 13 maggio h. 11:05



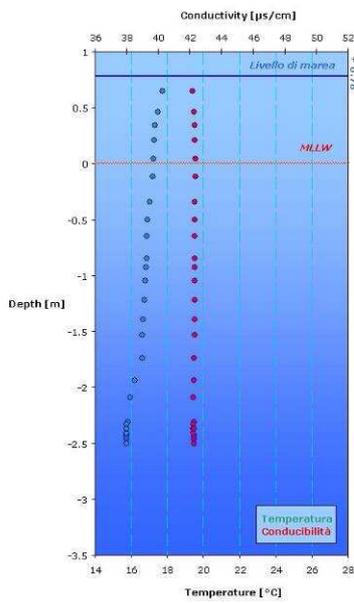
Stazione 29 - 13 maggio h. 16:35



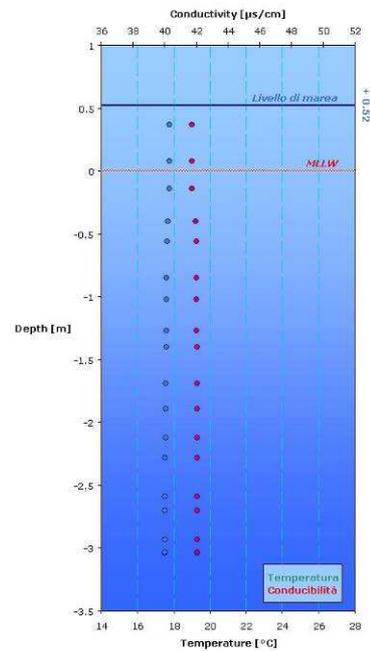
Stazione 30- 4 maggio h. 10:45



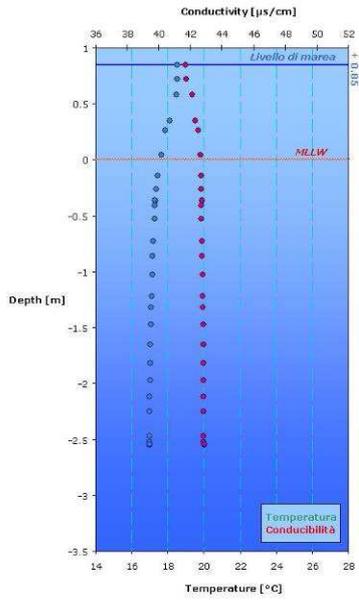
Stazione 30 - 4 maggio h. 18:30



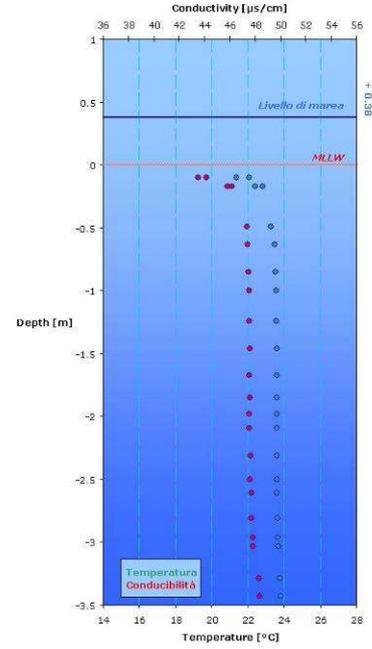
Stazione 30 - 5 maggio h. 09:35



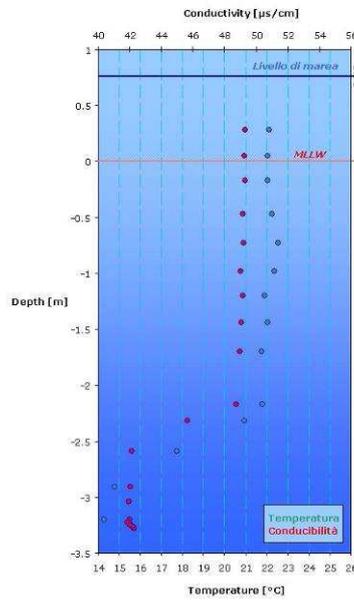
Stazione 30 - 5 maggio h. 16:45



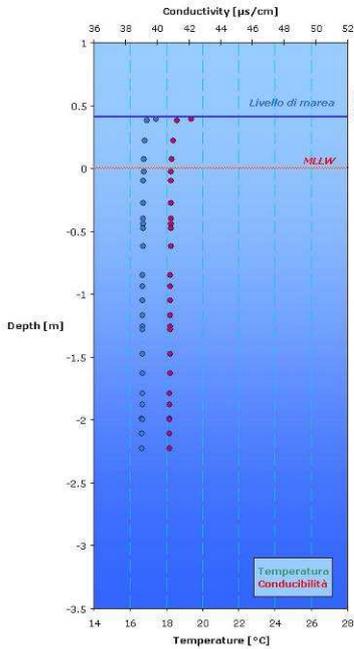
Stazione 30 - 6 maggio h. 11:20



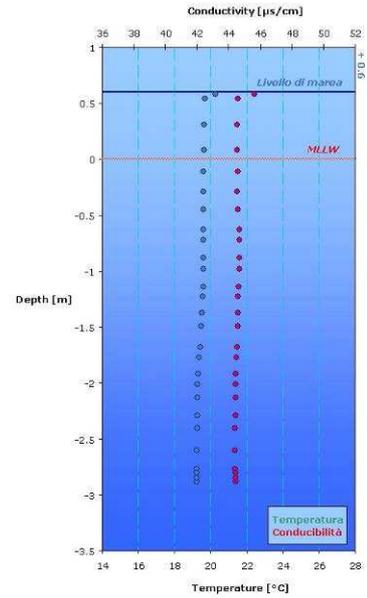
Stazione 30 - 6 maggio h. 16:55



Stazione 30 - 7 maggio h. 09:40

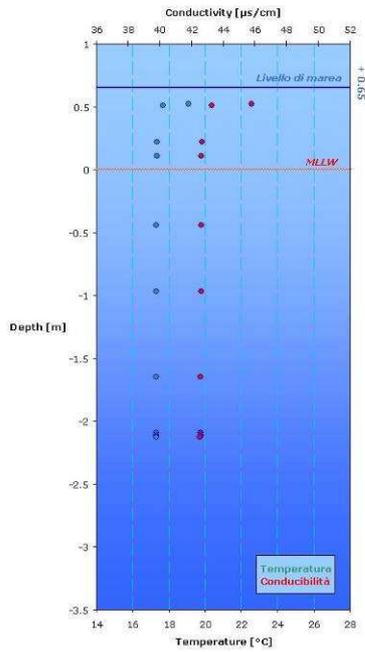


Stazione 30 - 10 maggio h. 16:00

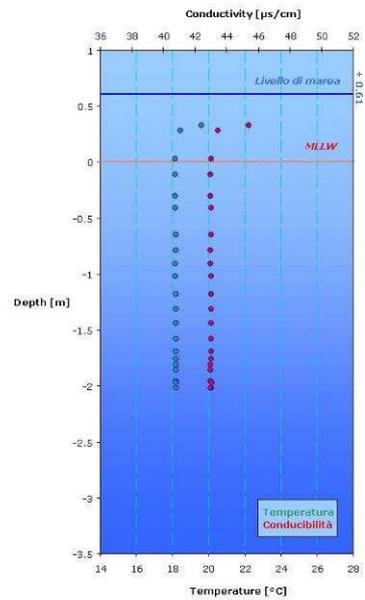




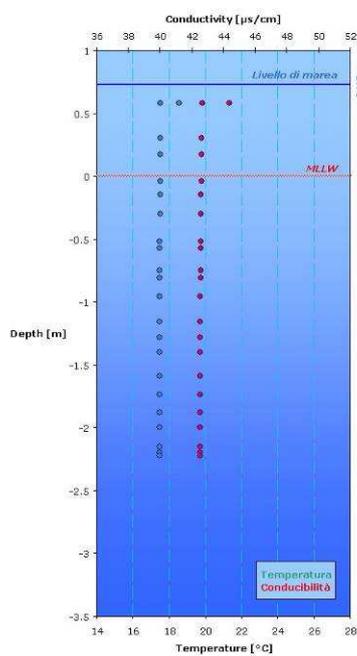
Stazione 30 - 11 maggio h. 09:30



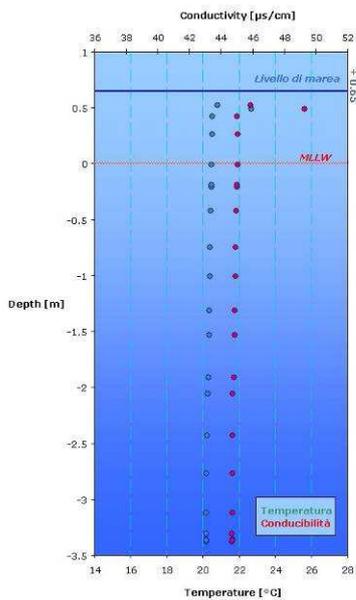
Stazione 30 - 11 maggio h. 16:45



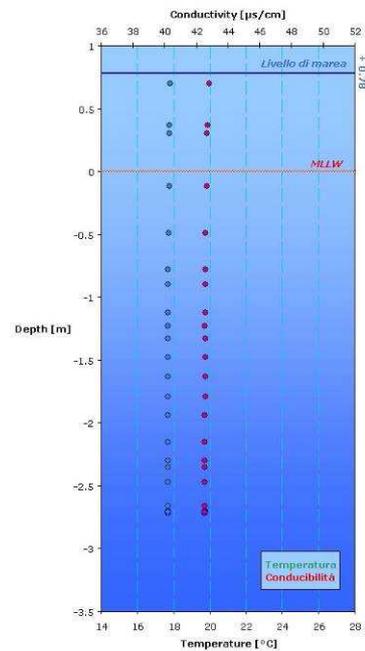
Stazione 30 - 12 maggio h. 09:45



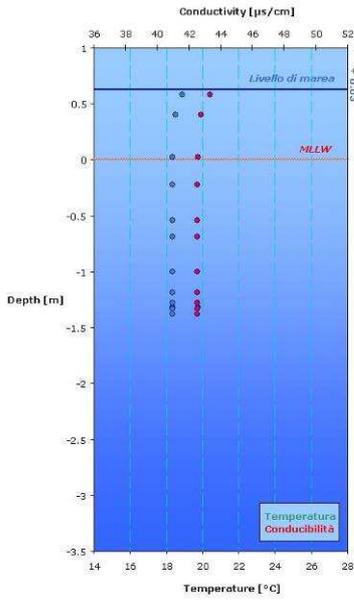
Stazione 30 - 12 maggio h. 17:05



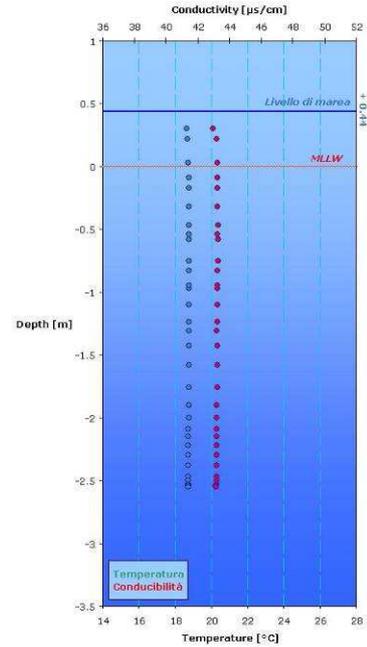
Stazione 30 - 13 maggio h. 10:55



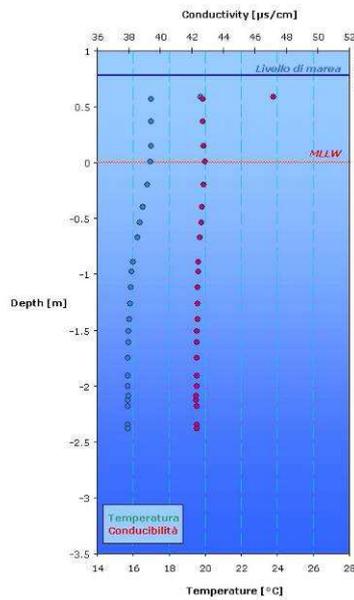
Stazione 30 - 13 maggio h. 16:30



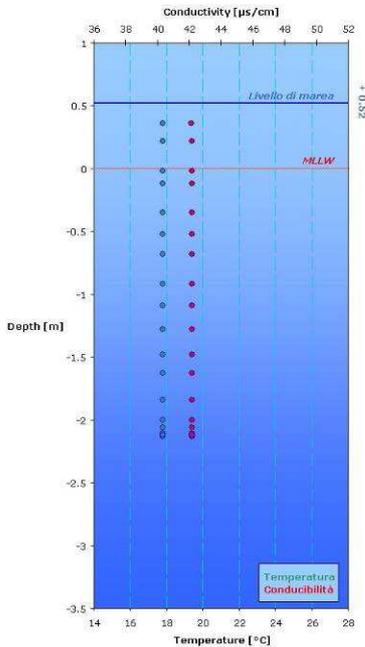
Stazione A - 4 maggio h. 10:10



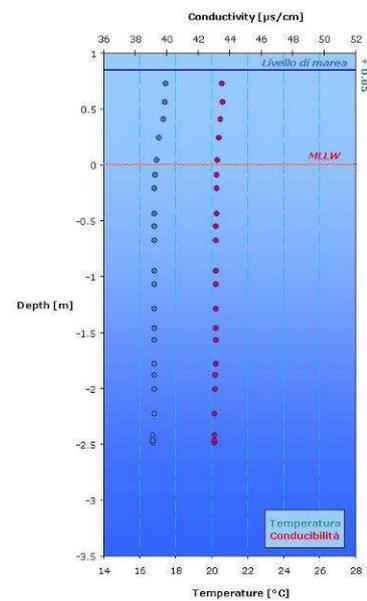
Stazione A - 4 maggio h. 18:30



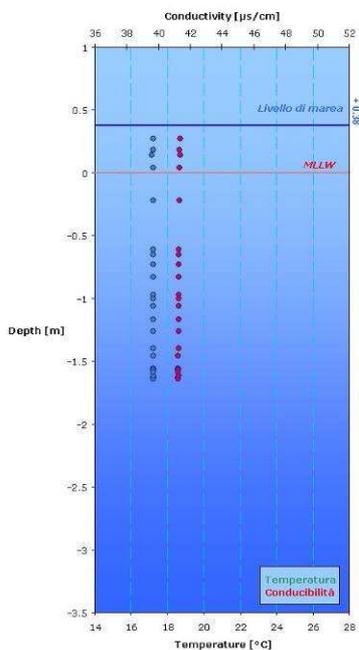
Stazione A - 5 maggio h. 09:30



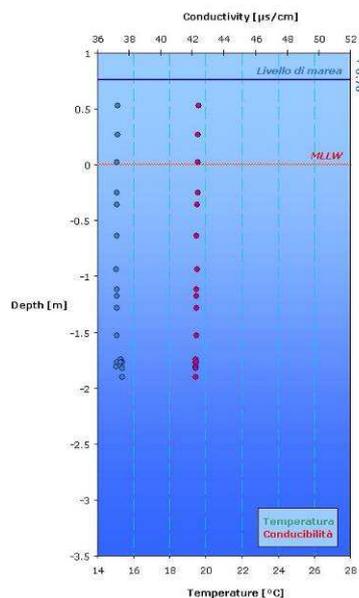
Stazione A - 5 maggio h. 16:35



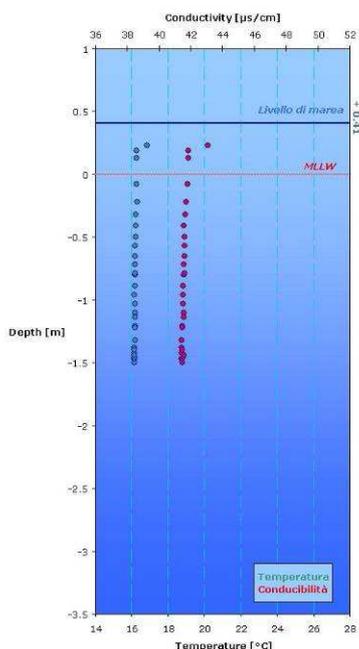
Stazione A - 6 maggio h. 11:15



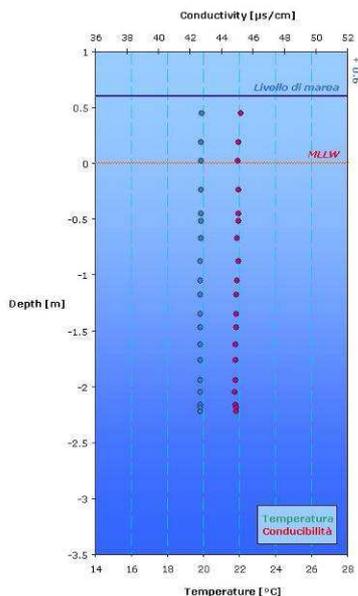
Stazione A - 6 maggio h. 16:50



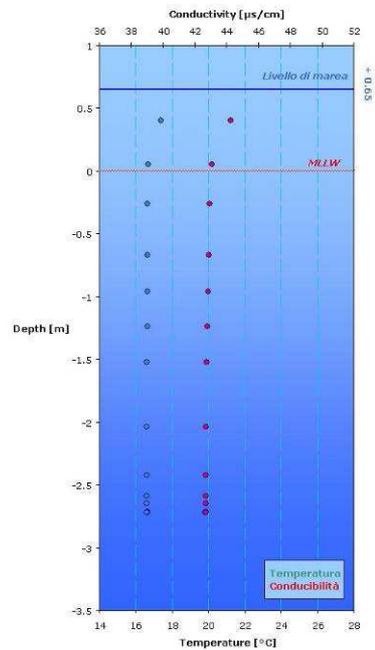
Stazione A - 7 maggio h. 09:35



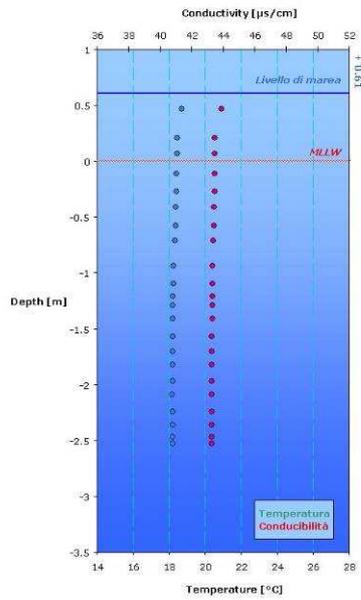
Stazione A - 10 maggio h. 15:30



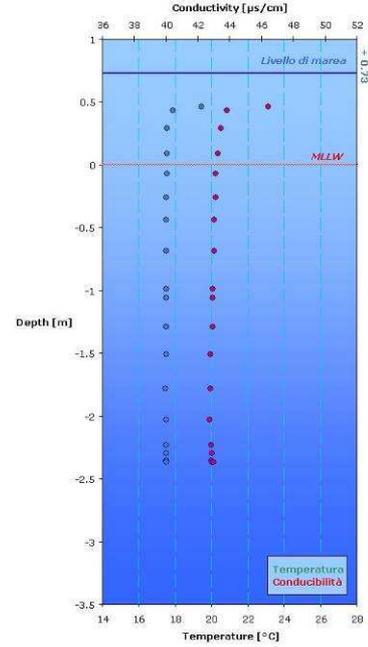
Stazione A - 11 maggio h. 09:25



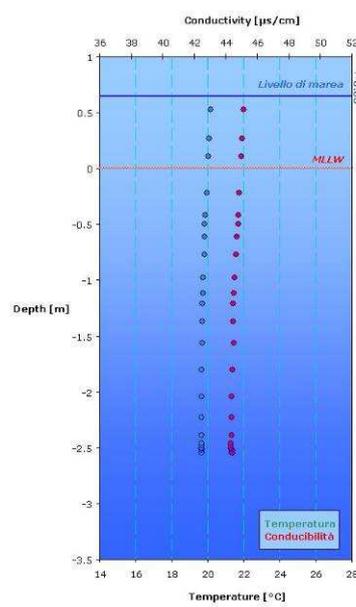
Stazione A - 11 maggio h. 17:40



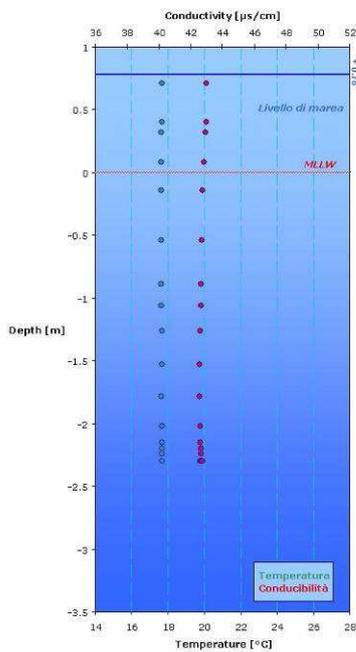
Stazione A - 12 maggio h. 09:30



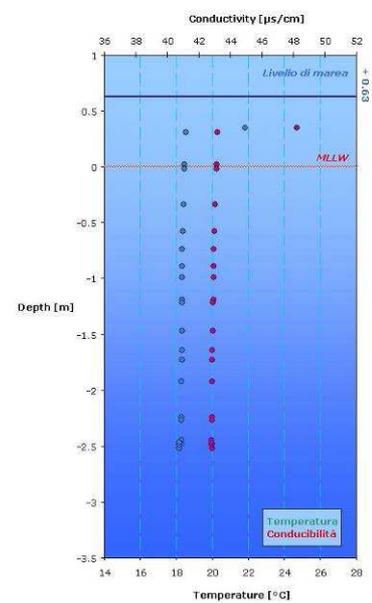
Stazione A - 12 maggio h. 17:00



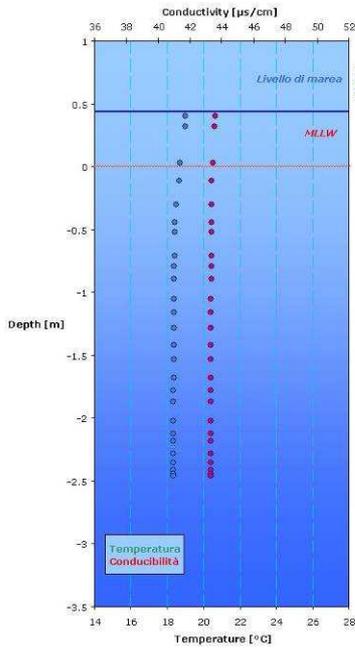
Stazione A - 13 maggio h. 10:50



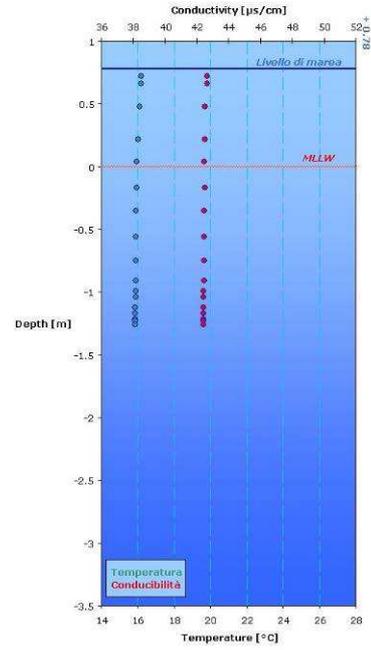
Stazione A - 13 maggio h. 16:20



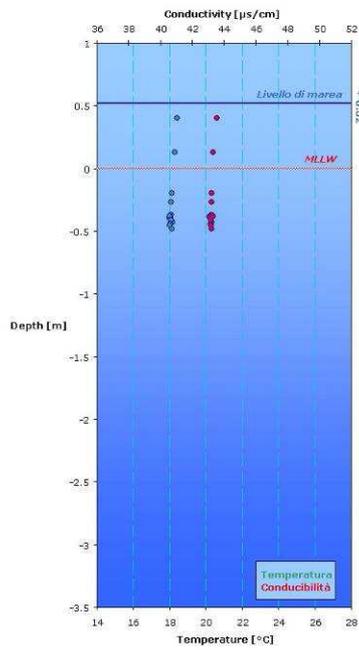
Stazione B - 4 maggio h. 10:30



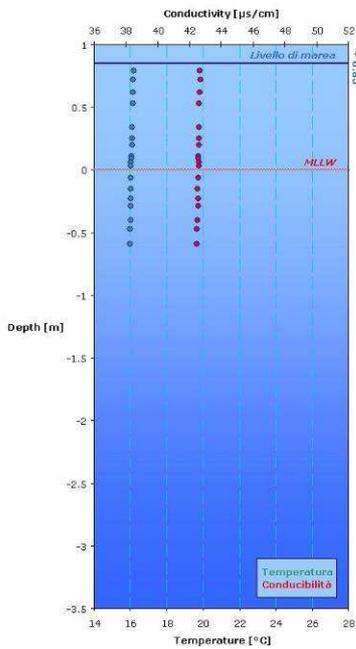
Stazione B - 4 maggio h. 18:40



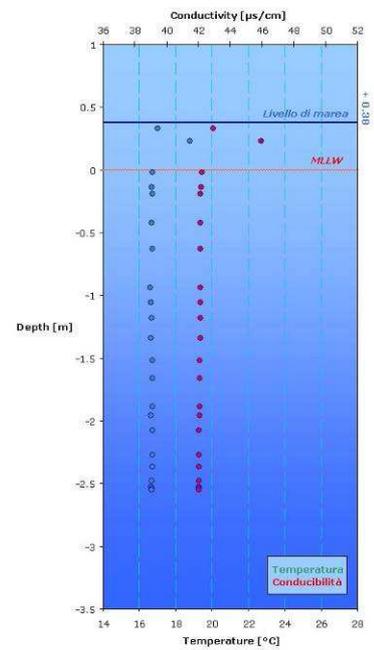
Stazione B - 5 maggio h. 10:40



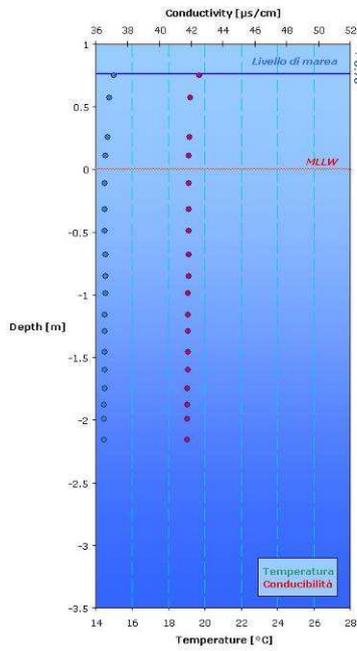
Stazione B - 5 maggio h. 17:35



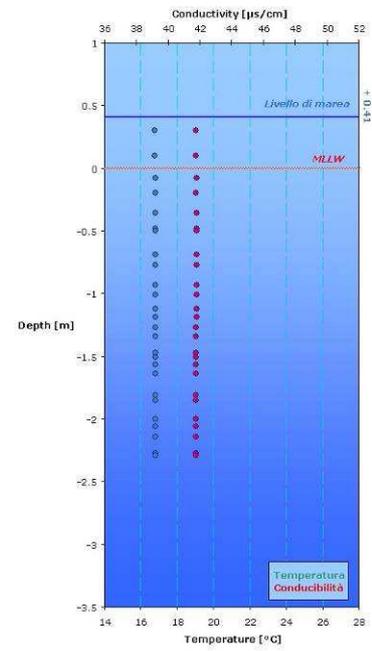
Stazione B - 6 maggio h. 12:20



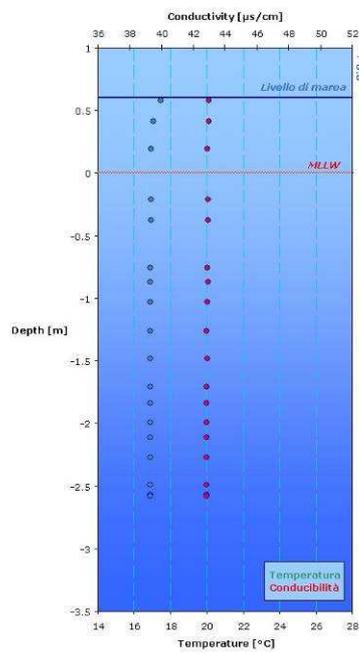
Stazione B - 6 maggio h. 17:45



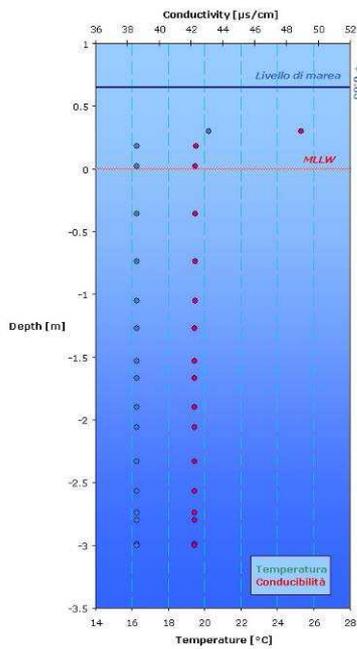
Stazione B - 7 maggio h. 11:00



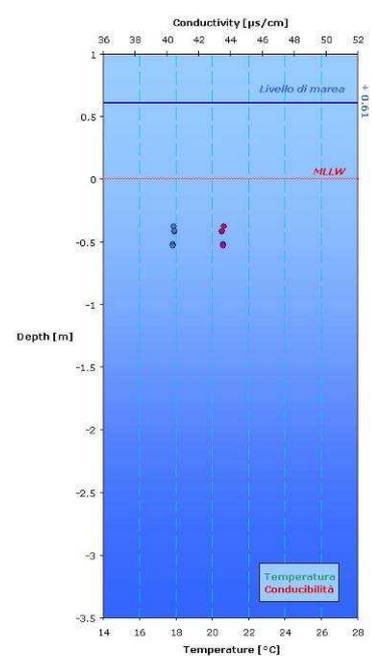
Stazione B - 10 maggio h. 17:50



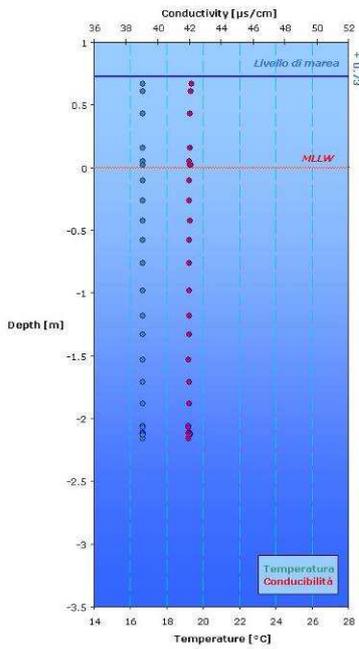
Stazione B - 11 maggio h. 10:30



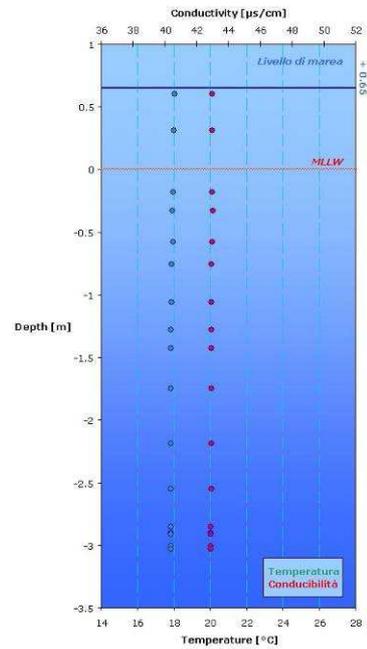
Stazione B - 11 maggio h. 17:40



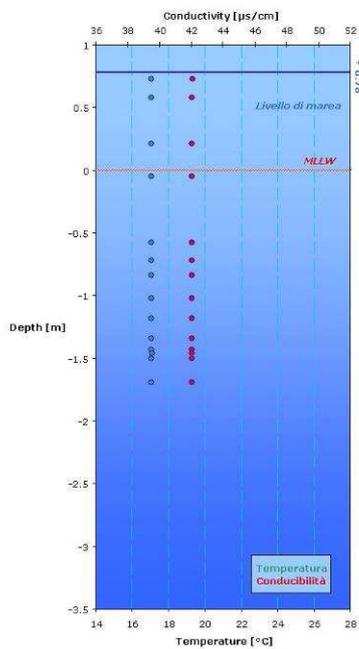
Stazione B - 12 maggio h. 12:00



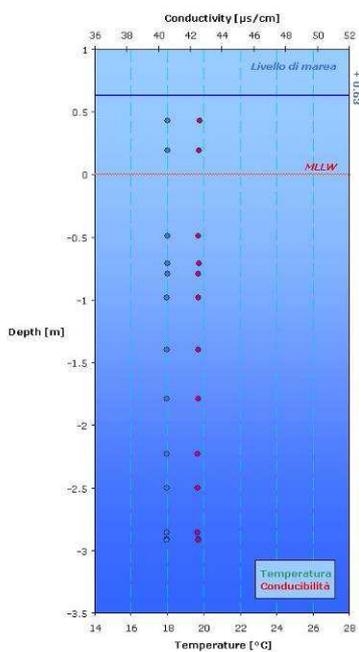
Stazione B - 12 maggio h. 18:00



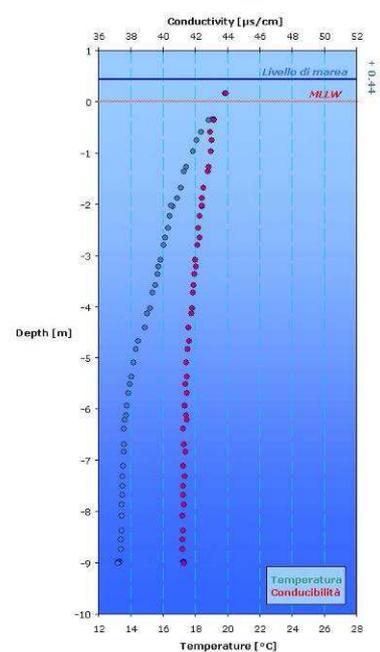
Stazione B - 13 maggio h. 12:00



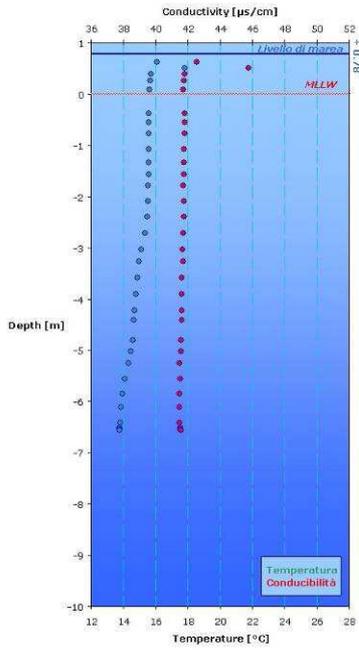
Stazione B - 13 maggio h. 17:30



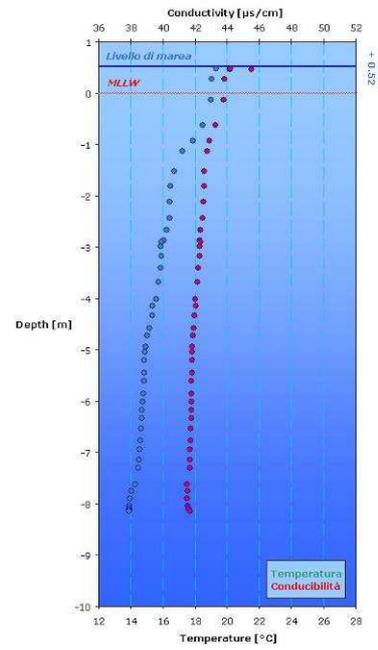
Stazione C - 4 maggio h. 11:20



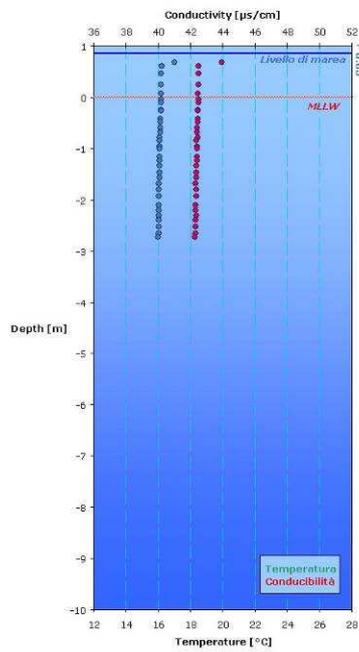
Stazione C - 4 maggio h. 17:30



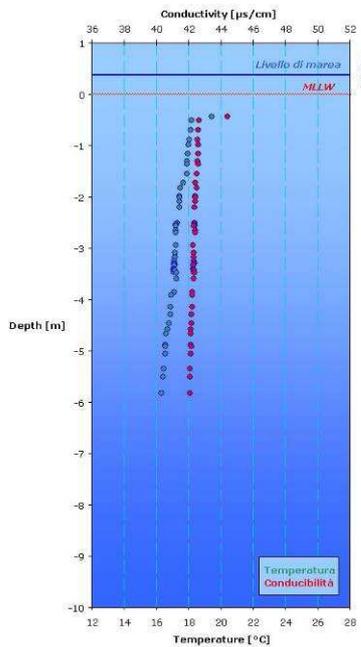
Stazione C - 5 maggio h. 10:15



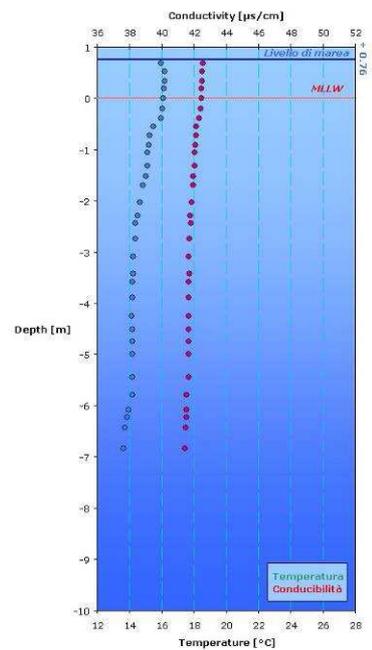
Stazione C - 5 maggio h. 17:15



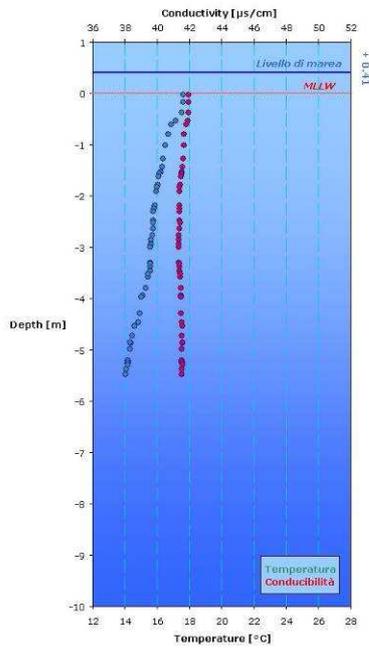
Stazione C - 6 maggio h. 11:50



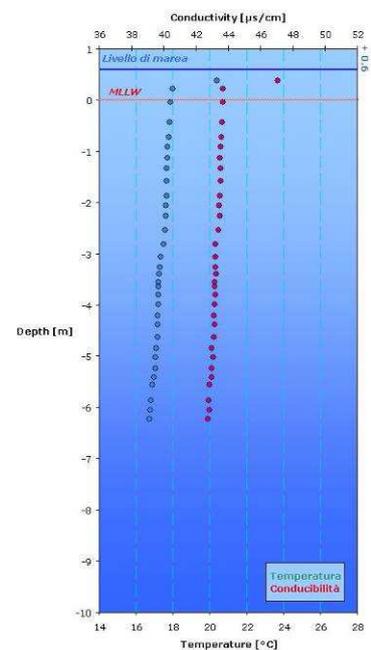
Stazione C - 6 maggio h. 17:20



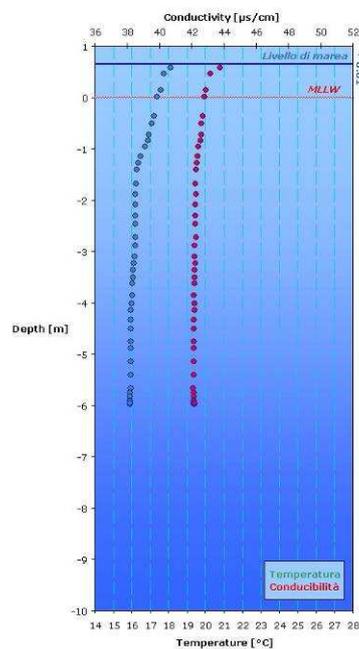
Stazione C - 7 maggio h. 10:25



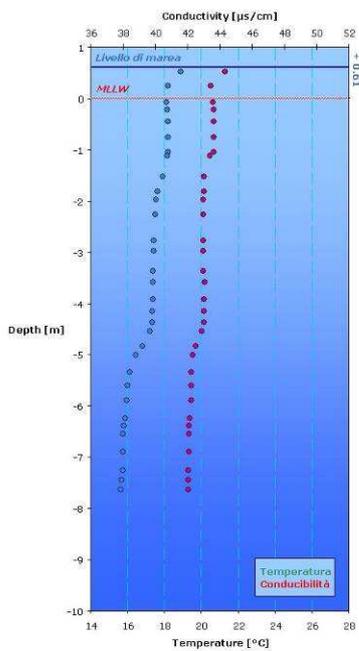
Stazione C - 10 maggio h. 17:20



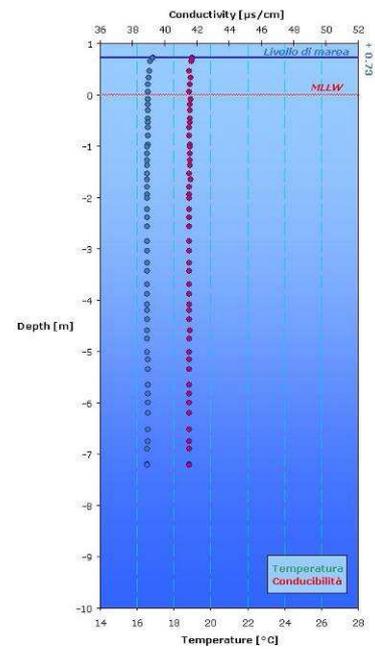
Stazione C - 11 maggio h. 09:55



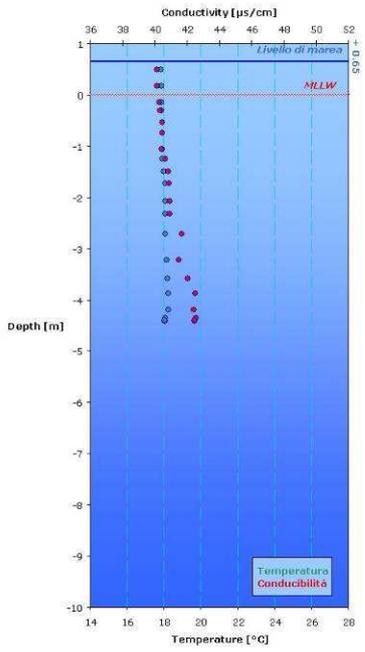
Stazione C - 11 maggio h. 17:20



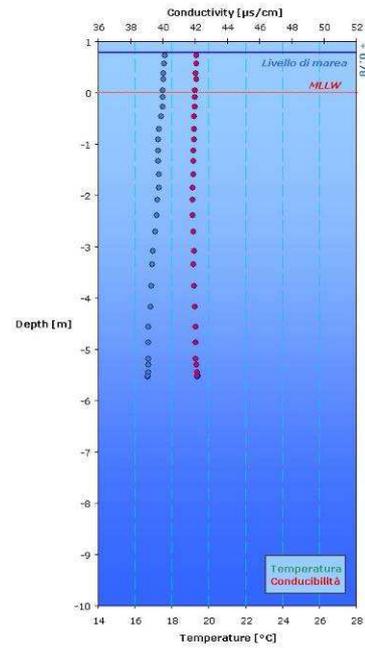
Stazione C - 12 maggio h. 10:20



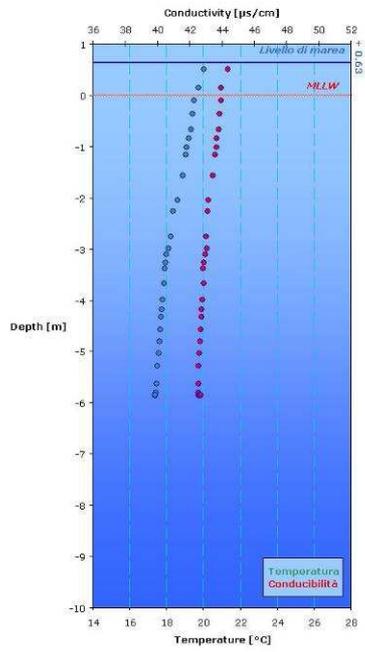
Stazione C - 12 maggio h. 17:45



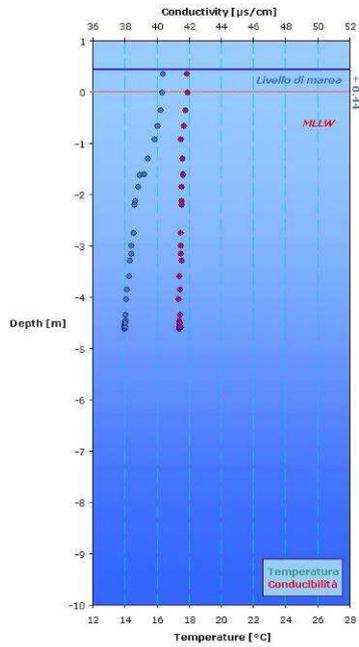
Stazione C - 13 maggio h. 11:40



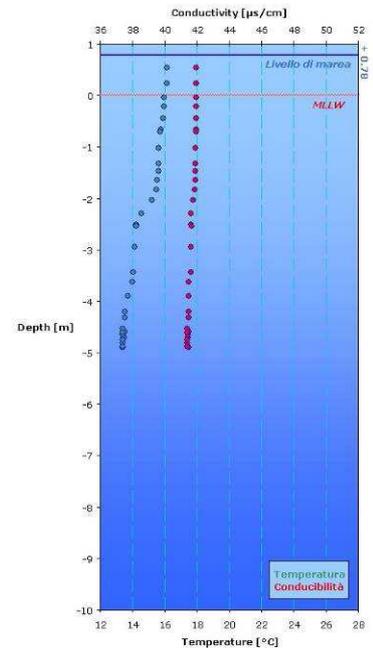
Stazione C - 13 maggio h. 17:05



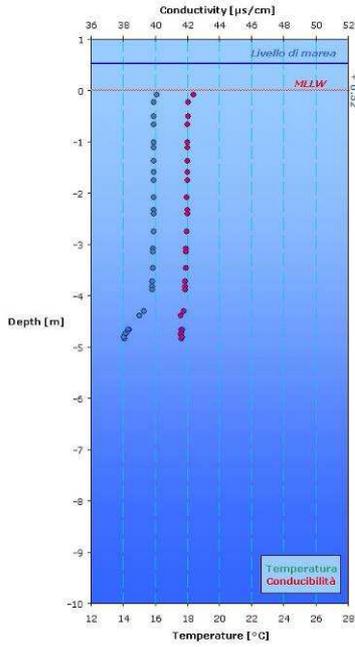
Stazione D - 4 maggio h. 11:30



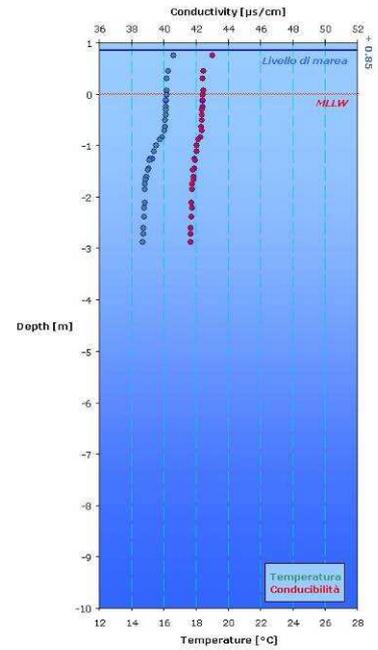
Stazione D - 4 maggio h. 18:00



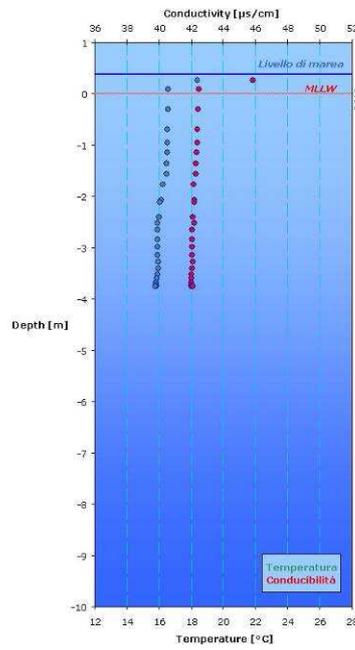
Stazione D - 5 maggio h. 10:30



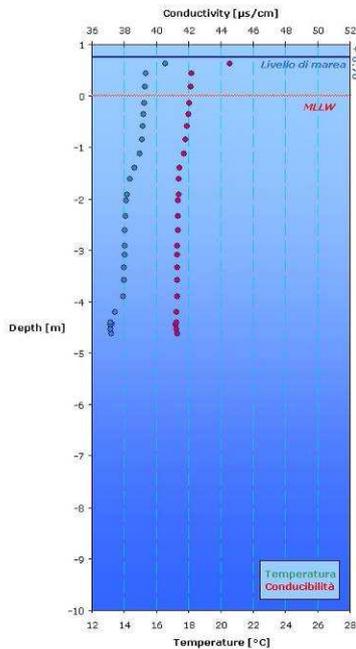
Stazione D - 5 maggio h. 17:25



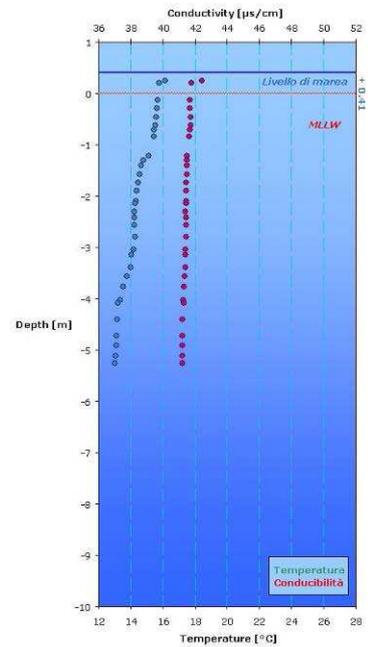
Stazione D - 6 maggio h. 12:10

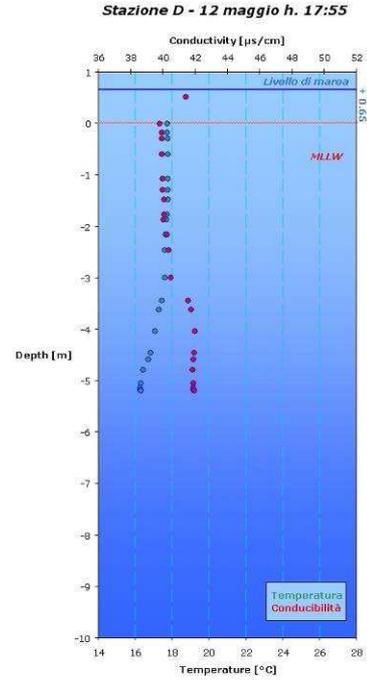
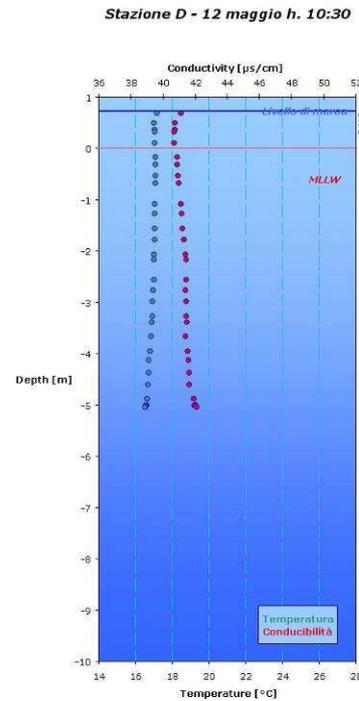
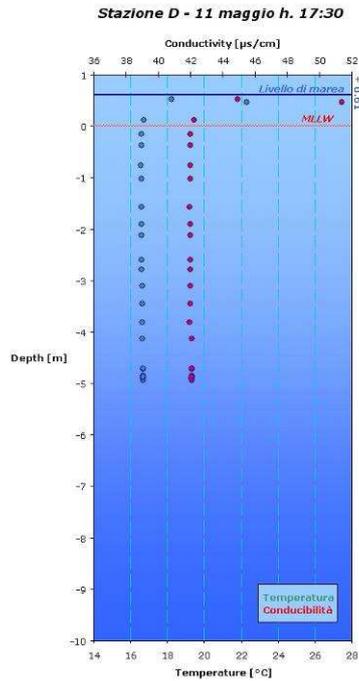
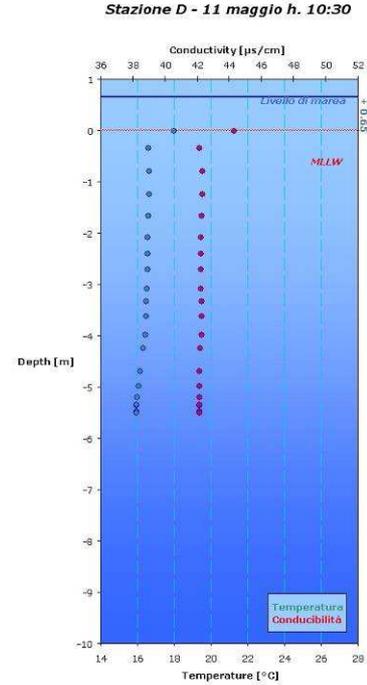
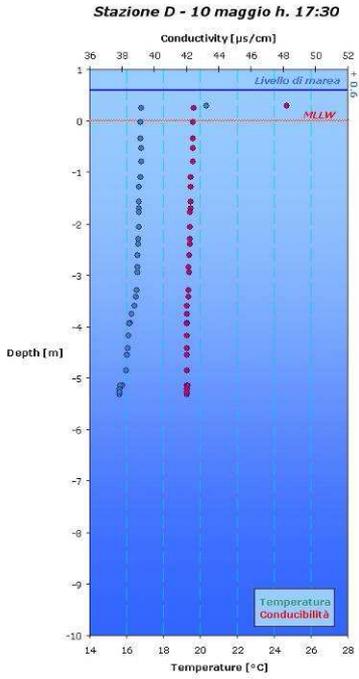


Stazione D - 6 maggio h. 17:30

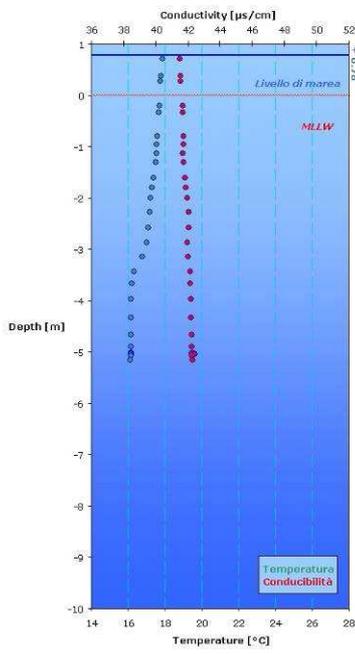


Stazione D - 7 maggio h. 10:40





Stazione D - 13 maggio h. 11:45



Stazione D - 13 maggio h. 17:20

