Servizi Ecologici Porto di Genova s.p.a.

committente

AUTORITA' PORTUALE DI GENOVA

DIREZIONE GESTIONE DEL TERRITORIO
Servizio Ambiente, Igiene, Sicurezza del Lavoro Portuale e Logistica Interna
Ufficio Ambiente

ANALISI DEI DATI FISICO-CHIMICO-BIOLOGICI DERIVANTI DAL MONITORAGGIO AMBIENTALE MARINO NELL'AREA DEL PORTO DI GENOVA ANNO 2008

realizzato in collaborazione con

Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse (DIP.TE.RIS.)
Università degli Studi di Genova

aprile 2009

INDICE

1 INTRODUZIONE

2 MATERIALI E METODI

2.1 Piano di campionamento 4

2.2 Parametri chimico-fisici 5

2.3 Parametri meteorologici 6

2.4 Coliformi fecali 6

2.5 Azoto ammoniacale 6

3 RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Caratteristiche generali del sistema portuale 7

3.2 L'anno 2008 11

3.3 Le aree "critiche": confronto con gli anni precedenti 23

4 CONSIDERAZIONI FINALI

BIBLIOGRAFIA

APPENDICE

1 INTRODUZIONE

L'Autorità Portuale di Genova conduce dal 1997 un monitoraggio ambientale mensile, allo scopo di individuare le aree più a rischio degli specchi acquei portuali, nella zona che si estende da Punta Vagno a Voltri. Tale attività produce dati mensili su sei parametri analizzati e carte tematiche che mostrano graficamente la situazione. I punti considerati sono un centinaio, identificati tra le zone più significative, per tutta l'estensione del Porto di Genova. I parametri presi in considerazione sono ammoniaca, coliformi fecali, temperatura, ossigeno disciolto, salinità e clorofilla-a.

Fino ad aprile 2005, il monitoraggio è stato condotto effettuando campionamenti mensili in circa 100 stazioni, con contemporanea acquisizione dei principali parametri chimico-fisici tramite sonda multiparametrica. Dal maggio 2005 al 2007, la Servizi Ecologici Porto di Genova spa (SEPG) ha effettuato il monitoraggio ambientale del Porto di Genova per conto dell'Autorità Portuale attraverso un sistema georeferenziato di acquisizione e trasmissione dati in continuo. Tale sistema prevedeva l'utilizzo di sonde multiparametriche montate su mezzi di proprietà della società stessa, regolarmente impegnati in attività di disinquinamento e pulizia degli specchi acquei portuali, che forniscono dati relativi a temperatura, salinità e ossigeno disciolto. I e ogni giorno acquisiscono e trasmettono dati relativi alle zone in cui stanno operando.

I dati raccolti durante l'anno 2008 rappresentano il monitoraggio condotto effettuando campionamenti mensili in circa 90 stazioni, con contemporanea acquisizione dei principali parametri chimico-fisici tramite sonda multiparametrica e sono già stati riportati in una serie di relazioni mensili.

La relazione annuale sullo stato delle acque portuali genovesi ha lo scopo di presentare tutti i risultati relativi al 2008, per evidenziare la presenza di gradienti spaziali dei parametri di qualità dell'acqua, riconducibili alla localizzazione delle sorgenti puntuali di acque dolci e dei reflui urbani e industriali, e la presenza di fluttuazioni sistematiche dei parametri rilevati, modulate in qualche misura dalle attività antropiche e riconducibili al succedersi delle stagioni ed al contributo delle condizioni meteorologiche. Inoltre, i dati sono stati comparati con quelli provenienti dai precedenti monitoraggi, per verificare se ci siano state variazioni nel corso degli anni.

Per una descrizione dettagliata del Porto di Genova, delle principali attività portuali, dei fattori di impatto ambientale, del clima della zona e della circolazione costiera si fa riferimento alla relazione annuale relativa all'anno 2006 e dell'anno 2007.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Piano di campionamento

Le campagne di monitoraggio si svolgono mensilmente all'interno dell'area portuale genovese. Per la rilevazione dei principali parametri chimico-fisici dell'acqua sub-superficiale (temperatura, salinità, ossigeno disciolto) sono state utilizzate sonde multiparametriche B&C Electronic e sonde Idronaut. Sono state effettuate acquisizioni in circa 90 punti distribuiti all'interno dell'area portuale coincidenti con quelli relativi al monitoraggio antecedente al 2005. In 20 di questi punti, scelti in base alla loro collocazione rispetto ai principali apporti di acqua dolce proveniente da terra, vengono prelevati anche campioni di acqua sub-superficiale per l'analisi dell'azoto ammoniacale, dei coliformi fecali e della clorofilla-a, secondo le metodologie standard UNICHIM.
Nella Figura 2.1 si riporta l'ubicazione degli 80 punti di campionamento coincidenti con quelli relativi al monitoraggio antecedente al 2005.

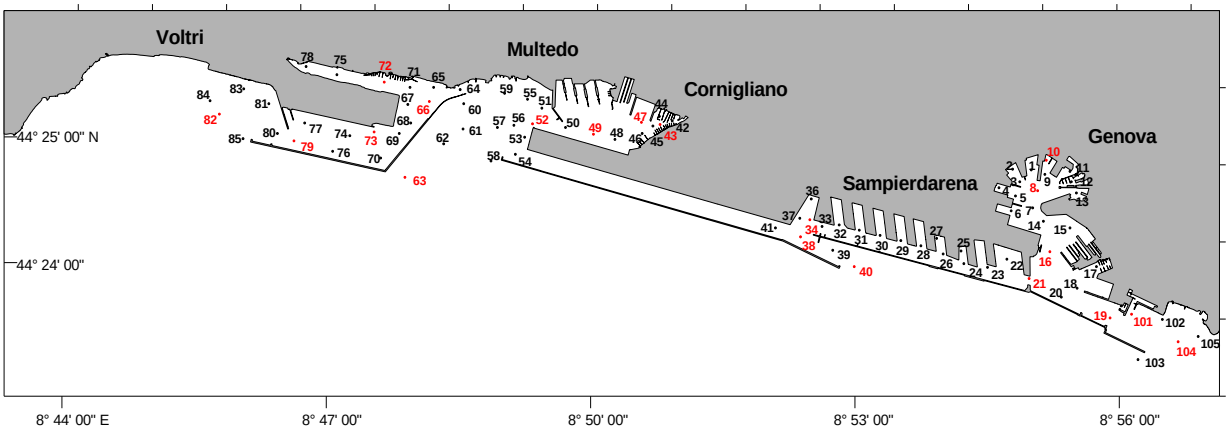


Fig.2.1 Punti di campionamento coincidenti con quelli relativi al monitoraggio antecedente al 2005; in rosso sono evidenziati i punti in cui vengono prelevati campioni di acqua sub-superficiale.

I mezzi utilizzati per il monitoraggio sono due (Fig. 2.2), ciascuno dei quali dotato di una propria area di azione. Uno è destinato alla zona compresa tra Punta Vagno e la foce del Polcevera, l'altro ai bacini di Multedo e Voltri.



Fig.2.2 Mezzi nautici utilizzati per il monitoraggio.

2. 2 Parametri chimico-fisici

Per la rilevazione dei principali parametri chimico-fisici dell'acqua sub-superficiale (temperatura, salinità, ossigeno disciolto) vengono utilizzate sonde multiparametriche B&C Electronic (mod. SA 8065.101, Fig. 2.3a) ed Idronaut (mod. 301, Fig. 2.3b).



Fig. 2.3 Sonda B&C electronics, modello SA 8065.101 ed Idronaut mod. 301

In tabella 2.1 vengono riportate le specifiche dei sensori delle sonde.

B&C Electronic

Tipo sensore		*Scala*	*Risoluzione dato*
Temperatura	RTD Pt1000	-5/+55 °C	0.01 °C
Conducibilità	Cella K=1.00	6.000/60.000 mS	0.001 mS
Ossigeno disciolto	Cella polarografica	0.000/20.000 mg/l	0.001 mg/l

Idronaut

Tipo sensore	*Range*	*Accuray*	*Resolution*
Temperatura	-1 … +50 C	0.01 °C	0.004 °C
Conducibilità	0 …..62 mS/cm	0.02 mS/cm	0.004 mS/cm
Ossigeno disciolto	0 50 ppm	0.1 ppm	0.01 ppm

I dati relativi ai principali parametri chimico-fisici dell'acqua sono stati validati nell'ambito di una collaborazione tra la SEPG e l'Università degli Studi di Genova (DIP.TE.RIS.).

2. 3 Parametri meteorologici

I dati relativi alla piovosità annuale e alla temperatura dell'aria provengono dal "Dipartimento di Ingegneria Ambientale dell'Università di Genova" (www.diam.unige.it) e dal sito di meteorologia Eurometeo (www.eurometeo.com).
I dati relativi all'intensità e direzione del vento provengono dal Servizio Mareografico dell'APAT (www.idromare.com).

2. 4 Coliformi fecali

I campioni, trasportati in contenitori refrigerati, sono stati analizzati presso il laboratorio dell'AMGA entro i tempi previsti dai metodi analitici impiegati. Per l'analisi è stato utilizzato il metodo del numero più probabile o dei tubi multipli (MPN), descritto nel manuale IRSA/CNR.
Con questo metodo, che consiste in una prova presuntiva e in una prova di conferma, viene calcolata la densità dei coliformi fecali in campioni di acqua tramite una stima statistica, determinata sulla base della combinazione di tubi positivi e negativi ottenuti inoculando aliquote diverse del campione in terreno colturale liquido. Il risultato può essere ricavato, in base alle diverse combinazioni, dall'apposita tabella già predisposta .
Il metodo è particolarmente adatto per l'esame di acque che presentano un'elevata torbidità. Il risultato ottenuto viene riportato come MPN/100 mL di campione.

2.5 Azoto ammoniacale

I campioni, trasportati in contenitori refrigerati, sono stati analizzati presso il laboratorio dell'AMGA entro i tempi previsti dai metodi analitici impiegati. Per l'analisi è stata utilizzata la procedura descritta nel manuale IRSA/CNR. La metodica utilizzata è quella della determinazione spettrofotometrica all'indofenolo.
L'ammoniaca per reazione con salicilato sodico e cloro forma un derivato dell'indofenolo, il quale, in ambiente nettamente alcalino ed in presenza di nitroprussiato sodico, che agisce da catalizzatore, assume una colorazione verde-blu, misurabile spettrofotometricamente alla lunghezza d'onda di 690 nm. L'aumento delle concentrazioni dei reagenti può determinare la reazione di composti organici azotati labili ed una diminuzione dei tempi di reazione. La reazione che porta alla formazione dell'indofenolo è caratterizzata da un meccanismo complesso; probabilmente si forma una cloroimmide chinonica in uno step intermedio.

3 RISULTATI E DISCUSSIONE

Tutti i risultati provenienti dal monitoraggio effettuato nell'anno 2008 sono riportati nelle relazioni mensili (CD allegato); le rappresentazioni grafiche mensili dei parametri monitorati e dei parametri meteorologici sono riportate nell'appendice 1.

3.1 Caratteristiche generali del sistema portuale

Nel corso del programma di monitoraggio, in atto ormai da 10 anni, sono emersi alcuni andamenti generali delle caratterisitiche delle acque portuali, sia spaziali che temporali. Tali andamenti risultano evidenti anche se l'estensione spaziale e il momento in cui si manifestano possono variare di anno in anno. Tale variabilità è riconducibile in varia misura al succedersi delle stagioni, alle attività antropiche che insistono sull'area portuale e alla variabilità delle condizioni meteorologiche.

La temperatura sub-superficiale dell'acqua presenta nel suo andamento stagionale una spiccata periodicità, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo fra luglio ed agosto, così come generalmente osservabile alle latitudini temperate, e segue l'evoluzione della temperatura atmosferica.

In tutte le stagioni le stazioni 24 e 25, poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica Enel a Sampierdarena, si distinguono per la temperatura più elevata di circa 3-5 °C rispetto al resto del bacino.

La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci provenienti da terra; la distribuzione spaziale della salinità superficiale, infatti, evidenzia in tutti i mesi i principali scarichi che interessano l'area portuale. L'evoluzione temporale di questo parametro è legata principalmente all'andamento delle precipitazioni, soprattutto per quanto riguarda la foce del Polcevera e la zona più interna del bacino di Multedo, dove sfocia il Chiaravagna. Entrambi i corsi d'acqua, infatti, hanno spiccato regime torrentizio e generalmente basse portate. In concomitanza con i massimi pluviometrici stagionali tendono però ad esondare, o comunque ad aumentare notevolmente la portata con evidenti diminuzioni della salinità in corrispondenza delle foci.

Lo scarico del depuratore in Darsena, pur risentendo del regime delle precipitazioni in quanto raccoglie l'apporto della maggior parte dei piccoli rivi tombinati inseriti nel tessuto urbano del centro storico di Genova, ha comunque una portata tale da influire sulla salinità del corpo recettore a prescindere dalla frequenza e dall'intensità delle piogge.

Nel bacino di Voltri sfociano alcuni rivi minori con portate molto basse, che non alterano la salinità dell'area se non in caso di precipitazioni molto intense.

Per quanto riguarda la clorofilla-a, le fluttuazioni sistematiche osservate sono da mettere in relazione sia con la variabilità stagionale degli apporti fluviali e delle altre immissioni puntuali, sia con il ciclo stagionale di produzione-degradazione della materia organica. Infatti, da un punto di vista biogeochimico, il livello di irradiazione luminosa e la temperatura dell'acqua sono i due parametri fisici che determinano i periodi in cui la produzione primaria può essere intensa. Tuttavia, l'entità, la durata e la copertura delle

fioriture algali sono determinate dalla quantità di nutrienti assimilabili dalle diverse comunità di produttori primari, e quindi anche alle modalità di immissione dei nutrienti. Qualora i nutrienti vengano immessi nel corpo d'acqua in concomitanza con una fioritura, essi vengono assimilati ed entrano nella rete trofica. Di conseguenza, aumenta il loro tempo di residenza nel bacino, in quanto, attraverso la successiva rimineralizzazione delle alghe morte, i nutrienti possono completare il loro ciclo biogeochimico all'interno del bacino stesso. In mancanza di assimilazione da parte dei produttori primari, al contrario, i nutrienti immessi escono attraverso le bocche di porto ed entrano nei loro cicli biogeochimici nella fascia costiera.

Le concentrazioni della clorofilla-a nelle acque portuali seguono un tipico andamento stagionale. Durante il periodo autunnale-invernale la biomassa fitoplanctonica (espressa come clorofilla-a) è più bassa; successivamente, nel periodo primaverile, quando la temperatura dell'acqua diventa sufficientemente elevata e la radiazione luminosa sufficientemente intensa, si osservano le prime fioriture fitoplanctoniche. Queste possono essere stimolate e sostenute dagli apporti di nutrienti provenienti da terra e si prolungano nella stagione estiva, fino a raggiungere i valori massimi nei mesi di luglio e agosto. Qualora gli apporti di nutrienti non siano sufficienti a compensare il consumo ad opera della comunità autotrofa, le fioriture possono terminare rapidamente. La clorofilla-a ritorna verso valori bassi tipici del periodo autunnale, in seguito alle progressive diminuzioni della temperatura dell'acqua e dell'intensità della radiazione solare

Dalla distribuzione spazio-temporale della clorofilla-a, si evince anche che ciascun bacino portuale presenta una situazione differente, sia dal punto di vista della quantità massima di biomassa fitoplanctonica (espressa come clorofilla-a), che del periodo stagionale in cui viene raggiunta. Ad esempio nel bacino di Voltri, nel quale gli apporti da terra sono trascurabili, la biomassa fitoplanctonica è sempre inferiore rispetto agli altri due bacini e distribuita più uniformemente nel tempo.

La distribuzione della concentrazione dell'ossigeno disciolto è modulata sia dal naturale ciclo di produzione del fitoplancton e dalla temperatura dell'acqua, e quindi dalla stagionalità, che dal carico organico proveniente dagli apporti di acqua dolce. In tutte le stagioni, infatti, in corrispondenza dei principali scarichi da terra, si riscontrano valori minimi di ossigeno, la cui entità varia però a seconda del periodo stagionale.

Altri parametri, invece, non hanno mostrato un particolare andamento stagionale. Ad esempio, la dinamica dell'ammoniaca e dei coliformi fecali, è regolata prevalentemente dai processi di trasporto dei carichi provenienti dagli scarichi immessi nei bacini.

In generale, le misure di qualità delle acque dipendono fortemente dalla variabilità delle portate dei corsi d'acqua: si ricorda che le portate sono estremamente variabili per i corsi d'acqua liguri, caratterizzati in maggior parte da un regime prettamente torrentizio. L'aumento della portata di un corso d'acqua o di uno scarico (in seguito ad eventi meteorici) influenza in modo diverso i vari contributi all'inquinamento. Ad esempio, per scarichi industriali o provenienti da depuratori, la cui portata è più o meno costante nel

tempo, può agire come "diluizione", mentre per inquinamento agricolo, zootecnico o urbano può tradursi in un aumento dei carichi, a causa del maggior dilavamento.
Anche i venti sono considerati forzanti meteorologiche importanti, in quanto influenzano gli scambi delle acque portuali con il mare aperto. In generale, le componenti da sud-sud-ovest, prevalenti nel periodo estivo e autunnale, tendono a confinare le acque all'interno dell'ambiente portuale. Viceversa, la componente da nord, prevalente nel periodo invernale e spesso caratterizzata da forte intensità, favorisce la fuoriuscita dell'acqua verso l'esterno, e quindi il ricambio con il mare aperto.
Sulla base del set di dati proveniente dal monitoraggio portuale, dal 1998 ad oggi, tramite l'utilizzo di alcune analisi statistiche multivariate (analisi delle componenti principali e l'analisi dei fattori principali) si è giunti ad una classificazione dei diversi siti all'interno dei tre bacini portuali. Si riportano qui di seguito i principali risultati ottenuti, rimandando alla relazione annuale relativa all'anno 2006 per una più completa trattazione delle analisi statistiche utilizzate.
L'analisi delle componenti principali ha evidenziato che i siti possono essere classificati e, quindi raggruppati, sulla base della qualità delle acque, definita come combinazione lineare delle concentrazioni dei parametri monitorati; tale classificazione è interpretabile in chiave geografica, in funzione della vicinanza dalle principali sorgenti puntuali, quali le foci dei torrenti, i depuratori e la zona industriale, e della vicinanza con le bocche del porto.

Nell'area portuale che si estende dalla foce del Bisagno alla foce del Polcevera, le stazioni più interne e posizionate in corrispondenza dei principali apporti da terra (10, 35-37) si caratterizzano per una bassa salinità, basse concentrazioni di ossigeno disciolto e elevate concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali. In direzione opposta si posizionano le stazioni vicine alle bocche portuali (40, 101-105) con salinità più elevate, maggiori concentrazioni di ossigeno disciolto e minori concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali; le altre stazioni si distribuiscono seguendo il gradiente interno-esterno del bacino, con concentrazioni di ammoniaca e coliformi marcatamente decrescenti ed aumento dell'ossigeno disciolto. Le stazioni 11-13 si distinguono per la più elevata concentrazione di clorofilla-a, determinata dalla vicinanza dello scarico del depuratore in Darsena, che apporta grandi quantità di nutrienti. In questo bacino, quindi, i massimi di clorofilla-a non si ritrovano in concomitanza dello scarico stesso (stazione 10) ma nelle zone limitrofe. Le stazioni 24 e 25, poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica Enel, si distinguono per la temperatura più elevata.
Anche nel bacino di Multedo le stazioni più interne e posizionate in corrispondenza dei principali apporti da terra (42-45) si raggruppano e le altre stazioni si distribuiscono seguendo il gradiente interno-esterno del bacino, con concentrazioni di ammoniaca e coliformi decrescenti ed aumento dell'ossigeno disciolto.
Nel bacino di Voltri, le stazioni più confinate (72, 75, 78), posizionate nel canale di Prà, sono caratterizzate da più elevate concentrazioni di clorofilla-a; le stazioni poste in

corrispondenza dell'imboccatura portuale di levante (59-65) risentono dell'influenza degli scarichi del depuratore di Pegli e sono caratterizzate da concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali più elevate; le stazioni poste in corrispondenza dell'imboccatura portuale di ponente sembrano non risentire dello scarico del depuratore di Voltri.

Tramite l'analisi dei fattori principali è possibile identificare dei fattori che possano essere interpretati come potenziali "generatori latenti" del fenomeno osservato, in questo caso la qualità dei corpi idrici portuali. La qualità delle acque è infatti, almeno in linea di principio, riconducibile all'impatto di alcuni "fattori" principali. Si può infatti pensare che i diversi parametri alla base dell'azione di monitoraggio tendano a riflettere l'impatto di alcuni fenomeni di base tra loro indipendenti tra cui: la presenza di scarichi industriali e fognari, la presenza di corsi d'acqua, la vicinanza con il mare. Ad esempio, identificando la carica batterica e l'ammoniaca come "indicatori" della presenza di emissioni civili, ci si può aspettare che tali parametri tendano a rilevarsi tra loro correlati (valori "elevati" in aree a forte impatto antropico e "bassi" in assenza di scarichi). Da questo punto di vista, in presenza di dati di monitoraggio che effettivamente evidenzino, ad esempio, una forte correlazione tra le misure di carica batterica e l'ammoniaca, è pensabile che un'analisi multivariata dei dati del monitoraggio sia in grado di estrarre un "fattore" che possa, a posteriori, essere identificato come "rappresentativo dell'impatto derivante da scarichi civili".
Questa analisi è stata applicata ai dati di monitoraggio, a partire dal 1998, provenienti da tutti e tre i bacini, e consente di aggregare i punti di campionamento in diverse tipologie o classi, ciascuna delle quali è influenzata da una determinata combinazione di variabili (fattori).
Per quanto riguarda l'area portuale genovese, i fattori principali possono essere messi in relazione alle seguenti combinazioni di variabili:

- Fattore 1: coliformi fecali, ossigeno disciolto (relazione inversa), azoto ammoniacale, salinità (relazione inversa);
- Fattore 2: temperatura
- Fattore 3: clorofilla-a (relazione inversa), ossigeno disciolto, azoto ammoniacale, coliformi fecali (relazione inversa), salinità;
- Fattore 4: salinità, ossigeno disciolto, azoto ammoniacale (relazione inversa), coliformi fecali (relazione inversa);
- Fattore 5: azoto ammoniacale, ossigeno disciolto (relazione inversa), coliformi fecali, salinità (relazione inversa).

In termini di strutture latenti, i fattori possono essere associati alle seguenti tematiche:

- Fattore 1: isola l'impatto batterico da scarichi di origine fognaria (presenza di depuratori);
- Fattore 2: presenza di scarichi di acqua ad elevata temperatura;
- Fattore 3: stazioni ad elevata trofia;
- Fattore 4: stazioni che subiscono l'effetto del mare aperto;
- Fattore 5: indica le stazioni intermedie tra le zone più interne e le bocche dei bacini

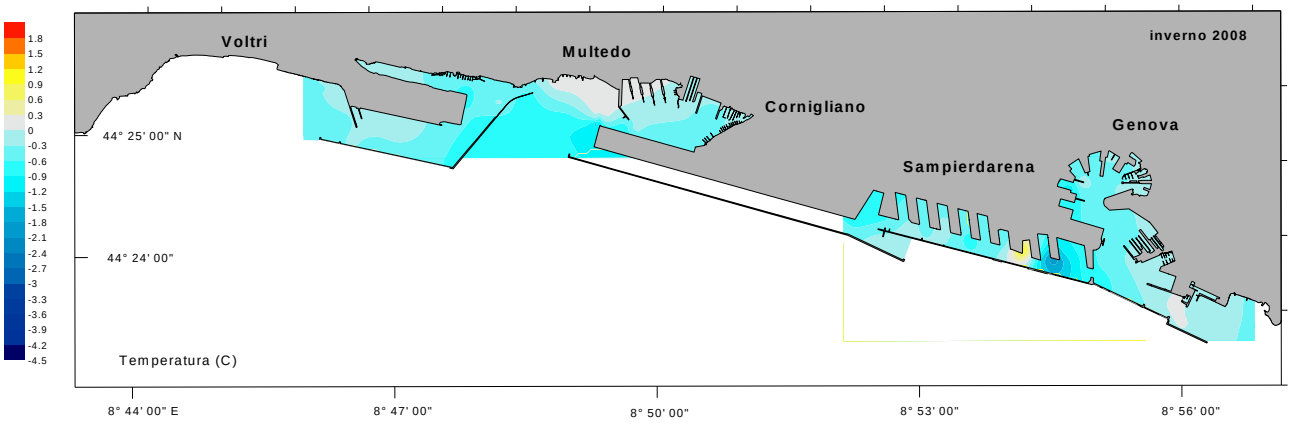
In tabella 3.1 ad ogni singolo fattore vengono associati i principali gruppi di stazioni individuati dall'analisi.

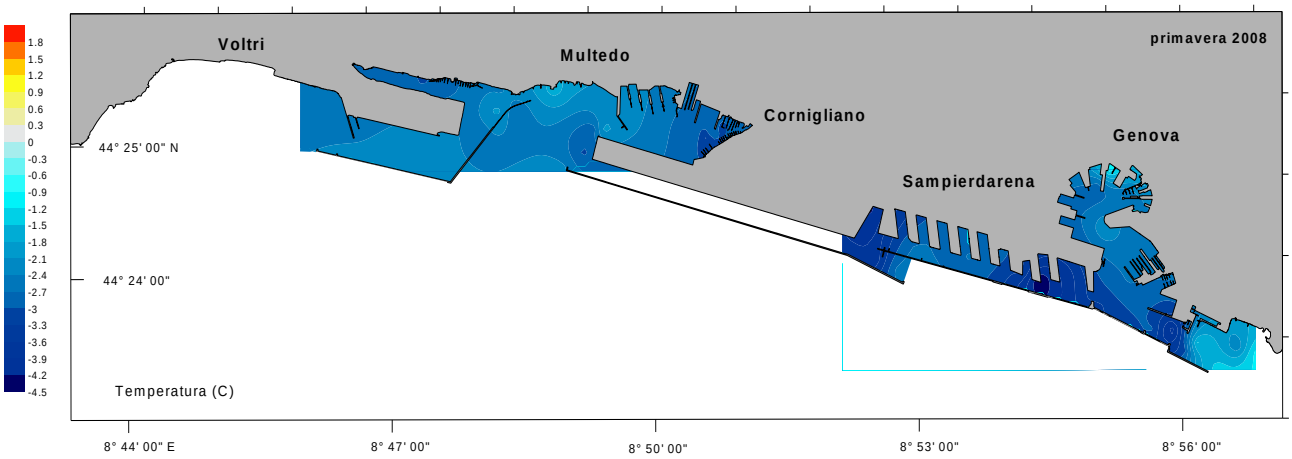
Fattori	**Cluster**
1	Stazioni 43-45 (foce Chiaravagna), 35-37 (foce Polcevera), 10 (scarico depuratore Darsena)
2	Stazioni 24 e 25 (scarico centrale Enel sampierdarena)
3	11-13 (zona interna porto Antico), 46-50 (bacino di Multedo),
4	19, 101-105 (zona esterna levante Darsena), 39-40 (zona esterna Polcevera), 79-85 (zona esterna ponente Voltri), 51-64 (zona esterna levante Voltri)
5	Stazioni intermedie tra le zone più interne e le bocche dei bacini

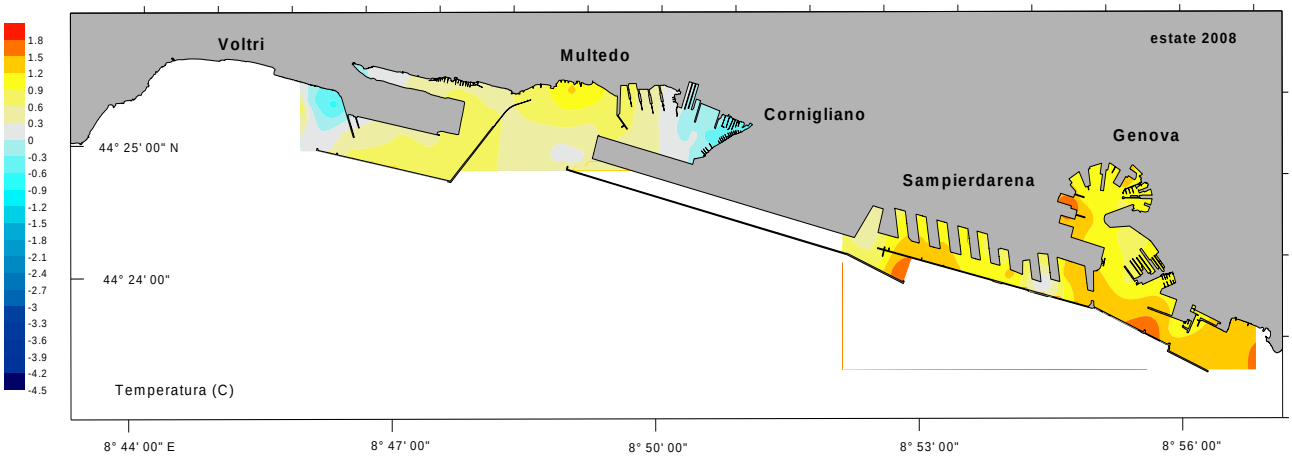
Tabella 3.1 Associazione tra ogni fattore e ogni gruppo di stazioni

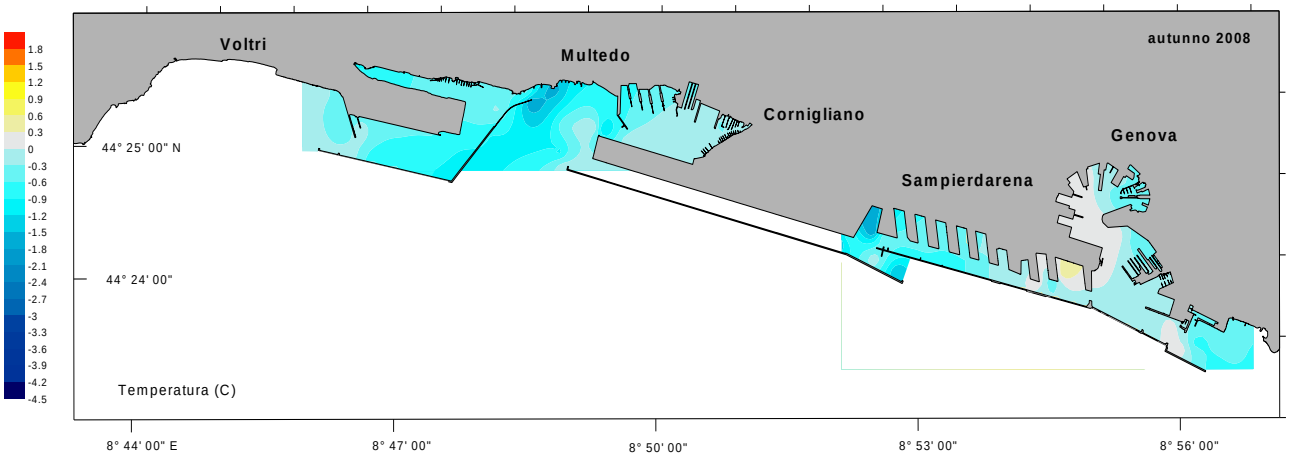
3.2 L'anno 2008

La sequenza di eventi descritti nella sezione 3.1, così come la classificazione delle stazioni del monitoraggio, è stata riscontrata in maniera evidente anche nel 2008, seppure con alcune variazioni. Maggiori dettagli sui dati raccolti nel 2008 sono riportati in appendice.
Per meglio evidenziare la presenza di alcune differenze nei risultati del monitoraggio relativo all'anno 2008 rispetto agli anni precedenti, si riportano le distribuzioni spaziali delle anomalie stagionali dei parametri (calcolate rispetto ai dati 1998-2007). Il confronto tra le anomalie stagionali e le evoluzioni dei principali parametri meteorologici nel periodo in questione, indica che le variabilità interannuali possono essere in parte ricondotte alla quantità e distribuzione temporale della piovosità annuale e alla temperatura atmosferica.
In Fig. 3.1 sono riportate le anomalie della temperatura delle acque portuali nel 2008, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie della temperatura atmosferica, sempre per il 2008.


inverno 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
-1.2
-1.5
-1.8
-2.1
-2.4
-2.7
-3
-3.3
-3.6
-3.9
-4.2
-4.5


primavera 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
-1.2
-1.5
-1.8
-2.1
-2.4
-2.7
-3
-3.3
-3.6
-3.9
-4.2
-4.5


estate 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
-1.2
-1.5
-1.8
-2.1
-2.4
-2.7
-3
-3.3
-3.6
-3.9
-4.2
-4.5


autunno 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
-1.2
-1.5
-1.8
-2.1
-2.4
-2.7
-3
-3.3
-3.6
-3.9
-4.2
-4.5

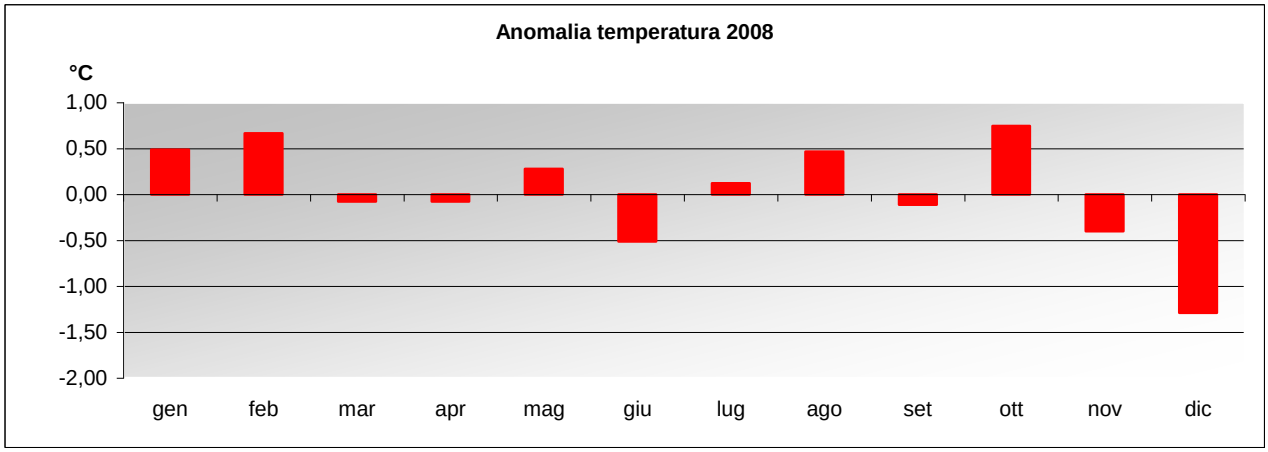
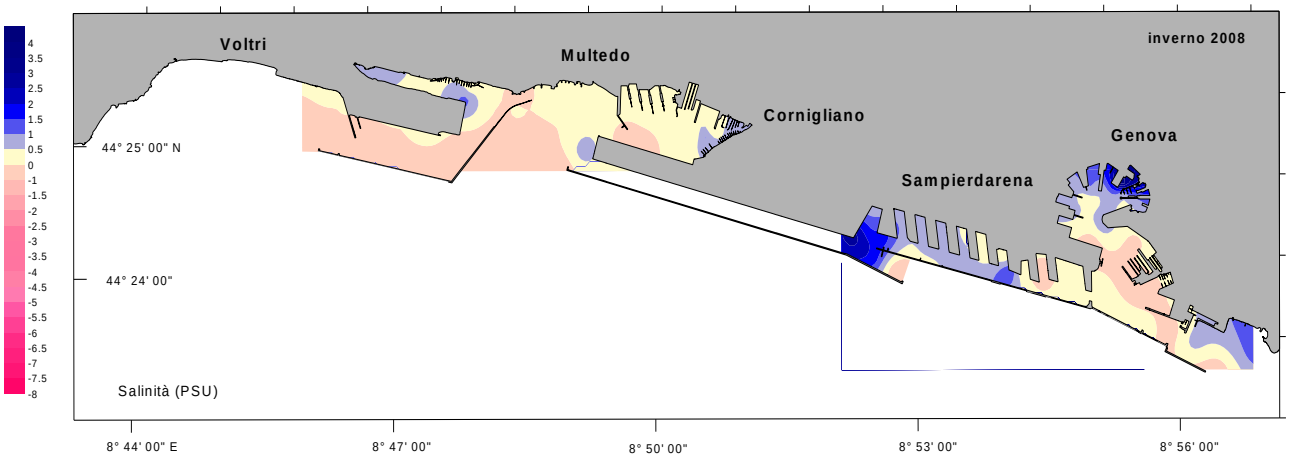
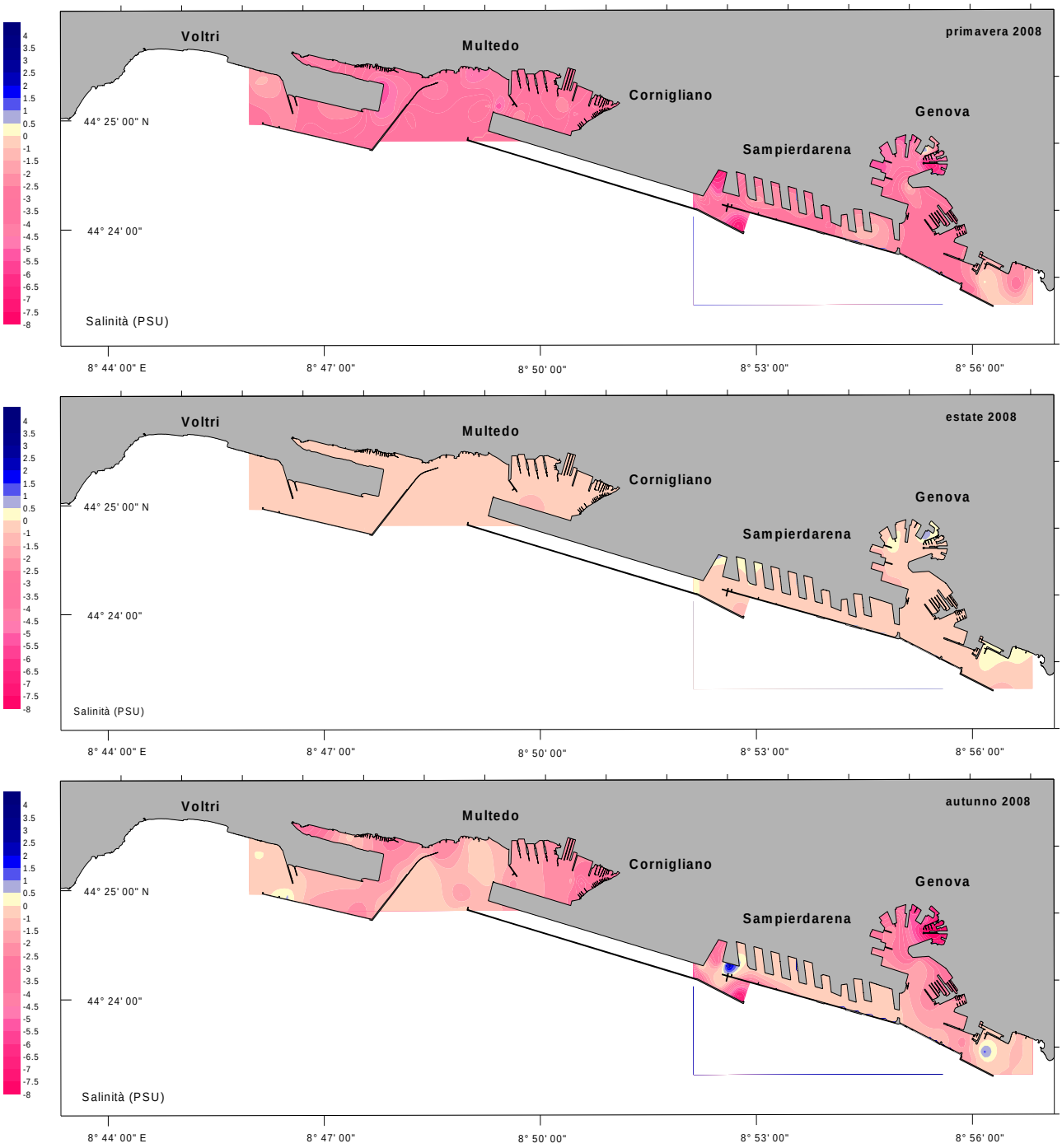


Fig. 3.1 Distribuzione spaziale delle anomalie della temperatura dell'acqua e della temperatura atmosferica nel 2008

Per quanto riguarda la temperatura atmosferica, l'anno 2008 è stato in generale caratterizzato da temperature praticamente nella media climatica durante tutto l'anno. Solo nel mese di dicembre si ha una temperatura che si discosta leggermente di più dalla media, con temperature al di sotto della media. Le anomalie della temperatura dell'acqua invernali e autunnali sono leggermente negative o vicino allo zero, quelle estive sono maggior parte positive, e quelle autunnali sono fortemente negative. Soprattutto per quanto riguarda l'estate e l'autunno l'andamento delle anomalie della temperatura dell'acqua è in accordo con quello delle anomalie della temperatura atmosferica.

In Fig. 3.2 sono riportate le anomalie della salinità delle acque portuali nel 2008, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie delle precipitazioni, sempre per il 2008.





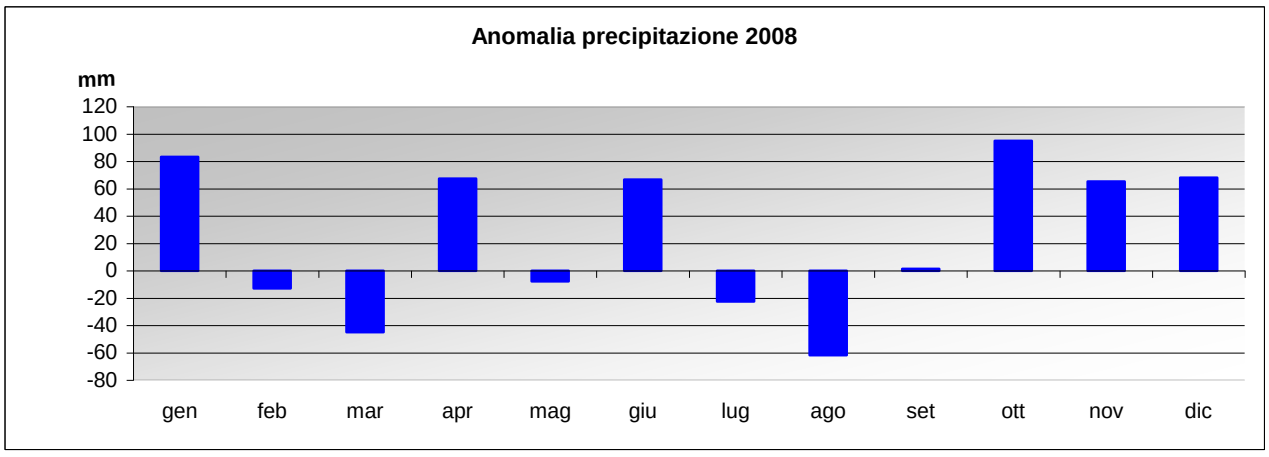
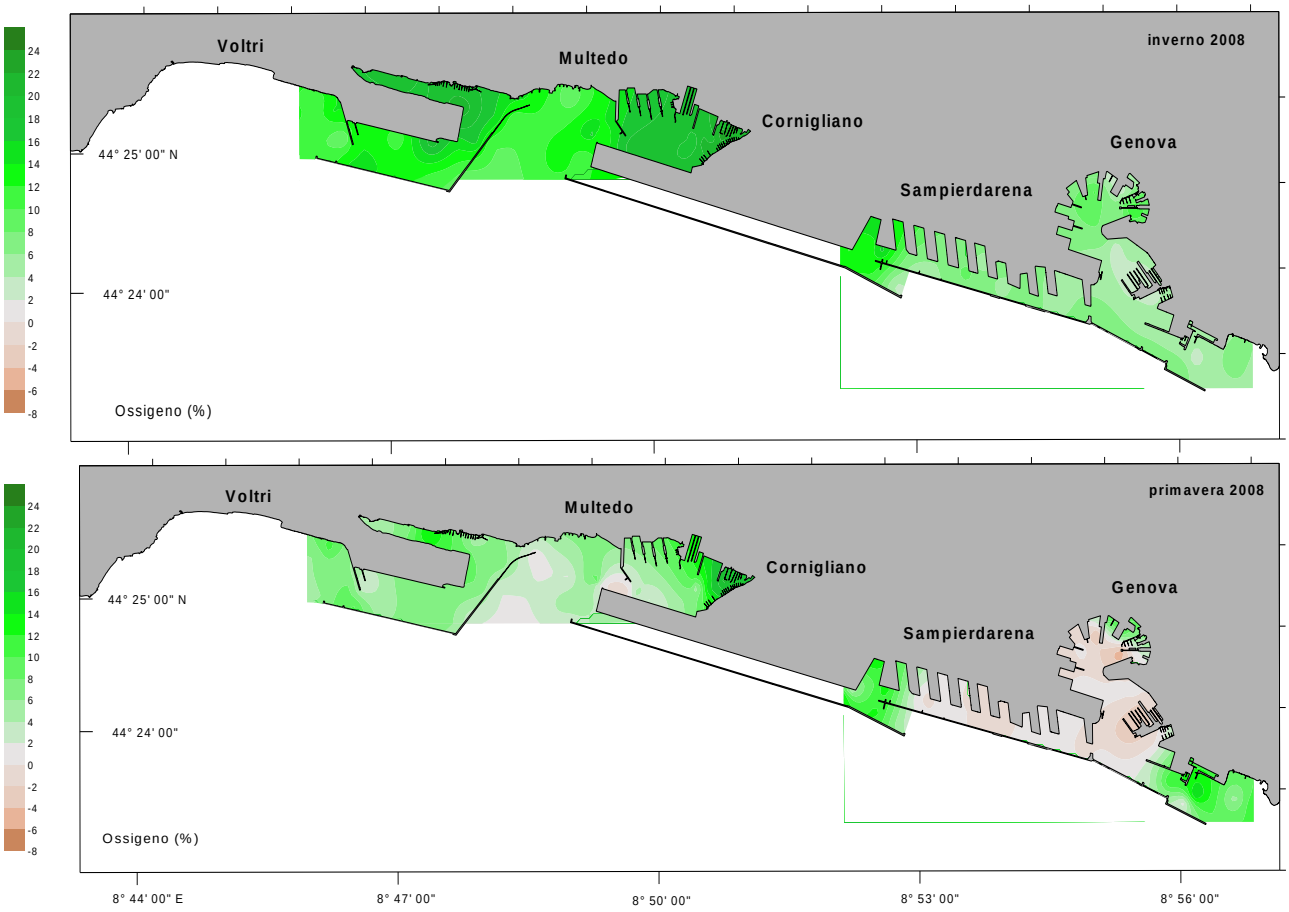


Fig. 3.2 Distribuzione spaziale delle anomalie della salinità e delle precipitazioni atmosferiche nel 2008

L'anno 2008, rispetto alla media climatica, è stato caratterizzato generalmente da alte precipitazioni; solamente febbraio, marzo, luglio e agosto sono stati particolarmente meno piovosi rispetto alla media. Nel periodo primaverile e autunnale, l'anomalia delle precipitazioni è stata decisamente positiva, in maniera molto evidente ad ottobre.
L'anomalia della salinità segue l'andamento delle precipitazioni: si sono infatti riscontrate anomalie prevalentemente positive nella stagione invernale, e leggermente negative in estate, quando le precipitazioni sono state leggermente inferiori o vicine alla media. L'anomalia della salinità e invece decisamente negativa nelle stagioni primaverili e autunnali quando le precipitazioni sono state di molto superiori alla media.

In Fig. 3.3 sono riportate le anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto nelle acque portuali nel 2008, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



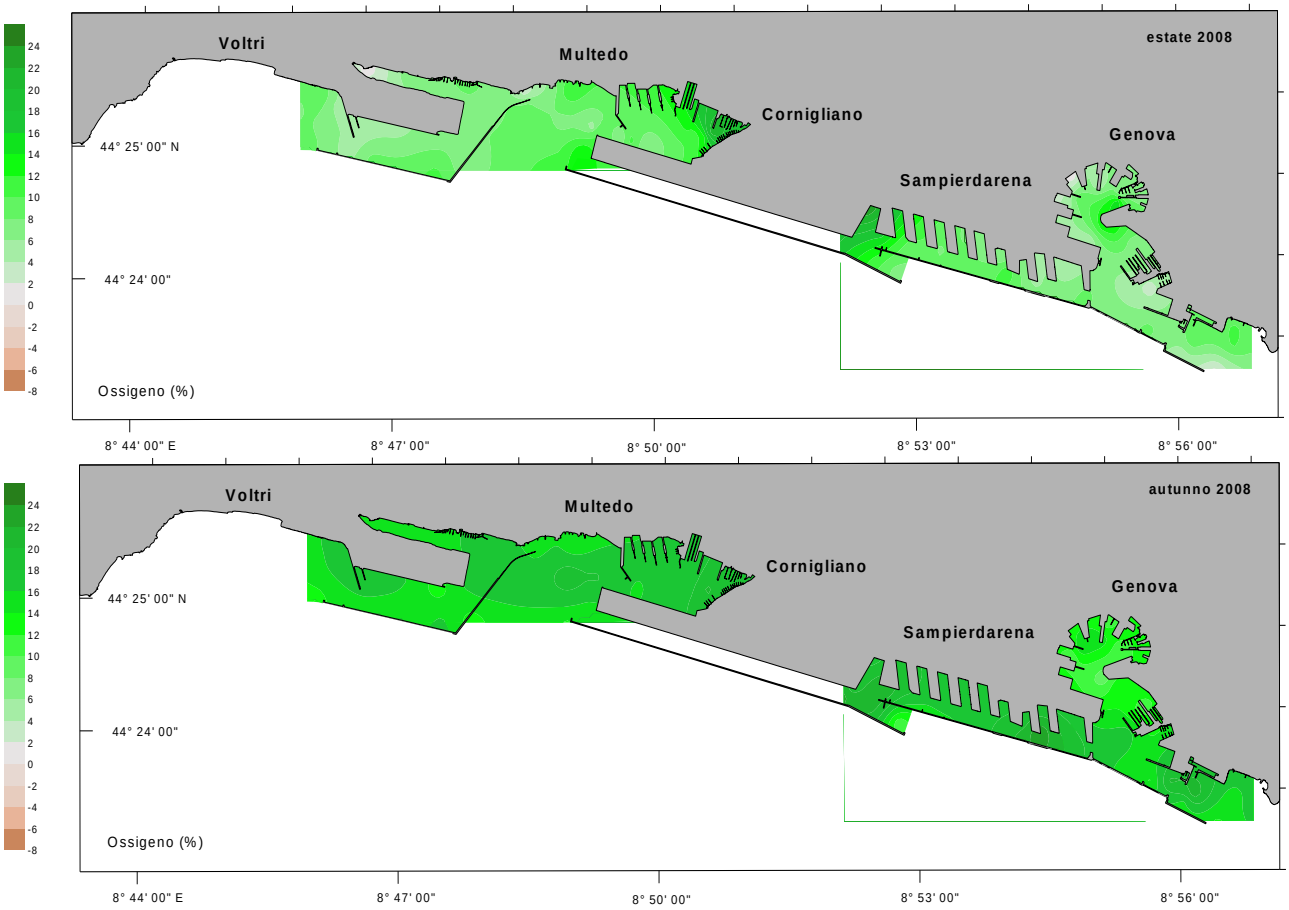


Fig. 3.3 Distribuzione spaziale delle anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno nel 2008

L'ossigeno disciolto, espresso come anomalia della percentuale di saturazione, presenta un'anomalia positiva in tutta l'area portuale, in inverno, estate autunno, e anomalie leggermente negative in primavera . L'evoluzione stagionale dell'ossigeno disciolto è da ricercare in una combinazione dei fattori che ne determinano la concentrazione; tali fattori sono sia di natura fisica (temperatura dell'acqua), che biologica (sviluppo della biomassa fitoplanctonica), che chimica (apporto di sostanza organica, proveniente in questo caso dagli scarichi da terra).

Il 2008 ha registrato anomalie positive di ossigeno tranne che nel periodo primaverile che mostra un'anomalia negativa nella zona del Porto Antico.

In Fig. 3.4 sono riportate le anomalie della concentrazione di clorofilla a nelle acque portuali nel 2008, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).

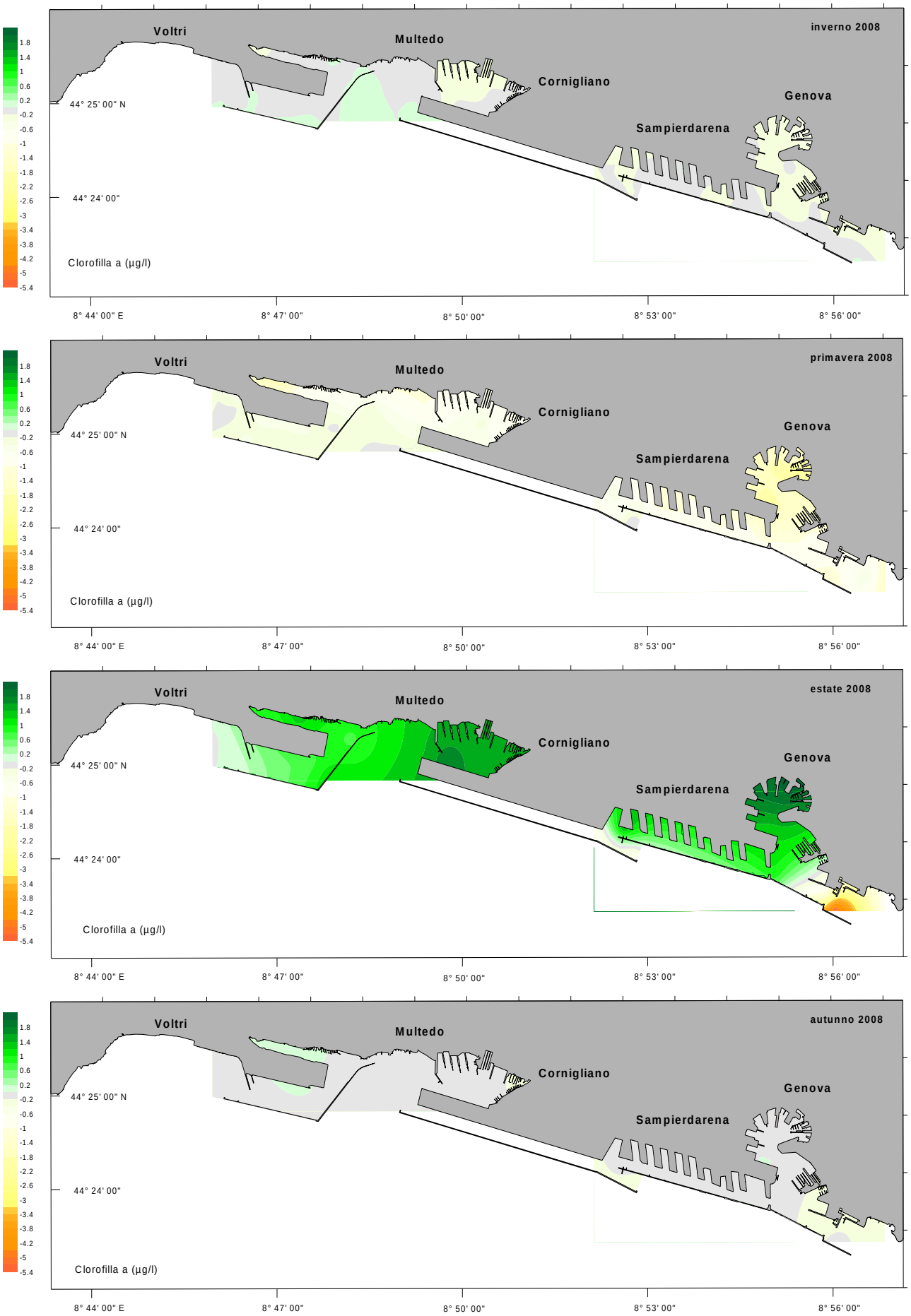
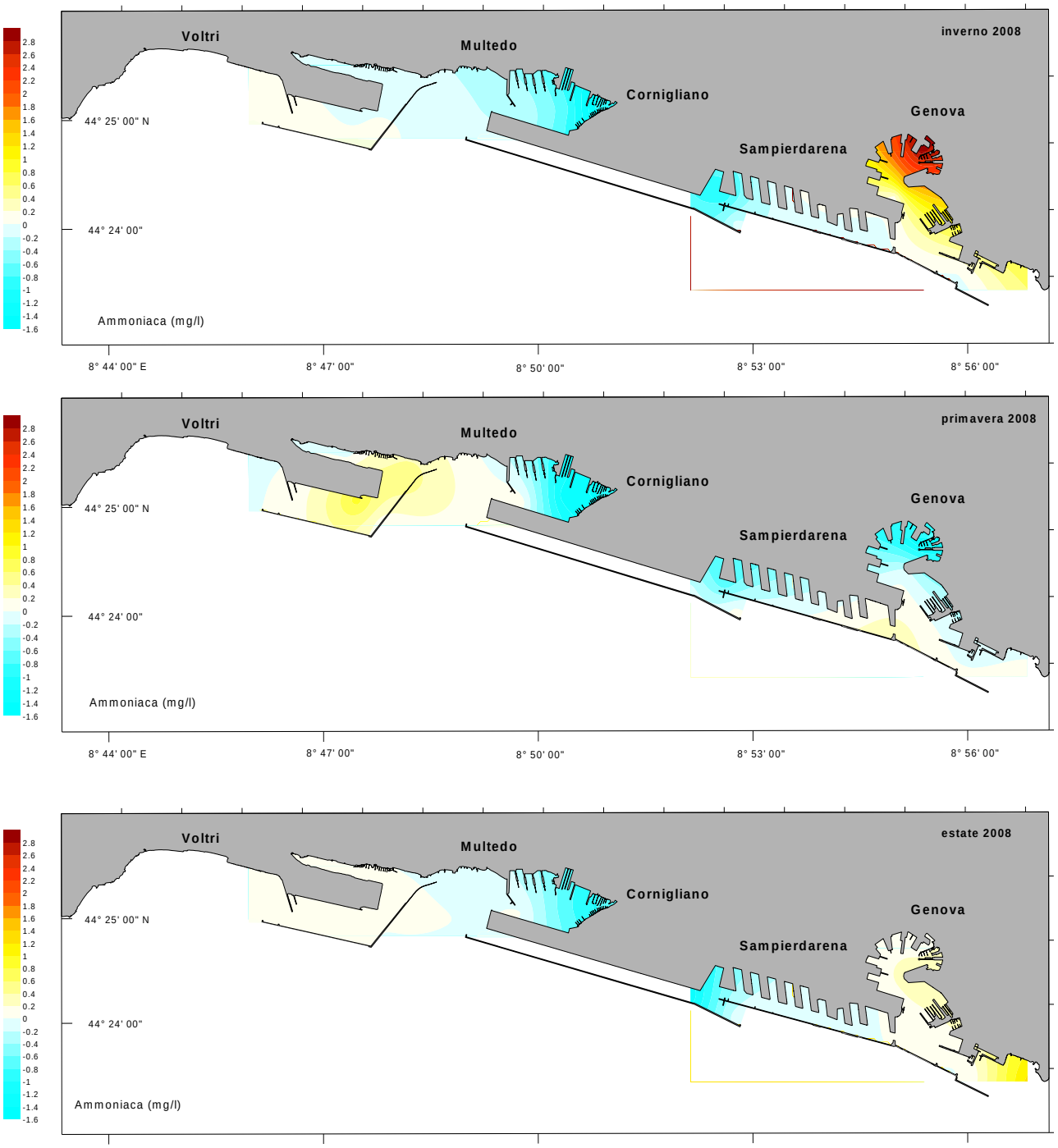


Fig. 3.4 Distribuzione spaziale delle anomalie della clorofilla a nel 2008

L’anomalia della clorofilla-a si assestano sui valori medi in tutta la zona portuale per gran parte dell’anno. Solamente in estate l’anomalia diventa fortemente positiva, tranne nella zona di Punta Vagno dove è fortemente negativa.

In Fig. 3.5 sono riportate le anomalie della concentrazione di ammoniaca nelle acque portuali nel 2008, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



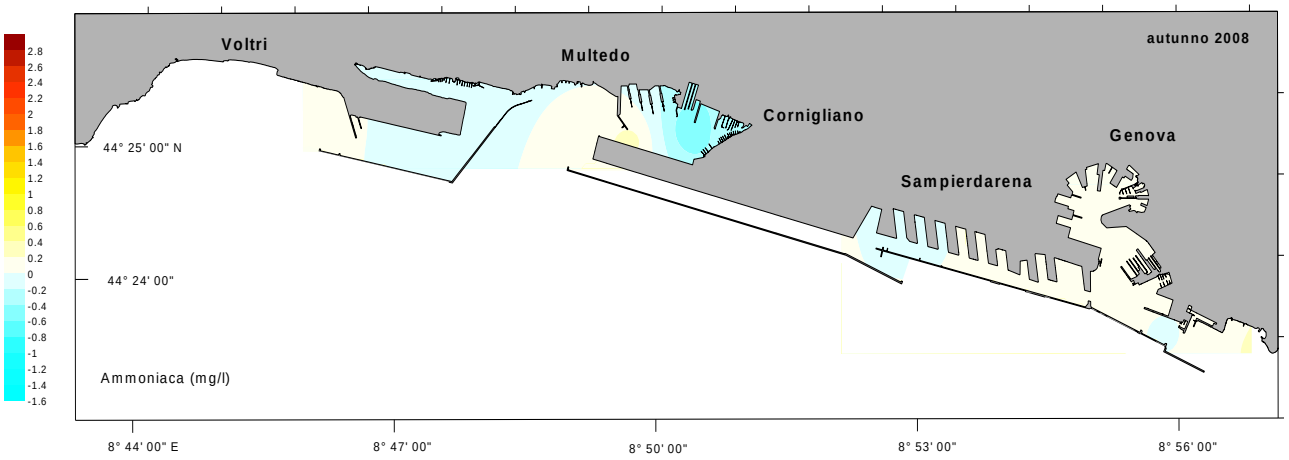
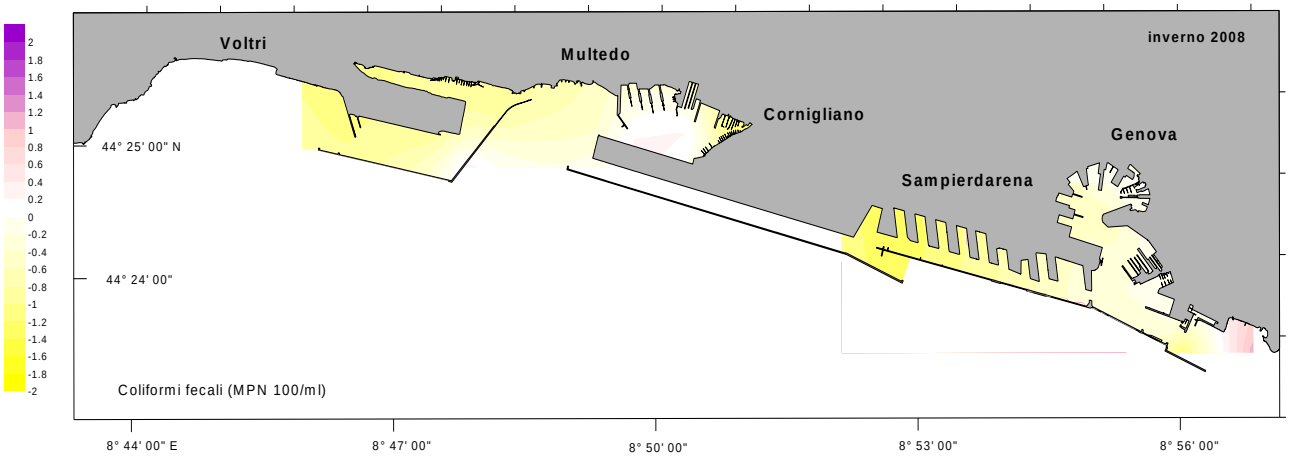


Fig. 3.5 Distribuzione spaziale delle anomalie dell'ammoniaca nel 2008

L'ammoniaca presenta in inverno e estate anomalie negative nel bacino di Multedo-Voltri e nella zona di Sampierdarena mentre presenta anomalie positive nella zona del Porto Antico e di Punta Vagno. Queste anomalie sono più accentuate nel periodo invernale. In primavera presenta anomalie negative nella zona del Porto Antico e in quella di Multedo, mentre in quella di Voltri presenta anomalie leggermente positive. In autunno le concentrazioni di ammoniaca si assestano intorno ai valori medi.

In Fig. 3.6 sono riportate le anomalie della concentrazione dei coliformi fecali nelle acque portuali nel 2008, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



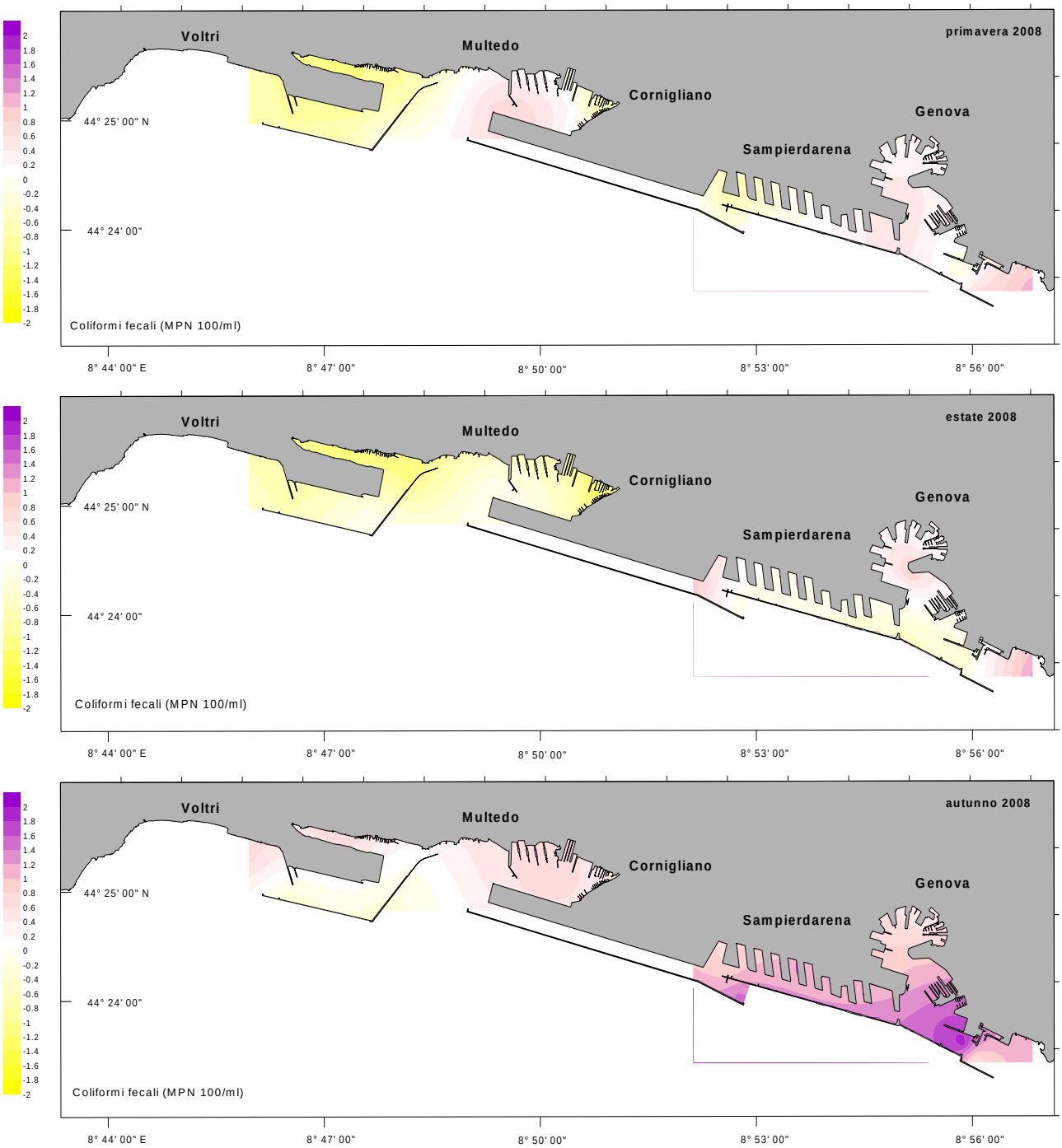


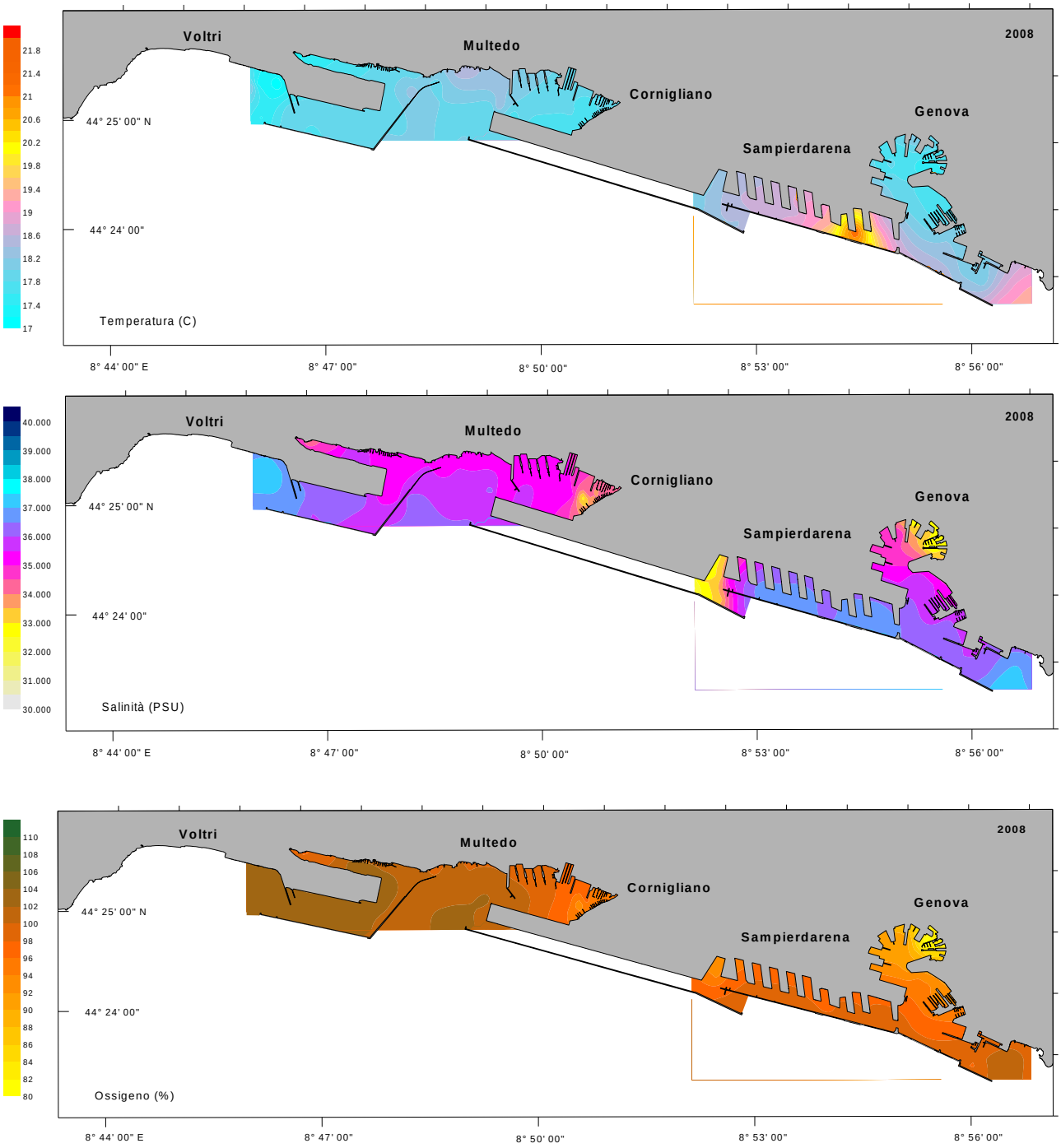
Fig. 3.6 Distribuzione spaziale delle anomalie dei coliformi fecali nel 2008

Infine, le anomalie della concentrazione dei coliformi fecali, risultano essere piuttosto variabili, sia nel tempo che nello spazio. Si evidenziano anomalie generalmente positive in Darsena e in corrispondenza dello scarico del depuratore a Punta vagno, a Multedo nel periodo primaverile e autunnale, a Voltri, vicino all'imboccatura di levante e nel canale di Prà, in autunno.

Lo studio della variabilità spaziale dei parametri monitorati nel porto di Genova durante l'anno 2008 (salinità, temperatura, ossigeno disciolto, clorofilla-a, ammoniaca e coliformi fecali) è stato condotto utilizzando le distribuzioni dei dati, in maniera da evidenziare a livello qualitativo la presenza di gradienti di concentrazione. Le configurazioni spaziali così

emerse sono state confrontate con quelle ottenute dall'analisi statistica multivariata, effettuata su tutti i dati provenienti dal monitoraggio del Porto di Genova, a partire dal 1998.

I valori medi annuali dei parametri nei siti di campionamento sono stati interpolati mediante il programma grafico Surfer 8 (Goldensoftware), ottenendo delle mappe che evidenziano in maniera intuitiva i principali tratti della loro variabilità spaziale (Fig. 3.7).



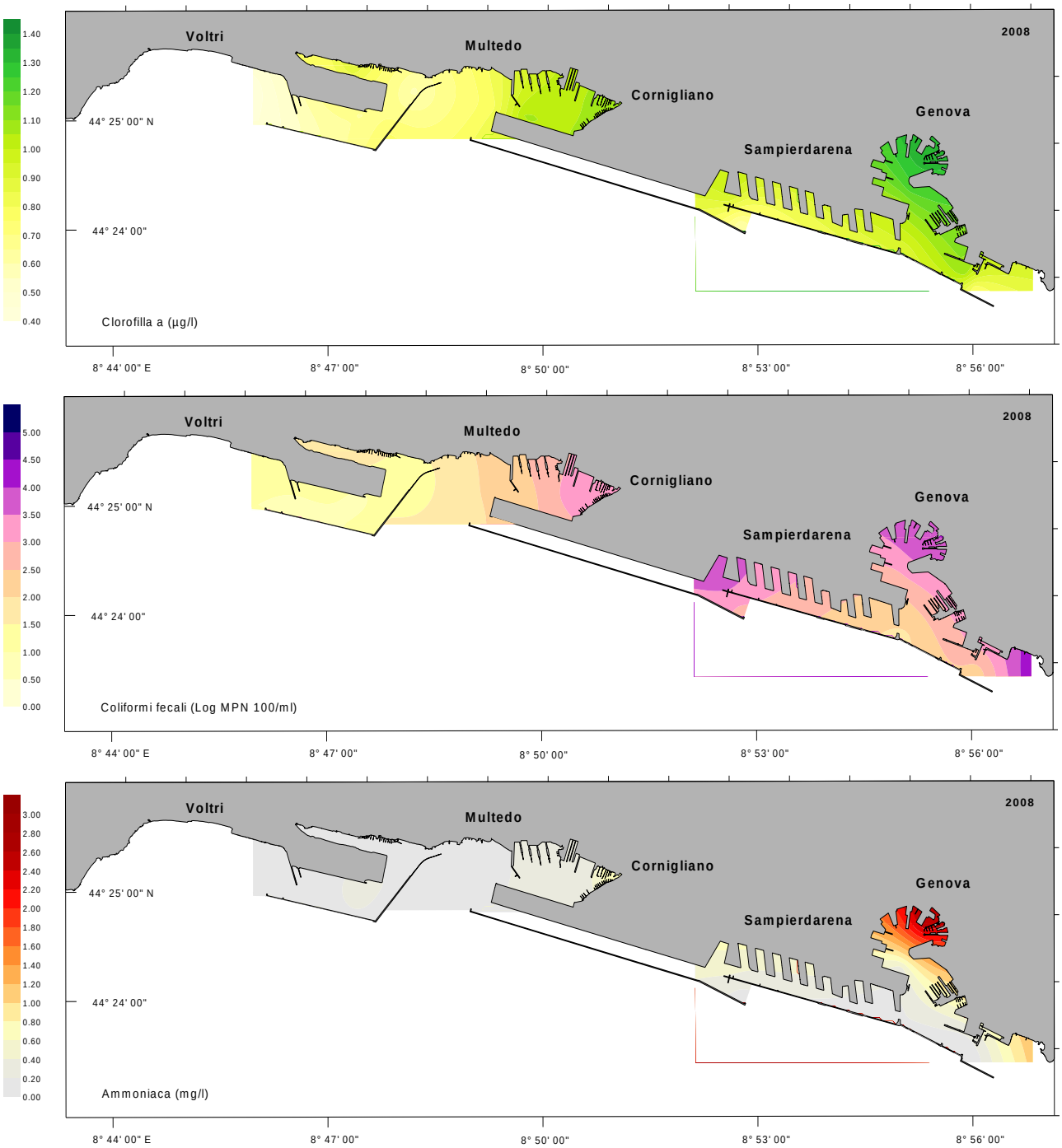


Fig. 3.7 Distribuzioni spaziali (media annuale) di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, clorofilla-a, coliformi fecali e ammoniaca

La distribuzione della temperatura evidenzia, nella Darsena e a Multedo, un gradiente crescente verso le bocche portuali, ad indicare una minore temperatura degli scarichi provenienti da terra. Le stazioni poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica dell'Enel a Sampierdarena, si distinguono per la temperatura più elevata di almeno 3 °C rispetto al resto del bacino.

La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci e, infatti, i valori minimi si trovano in corrispondenza dello scarico del depuratore in Darsena e alla foce del Polcevera. Anche nella zona più interna del bacino di Multedo, dove sfocia il Chiaravagna, si registrano valori più bassi di salinità, anche se meno evidenti a causa della

bassa portata del torrente. Il bacino di Voltri ha, in generale, una salinità più elevata ed uniforme, simile a quella del mare aperto e gli apporti di acqua dolce che giungono nelle zone più interne, come il canale di Prà, sembrano non avere un'influenza significativa su questo parametro, anche se si evidenzia una leggera diminuzione della salinità lungo tutta la zona davanti a Pegli, probabilmente influenzata dallo scarico del depuratore.
La concentrazione dell'ossigeno diminuisce in corrispondenza degli scarichi di acqua dolce da terra (Darsena, foce del Polcevera; foce del Chiaravagna), mentre risulta piuttosto omogenea nel resto del bacino.
I massimi di clorofilla-a, che rappresenta una stima dell'effettivo sviluppo raggiunto dal fitoplancton, sono collocati all'interno del bacino di Multedo e nella zona del Porto Antico, in corrispondenza dei maggiori apporti da terra.
I massimi relativi di concentrazione di ammoniaca e coliformi fecali, indici di contaminazione antropica, ai quali solitamente corrispondono basse concentrazioni di ossigeno disciolto e salinità più basse, si trovano in corrispondenza degli scarichi dei depuratori in Darsena e a Punta Vagno e, in maniera meno marcata, in prossimità della foce del Polcevera. Le concentrazioni decrescono man mano che ci si sposta dalla parte più interna dei bacini, maggiormente influenzata dalle immissioni da terra e caratterizzata da basso idrodinamismo, alle bocche del porto. Nel bacino di Multedo si sono riscontrati aumenti contenuti della concentrazione di coliformi fecali e di ammoniaca in prossimità della foce del Chiaravagna.

3.3 Le aree "critiche": confronto con gli anni precedenti

L'analisi statistica multivariata e le distribuzioni spaziali dei parametri hanno evidenziato alcune aree "critiche" all'interno dell'area portuale, così definite in base alla concentrazione di quei parametri tipici di una contaminazione antropica, quali ammoniaca e coliformi fecali. Anche gli altri parametri provenienti dal monitoraggio possono essere considerati indicatori indiretti di contaminazione antropica: la clorofilla e l'ossigeno disciolto risentono della presenza di scarichi civili per la maggiore disponibilità di nutrienti inorganici che favoriscono lo sviluppo della comunità fitoplanctonica e per l'apporto di sostanza organica la cui degradazione richiede consumo di ossigeno; anche diminuzioni di salinità e diminuzioni di temperatura possono essere relazionate alla presenza di scarichi da terra. La vicinanza con gli scarichi provenienti da terra e il grado di confinamento delle acque, infine, rappresentano due fattori che condizionano la dispersione degli inquinanti nell'ambiente portuale.
I siti che presentano le maggiori criticità ambientali sono:

- Darsena, caratterizzata da uno scarso ricambio idrico e dalla presenza dello scarico del depuratore;
- Foce del torrente Bisagno, soggetta a rischio sia biologico, sia industriale per la presenza lungo l'asta torrentizia di numerosi insediamenti artigianali ed industriali;

- Punta Vagno, area a possibile rischio ambientale di origine biologica, in quanto in zona è presente un impianto di depurazione degli scarichi civili cittadini;
- Foce del torrente Polcevera, che presenta notevoli problematiche ambientali, sia per gli apporti alluvionali che il Polcevera trasporta, sia per la presenza, in prossimità della foce, dello scarico del depuratore della Valpolcevera;
- Foce del torrente Chiaravagna, all'interno del bacino del Porto Petroli; l'immissione in un bacino basso e semichiuso non consente l'adeguato sviluppo di meccanismi di autodepurazione biologica né di diluizione, compromettendo la qualità delle acque marine nel corpo ricettore.

Nei grafici seguenti, si riporta l'andamento, durante l'anno 2008, dei principali parametri provenienti dal monitoraggio in alcune stazioni poste all'interno di queste aree critiche; per verificare se ci siano state differenze significative rispetto agli anni passati, viene anche riportato l'andamento medio (calcolato sul set di dati 1998-2007) dei parametri nelle stesse stazioni. Inoltre, poichè all'interno o in prossimità delle acque portuali sono presenti i punti di scarico di alcuni dei depuratori delle acque reflue urbane, si riportano i valori limite, per l'ammoniaca e i coliformi fecali, di cui alla tabella A allegata alla legge 10 maggio 1976 n. 319 e successive modificazioni ed integrazioni (Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento) (vedi tabella 3.2). Infatti, la legge regionale (Liguria) n. 11 del 22 marzo 1993 (Autorizzazione agli scarichi delle pubbliche fognature del Comune di Genova in ambito portuale), Art. 1, prevede che: "*Fino alla realizzazione delle condotte di scarico che consentano il rispetto delle distanze e delle profondita' stabilite in applicazione dell' articolo 9 commi 3 e 4 della legge regionale 1 settembre 1982 n. 38 per i punti di scarico dei depuratori delle acque reflue urbane la Provincia di Genova su richiesta del Comune di Genova puo' autorizzare gli scarichi nelle acque portuali dei depuratori siti in Darsena ed in Sestri Ponente purche' gli stessi rispettino i limiti di cui alla tabella A allegata alla legge 10 maggio 1976 n. 319 e successive modificazioni ed integrazioni e purche' non siano di ostacolo o di limite alla manovra e alla operativita' dei natanti e dei veicoli terrestri di interscambio.*"

Azoto Ammoniacale (mg/l) espresso come NH4+:	**15**
Coliformi fecali (MPN/100 ml):	**12000**

Tabella 3.2 Valori limite per l'ammoniaca e i coliformi fecali, riportati nella tabella A allegata alla legge 10 maggio 1976 n. 319 e successive modificazioni ed integrazioni (Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento).

Darsena

Nella zona della Darsena, la stazione di campionamento posta in corrispondenza dello scarico del depuratore è la numero 10 (vedi figura 3.8)

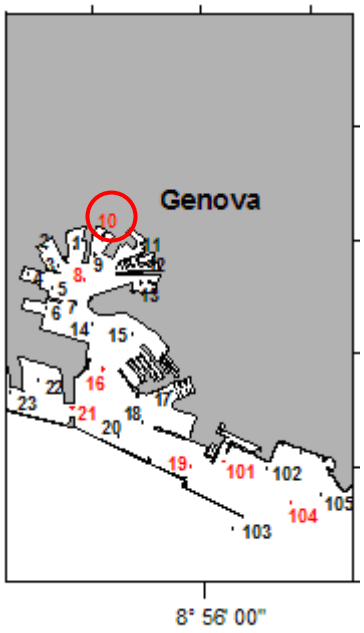


Fig. 3.8 Localizzazione della stazione numero 10, posta in corrispondenza dello scarico del depuratore in Darsena

In figura 3.9 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2008 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2007.

La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2008 si evidenziano il mese di agosto, più caldo, e il mese di giugno, più freddo. Non si riscontra però una forte correlazione con la temperatura atmosferica in quanto le anomalie riportate non corrispondono a quelle della temperatura atmosferica.

La salinità è compresa tra 32,000 e 37,000 PSU, valori paragonabili a quelli medi, tranne per il mese di ottobre dove la salinità ha un valore di salinità intorno a 14,000 PSU, dovuto alle forti precipitazioni avvenute nei giorni precedenti il campionamento.

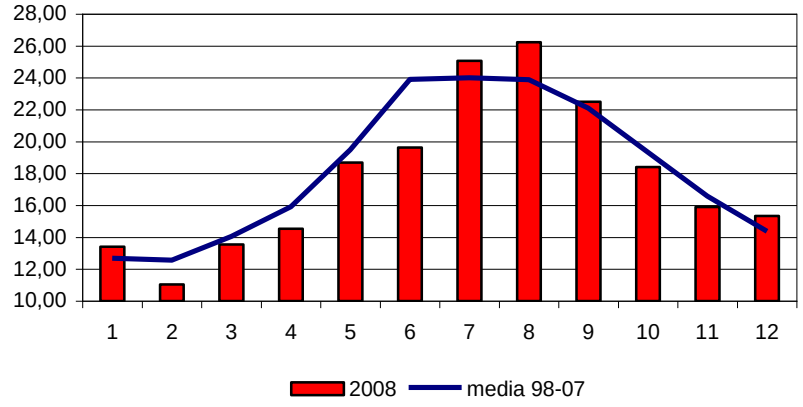
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta in generale più elevato rispetto alla media, tranne che per i mesi di febbraio e aprile.

La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente più bassa, e soprattutto il picco primaverile- estivo che solitamente caratterizza l'area risulta ritardato di circa due mesi.

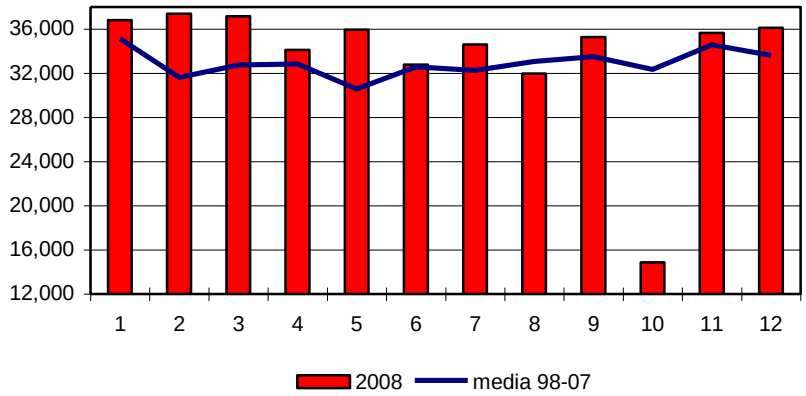
Per quanto riguarda i coliformi fecali, si può in generale affermare che le concentrazioni sono inferiori alla media, e solamente in un campionamento (ottobre) sono stati superati i valori limite riportati nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml). Negli anni precedenti, in media, tale valore limite è stato quasi sempre superato, con concentrazioni anche molto elevate (133000 MPN/100 ml).

L'ammoniaca presenta concentrazioni inferiori o paragonabili alla media, a parte i primi tre mesi dell'anno e comunque sempre decisamente al di sotto del valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).

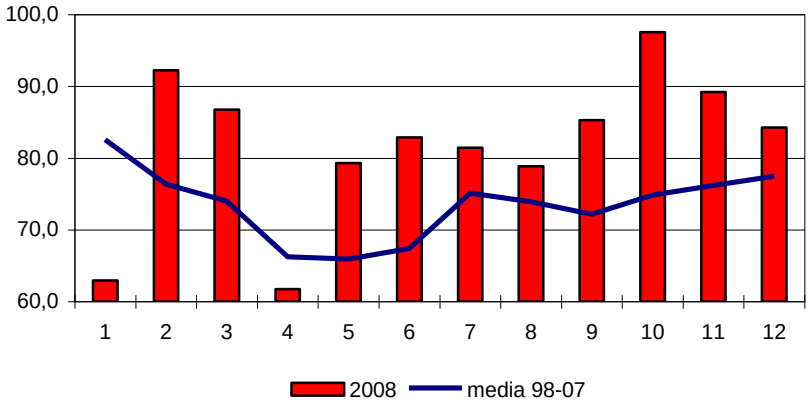
Temperatura (°C)



Salinità (PSU)



Ossigeno disciolto (% sat)



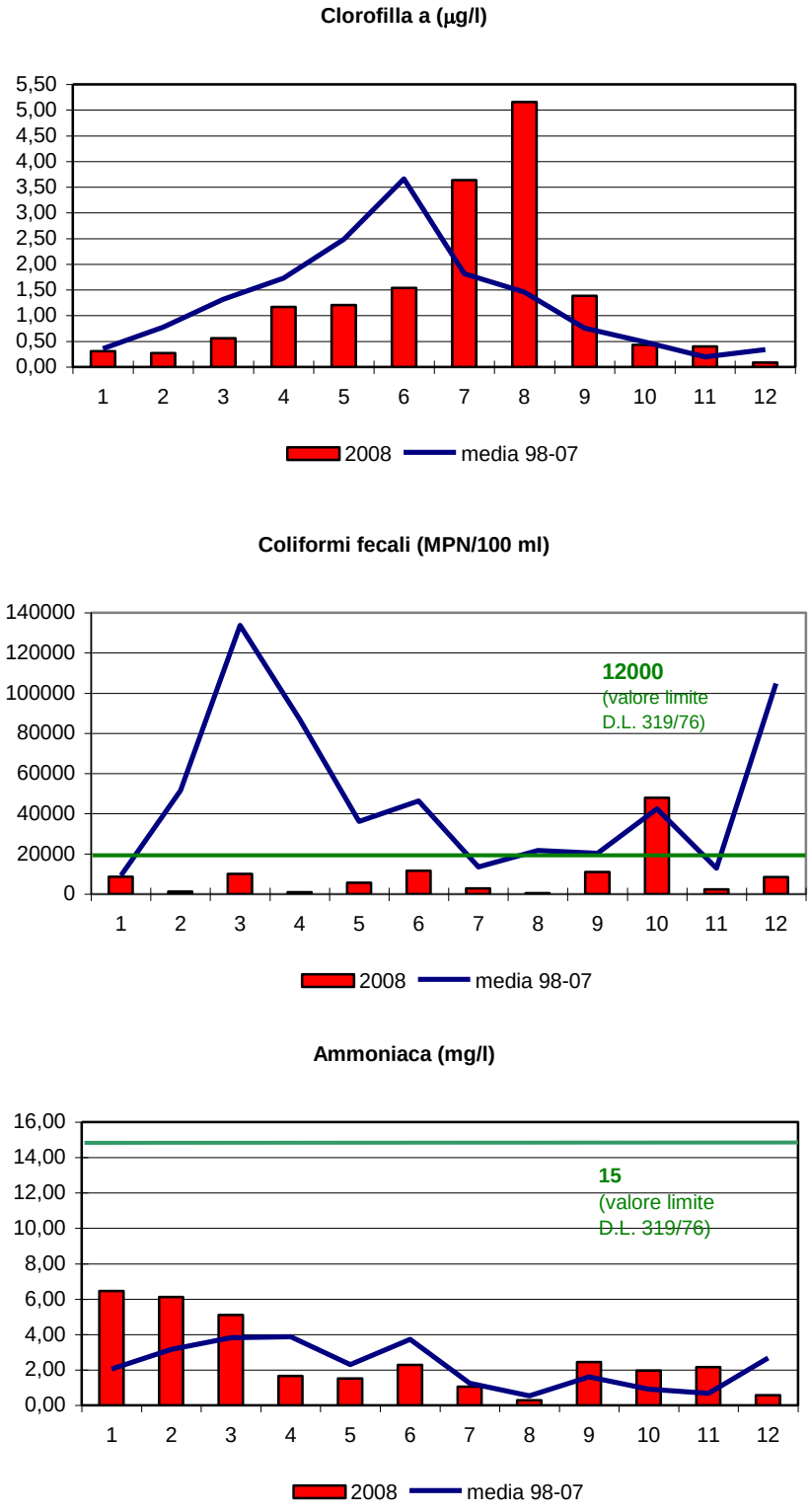


Fig. 3.9 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2008 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2007 (stazione 10)

Foce del Bisagno e Punta Vagno

La stazione di campionamento posta in corrispondenza dello scarico del depuratore è la numero 104 (vedi figura 3.10)

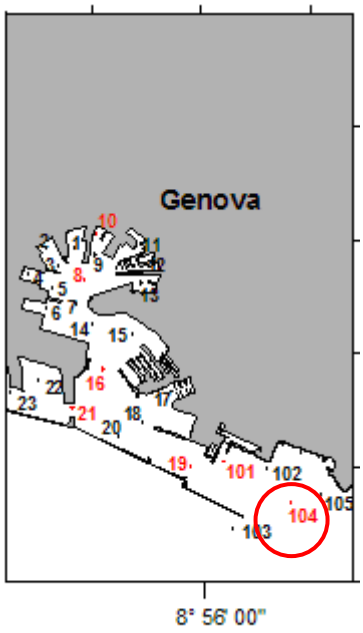


Fig. 3.10 Localizzazione della stazione numero 104, posta in corrispondenza dello scarico del depuratore a Punta Vagno

In figura 3.11 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2008 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2007.

La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2008 si evidenziano i mesi di luglio e agosto più caldi. In entrambi i casi, le differenze sono dovute alle variazioni della temperatura atmosferica, che nel 2008 è stata caratterizzata da un'anomalia positiva a luglio e agosto (circa 0,5 °C).

La salinità è compresa tra 36,0 e 37,5 PSU, valori paragonabili a quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente al regime delle precipitazioni. Si evidenzia come nella seconda metà dell'anno i valori siano leggermente al di sotto della media.

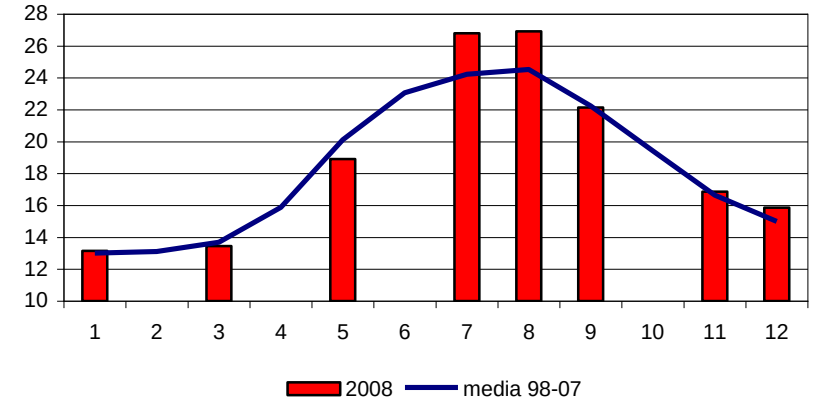
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta in generale più elevato rispetto alla media, tranne che nel mese di luglio.

La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente paragonabile a quella media tranne che nei mesi di maggio dove si hanno valori inferiori all media, e nel mese di luglio dove il valore è molto superiore alla media.

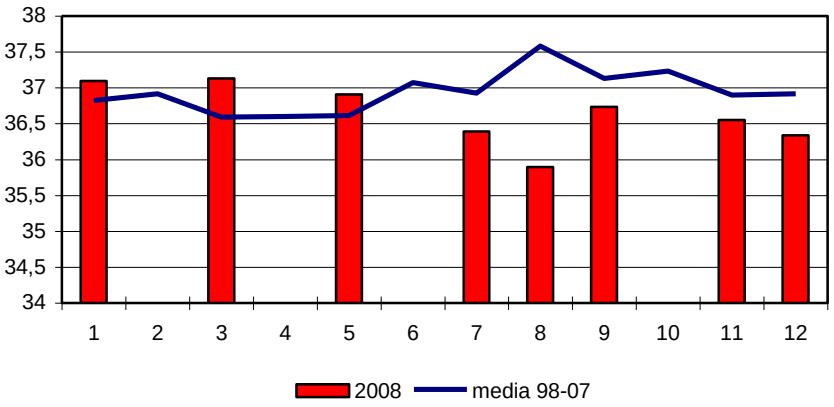
Per quanto riguarda i coliformi fecali, l'evoluzione stagionale è molto simile a quella media, tranne che nel mese di gennaio, dove i valori sono piu bassi della media, e nei mesi di marzo e dicembre dove i valori sono più alti della media. Solamente in tre campionamenti (marzo, settembre e dicembre) sono stati superati i valori limite riportati nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml).

L'ammoniaca presenta concentrazioni leggermente superiori o paragonabili alla media, e comunque sempre decisamente al di sotto del valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).

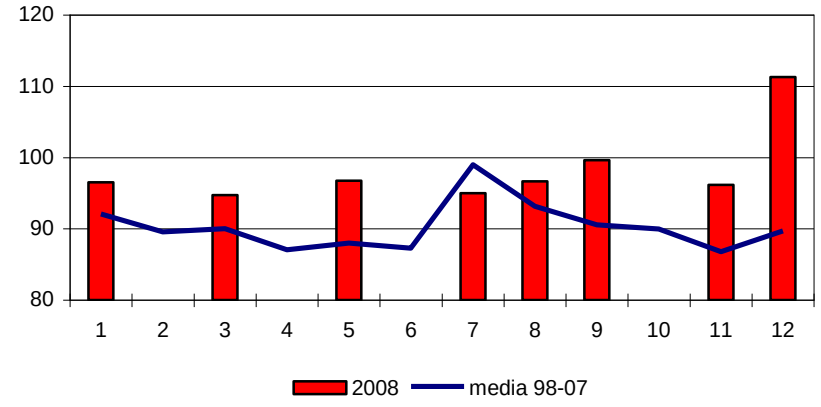
Temperatura (°C)



Salinità (PSU)



Ossigeno disciolto (% sat)



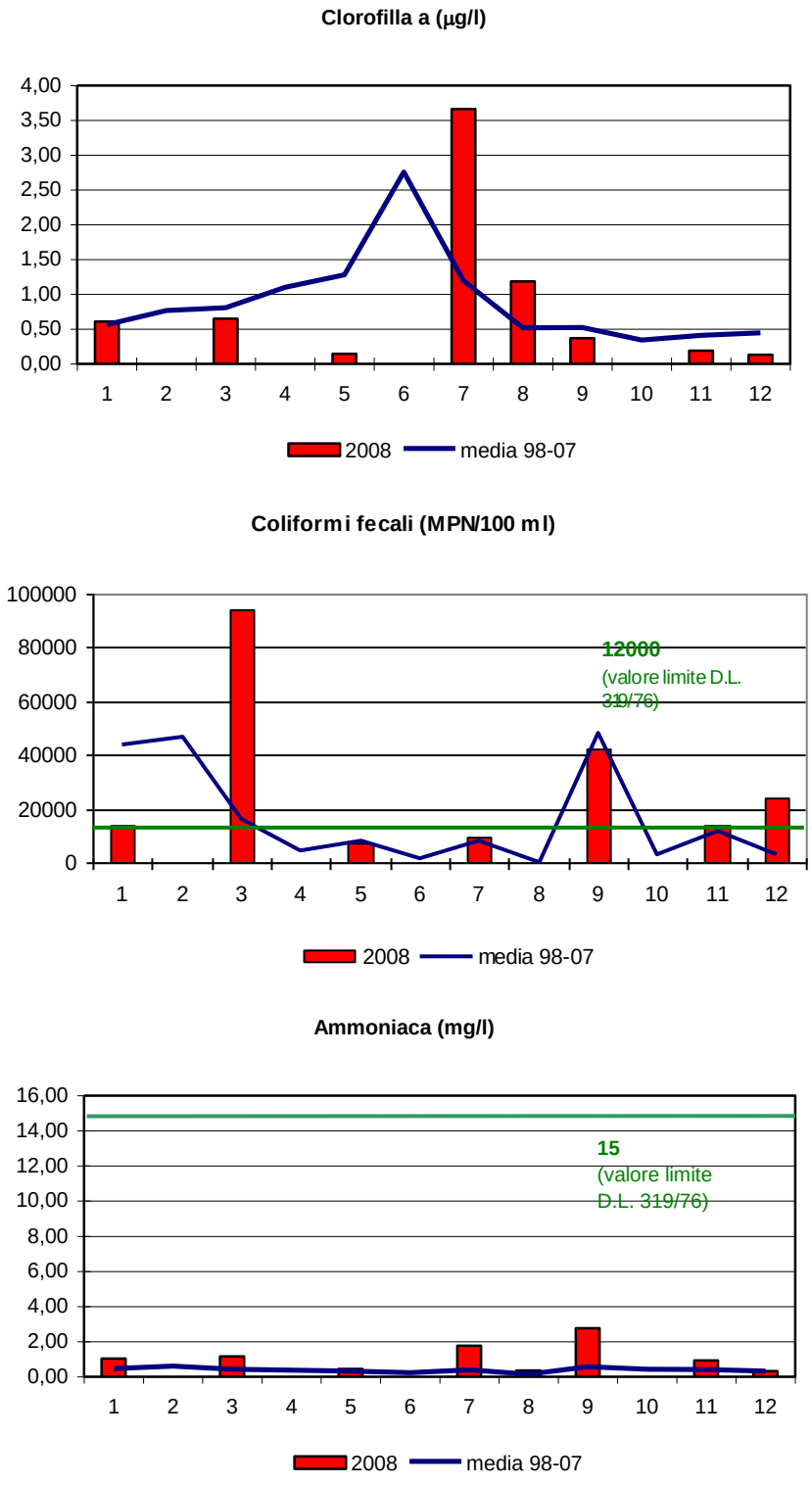


Fig. 3.11 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2008 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2007 (stazione 104)

Foce del Polcevera

La stazione di campionamento posta in corrispondenza della foceo del Polcevera è la numero 34 (vedi figura 3.12)

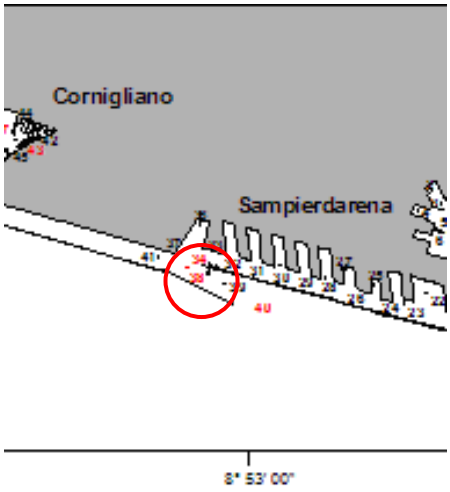
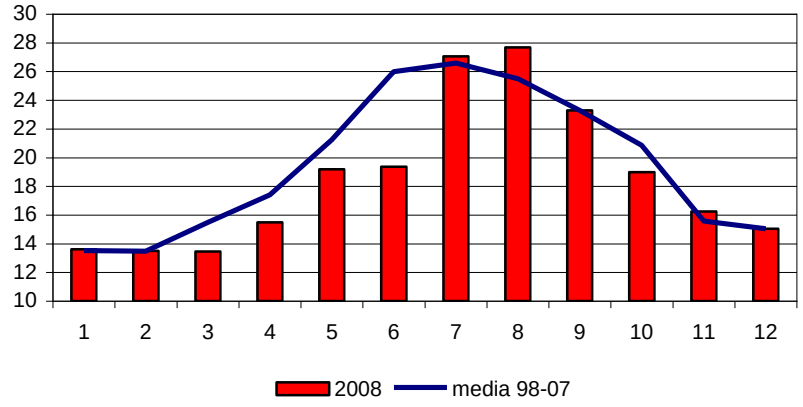


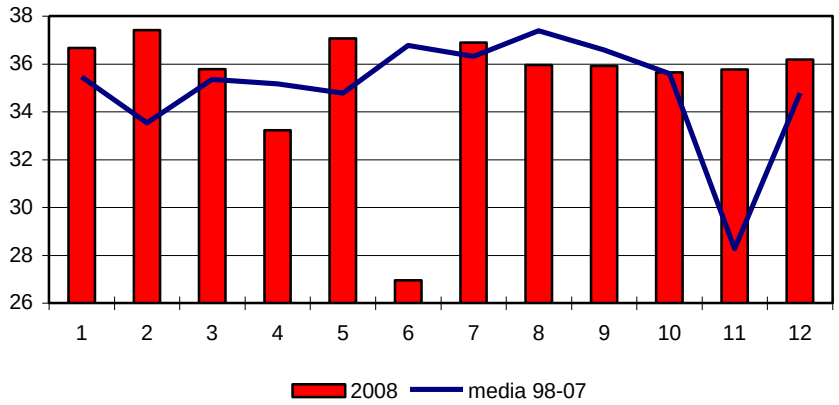
Fig. 3.12 Localizzazione della stazione numero 34, posta in corrispondenza della foce del Polcevera

In figura 3.13 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2008 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2007.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2008 si evidenzia il mese di giugno, più freddo. Le differenze sono dovute alle variazioni della temperatura atmosferica, che nel 2008 è stata caratterizzata anomalia negativa a giugno (circa 0,5°C).
La salinità è compresa tra 26,0 e 38 PSU, valori paragonabili a quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente al regime delle precipitazioni e agli scambi di acqua a maggiore salinità con il mare antistante l'imboccatura portuale. Si evidenziano i mesi di giugno e novembre, che si discostano molto dalla media. A giugno si hanno valori molto inferiori alla media, con una buona correlazione con l'andamento delle precipitazioni, infatti a giugno si ha un'anomalia positiva. A novembre invece si hanno valori superiori alla media, nonostante l'anomalia delle precipitazioni sia positiva
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre più elevato rispetto alla media.
La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente inferiore alla media, ad eccezione dei mesi estivi.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono decisamente inferiori rispetto alla media tranne nei mesi di settembre e ottobre che sono gli unici due mesi in cui è stato superato il valore limite riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml).
L'ammoniaca presenta concentrazioni leggermente inferiori o paragonabili alla media, e comunque sempre decisamente al di sotto del valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).

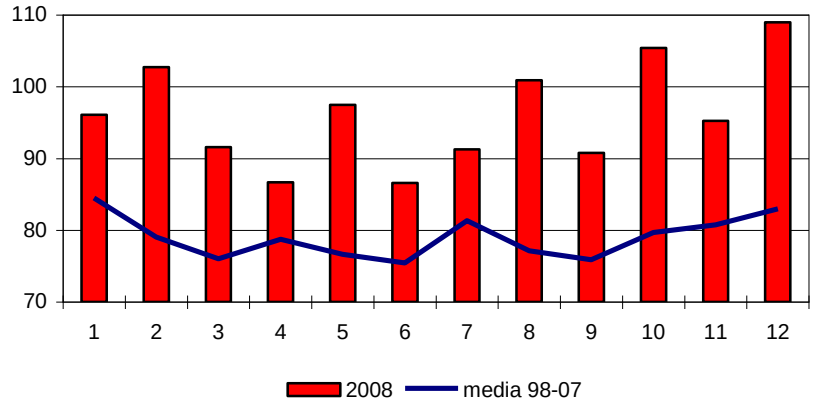
Temperatura (°C)



Salinità (PSU)



Ossigeno disciolto (% sat)



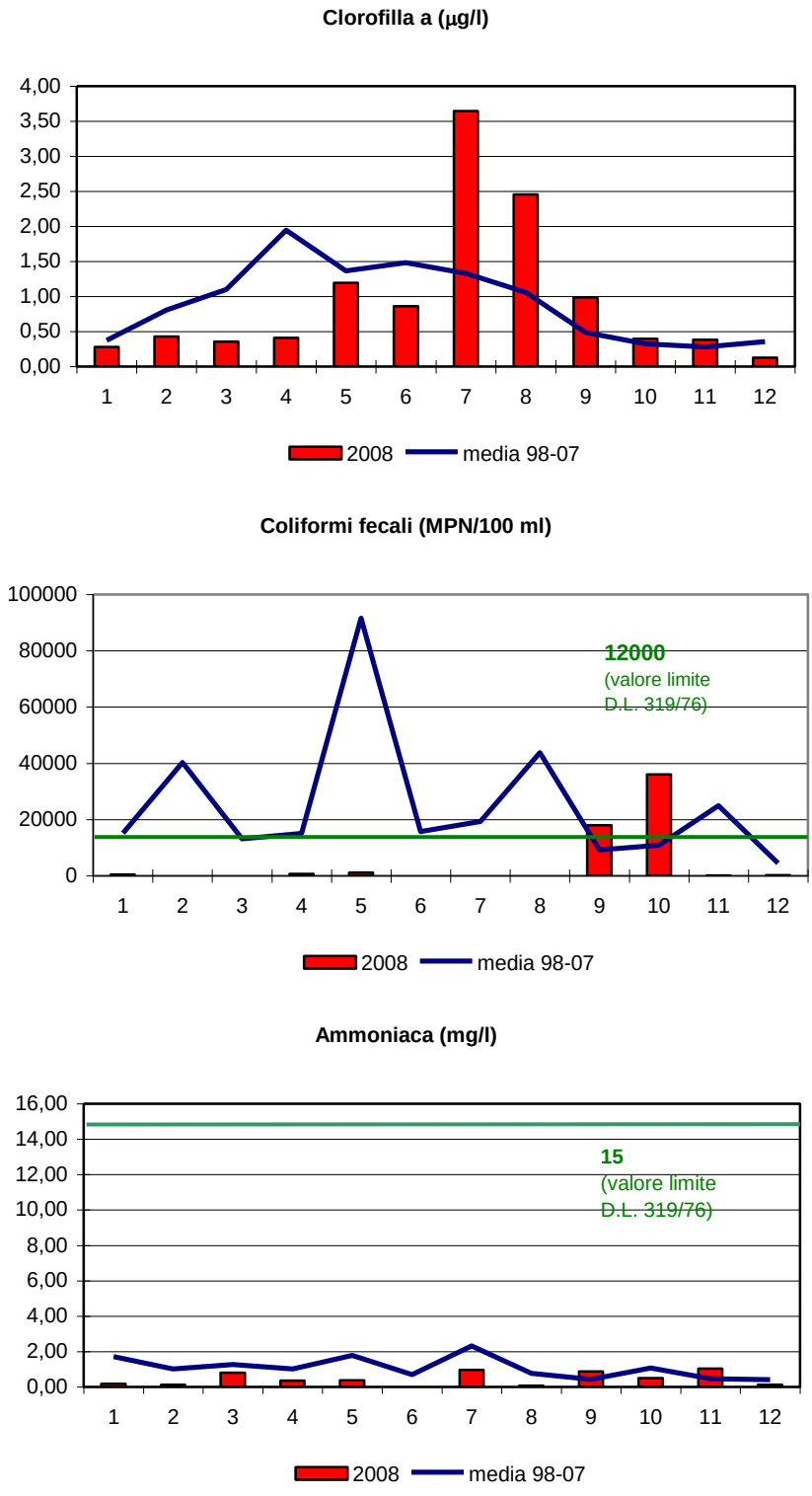


Fig. 3.13 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2008 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2007 (stazione 34)

Foce del Chiaravagna

La stazione di campionamento posta in corrispondenza della foce del Chiaravagna è la numero 43 (vedi figura 3.14)

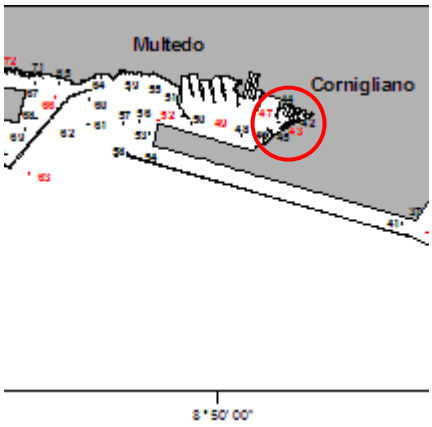
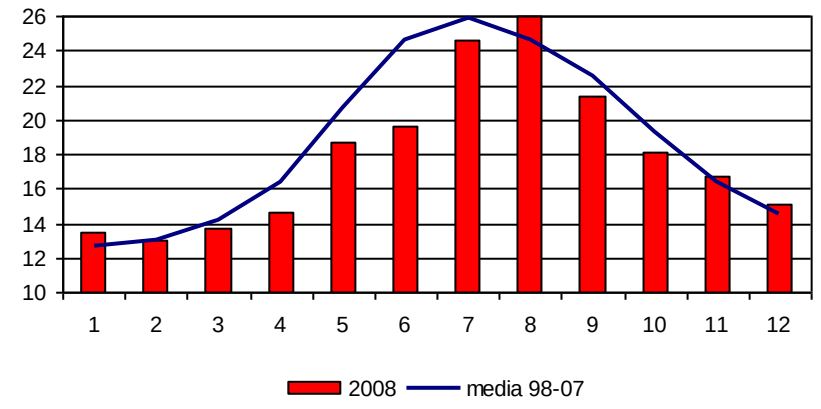


Fig. 3.14 Localizzazione della stazione numero 43, posta in corrispondenza della foce del Chiaravagna

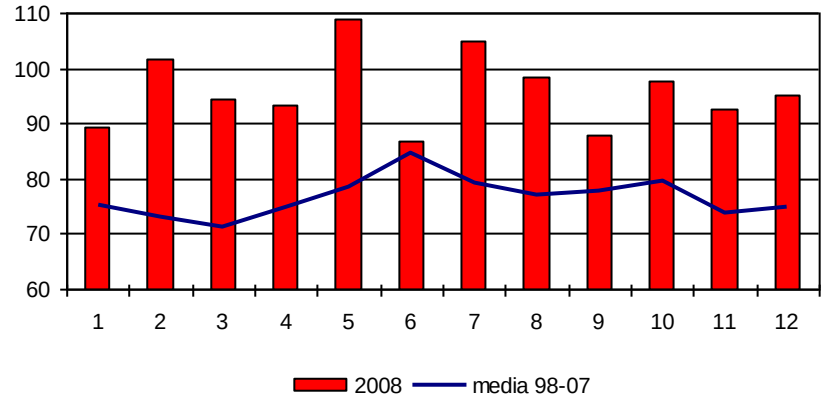
In figura 3.15 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2008 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2007.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2008 si evidenzia il mese di giugno, più freddo. Le differenze sono dovute alle variazioni della temperatura atmosferica, che nel 2008 è stata caratterizzata anomalia negativa a giugno (circa 0,5°C).
La salinità è compresa tra 26,0 e 37,0 PSU, valori paragonabili a quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente alla portata del Chiaravagna, a sua volta dipendente dal regime delle precipitazioni. Si evidenziano i mesi di giugno e ottobre caratterizzati da valori di salinità inferiori alla media, dipendenti dalle forti precipitazioni avvenute nei giorni precedenti i campionamenti. Sia a giugno che a ottobre si riscontrano anomalie positive per quanto riguarda le precipitazioni.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre più elevato rispetto alla media.
La concentrazione della clorofilla a generalmente minore della media, a parte il mese di maggio.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono decisamente inferiori rispetto alla media tranne nel mese di ottobre che è anche l'unico mese in cui è stato superato il valore limite riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml).
L'ammoniaca presenta concentrazioni inferiori alla media, e comunque sempre decisamente al di sotto del valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).
La foce del Chiaravagna, tra le zone definite a "rischio", è l'unica nella quale si è riscontrato un deciso miglioramento rispetto al passato, basandosi sulle concentrazioni di ossigeno disciolto, ammoniaca e coliformi fecali.
Il Chiaravagna è stato sicuramente il corso d'acqua più degradato della zona genovese, in quanto raccoglieva il percolato della discarica urbana di Scarpino. Negli anni passati,

infatti, sia l'indagine chimica, sia quella bentonica (mediante indici EBI) avevano evidenziato una situazione di inquinamento molto grave. Negli ultimi anni sono stati effettuati dei piani di risanamento ambientale, che hanno previsto la realizzazione di un convogliamento del percolato all'interno del depuratore di Cornigliano. Questo intervento ha portato ad un effetivo miglioramento delle acque del Chiaravagna e di conseguenza del bacino di Multedo, dove sfocia il torrente.

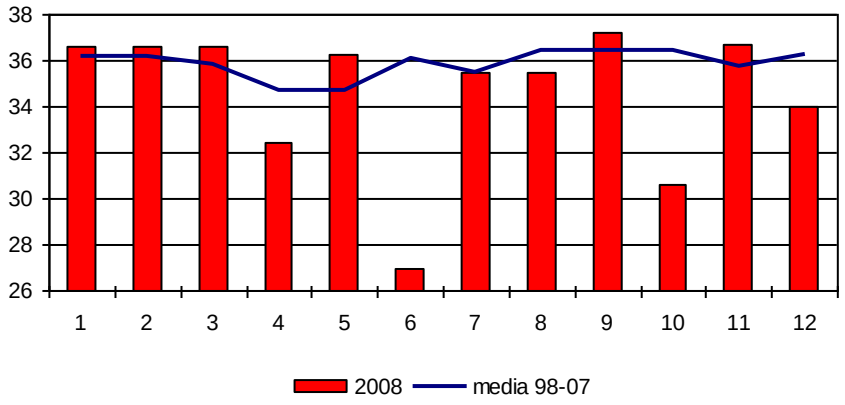
Temperatura (°C)



Ossigeno disciolto (% sat)



Salinità (PSU)



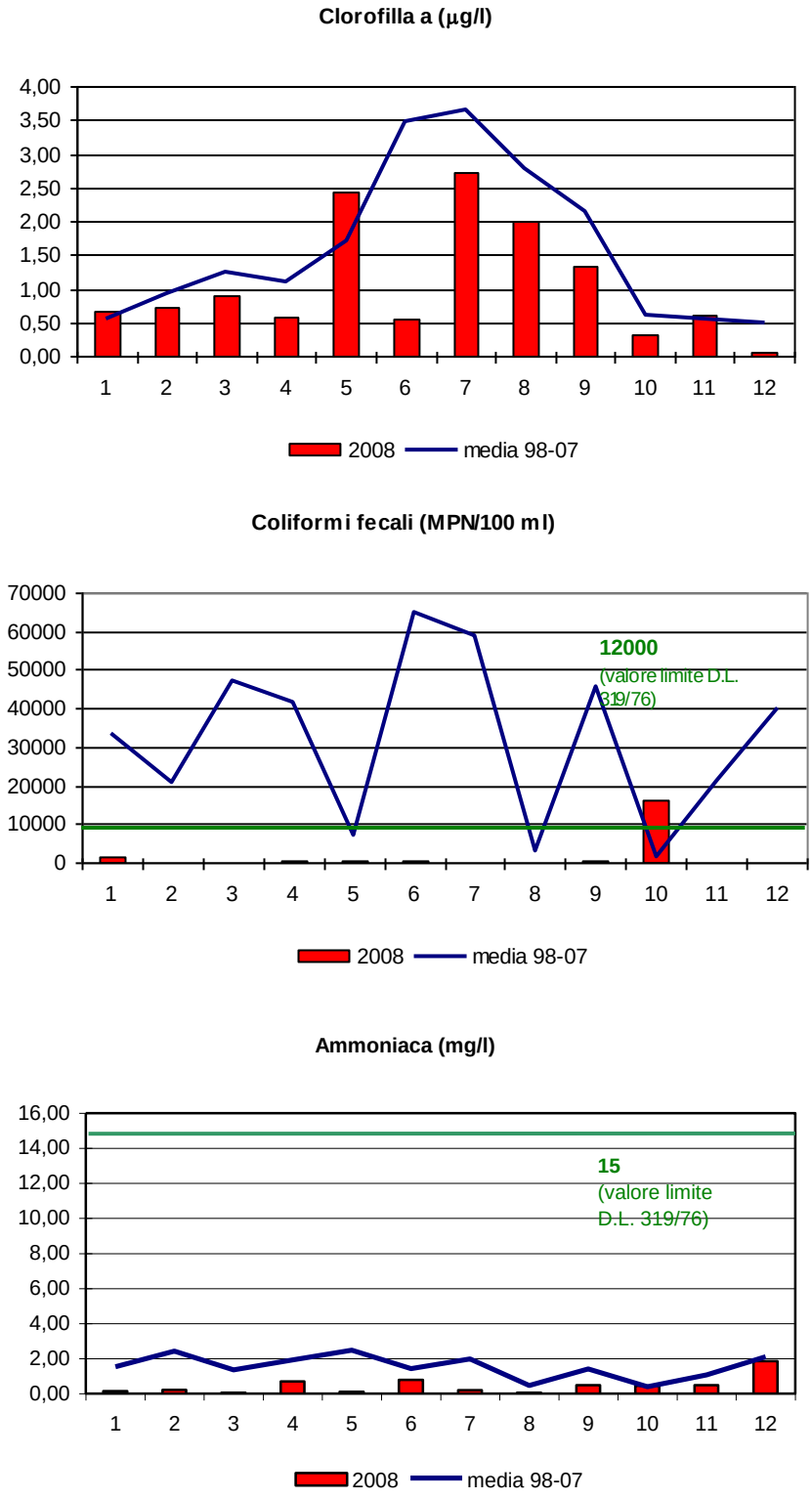


Fig. 3.15 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2008 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2007 (stazione 43)

4 CONSIDERAZIONI FINALI

Poichè le distribuzioni spaziali dei valori medi di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, ammoniaca, clorofilla-a e coliformi fecali annuali provenienti dal monitoraggio del 2008 risultano qualitativamente simili a quelle degli anni precedenti, nonostante le differenze quantitative inter-annuali, valgono le principali considerazioni fatte per il monitoraggio del 2006 e del 2007.

Le elaborazioni dei dati raccolti hanno confermato che l'evoluzione temporale dei parametri considerati è riconducibile in varia misura al succedersi delle stagioni, alle attività e scarichi antropici che insistono sull'area portuale e alla variabilità delle condizioni meteorologiche.
Di seguito vengono riportati i principali andamenti dei parametri monitorati e le differenze rispetto agli anni precedenti.

- La temperatura sub-superficiale dell'acqua ha presentato, nel suo andamento stagionale, una spiccata periodicità, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo, così come generalmente osservabile alle latitudini temperate. Rispetto agli anni passati, la temperatura dell'acqua nei mesi invernali, primaverili e autunnali è stata inferiore alla media mentre nei mesi estivi è risultata superiore. In tutte le stagioni nelle stazioni 24 e 25, poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica Enel a Sampierdarena, è stata riscontrata una temperatura più elevata di circa 3 °C rispetto al resto del bacino.
- La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci provenienti da terra; la distribuzione spaziale della salinità superficiale, infatti, evidenzia in tutti i mesi i principali scarichi che interessano l'area portuale. L'evoluzione temporale di questo parametro è legata principalmente all'andamento delle precipitazioni, soprattutto per quanto riguarda la foce del Polcevera e la zona più interna del bacino di Multedo, dove sfocia il Chiaravagna; entrambi i corsi d'acqua, infatti, hanno spiccato regime torrentizio e generalmente basse portate. Anche lo scarico del depuratore in Darsena, risente del regime delle precipitazioni in quanto raccoglie l'apporto della maggior parte dei piccoli rivi tombinati inseriti nel tessuto urbano. L'anno 2008, rispetto alla media climatica, è stato caratterizzato generalmente da alte precipitazioni; solamente marzo, luglio e agosto sono stati sensibilmente meno piovosi rispetto alla media. L'andamento della salinità nei bacini ha generalmente seguito quello delle precipitazioni: si sono infatti riscontrate salinità più elevate nella stagione invernale, e inferiori in primavera, estate e autunno, quando le precipitazioni sono state di superiori o vicine alla media.

- L’evoluzione stagionale dell’ossigeno disciolto è da ricercare in una combinazione dei fattori che ne determinano la concentrazione; tali fattori sono sia di natura fisica (temperatura dell’acqua), che biologica (sviluppo della biomassa fitoplanctonica), che chimica (apporto di sostanza organica, proveniente in questo caso dagli scarichi da terra). Durante il 2008 le concentrazioni di ossigeno disciolto sono state superiori alla media in tutta la zona portuale in inverno, estate e autunno e leggermente iferiori o vicine alla media in primavera.
- L’andamento della clorofilla-a nelle acque portuali segue solitamente un tipico andamento stagionale, con minimi durante il periodo autunnale-invernale e massimi raggiunti nella stagione primaverile-estiva, quando la temperatura dell’acqua diventa sufficientemente elevata e la radiazione luminosa sufficientemente intensa per favorire le fioriture fitoplanctoniche. All’interno di questo andamento tipico, le fluttuazioni osservate sono da mettere in relazione con la variabilità degli apporti di nutrienti provenienti da terra e le caratteristiche di ciascuna area. Durante il 2008 le concentrazioni di clorofilla-a sono state inferiori o vicine alla media in tutta la zona portuale e per gran parte dell’anno. Solamente in estateo si sono riscontrati valori molto più elevati in tutta la zona partuale, ad eccezione della zona di Punta Vagno dove i valori sono inferiori alla media.
- L'ammoniaca ha presentato in generale concentrazioni inferiori agli anni precedenti in corrispondenza degli scarichi da terra, tutto l’anno per quanto riguarda la zona di Multedo, in corrispondenza della foce del Chiaravagna; tutto l’anno ad eccezione della primavera nel bacino di Voltri; tutto l’anno alla foce del Polcevera e solamente in primavera e autunno in Darsena. In inverno e in estate si ha un aumento ripetto alla media nella zona della Darsena.
- La concentrazione dei coliformi fecali, è risultata essere piuttosto variabile, sia nel tempo che nello spazio. Si sono riscontrati aumenti in Darsena e in corrispondenza dello scarico del depuratore a Punta vagno durante tutto l’anno; alla foce del Polcevera in estate e autunno; a Multedo nel periodo primaverile e autunnale e a Voltri in autunno.

La classificazione dei siti determinata dall’analisi statistica multivariata effettuata sul set di dati 1998-2007 risulta valida anche per il 2008 ed ha evidenziato alcune aree “critiche” all’interno dell’area portuale, così definite in base alla concentrazione di quei parametri tipici di una contaminazione antropica, quali ammoniaca e coliformi fecali. Anche gli altri parametri provenienti dal monitoraggio possono essere considerati indicatori indiretti di contaminazione antropica: la clorofilla e l’ossigeno disciolto risentono della presenza di scarichi civili per la maggiore disponibilità di nutrienti inorganici, che favoriscono lo sviluppo della comunità fitoplanctonica, e per l’apporto di sostanza organica, la cui degradazione richiede consumo di ossigeno; anche diminuzioni di salinità e diminuzioni di temperatura possono essere relazionate alla presenza di scarichi da terra.

In base a questa classificazione, i siti che presentano le maggiori criticità ambientali sono:

- Darsena, caratterizzata da uno scarso ricambio idrico e dalla presenza dello scarico del depuratore;
- Foce del torrente Bisagno, soggetta a rischio sia biologico, sia industriale per la presenza lungo l'asta torrentizia di numerosi insediamenti artigianali ed industriali;
- Punta Vagno, area a possibile rischio ambientale di origine biologica, in quanto in zona è presente un impianto di depurazione degli scarichi civili cittadini;
- Foce torrente Polcevera, che presenta notevoli problematiche ambientali, sia per gli apporti alluvionali che il Polcevera trasporta, sia per la presenza, in prossimità della foce, dello scarico del depuratore della Valpolcevera;
- Foce del torrente Chiaravagna, all'interno del bacino del Porto Petroli; l'immissione in un bacino basso e semichiuso non consente l'adeguato sviluppo di meccanismi di autodepurazione biologica né di diluizione, compromettendo la qualità delle acque marine nel corpo ricettore.

Per verificare se ci siano state variazioni all'interno di queste aree critiche rispetto agli anni passati, è stato effettuato un confronto tra i dati provenienti dal 2008 e l'andamento medio (calcolato sul set di dati 1998-2007). Inoltre, poichè all'interno o in prossimità delle acque portuali sono presenti i punti di scarico di alcuni dei depuratori delle acque reflue urbane, si è verificato se sono stati superati i valori limite di legge.
In generale, tutte le aree definite a rischio, rispetto agli anni passati, sono leggermente migliorate. E' infatti diminuito il numero di campionamenti in cui sono stati superati i limiti di legge per quanto riguarda le concentrazioni di coliformi fecali, sono in generale aumentate le concentrazioni di ossigeno disciolto e la concentrazione di ammoniaca è sempre stata decisamente al di sotto del valore limite di legge.
Alla foce del Chiaravagna, in particolare, si è riscontrato un deciso miglioramento rispetto al passato, legato ai piani di risanamento ambientale che hanno previsto la realizzazione di un convogliamento del percolato della discarica di Scarpino, che in passato raggiungeva le acque del torrente, al depuratore di Cornigliano. Questo intervento ha portato ad un effetivo miglioramento delle acque del Chiaravagna e di conseguenza del bacino di Multedo, dove esso sfocia.

BIBLIOGRAFIA

APAT Servizio Mareografico. http://www.idromare.com/

Autorità portuale di Genova. http://www.porto.genova.it

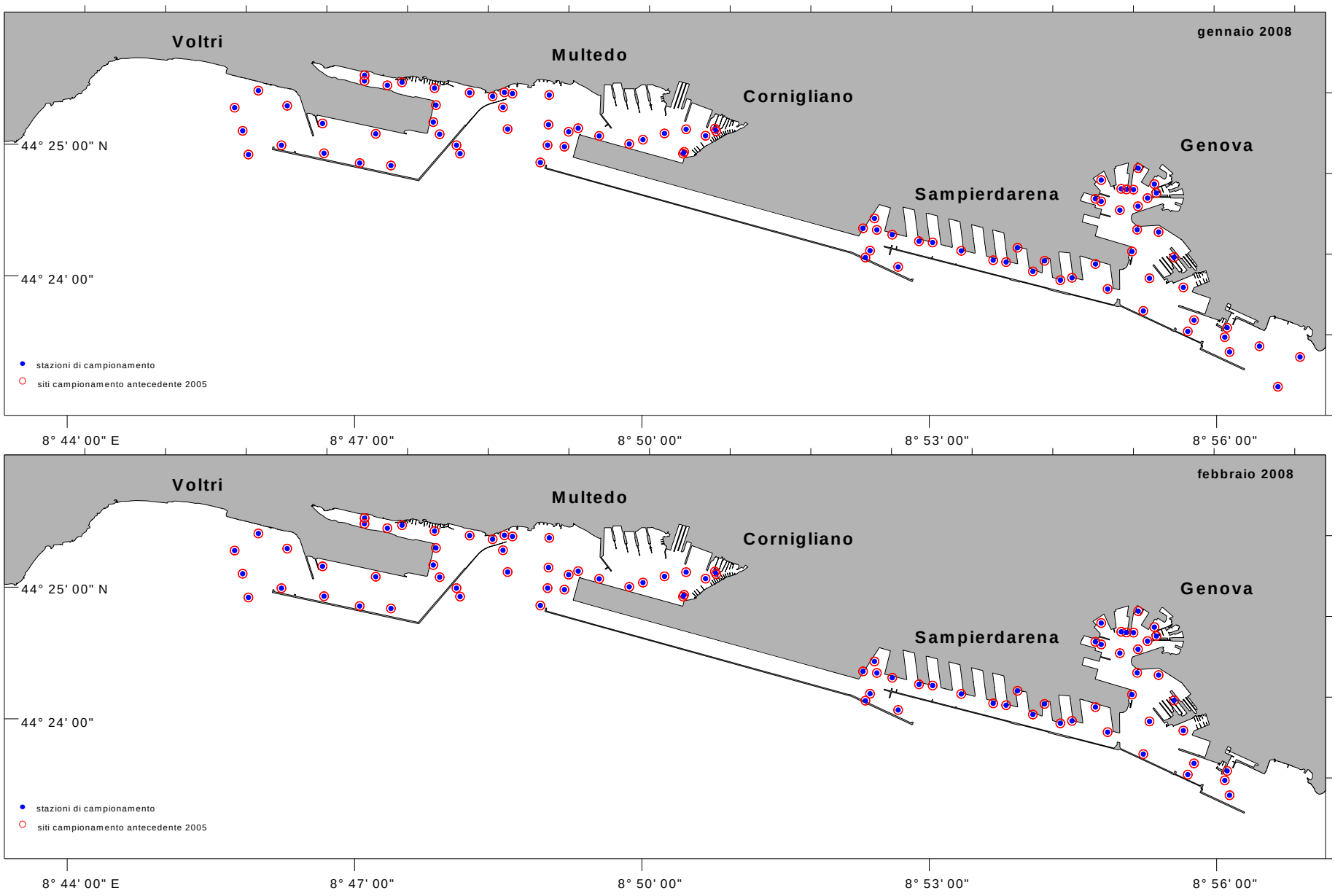
DIAM-1998-2006 Meteorologic data. In: http://www.diam.unige.it/~meteo/cambiaso

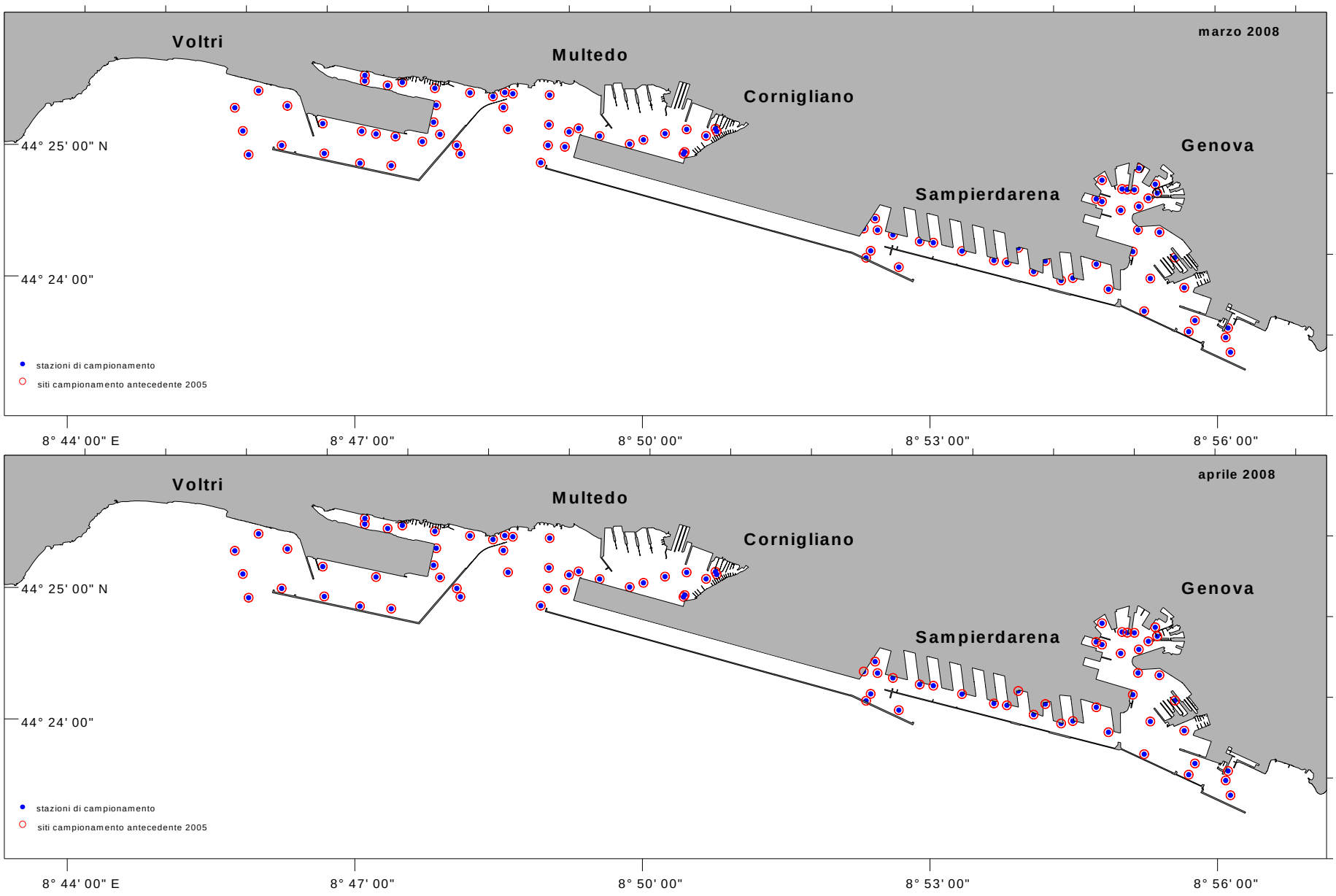
euroMETEO. http://www.eurometeo.it

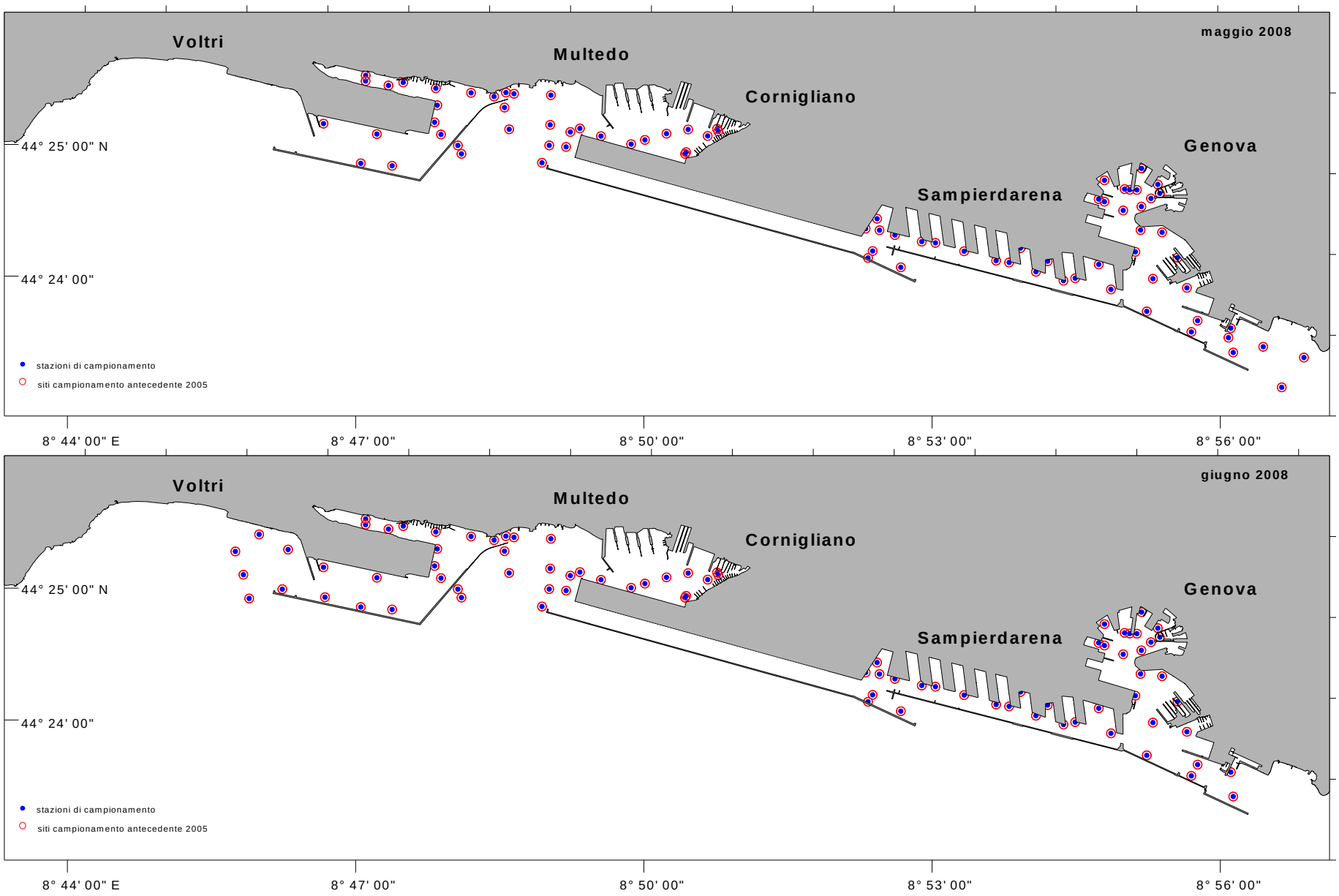
IRSA/CNR: METODI PER LA DETERMINAZIONE DI MICROORGANISMI INDICATORI DI INQUINAMENTO E DI PATOGENI http://www.irsa.cnr.it/Metodi/

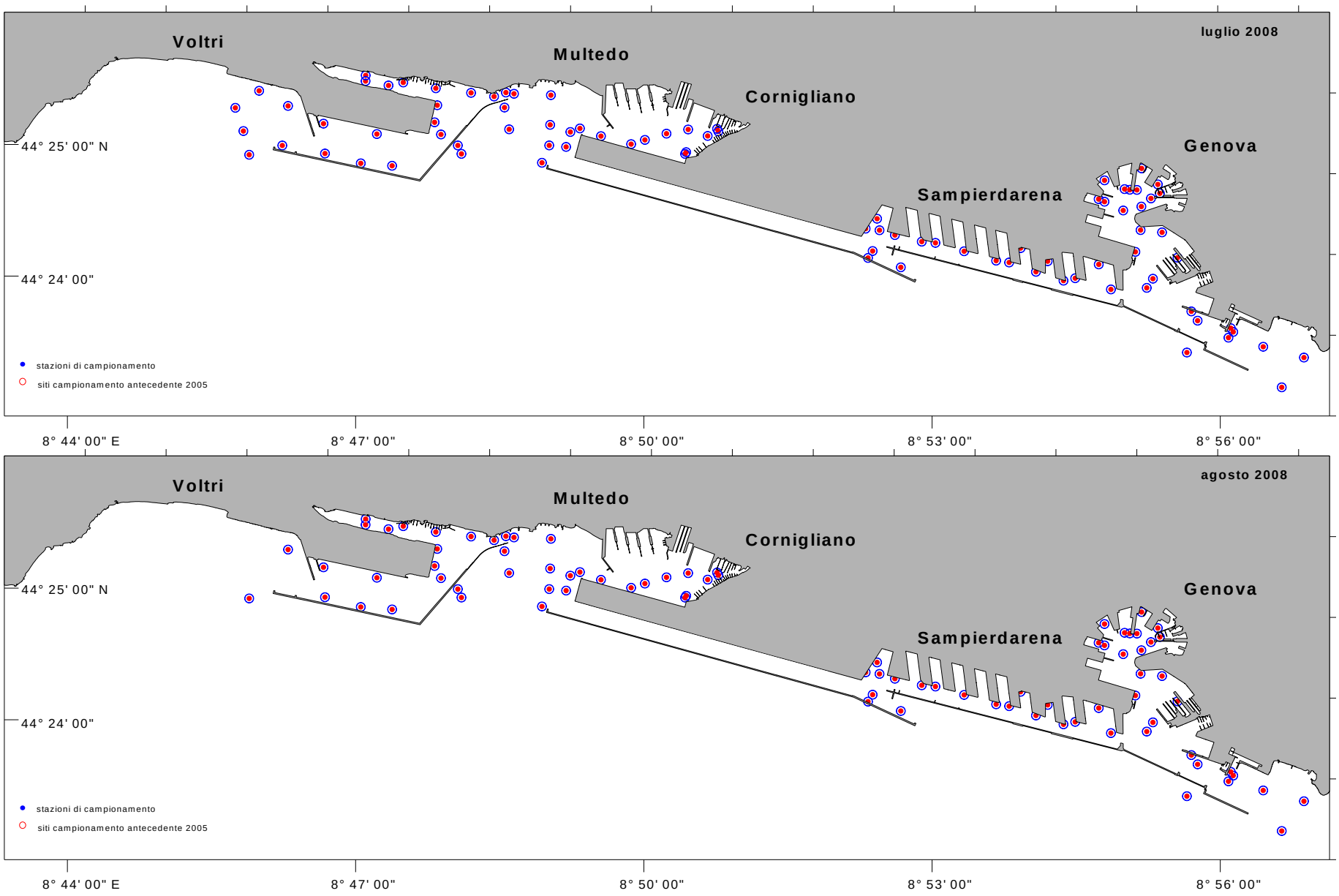
IRSA/CNR: METODI PER LA DETERMINAZIONE DI COSTITUENTOI INORGANICI NON METALLICI http://www.irsa.cnr.it/Metodi/

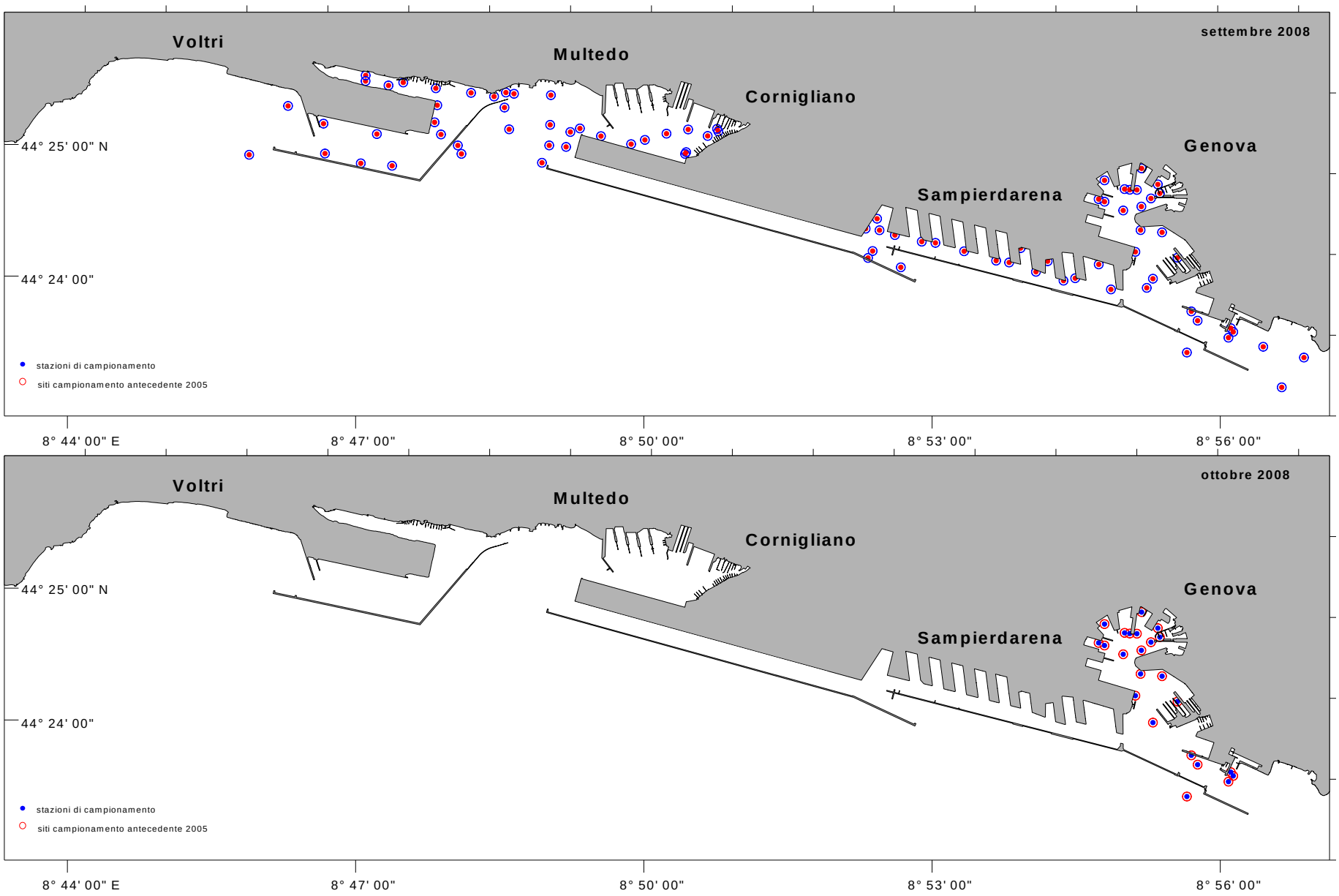
APPENDICE 1

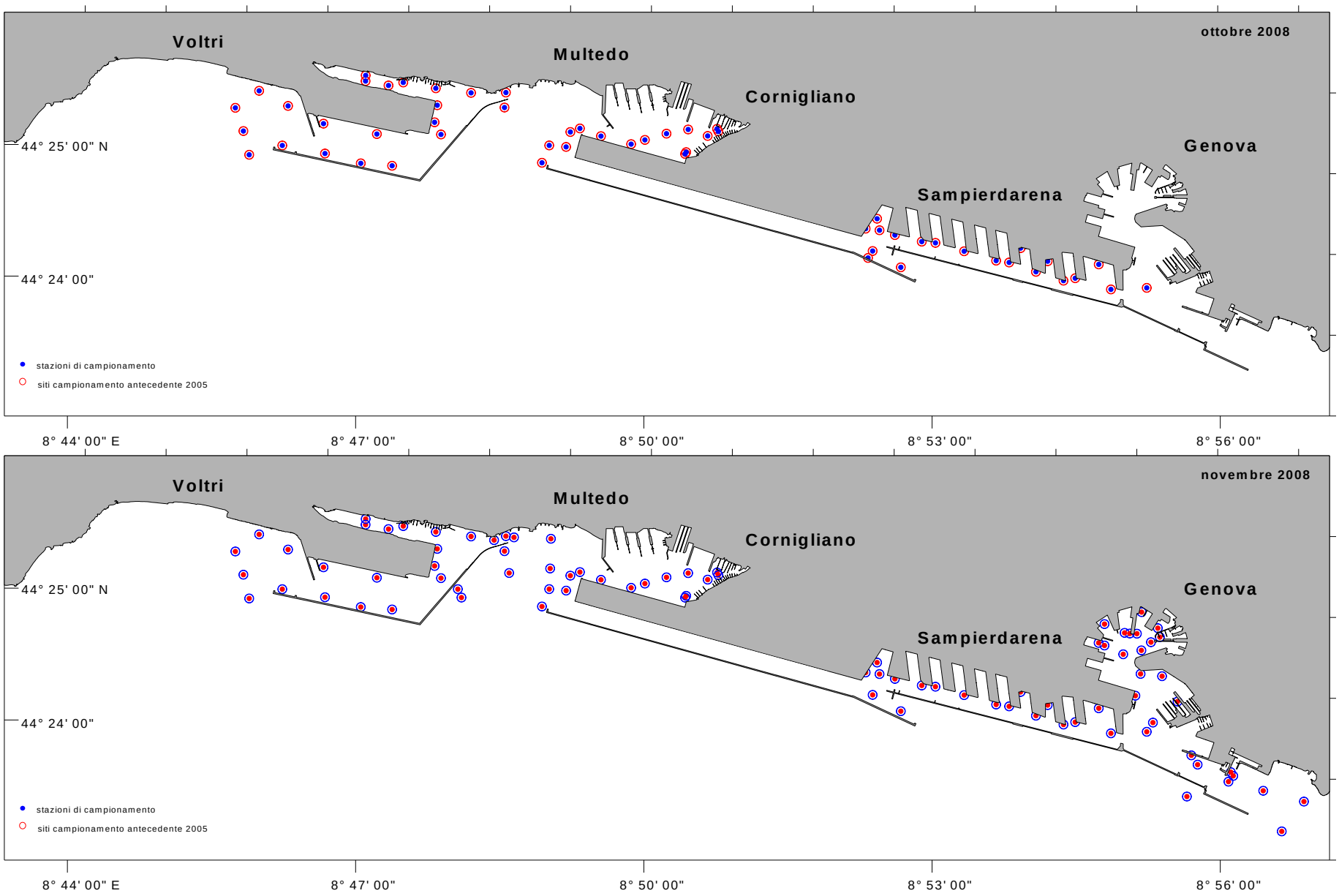

gennaio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
febbraio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

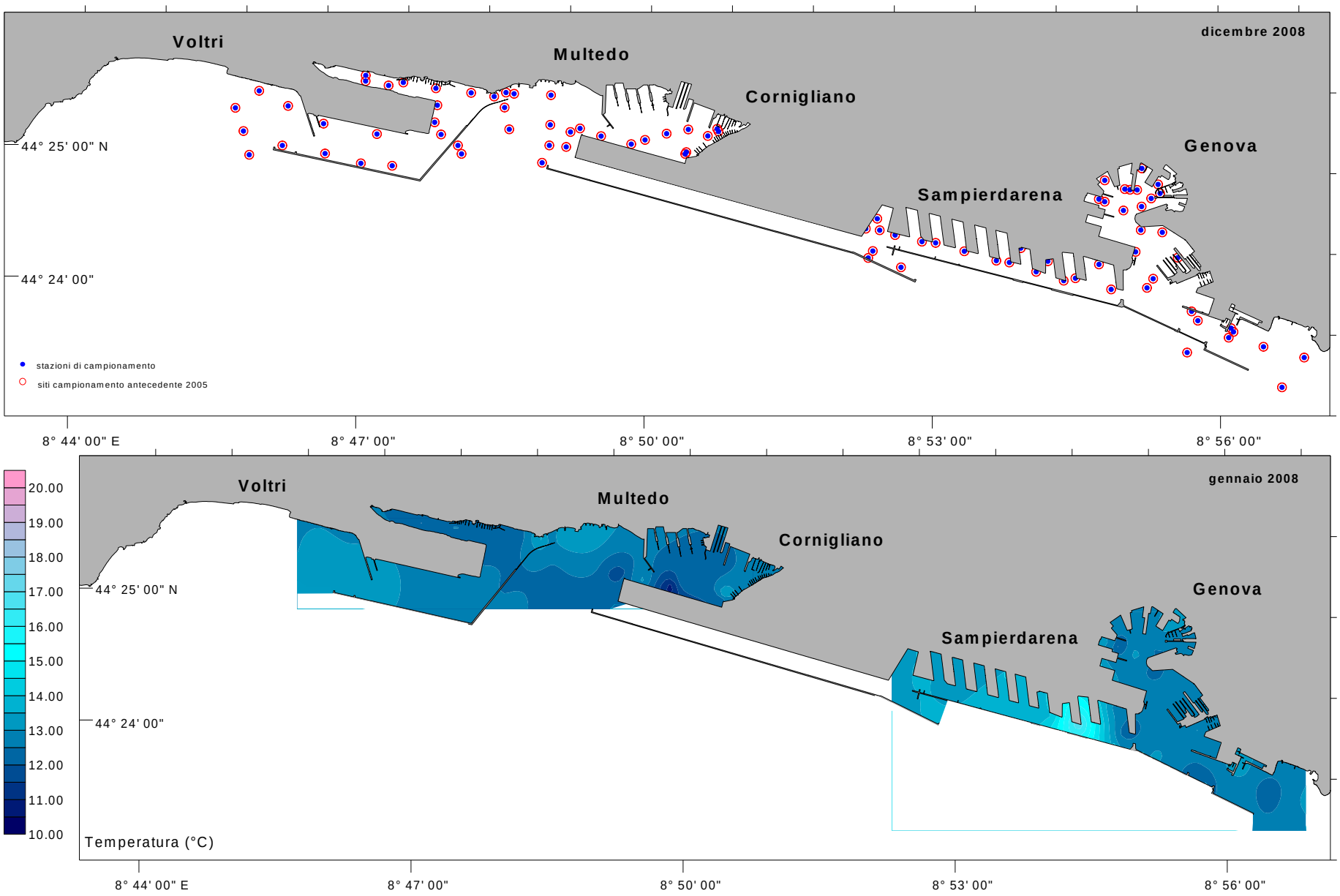

marzo 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

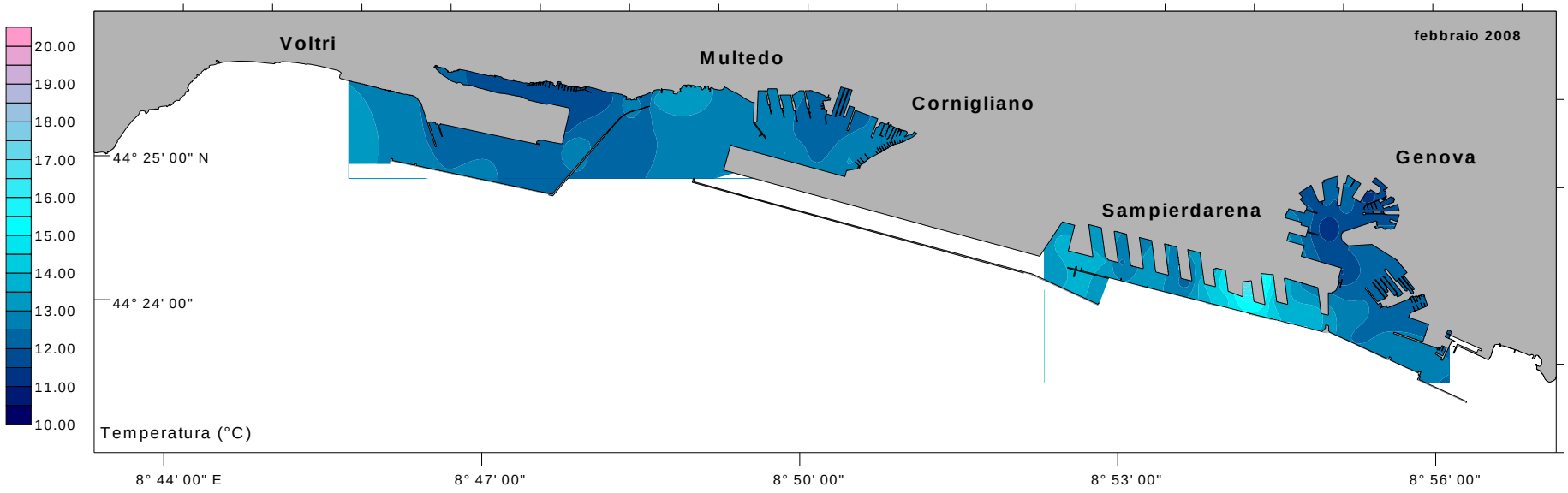

maggio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

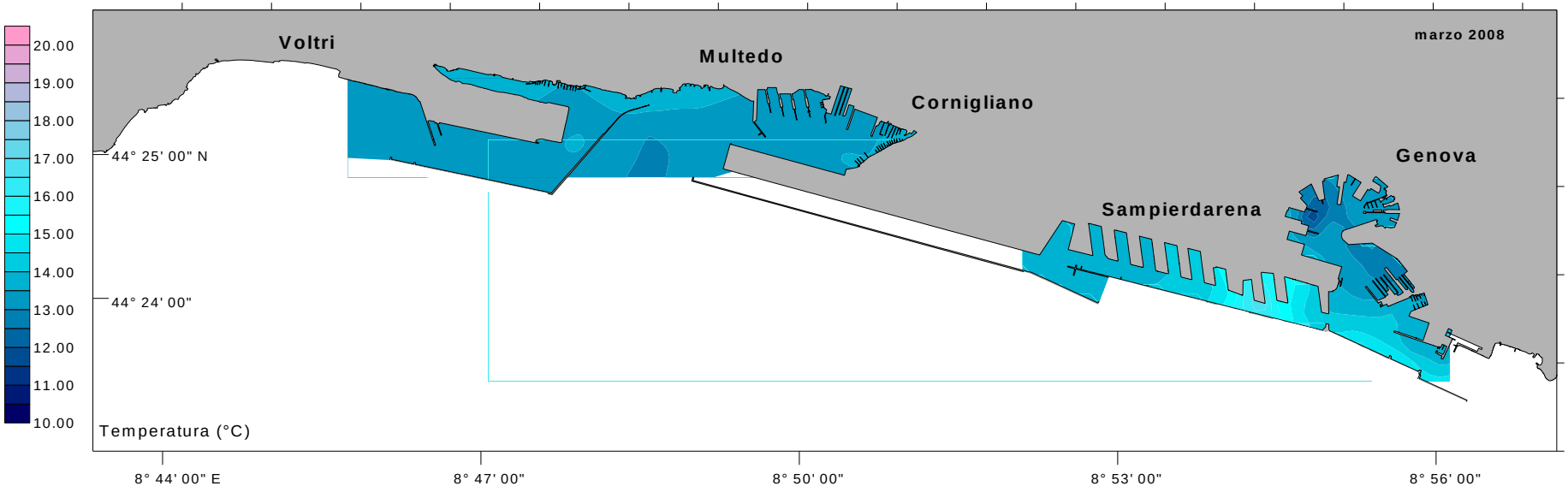

luglio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

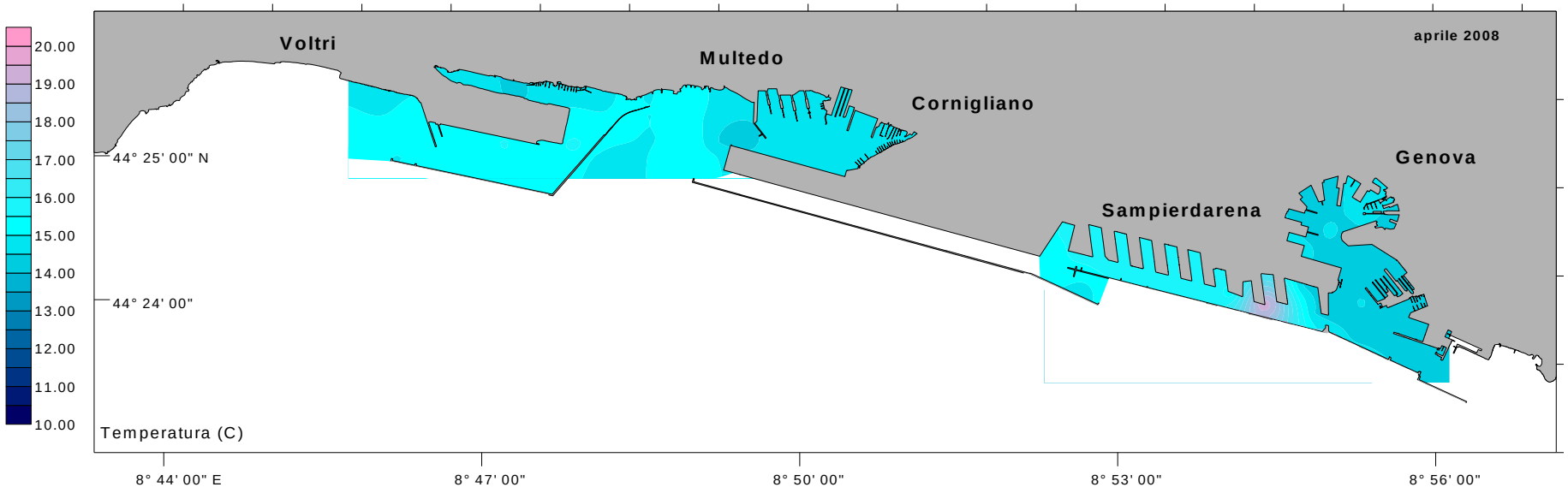

settembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
ottobre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

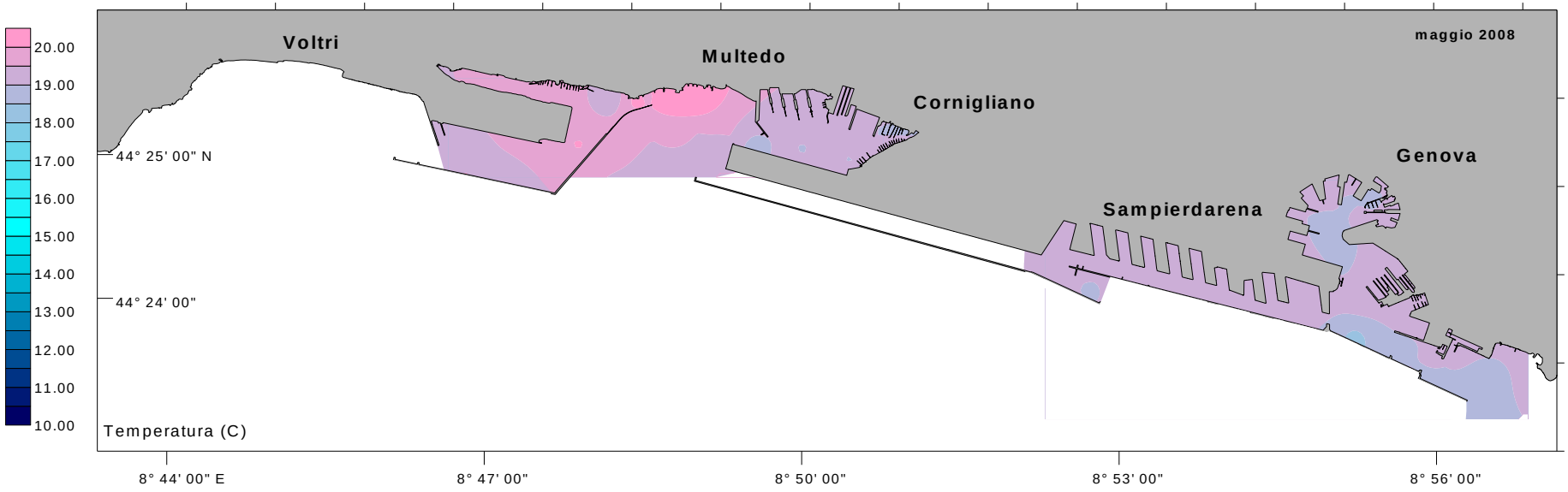

ottobre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
novembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

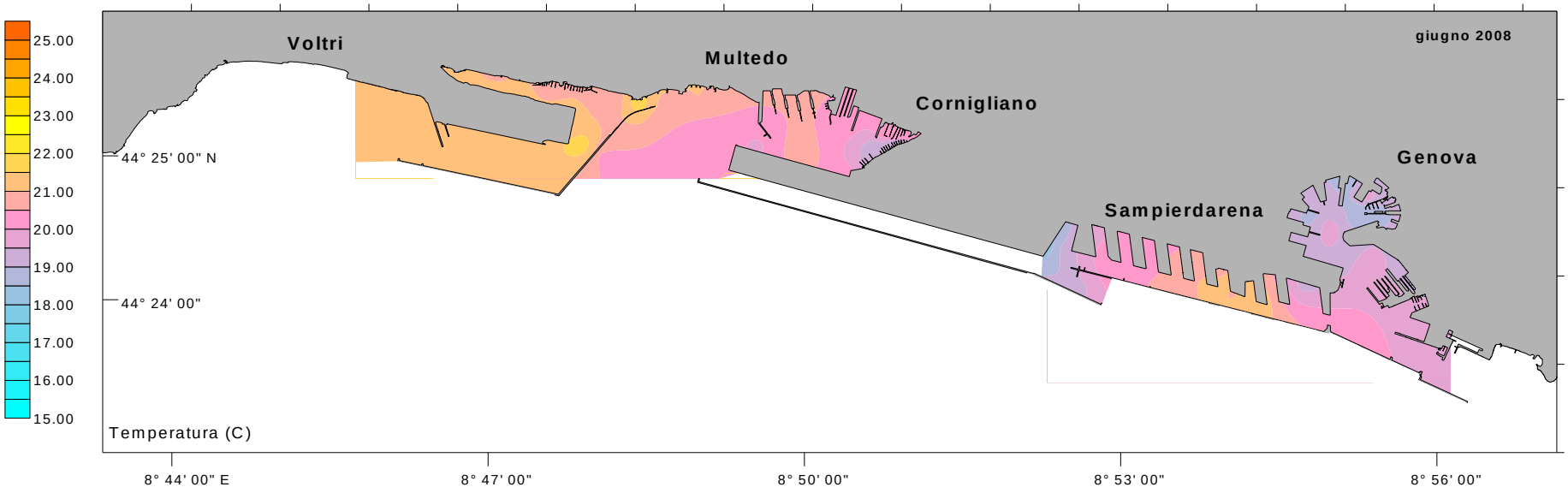

dicembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
gennaio 2008
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)

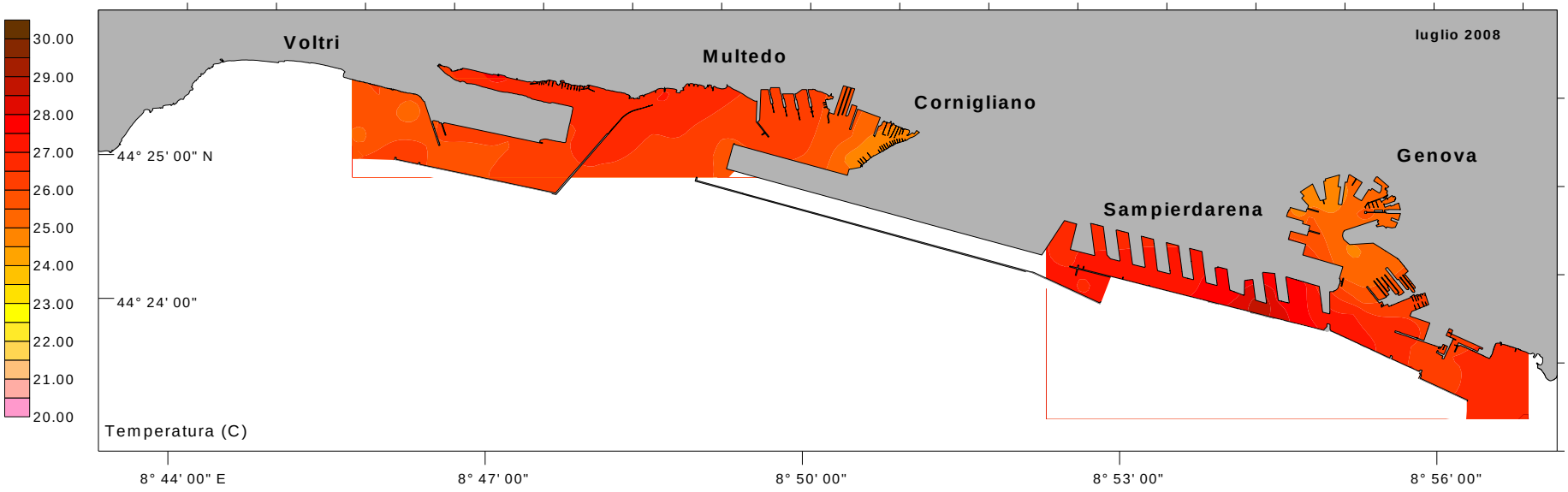

20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

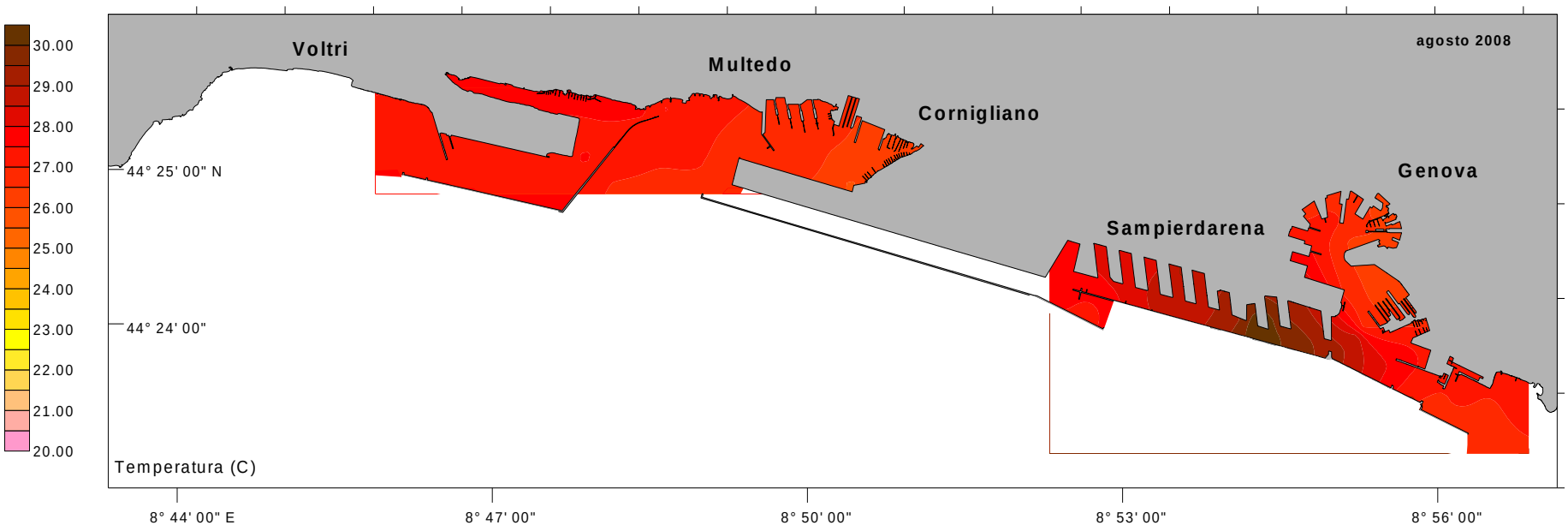

20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

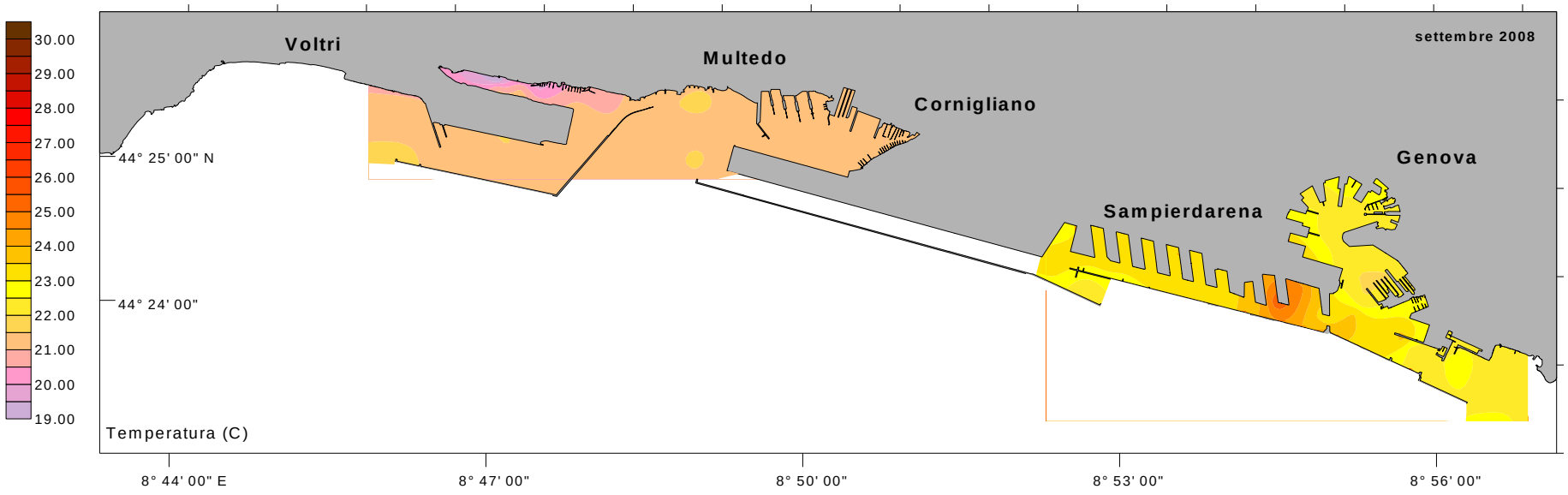

20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

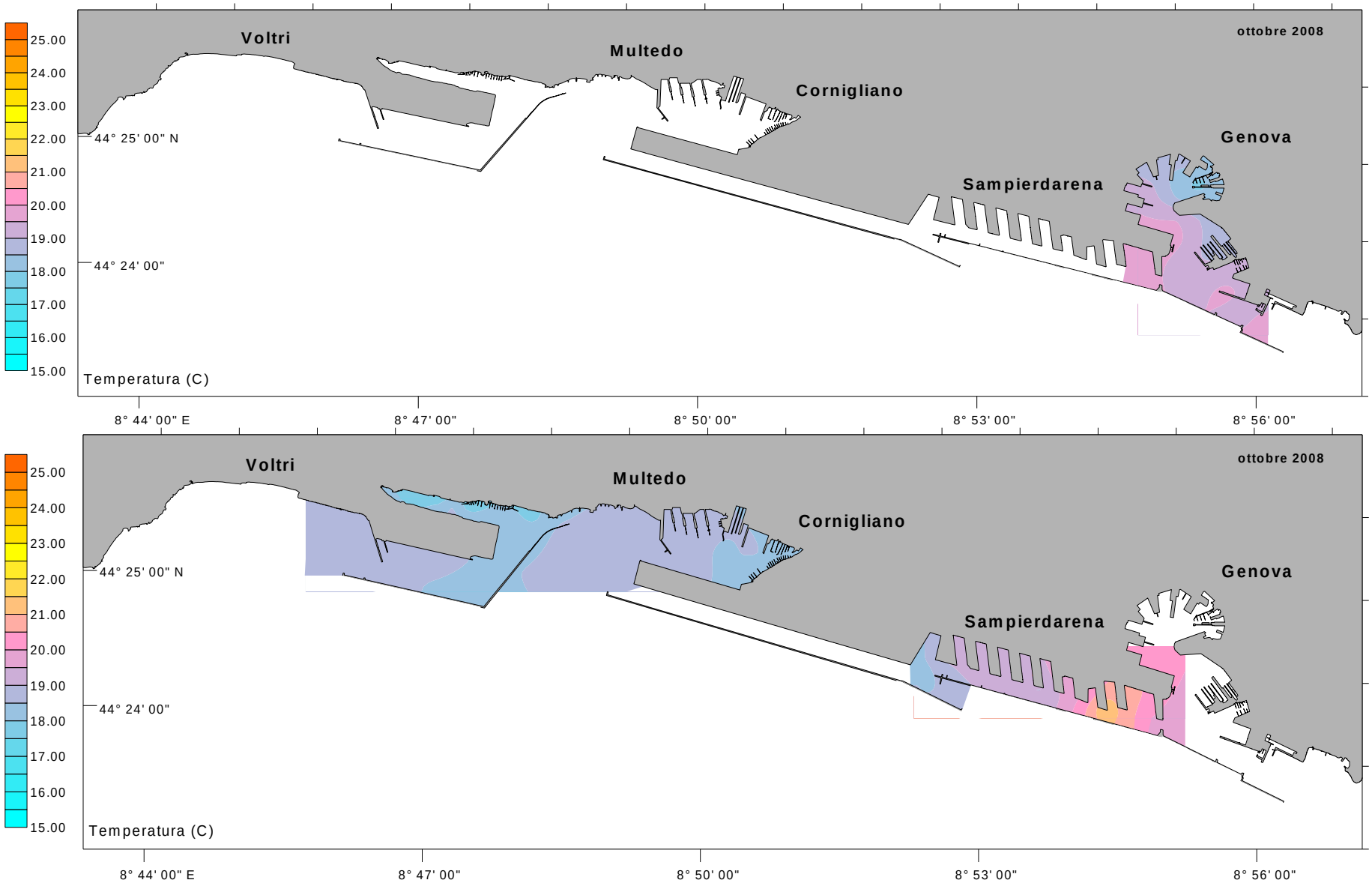

20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

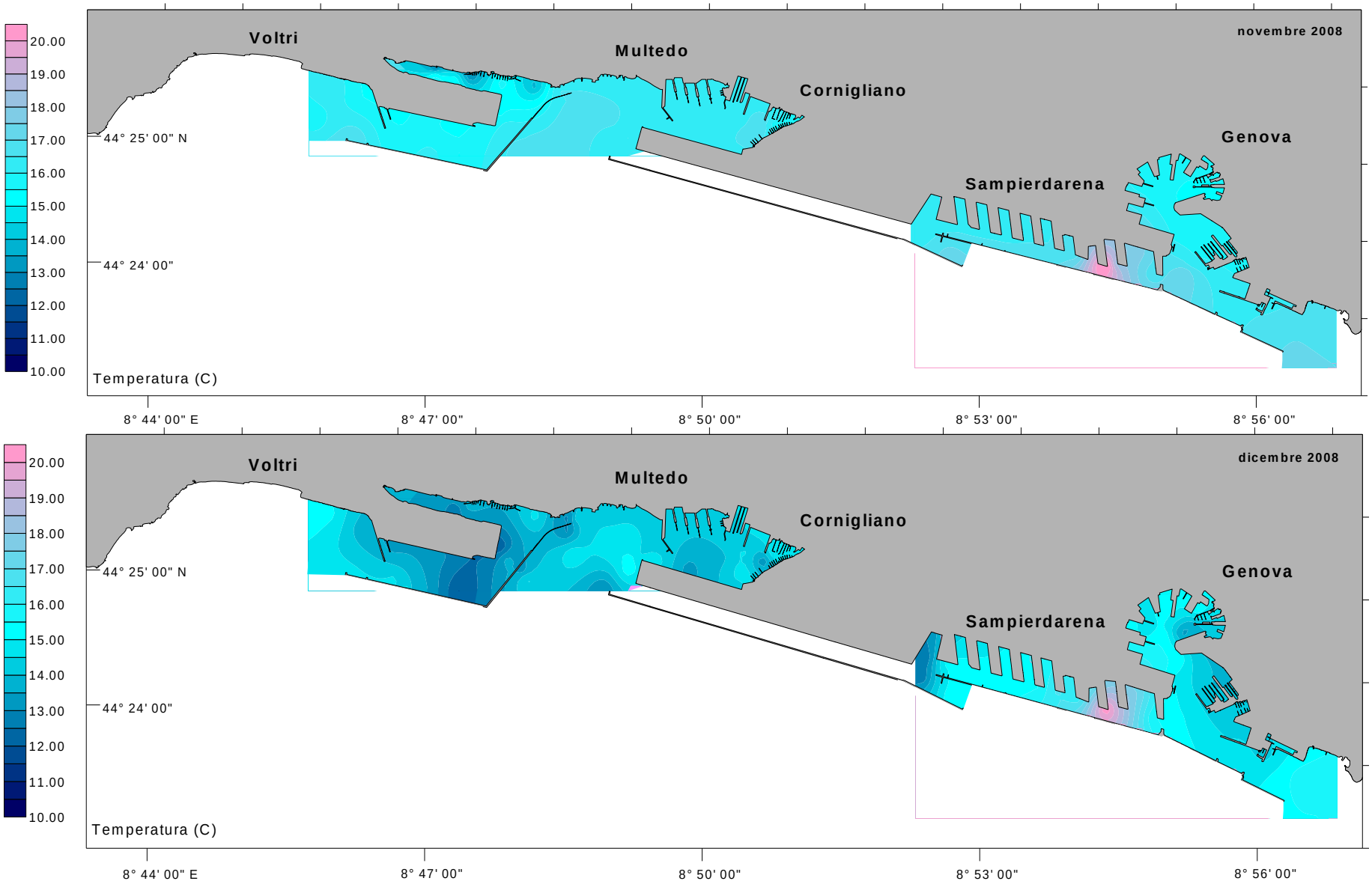

25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

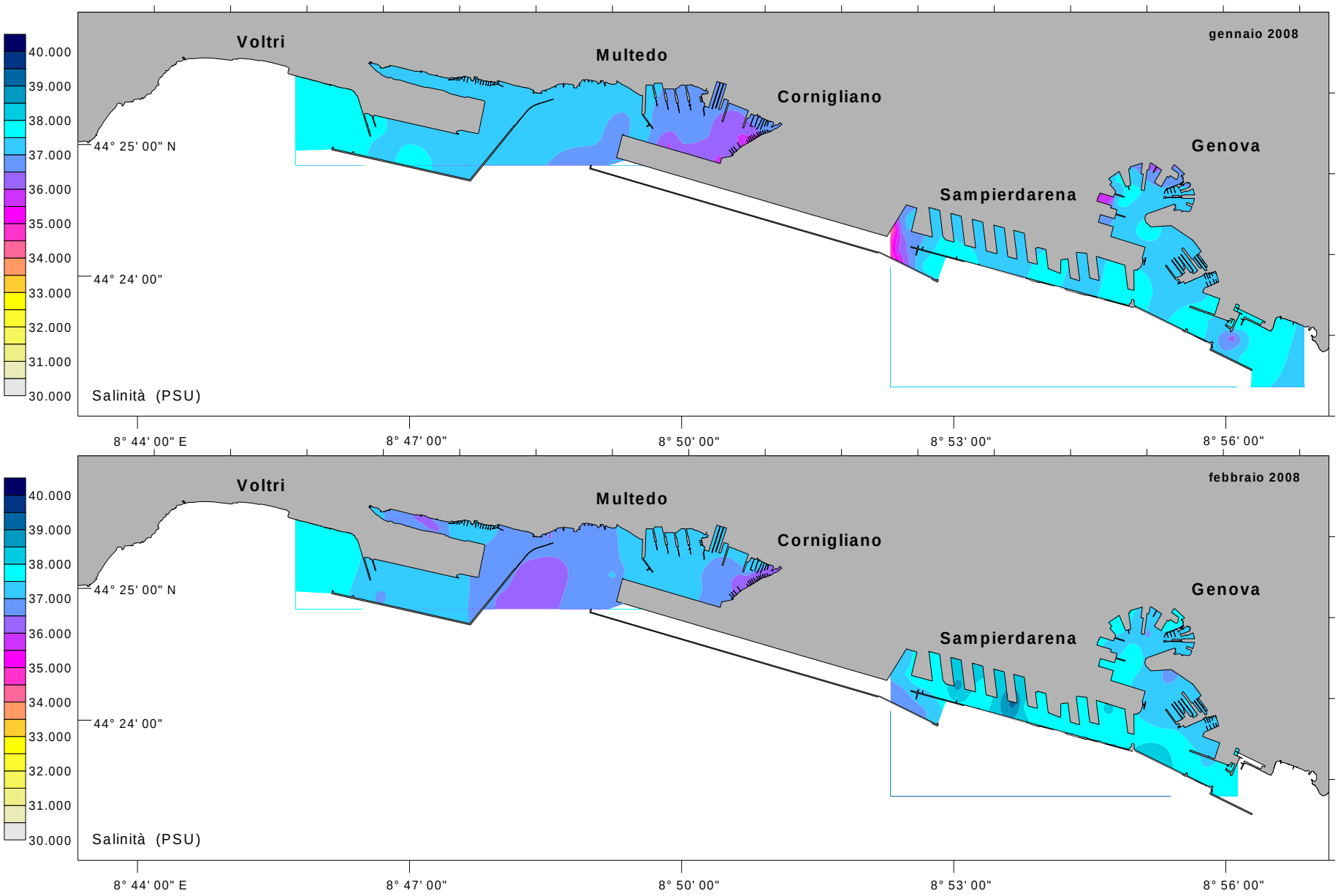

30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

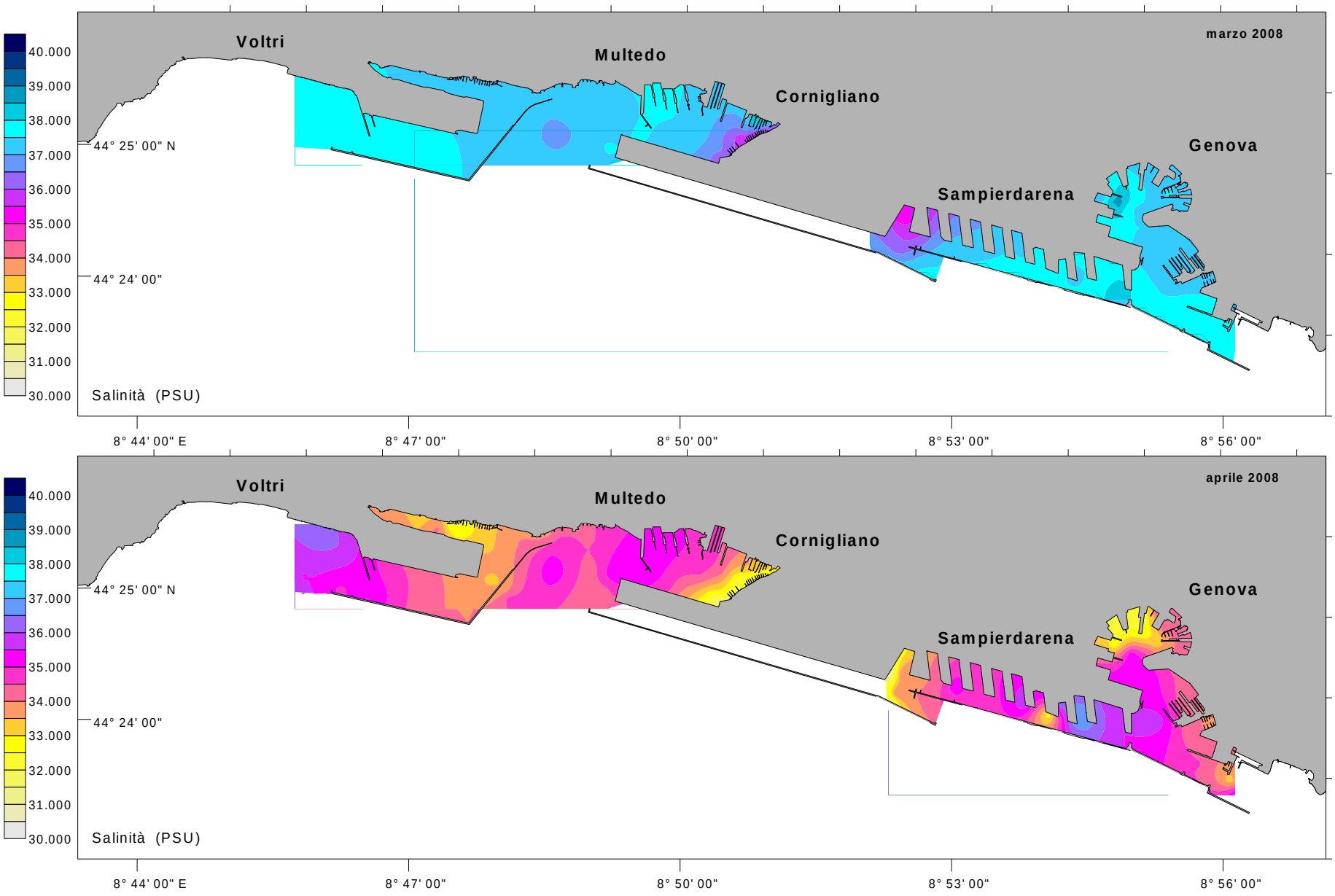

30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
agosto 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

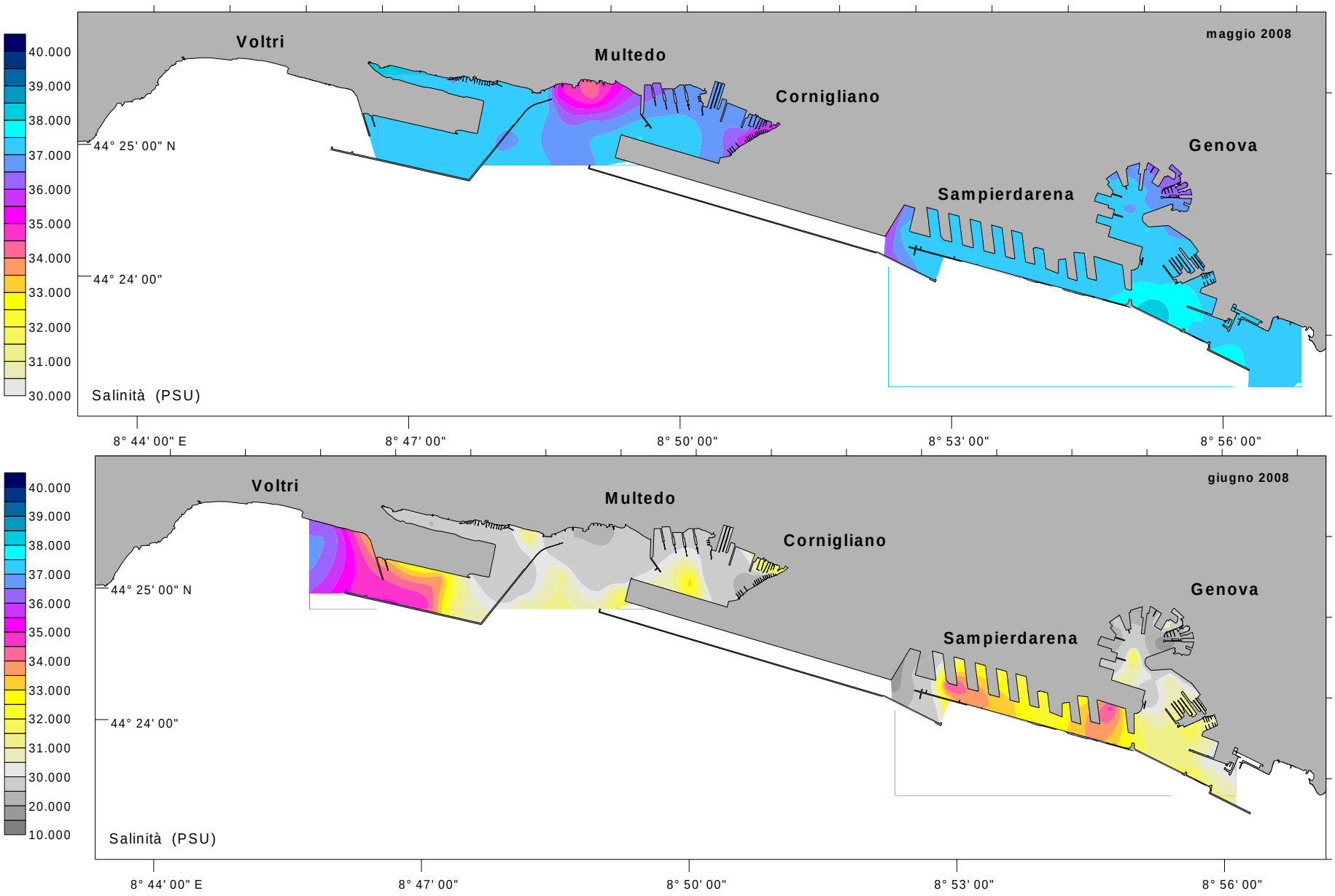

30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
settembre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

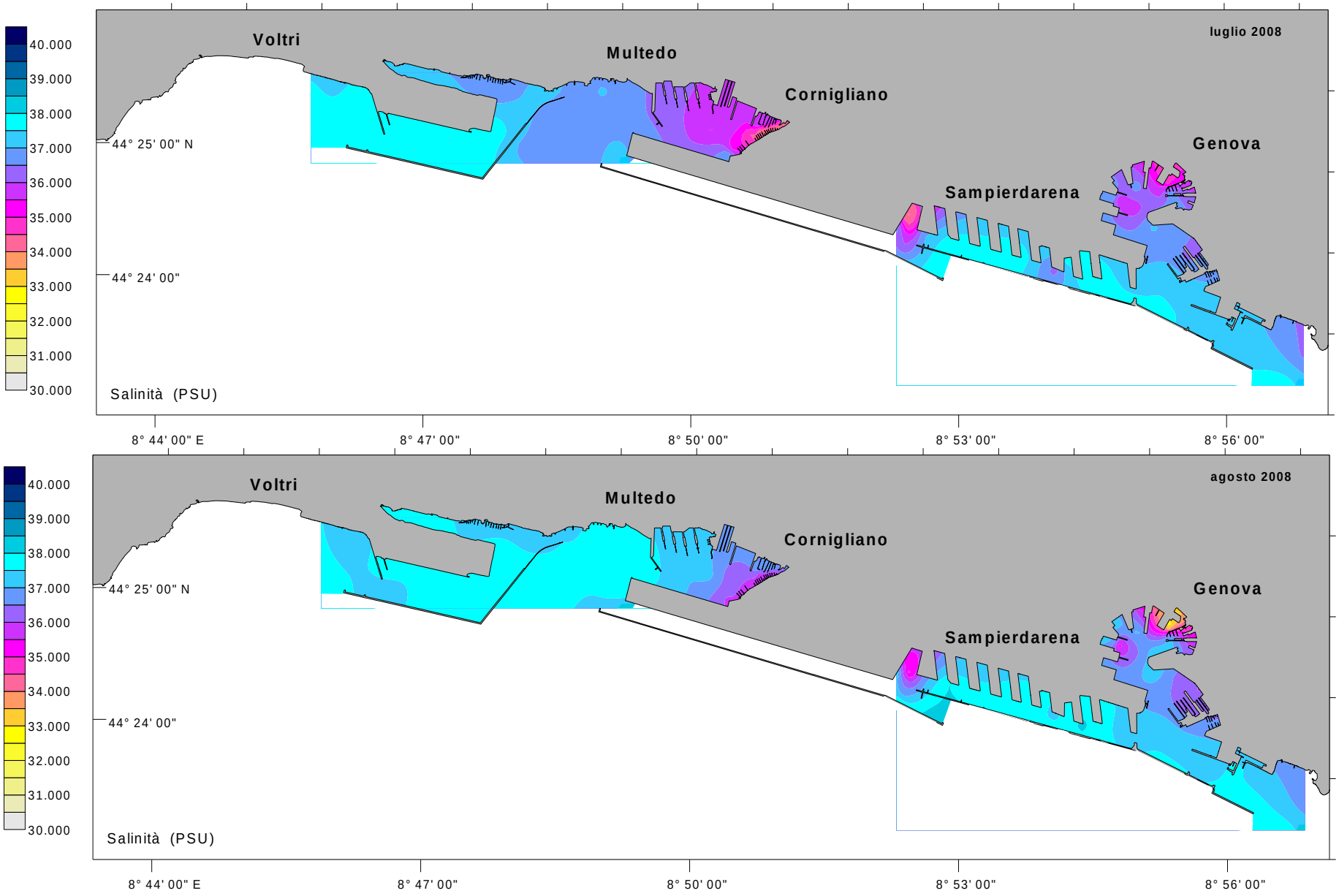

25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Temperatura (C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

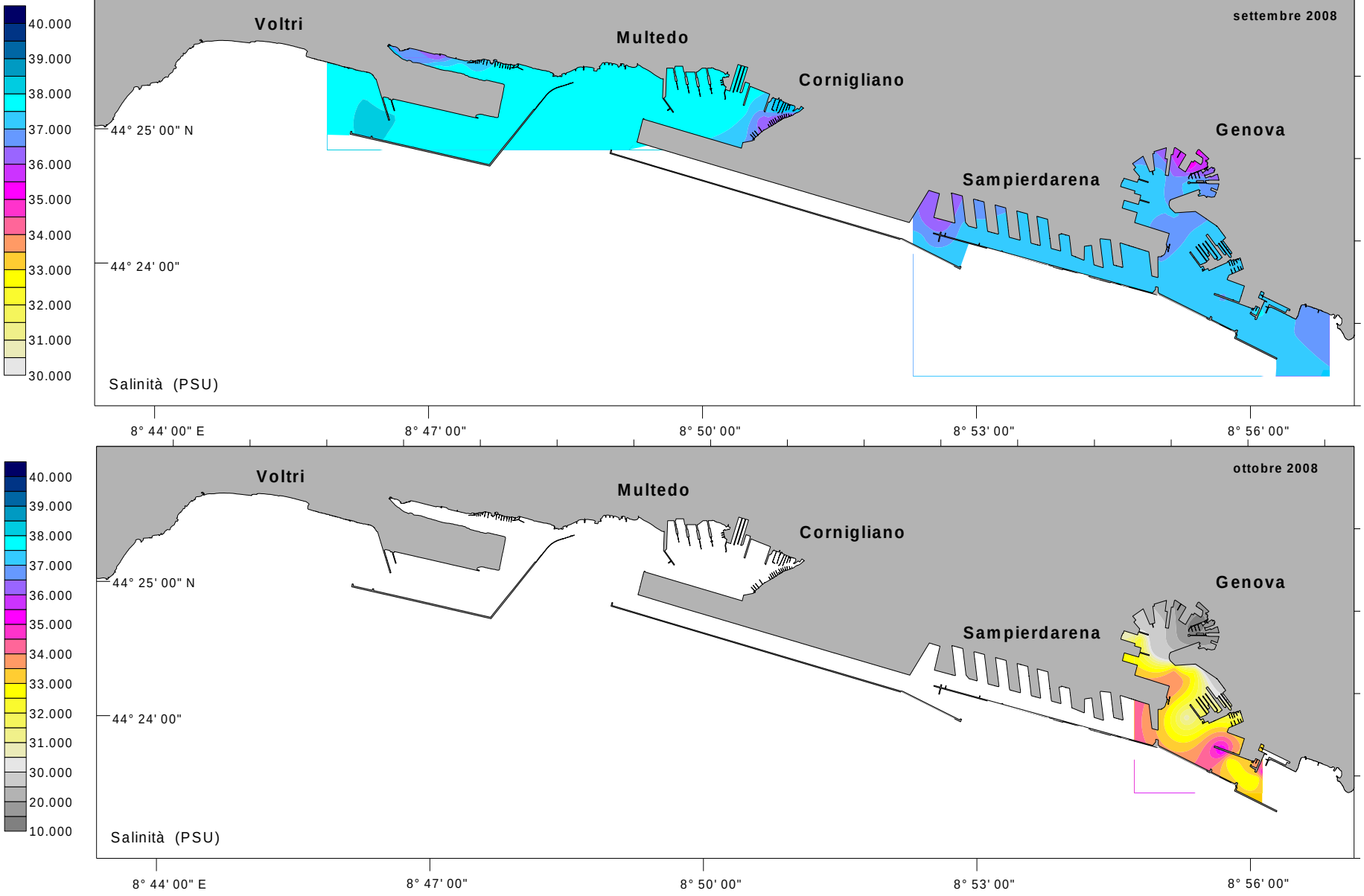

novembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

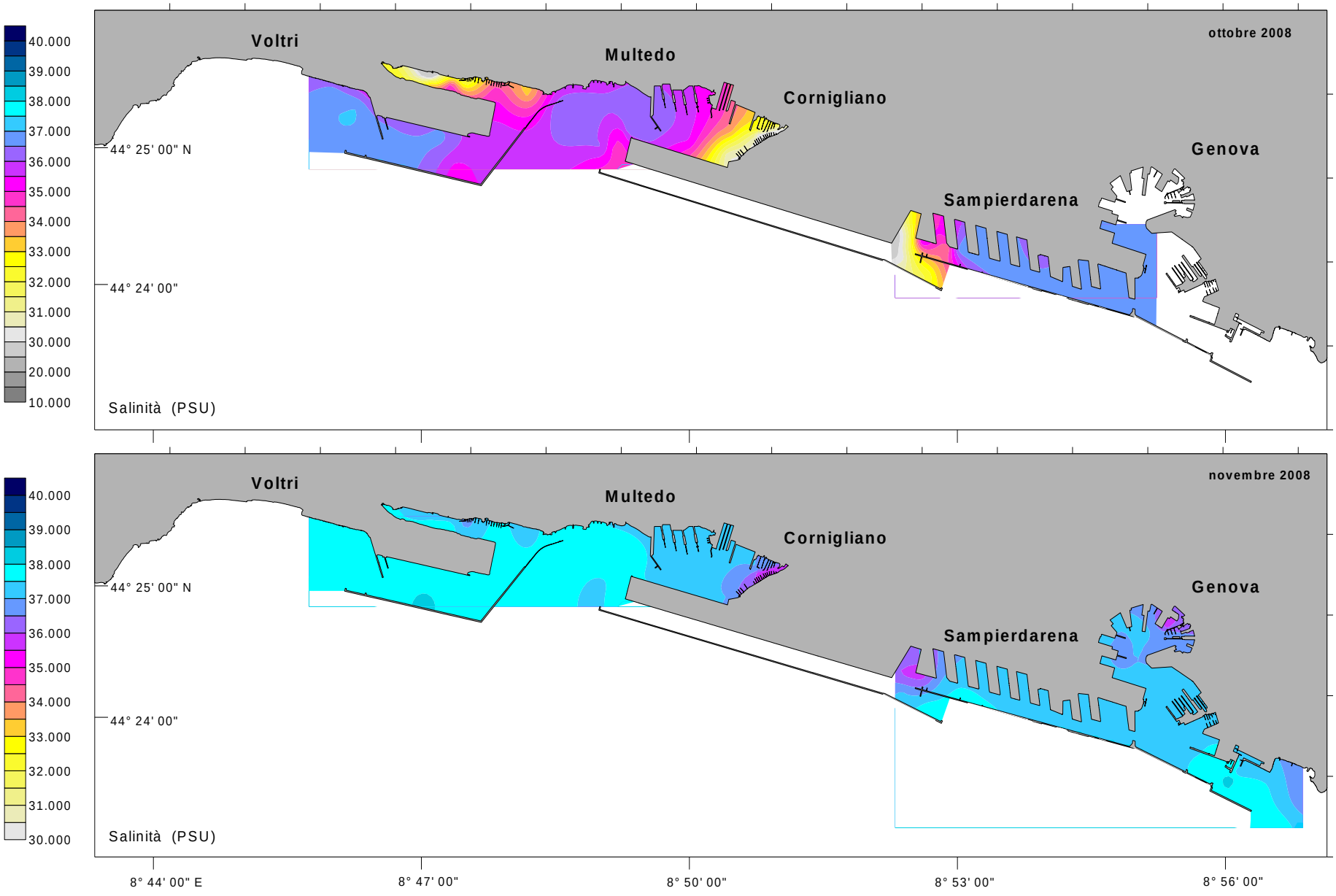

gennaio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
febbraio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

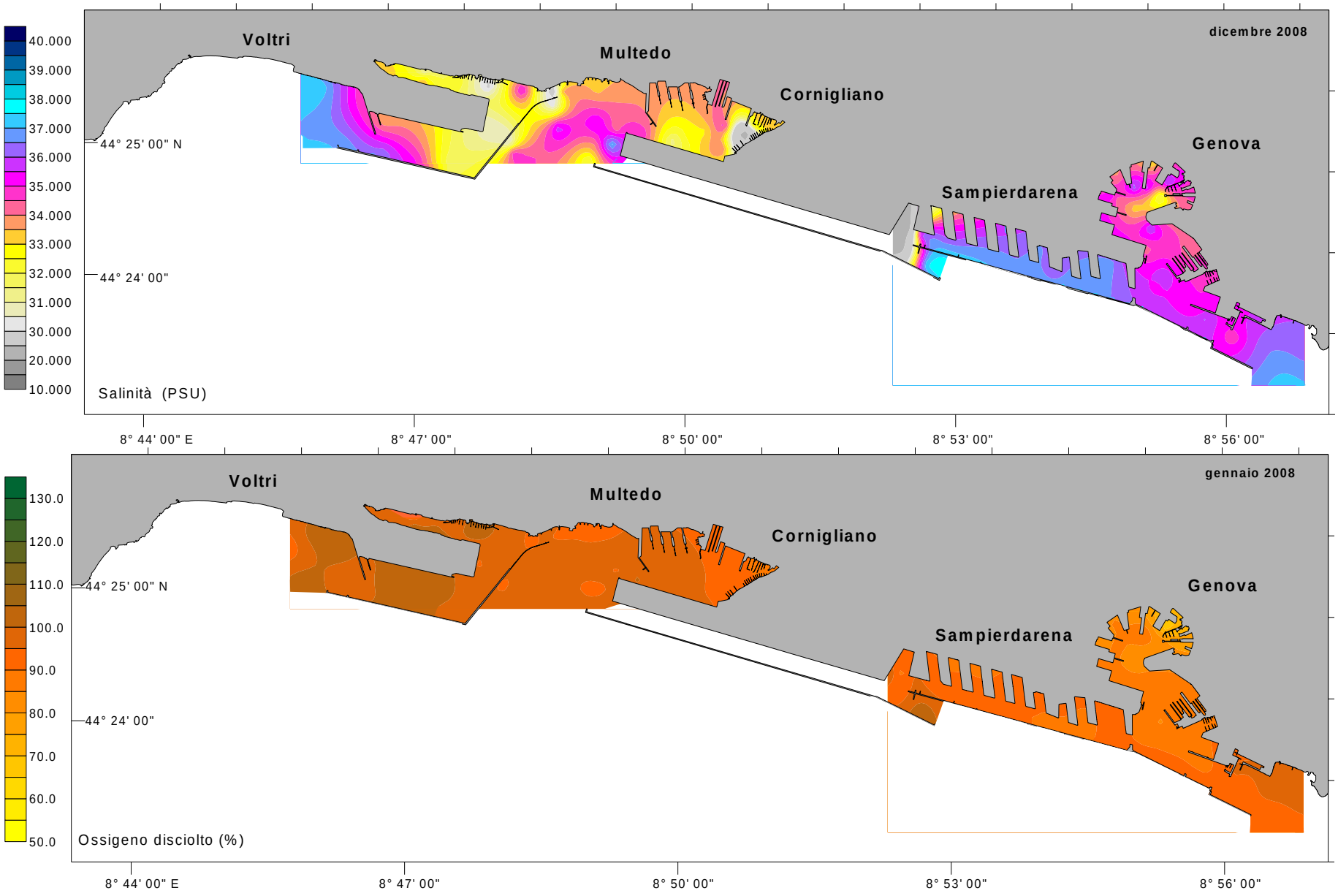

marzo 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

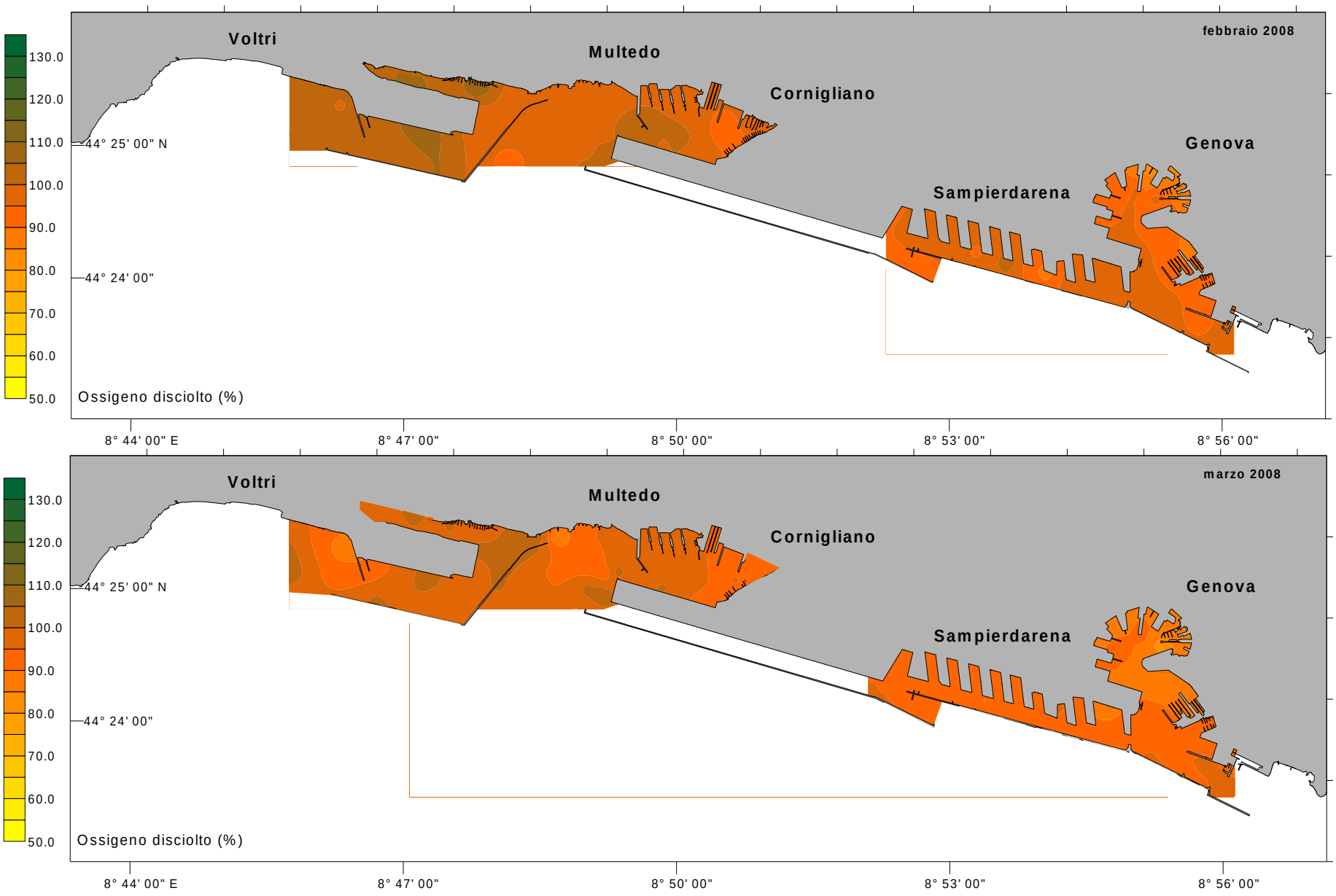

maggio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
20.000
10.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

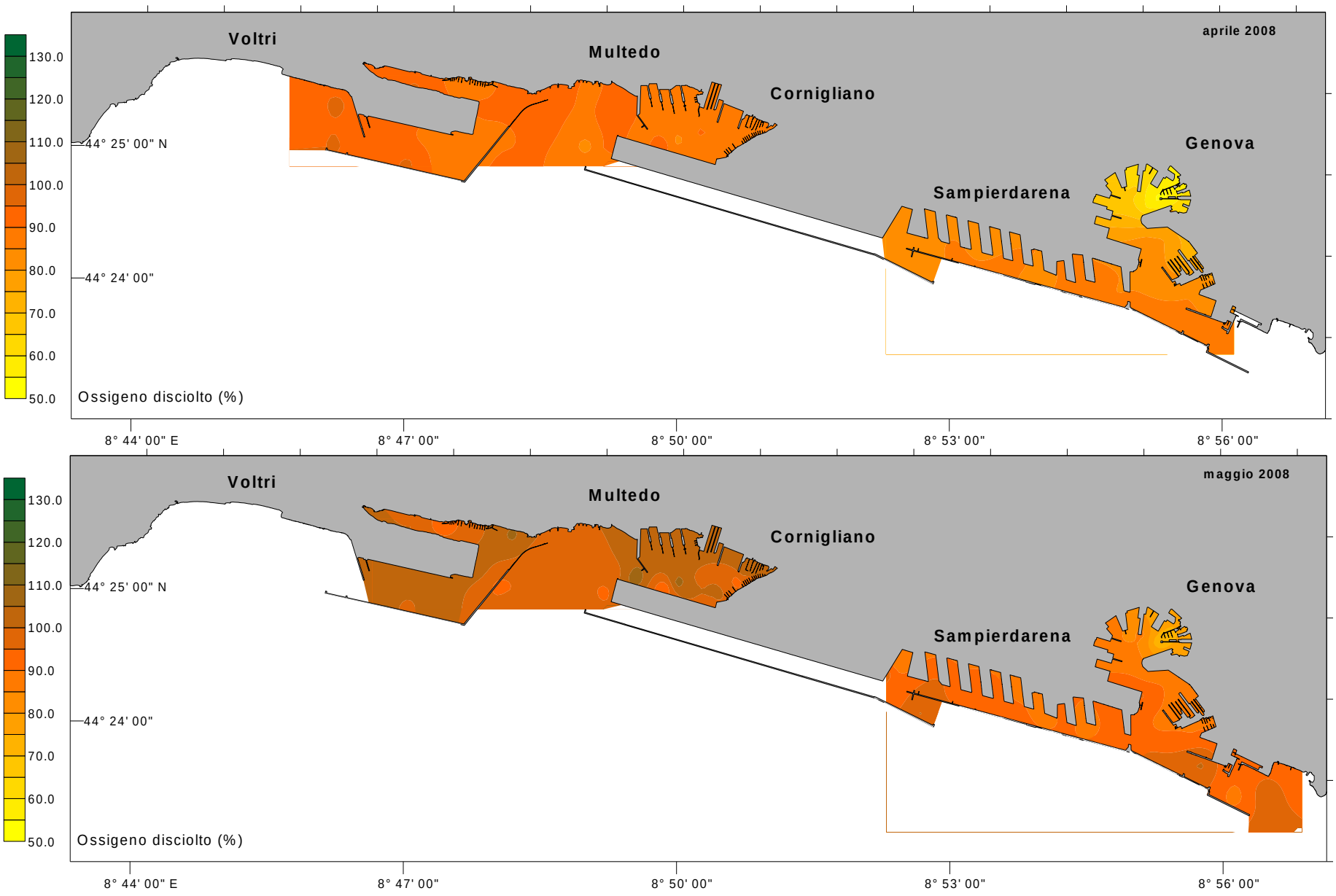

40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

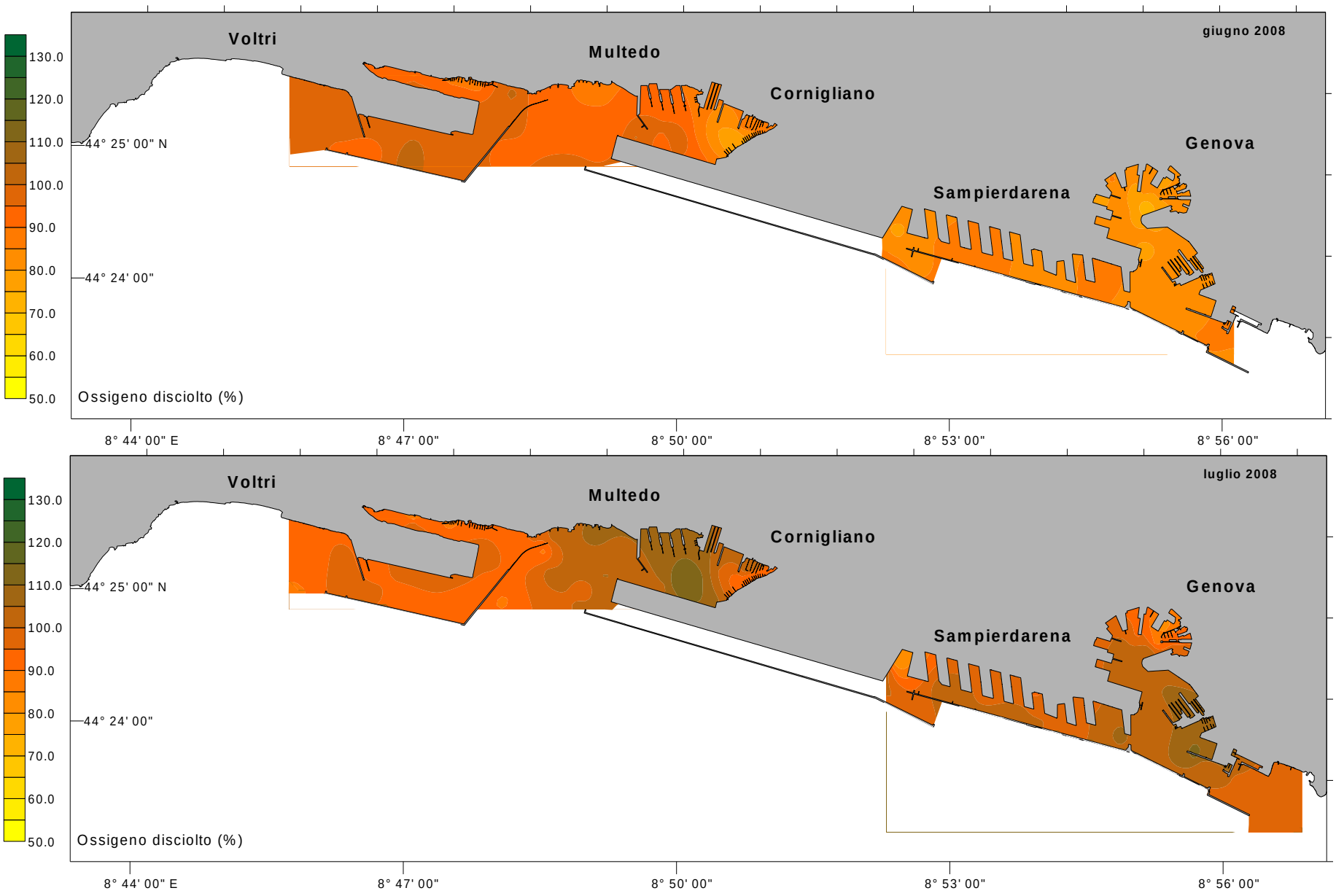

40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
20.000
10.000
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

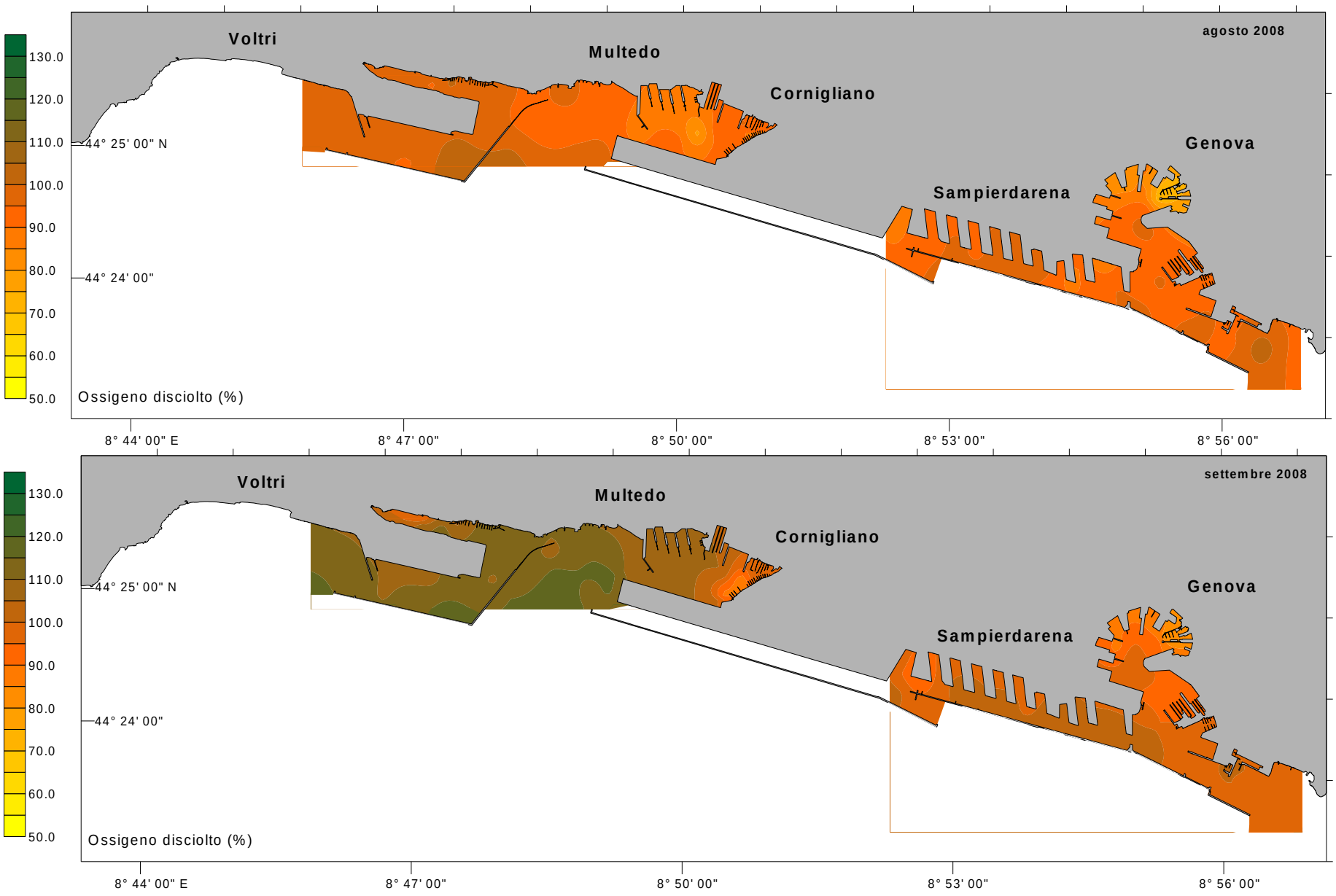

40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
20.000
10.000
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
novembre 2008
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

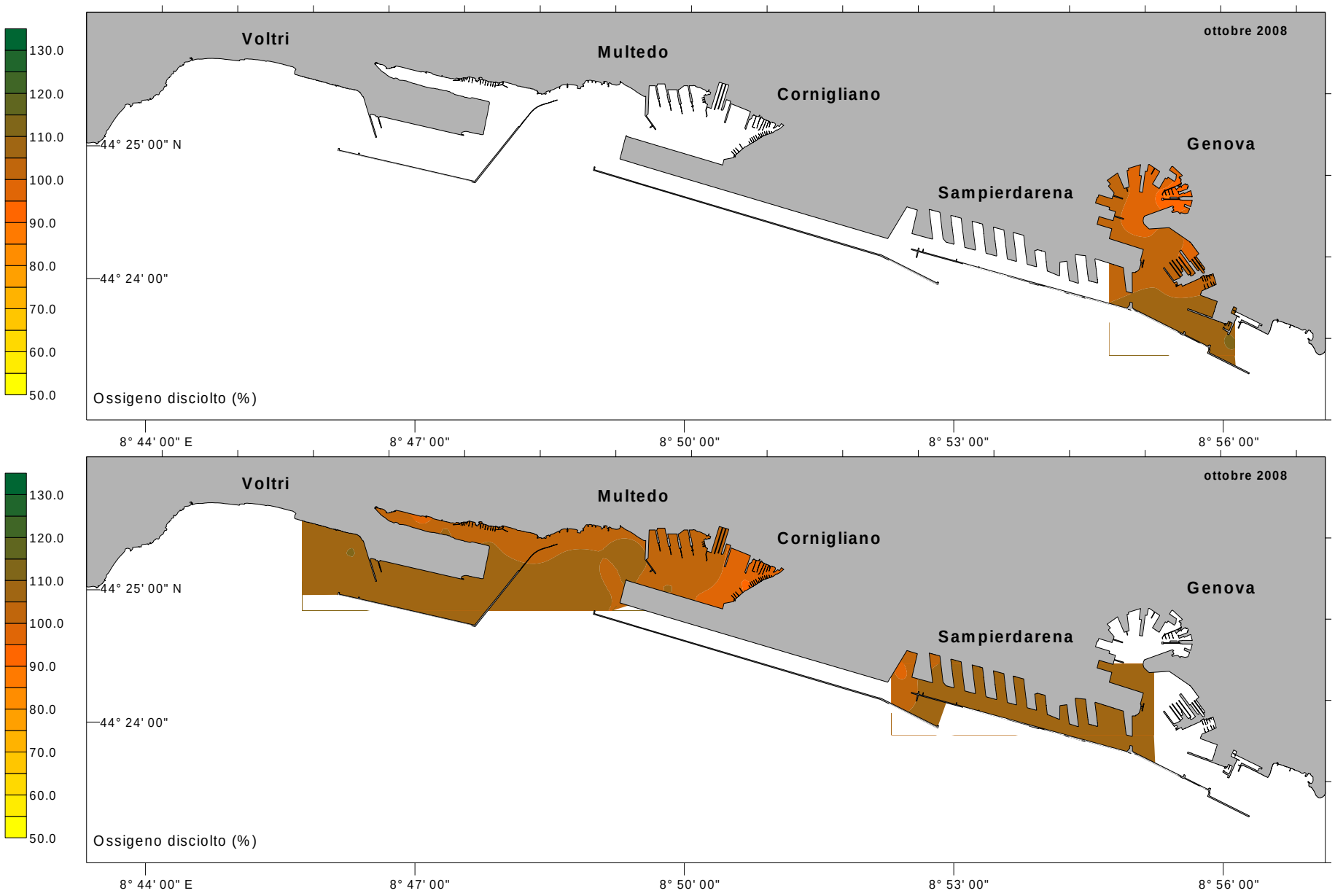

dicembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
20.000
10.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
gennaio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
Ossigeno disciolto (%)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

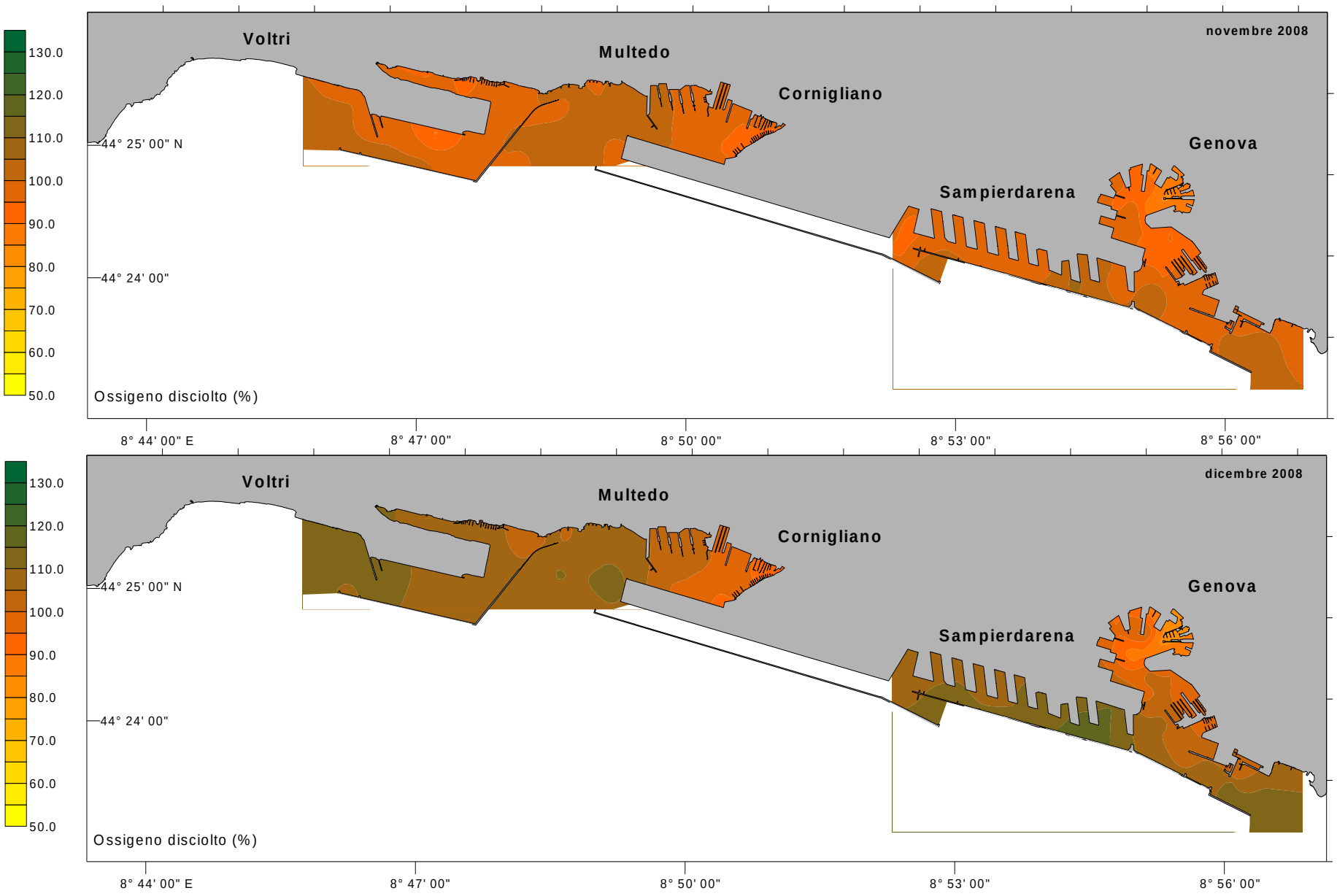

febbraio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
marzo 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

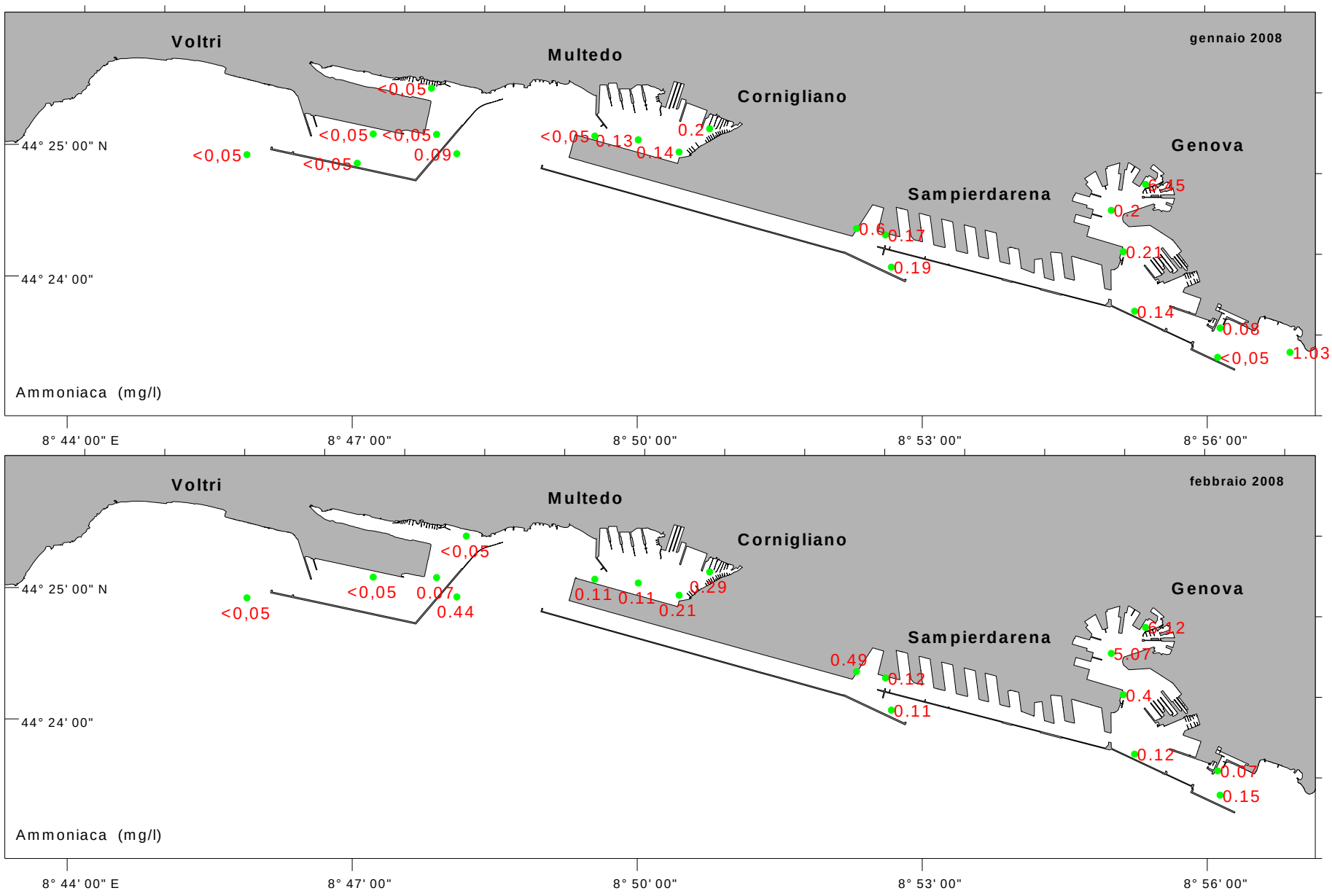

aprile 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
maggio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

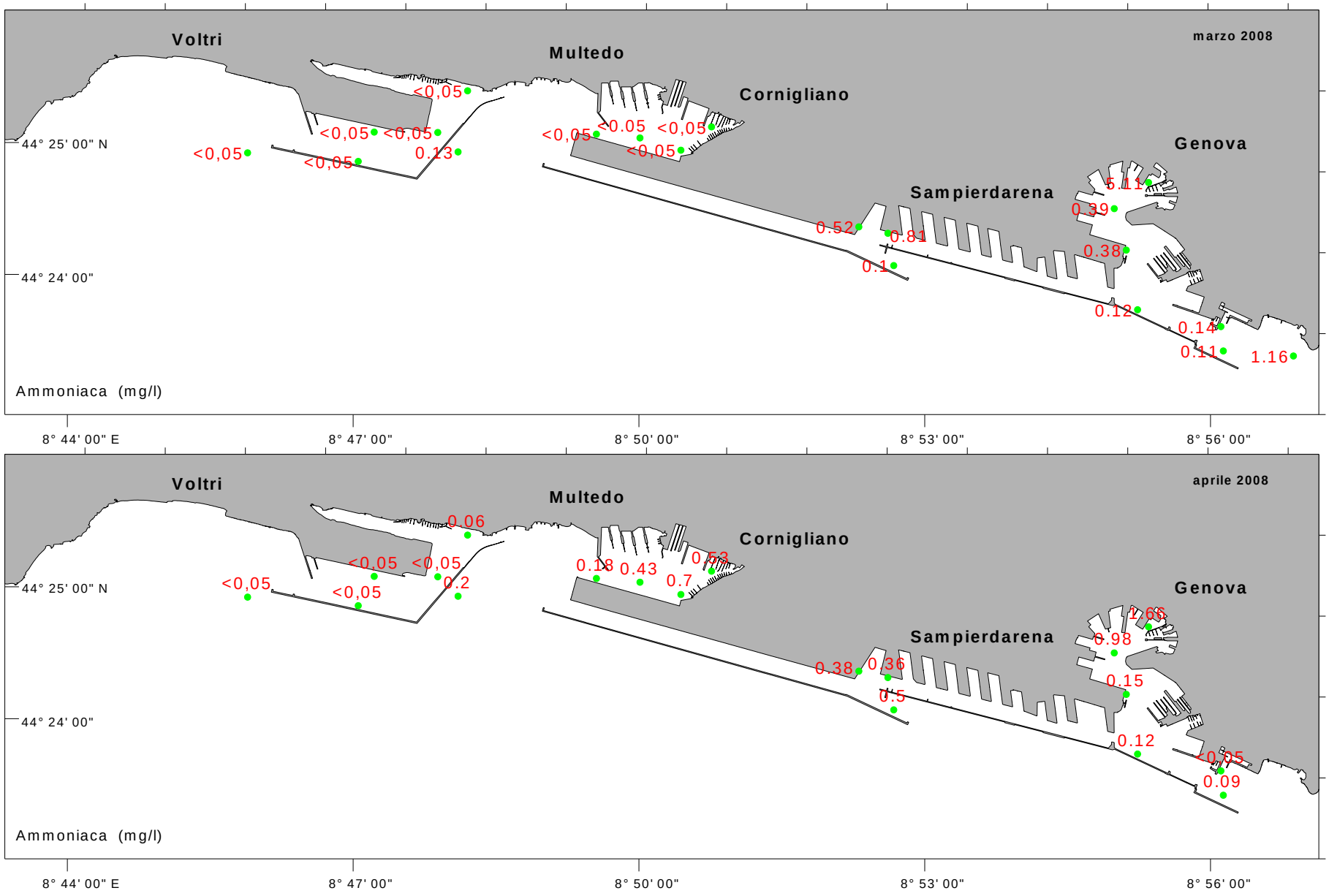

giugno 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
luglio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

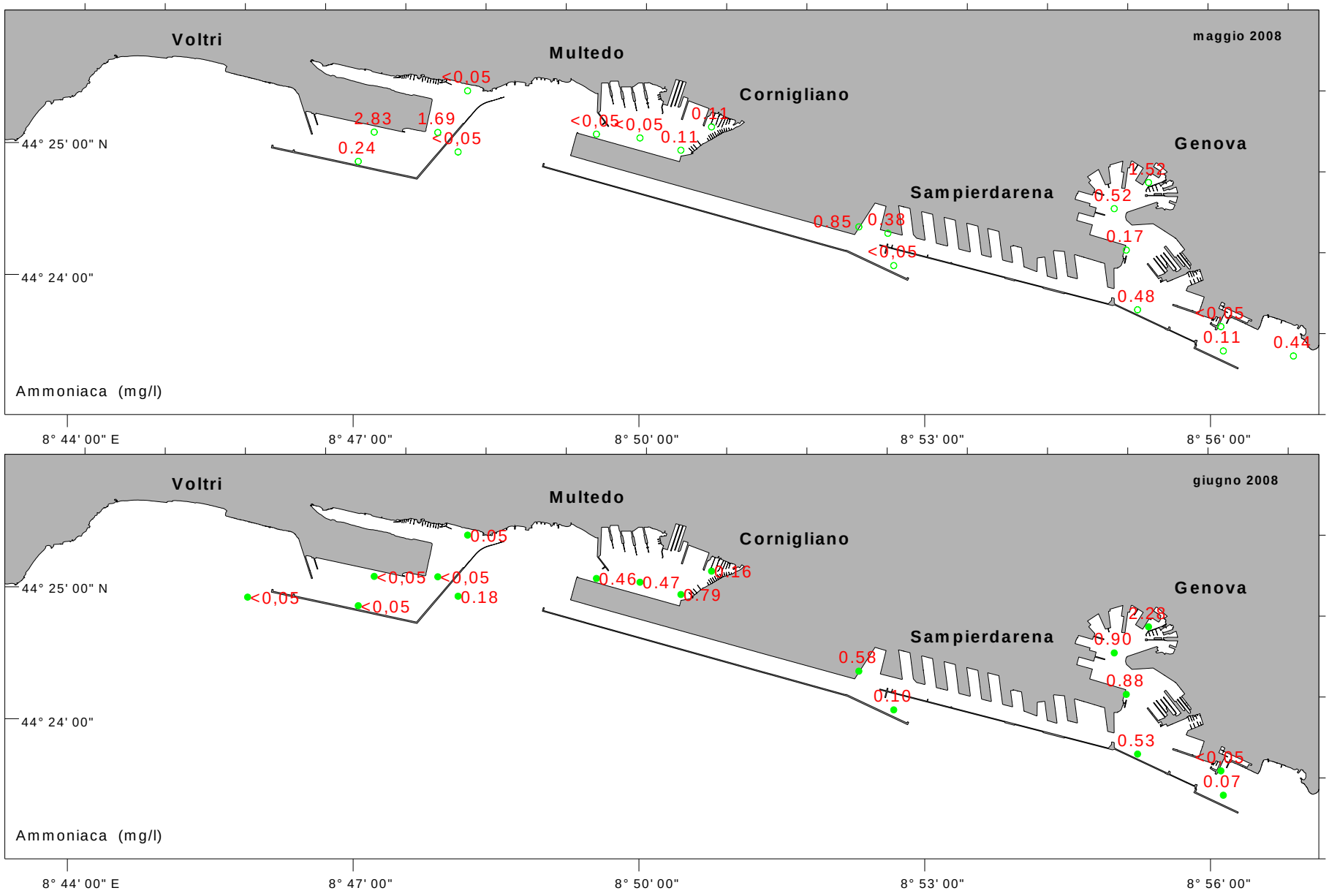

agosto 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
settembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

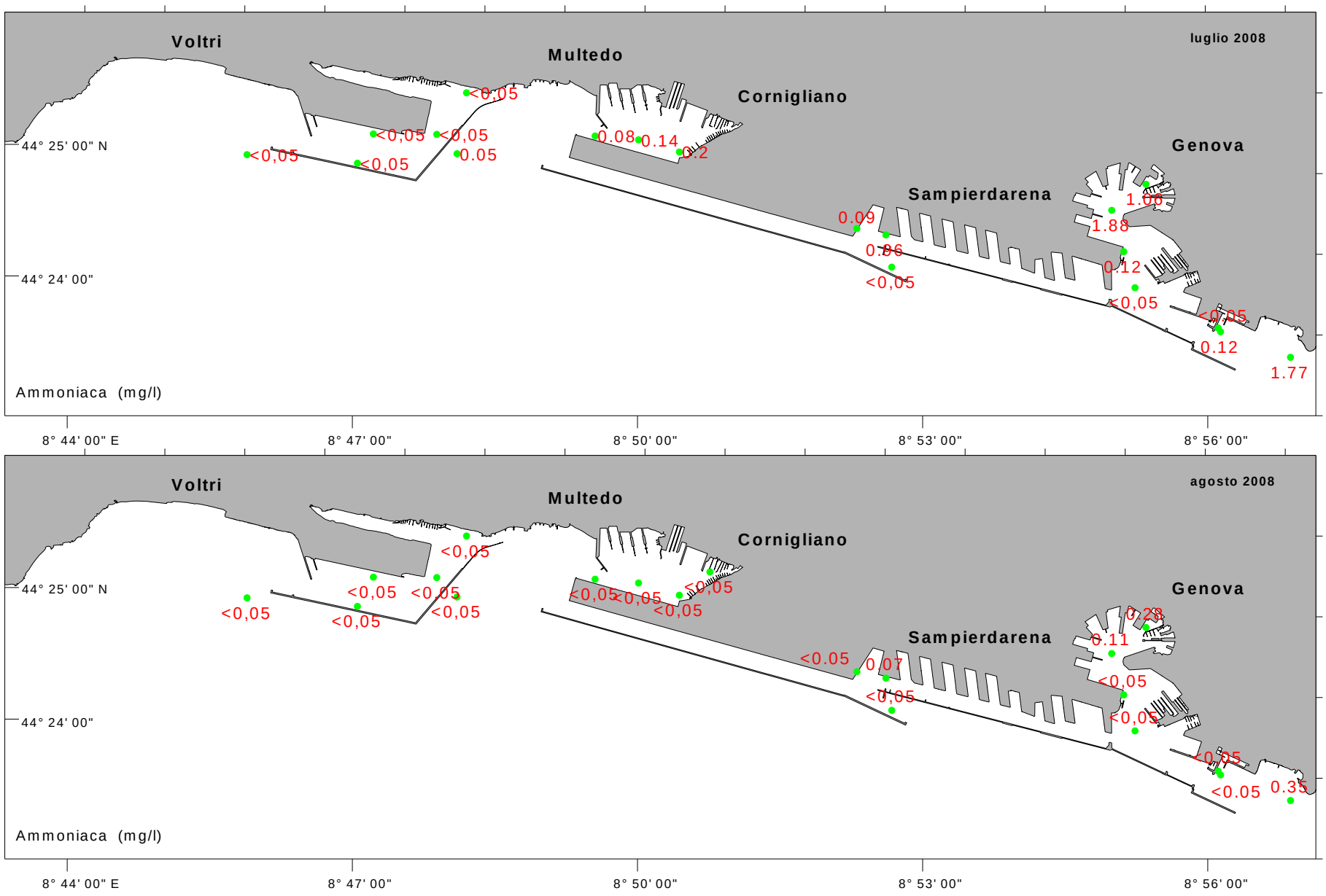

130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

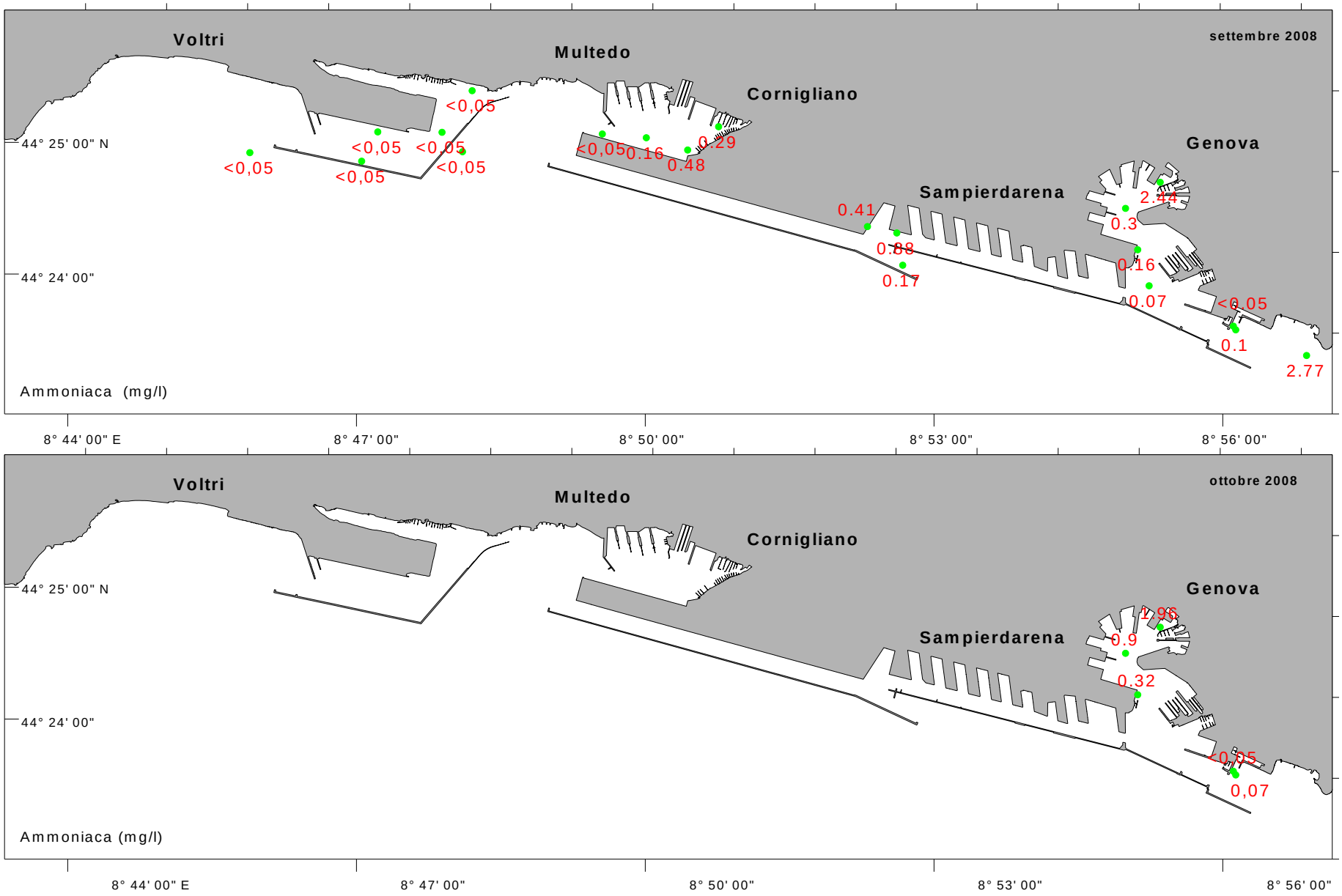

130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2008

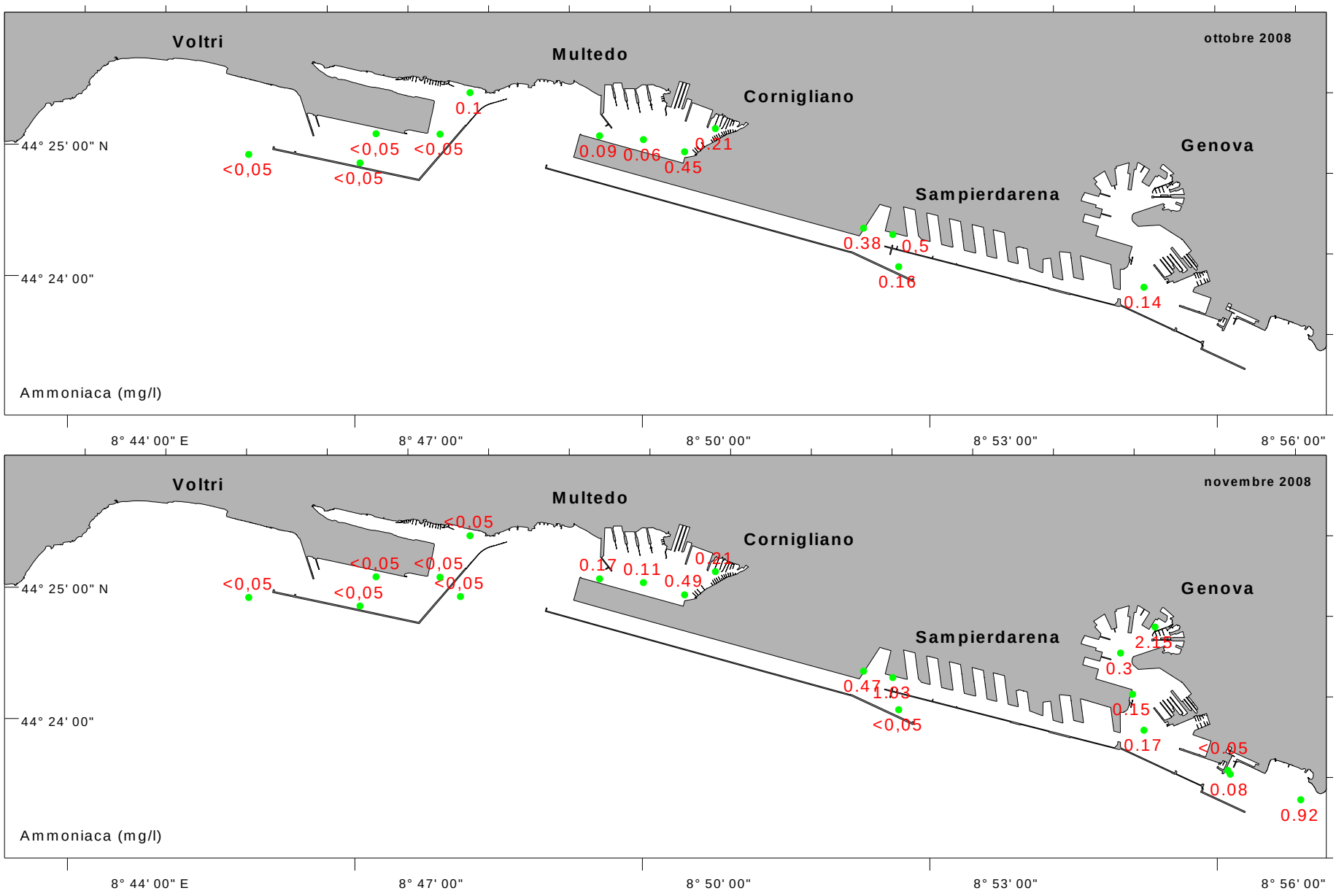

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
0.09
<0,05
0.13
0.14
0.2
0.45
0.2
0.6
0.17
0.21
0.19
0.14
0.08
<0,05
1.03
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0,05
<0,05
<0,05
0.07
0.44
0.11
0.11
0.21
0.29
0.49
0.12
0.11
0.12
5.07
0.4
0.12
0.07
0.15
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

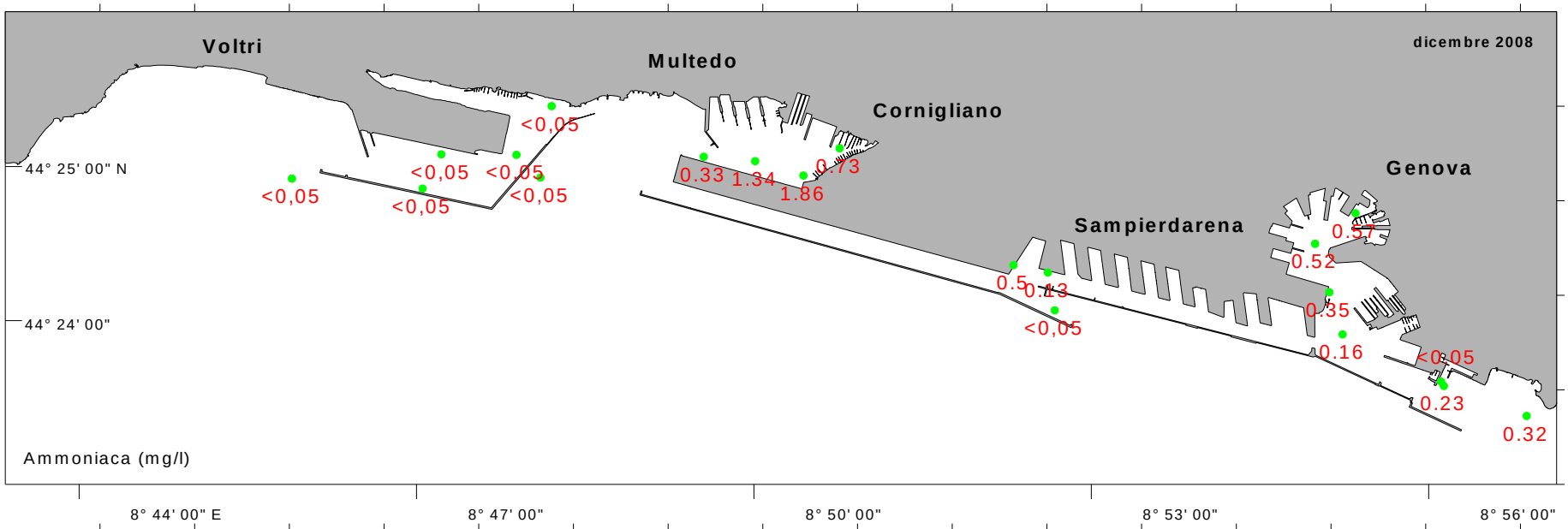

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2008
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
0,13
<0,05
<0.05
<0,05
<0,05
<0,05
0.52
0.81
0.1
0.39
5.11
0.38
0.12
0.14
0.11
1.16
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2008
0.06
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
0.2
0.18
0.43
0.7
0.53
0.38
0.36
0.5
1.68
0.98
0.15
0.12
<0,05
0.09
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

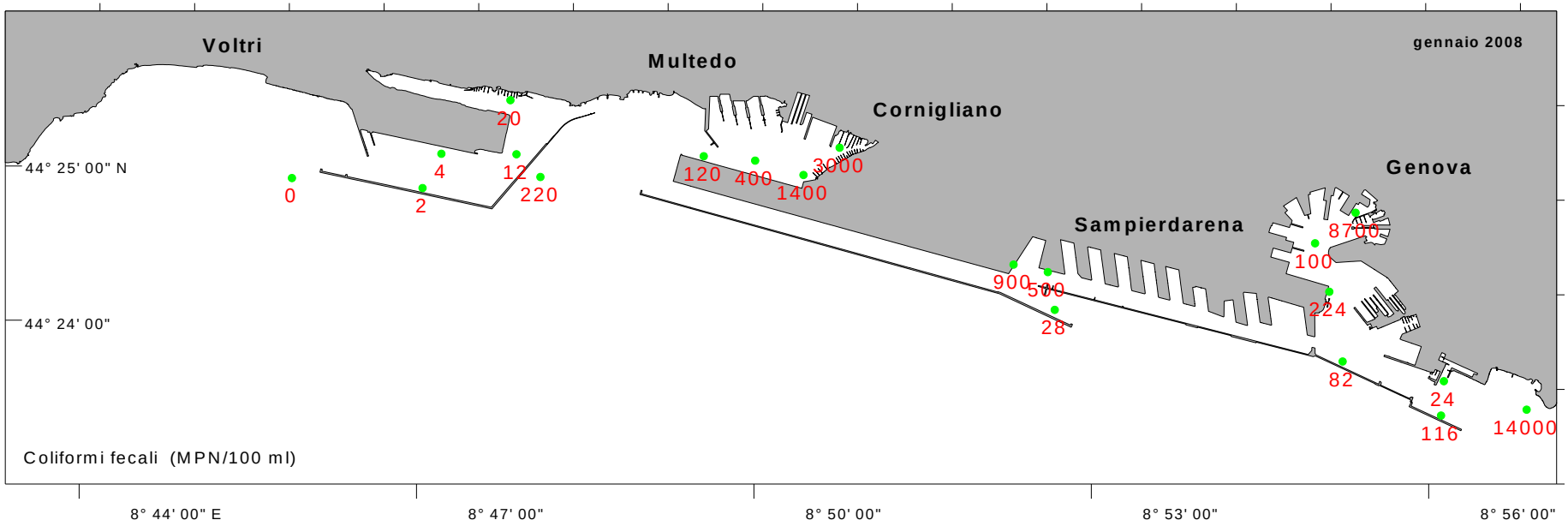

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0,05
2.83
1.69
<0,05
0.24
<0,05
<0,05
0.11
0.11
0.85
0.38
<0,05
1.53
0.52
0.17
0.48
<0,05
0.11
0.44
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0.05
<0,05
<0,05
<0,05
0.18
0.46
0.47
0.79
0.16
0.58
0.10
2.28
0.90
0.88
0.53
<0,05
0.07
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

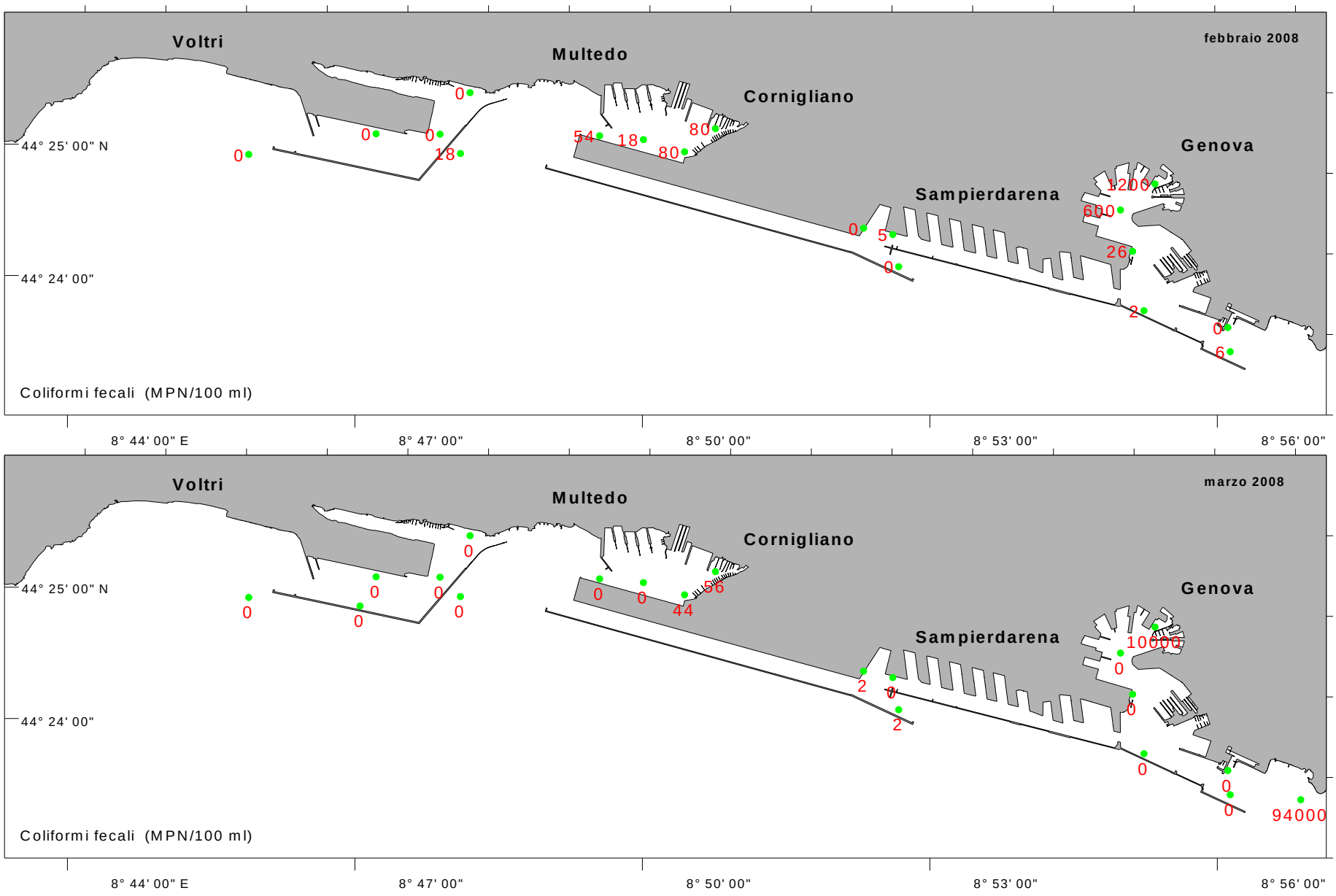

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
0.05
0.08
0.14
0.2
0.09
0.86
<0,05
1.66
1.88
0.12
<0,05
<0,05
0.12
1.77
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0.05
0,07
<0,05
0.28
0.11
<0,05
<0,05
<0,05
<0.05
0.35
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

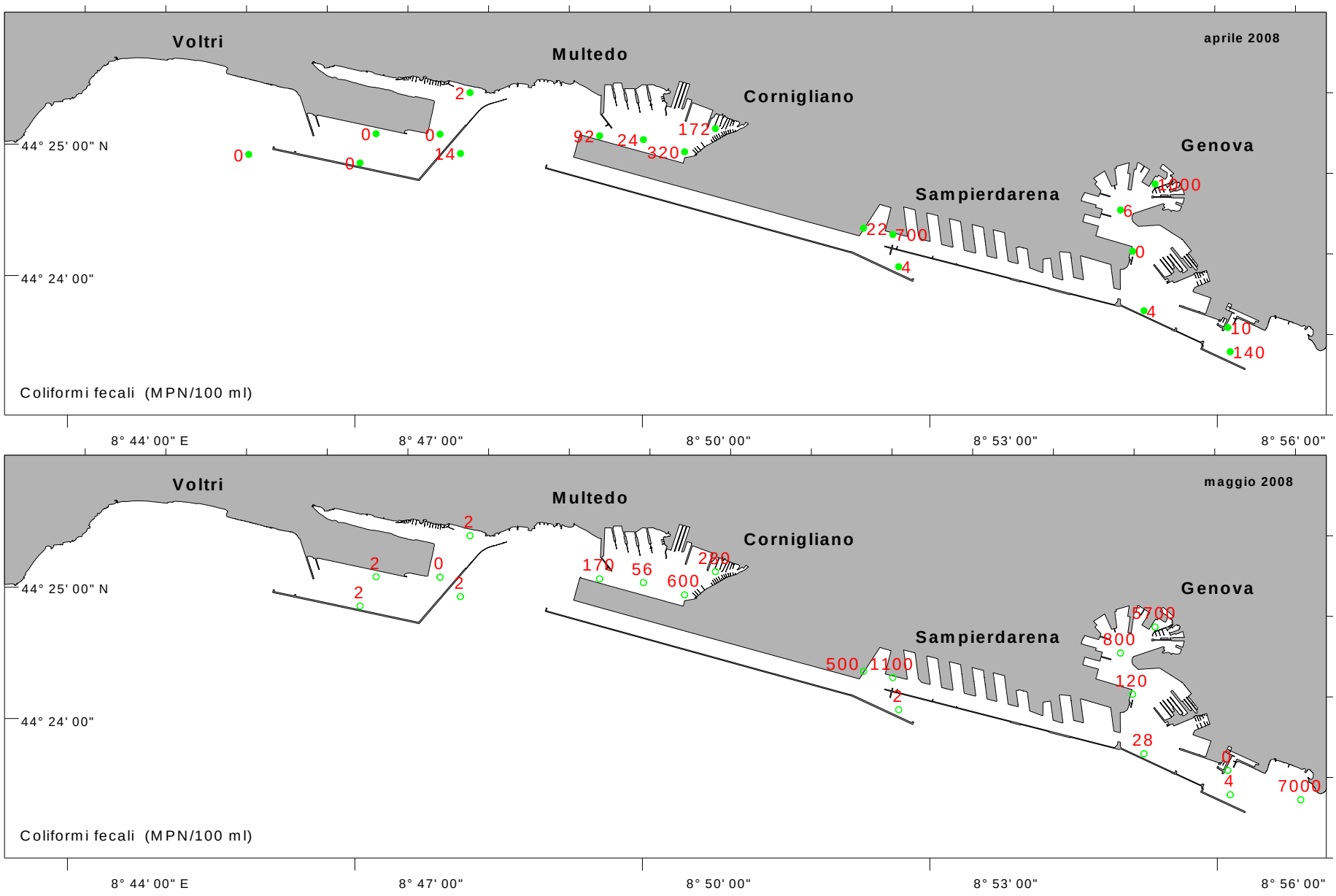

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
0.16
0.29
0.48
0.41
0.88
0.17
2.44
0.3
0.16
0.07
<0,05
0.1
2.77
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
1,96
0.9
0.32
<0,05
0,07
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

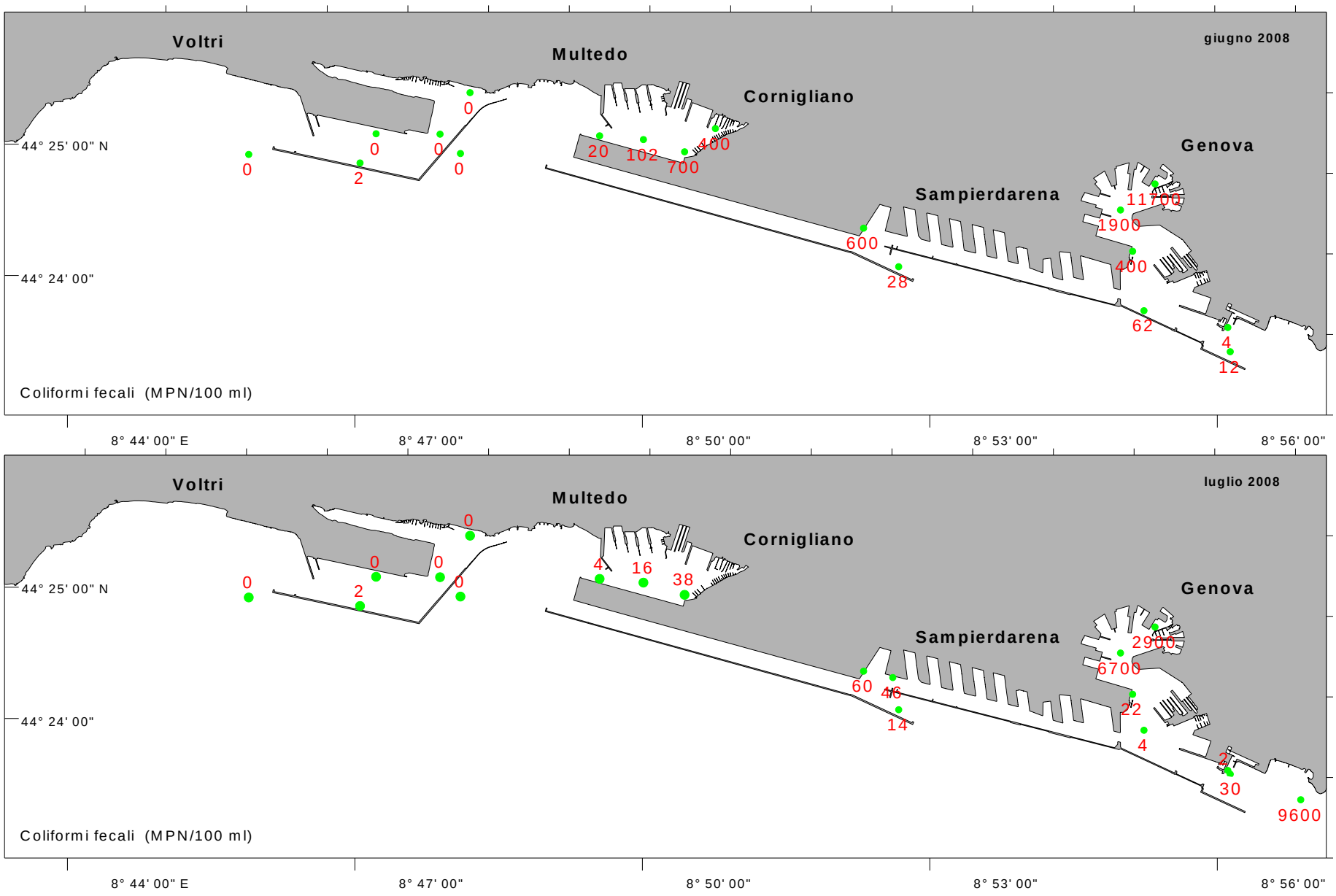

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
ottobre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
0.1
0.09
0.06
0.45
0.21
0.38
0.5
0.16
0.14
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
novembre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
0.17
0.11
0.49
0.21
0.47
1.03
<0,05
2.15
0.3
0.15
0.17
<0,05
0.08
0.92
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

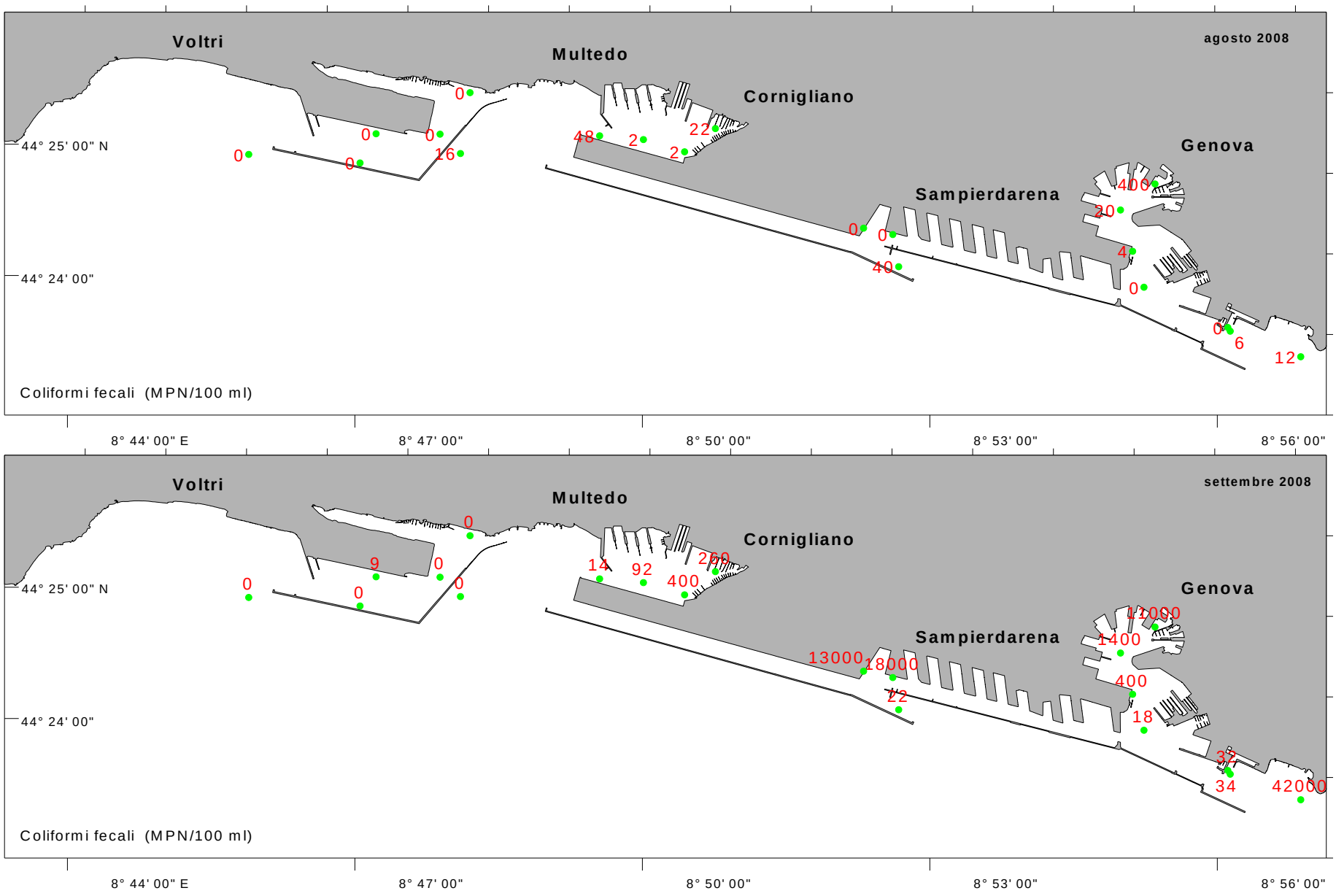

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
<0,05
0.33
1.34
1.86
0.73
0.57
0.52
0.35
0.16
<0,05
0.23
0.32
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

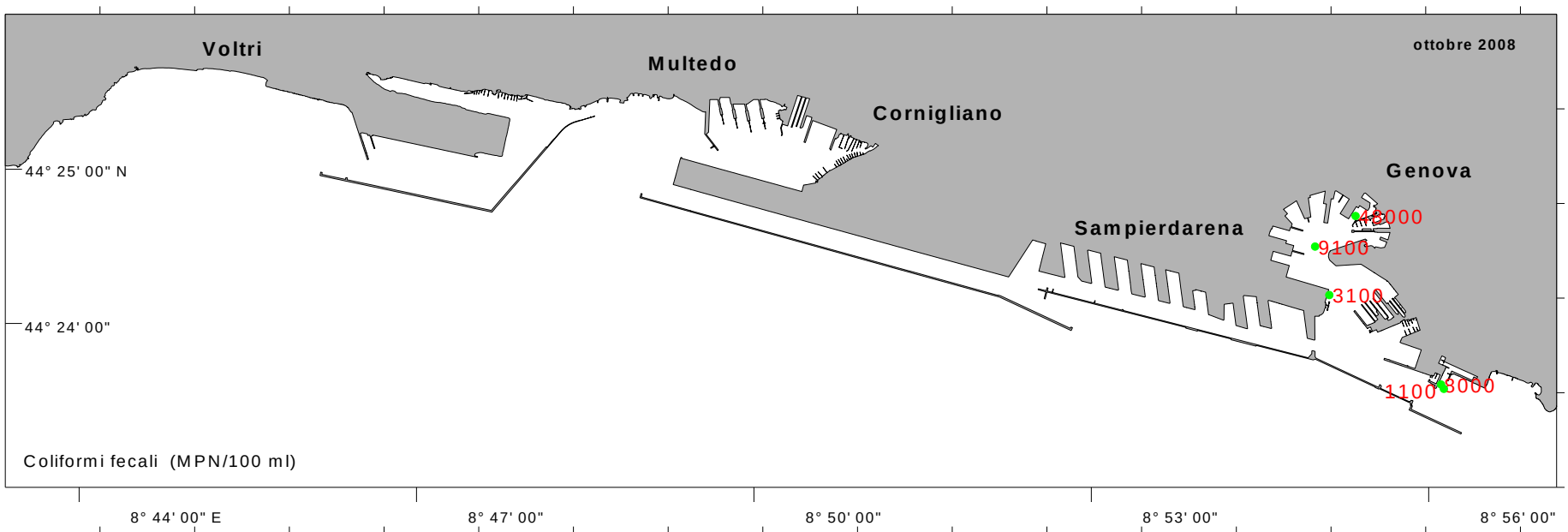

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
2
4
12
20
220
120
400
1400
3000
900
500
28
82
100
224
24
116
14000
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

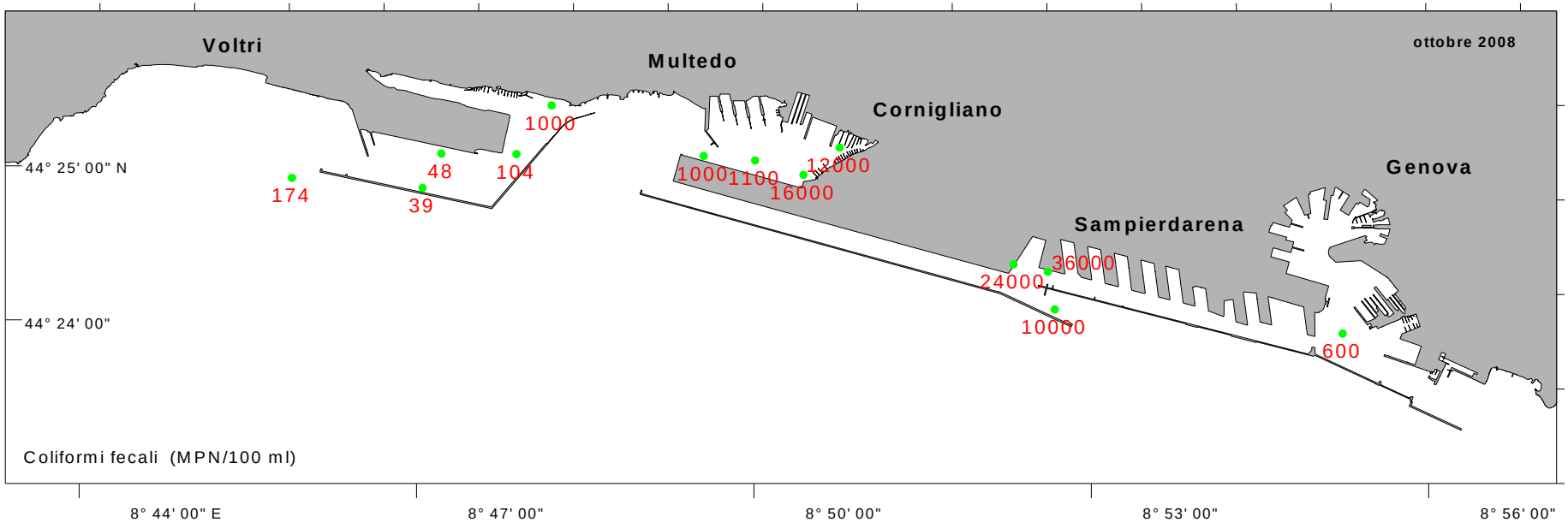

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
18
0
54
18
80
80
0
5
0
1200
600
26
2
0
6
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
0
0
0
0
56
44
2
0
2
0
10000
0
0
0
0
0
94000
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

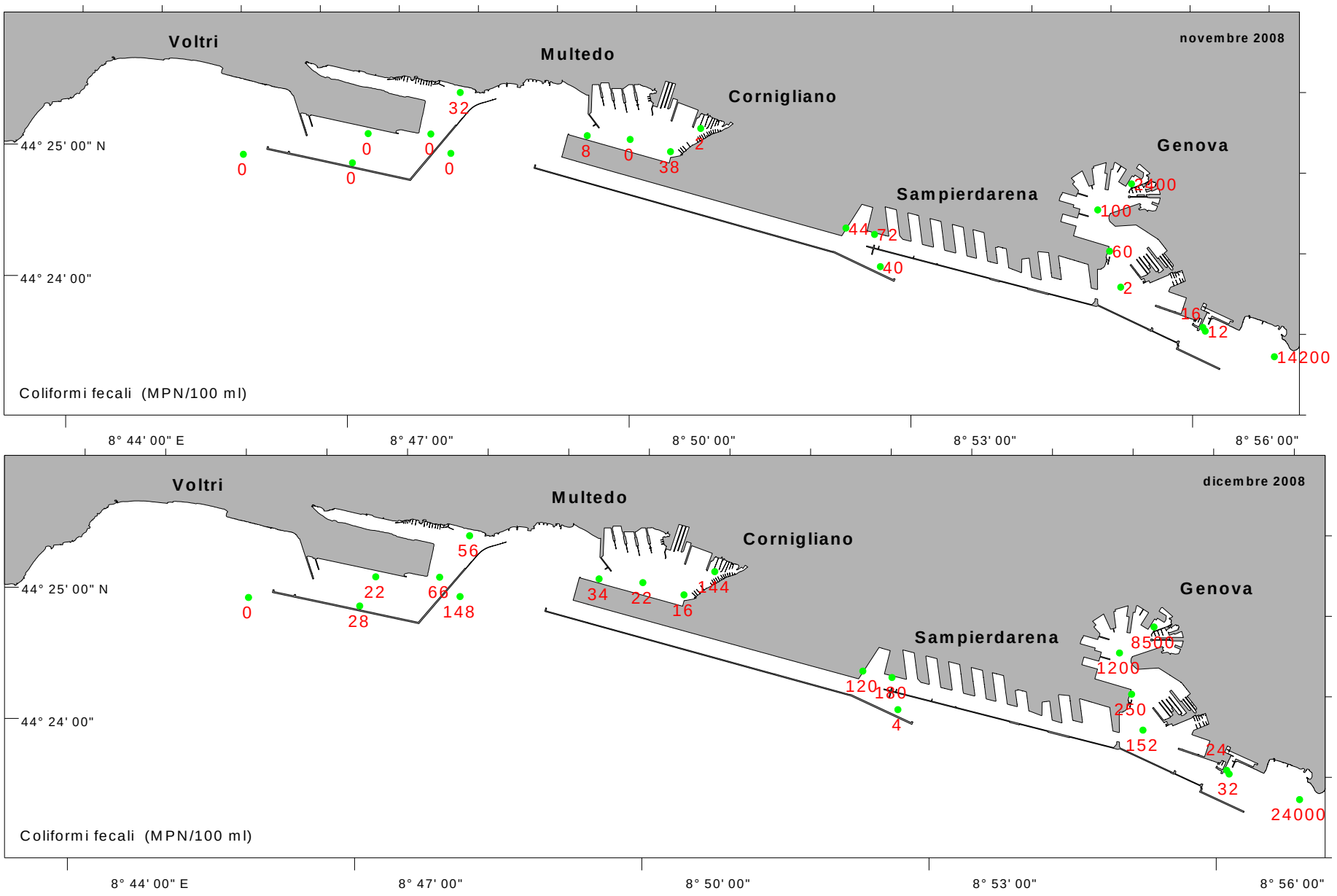

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
2
14
92
24
320
172
22
700
4
6
1200
0
4
10
140
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
2
2
2
0
2
170
56
600
200
500
1100
2
800
5700
120
28
0
4
7000
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

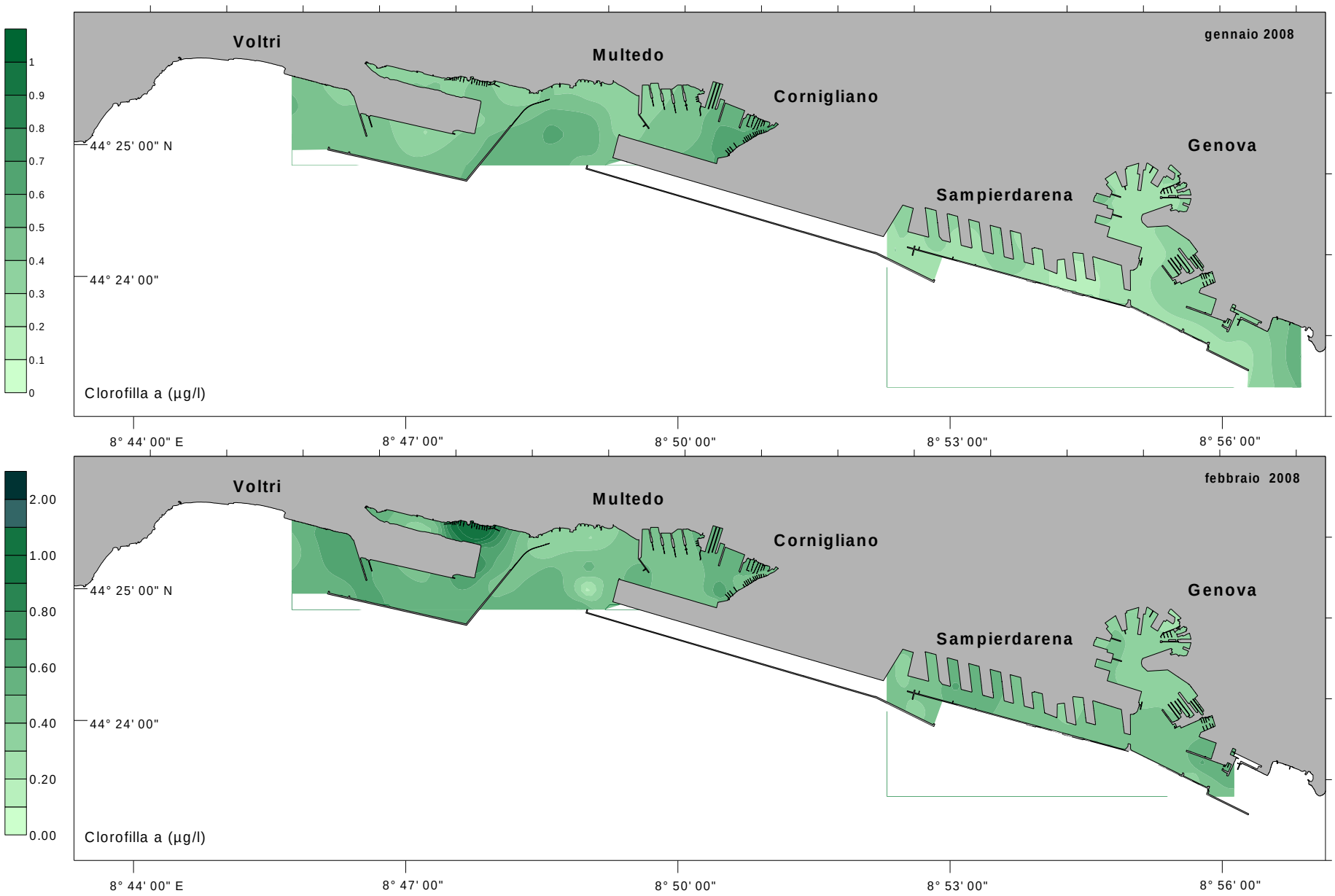

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
2
0
0
0
0
20
102
700
400
600
28
1900
11700
400
62
4
12
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
2
0
0
0
4
16
38
60
46
14
6700
2900
22
4
2
30
9600
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

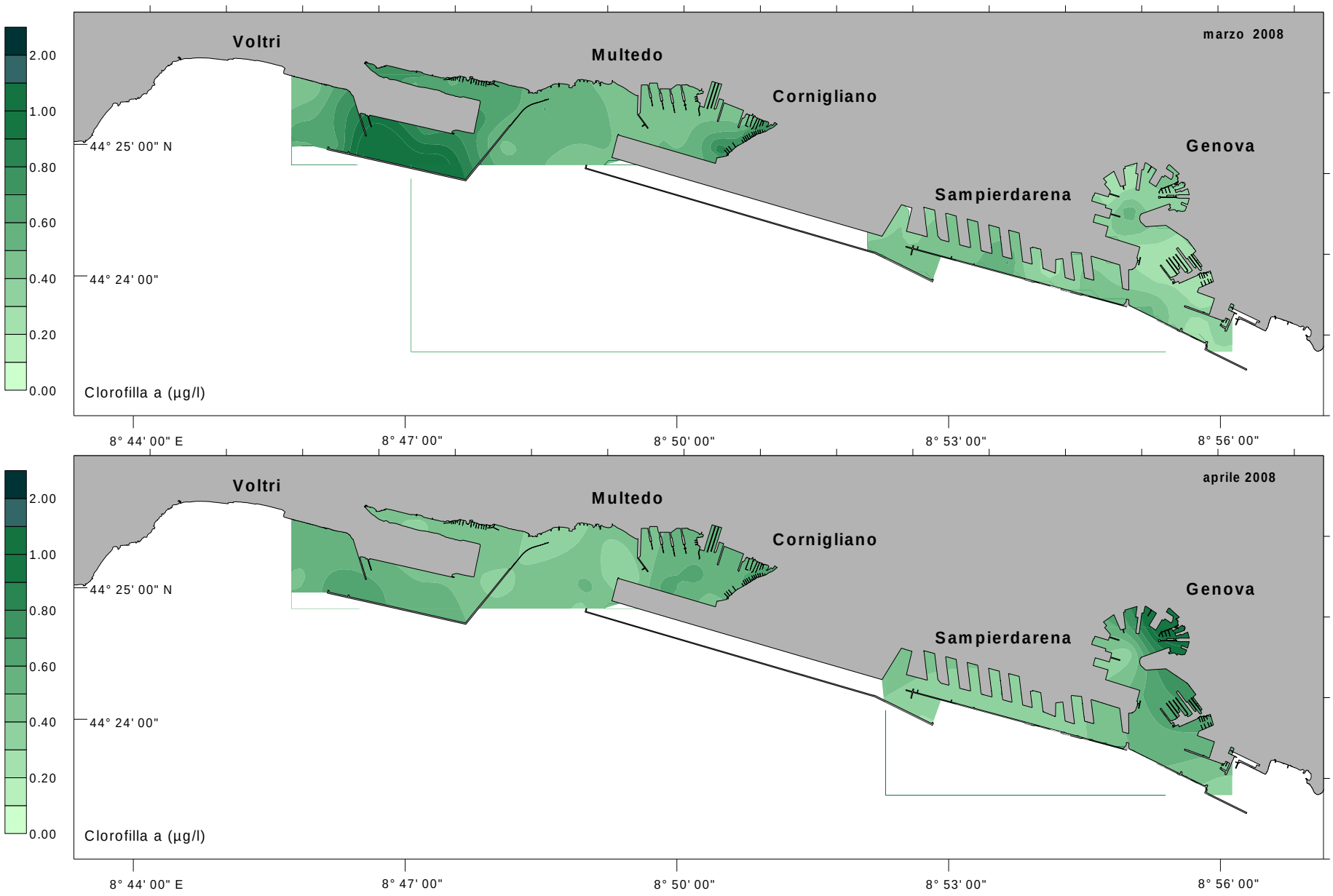

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
16
48
2
2
22
0
0
40
400
20
4
0
0
6
12
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
9
0
0
0
0
14
92
400
260
13000
18000
22
11000
1400
400
18
32
34
42000
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

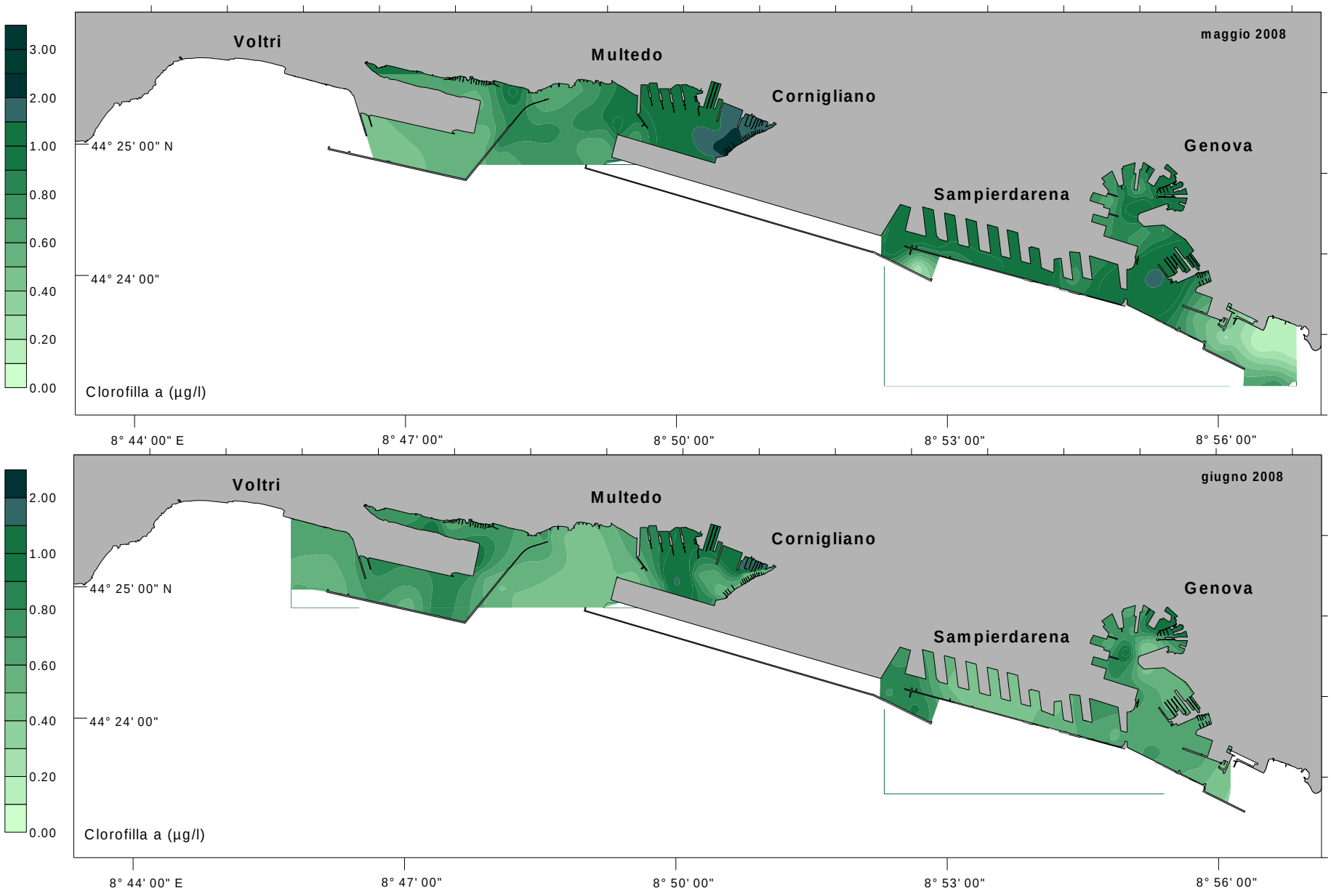

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
ottobre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
9100
3100
1100
3000
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

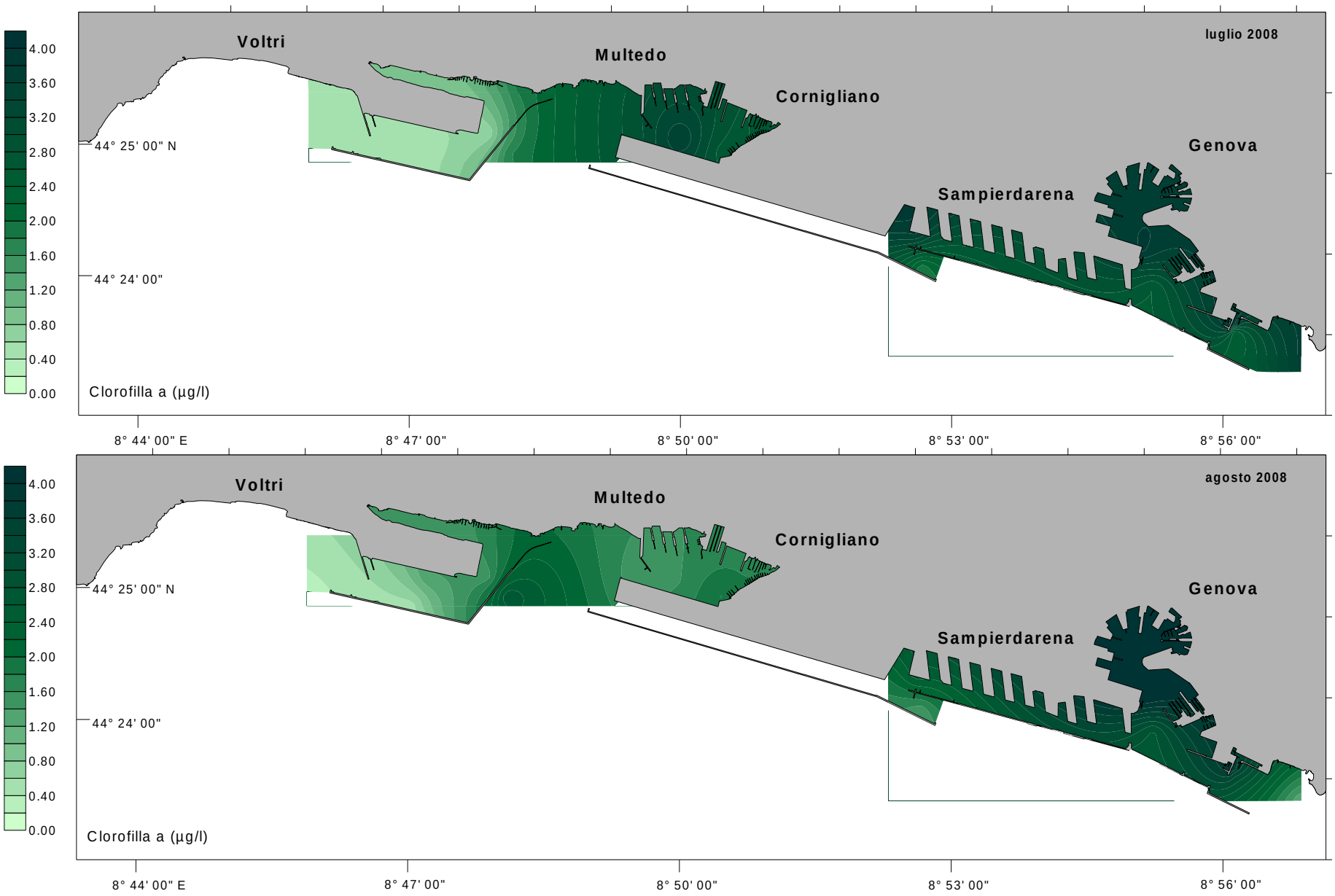

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
ottobre 2008
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
1000
48
104
174
39
1000
1100
16000
36000
24000
10000
600
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

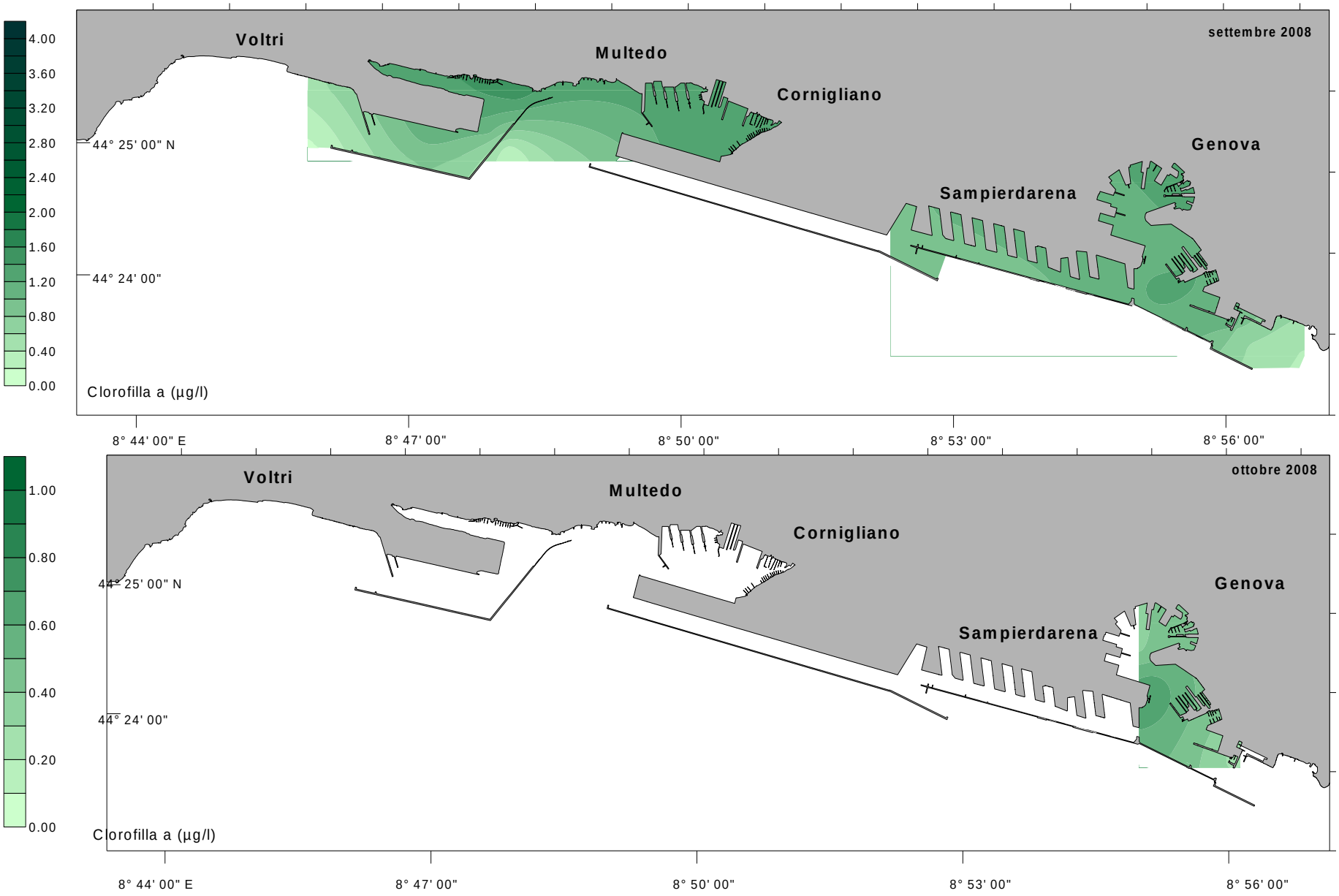

novembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
32
8
0
38
2
44
72
40
100
60
2
16
12
14200
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
28
22
60
148
56
34
22
16
144
120
130
4
1200
250
152
24
32
24000
Coliformi fecali (MPN/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

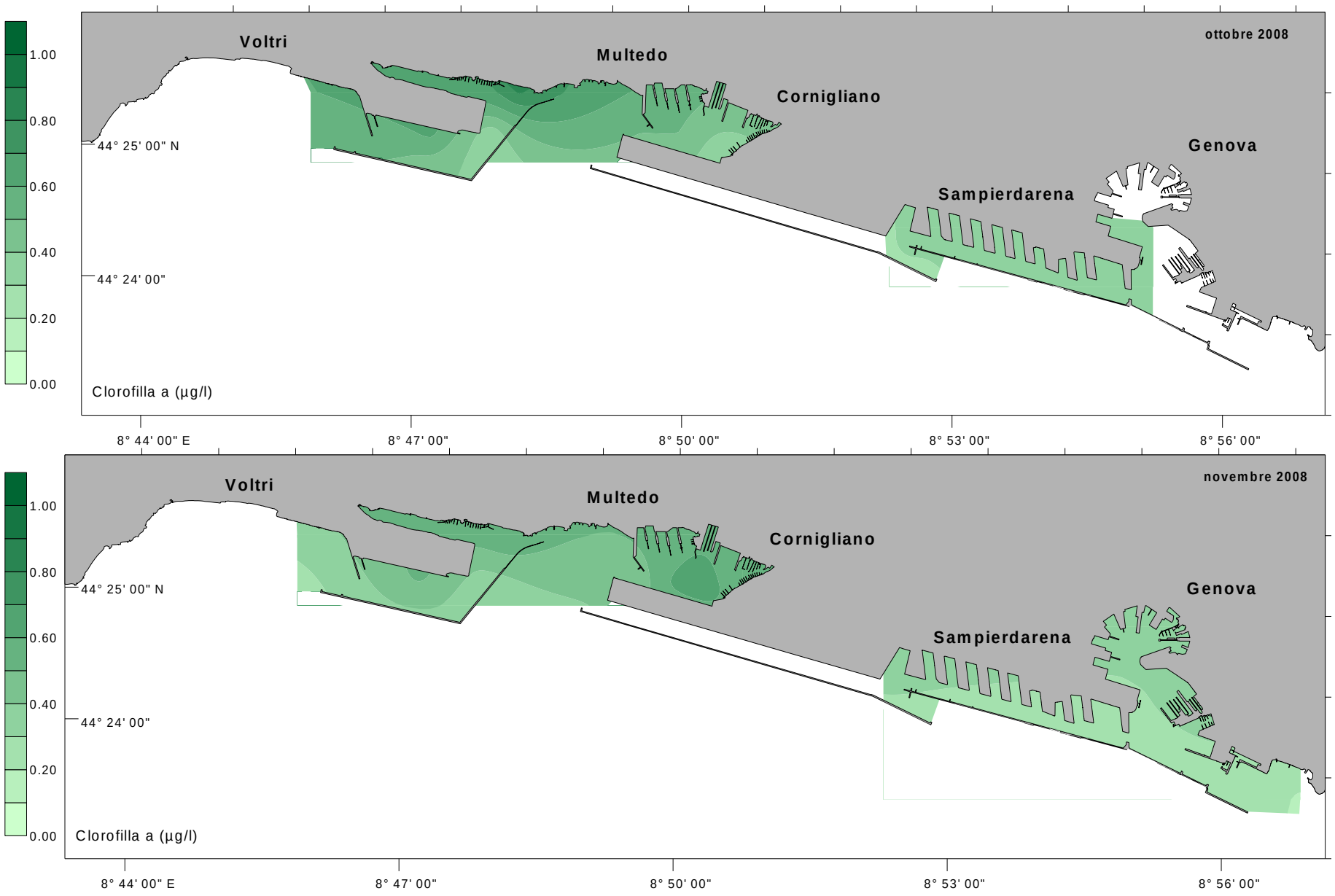

gennaio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
febbraio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
2.00
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

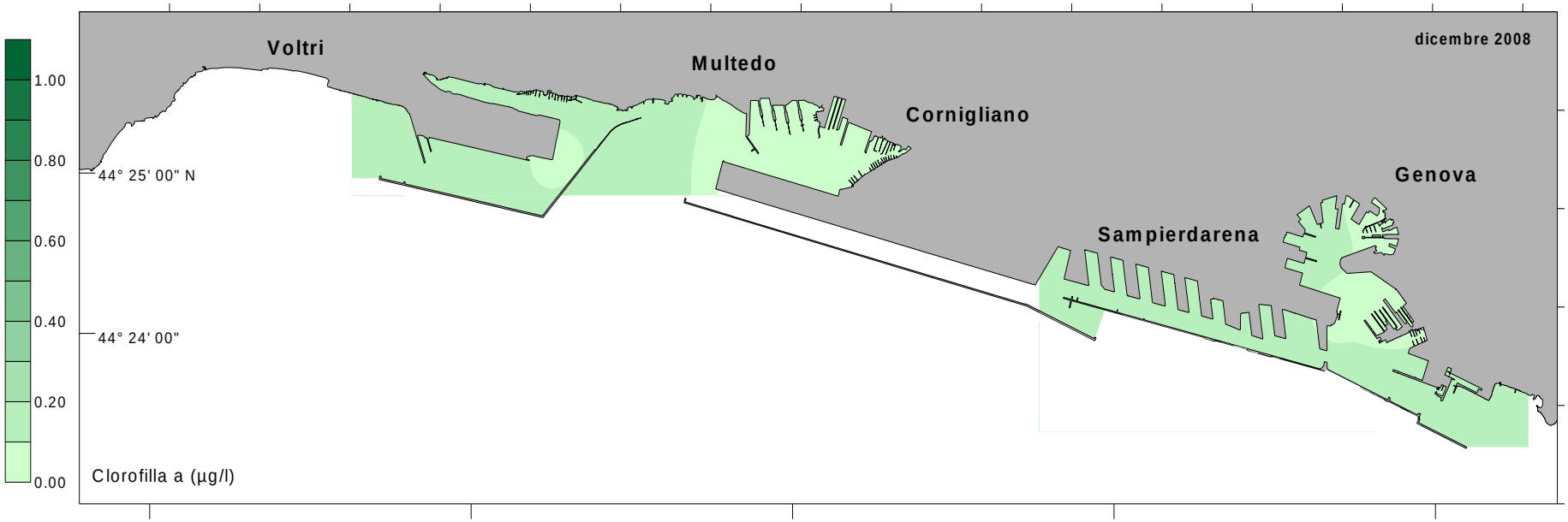

marzo 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
2.00
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
2.00
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


maggio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
3.00
2.00
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
2.00
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


luglio 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
4.00
3.60
3.20
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
4.00
3.60
3.20
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


settembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
4.00
3.60
3.20
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
ottobre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


ottobre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
novembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


dicembre 2008
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
Clorofilla a (µg/l)