

Assessorato Ambiente e Sviluppo Sostenibile

ARPA

**Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente
dell'Emilia-Romagna**
Struttura Oceanografica Daphne



**EUTROFIZZAZIONE
DELLE ACQUE COSTIERE
DELL'EMILIA-ROMAGNA**

Rapporto 2008



Finito di stampare nel mese di marzo 2010

presso il Centro Stampa della Giunta Regionale

INDICE

Rapporto sullo stato di eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia-Romagna nel 2008

PARTECIPANTI ALL'INDAGINE

PRESENTAZIONE

SUMMARY	4
1 Introduzione e finalità.....	5
2 Materiali e metodi	7
2.1 Parametri chimico-fisici	7
2.2 Parametri meteo-marini.....	8
2.3 Sali nutritivi	8
2.4 Fitoplancton.....	10
2.5 Analisi statistica e grafica	10
3 Condizioni meteo-marine.....	11
4 Risultati	11
4.1 Temperatura.....	12
4.2 Salinità.....	13
4.3 Ossigeno disciolto.....	14
4.4 pH	15
4.5 Trasparenza (disco Secchi).....	15
4.6 Clorofilla "a"	16
4.7 Fitoplancton.....	16
4.7.1 Diatomee	17
4.7.2 Dinoflagellate.....	18
4.7.3 Altre Fitoflagellate.....	18
4.8 Azoto nitrico.....	19
4.9 Azoto nitroso	20
4.10 Azoto ammoniacale.....	20
4.11 Azoto totale	21
4.12 Fosforo ortofosfato	21
4.13 Fosforo totale.....	22
4.14 Silice reattiva	22
4.15 Rapporto N/P (frazione solubile).....	23
4.16 Rapporto Ntot/Ptot.....	25
4.17 Rapporto Ntot sol/Ptot sol	26
4.18 Indice Trofico (TRIX).....	26
4.19 Indice di Torbidità (TRBIX).....	35
5 Evoluzione dei processi trofici nel 2008.....	39
5.1 Eutrofizzazione.....	39
5.1.1 Evoluzione dei processi eutrofici nel 2008. Sintesi riassuntiva	52
5.2 Aggregati mucilluginosi.....	57
5.3 Macroalghe	58
5.4 Meduse	58
6 Conclusioni.....	59
Figure e Tabelle.....	65

INDICE delle TABELLE

Tabella 1 – Valori medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2008 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 304), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) (tabella in alto) in confronto al valore medio climatologico dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori per mese rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002 (tabella in basso)	115
Tabella 2 - Località e codici delle stazioni di monitoraggio e relative distanze dalla costa.	168
Tabella 3 - Coordinate geografiche e caratteristiche batimetriche delle stazioni della rete di monitoraggio.....	169
Tabella 4 - Elementi di statistica descrittiva. Per tutti i parametri sono stati utilizzati lo stesso numero di dati rilevati a frequenza quindicinale. Stazione cod. 2 località Lido di Volano e stazione cod. 4 località Porto Garibaldi.....	170
Tabella 5 - Elementi di statistica descrittiva. Per tutti i parametri sono stati utilizzati lo stesso numero di dati rilevati a frequenza quindicinale. Stazione cod. 6 località Casalborsetti e stazione cod. 8 località Marina di Ravenna.	171
Tabella 6 - Elementi di statistica descrittiva. Per tutti i parametri sono stati utilizzati lo stesso numero di dati rilevati a frequenza quindicinale. Stazione cod. 9 località Lido Adriano e stazione cod. 14 località Cesenatico.	172
Tabella 7 - Elementi di statistica descrittiva. Per tutti i parametri sono stati utilizzati lo stesso numero di dati rilevati a frequenza quindicinale. Stazione cod. 17 località Rimini e stazione cod. 19 località Cattolica.	173
Tabella 8 - Suddivisione della Scala Trofica riferita all'Indice Trofico TRIx in relazione allo Stato ed alle Condizioni dell'ecosistema.	174
Tabella 9 - Acque marino costiere dell'Emilia-Romagna (0.5-3 Km dalla costa) anno 2008. Classificazione Trofica basata sulle medie di TRIx e valori medi degli altri indici derivati per stazione di misura..	175
Tabella 10 - Acque costiere dell'Emilia-Romagna. Valutazione del rischio eutrofico. Anno 2008. Organizzazione dei dati di TRIx in Zone omogenee (0.5 - 3 Km) per medie e STD.....	176

INDICE delle FIGURE

Figura 1 - Rete delle stazioni di monitoraggio e controllo sullo stato trofico delle acque costiere marine L. R. 39/78 L. R. 3/99.	67
Figura 2 - Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE)	68
Figura 3 - Valori medi annuali portate fiume Po. Periodo 1917-2008.....	68
Figura 4 - Precipitazioni atmosferiche rilevate a Cesenatico	68
Figura 5 - Altezza onda rilevata dalla Boa Ondametrica installata a 6 Km dalla costa antistante Cesenatico.....	68
Figura 6 - Andamenti temporali della Temperatura (linea continua) e della Salinità (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa	69
Figura 7 - Andamenti temporali dell'Ossigeno Disciolto (linea tratteggiata) e del pH (linea continua) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa	70
Figura 8 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" (linea continua) e della trasparenza (barre verticali) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa	71
Figura 9 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO ₃ (linea continua) e del Nitrito N-NO ₂ (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.	72
Figura 10 - Andamenti temporali dell' Azoto Ammoniacale N-NH ₃ (linea continua) e della Silice Si-SiO ₂ (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.....	73
Figura 11 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO ₄ (linea continua) e del fosforo totale P-TOT (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.....	74
Figura 12 - Andamenti temporali dell' Azoto totale N-TOT in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa. ...	75
Figura 13 - Andamenti temporali del rapporto N/P (linea continua) e del rapporto N-TOT/P-TOT (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.....	76
Figura 14 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	77
Figura 15 - Andamenti temporali della Salinità in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	78
Figura 16 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.	79
Figura 17 - Andamenti temporali del pH in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	80
Figura 18 - Andamenti temporali della Trasparenza nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa	81
Figura 19 -Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.	82
Figura 20 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO ₃ in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.	83
Figura 21 - Andamenti temporali del Nitrito N-NO ₂ in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.	84
Figura 22 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH ₃ in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.	85
Figura 23 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.	86
Figura 24 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO ₄ in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.	87
Figura 25 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	88
Figura 26 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.	89
Figura 27 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	90
Figura 28 - Andamenti temporali della Silice in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	91
Figura 29 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	92
Figura 30 - Andamenti temporali della Salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico	93
Figura 31 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	94

Figura 32 - Andamenti temporali del pH in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico	95
Figura 33 - Andamenti temporali della trasparenza nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico	96
Figura 34 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico	97
Figura 35 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO ₃ in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	98
Figura 36 -Andamenti temporali del Nitrito N-NO ₂ in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	99
Figura 37 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH ₃ in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico	100
Figura 38 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie (linea continua)e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	101
Figura 39 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO ₄ in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico	102
Figura 40 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	103
Figura 41 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.	104
Figura 42 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.	105
Figura 43 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale solubile/Fosforo total e solubile in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	106
Figura 44 - Andamenti temporali della Silice in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico	107
Figura 45 - Suddivisione in 3 subaree delle stazioni costiere (0,5 Km) monitorate. Nei cerchi in rosso sono evidenziate le stazioni costiere prese in considerazione per l'analisi degli andamenti delle variabili rilevate nelle campagne di monitoraggio	108
Figura 46 - Portate Po e valori medi di Clorofilla "a" nelle tre subzone. La linea nera rappresenta il valore medio annuale del 2008.	109
Figura 47 - Mappe di distribuzione delle condizioni anossiche (concentrazione di ossigeno disciolto inferiore a 1 mg/l) ed ipossiche (concentrazione di ossigeno disciolto compreso tra 1 mg/l e 3 mg/l) delle acque di fondo nel 2008, dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo.....	109
Figura 48 - Diagrammi T-S risultati dai profili verticali di temperatura e salinità nelle stazioni a 20 Km al largo di P. Garibaldi e Cesenatico e nelle stazioni a 10 Km dalla costa antistante P. Garibaldi, Cesenatico e Cattolica.	110
Figura 49 - Medie climatologiche calcolate nelle stazioni a 3 Km agli estremi della costa (Porto Garibaldi e Cattolica). Sono rappresentati i valori medi mensili e la deviazione standard delle principali variabili chimico-fisiche calcolate nel periodo 1993-2002.	111
Figura 50 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2008 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.	112
Figura 51 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2008 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.	113
Figura 52 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2008 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.	114
Figura 53 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Temperatura (°C) e Salinità (psu), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2008 con riferimento al mese e giorno del profilo.	116
Figura 54 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Temperatura (°C) e Salinità (psu), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2008 con riferimento al mese e giorno del profilo.	117

Figura 55 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2008 con riferimento al mese e giorno del profilo.....	118
Figura 56 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2008 con riferimento al mese e giorno del profilo.	119
Figura 57 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Torbidità e Clorofilla "a" rilevate nei monitoraggi settimanali, nella stazione 1004 (10 Km al largo di Porto Garibaldi), dalla superficie al fondo.....	120
Figura 58 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Torbidità e Clorofilla "a" rilevate nei monitoraggi settimanali, nella stazione 1014 (10 Km al largo di Cesenatico), dalla superficie al fondo.....	121
Figura 59 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.	122
Figura 60 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.....	123
Figura 61 - Isolinee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.....	124
Figura 62 - Isolinee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.	125
Figura 63 - Isolinee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto....	126
Figura 64 - Isolinee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.	127
Figura 65 - Fasi evolutive degli stadi di aggregazione della mucillagine. Immagini da archivio della Struttura Oceanografica Daphne.....	128
Figura 66 - Casi di affioramento di mucillagine lungo la costa dell'Emilia-Romagna dal 1989 al 2008. Immagini da archivio della Struttura Oceanografica Daphne.	129
Figura 67 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dell'Indice Trofico nelle acque superficiali in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Valori medi mensili riferiti al 2008.....	130
Figura 68 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dell'Indice Trofico nelle acque superficiali in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Valori medi mensili Valori medi mensili riferiti al 2008.....	131
Figura 69 - Confronto tra gli andamenti temporali dell'Indice Trofico TRIX ed il logaritmo della Clorofilla "a" nelle stazioni campione costiere a 0.5 km (vedi mappa allegata).	132
Figura 70 - Confronto tra gli andamenti temporali dell'Indice Trofico TRIX ed il logaritmo della Clorofilla "a" nelle stazioni campione costiere a 3 km e 10 km dalla costa.....	133
Figura 71 - Ordinamento comparato della distribuzione del TRIX nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (St 4), Lido Adriano (St 9), Cesenatico (St 14) e Cattolica 10 Km (St 1019). Le 4 stazioni sono rappresentative di quattro zone di mare omogenee e caratterizzate da situazioni trofiche ben definite secondo un gradiente nord-sud e da costa verso il largo.....	134
Figura 72 - Rette di regressione tra il TRIX e le variabili che concorrono a determinarlo (Log DIN, Log P-tot, Log Cl a, Log O.D.) nelle subaree "A", "B" e "C". Sono state prese in considerazione tutte le stazioni collocate a 0.5 Km dalla costa.....	135
Figura 73 - Rette di regressione nella subarea "C" e coefficienti di correlazione tra il TRIX e le variabili che concorrono a determinarlo (Log DIN, Log P-tot, Log Cl a, Log O.D.) nelle tre subaree. Sono state prese in considerazione tutte le stazioni collocate a 0.5 Km dalla costa.....	135
Figura 74 - Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1996 al 2008 nelle stazioni costiere a 0.5 Km di Porto Garibaldi (st 4), Cesenatico (st 14), Cattolica (st 19) e nella stazione al largo 10 Km di Cattolica (st 1019) Nella tabella sono riportate, per ogni stazione le differenze di TRIX tra i valori medi e il t di Student del 2002 con quelli rilevati nel 2005, 2006, 2007, 2008 e le relative significatività (S= Significativo, n. S= non Significativo).....	136

Figura 75 - Confronto tra l'andamento dell'Indice Trofico TRIX e l'Indice di Torbidità TRBIX nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (St 4), Casalborsetti (St 6), Lido Adriano (St 9), Cesenatico (St 14) Rimini (St 17), Cattolica (St 19) e 2 stazioni estreme della costa situate a 10 Km al largo (St 1002 Goro, St 1019 Cattolica).	137
Figura 76 - Diagrammi di "Scatter plot" tra l'Indice di Torbidità TRBX e l'Indice Trofico TRIX. Individuazione dei quadranti e relativa tabella di interpretazione.	138
Figura 77 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema.	139
Figura 78 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema.	140
Figura 79 - Variazioni temporali e rapporti delle componenti che concorrono a determinare l'Indice Trofico TRIX nelle stazioni costiere. $\text{LOG}(\text{Chl} \times \text{D}\% \text{O}) =$ Indicatore di produttività reale o diretta. $\text{LOG}(\text{DIN} \times \text{PT}) =$ Indicatore di produttività potenziale.....	141
Figura 80 - Scostamento dei dati puntuali della saturazione di ossigeno dal 100% rilevati nelle stazioni costiere a 0.5 Km (A), e nelle stazioni a 3 Km dalla costa (B), al crescere del valore di TRIX	142
Figura 81 - Variazioni temporali nelle stazioni costiere (0.5 Km) e nelle stazioni a 3 Km dalla costa antistante P. Garibaldi, Cesenatico, Cattolica dell'Indice Trofico TRIX in rapporto al Fattore di diluizione F %.	142
Figura 82 - Correlazione tra il Fattore di diluizione F % e la Clorofilla a, l'Indice Trofico TRIX, il rapporto Azoto/Fosforo (N/P) nelle tre subaree (Goro-Ravenna, Ravenna- Cesenatico, Cesenatico-Cattolica), collocate a 3 Km dalla costa.....	143
Figura 83 - Mappe di distribuzione di Salinità, Temperatura, Clorofilla "a" e Nitrati lungo la costa emiliano-romagnola da costa fino 10 Km al largo nel 2008: medie stagionali.	144
Figura 84 - Mappe di distribuzione di Ammoniaca, Fosfati, Silicati e Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 Km al largo nel 2008: medie stagionali.	145
Figura 85 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, della Salinità nelle acque superficiali espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.	146
Figura 86 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, della Clorofilla "a" nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.	147
Figura 87 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dei Nitrati N-NO ₃ nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.	148
Figura 88 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, di Ammoniaca N-NH ₃ nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.	149
Figura 89 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, di Fosforo P-PO ₄ nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.	150
Figura 90 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, di Silice Si-SiO ₂ nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.	151
Figura 91 - Classificazione delle acque costiere marine dell'Emilia-Romagna in base all'Indice Trofico TRIX calcolato come media per subarea nel 2008.	152
Figura 92 - Classificazione dello stato qualitativo della fascia costiera sulla base dell'Indice Trofico TRIX disaggregata in relazione all'influenza dei bacini costieri e padano.	153
Figura 93 - Rappresentazione dello stato di qualità ambientale delle acque costiere dell'Emilia-Romagna ottenuto mediante l'applicazione del valore medio annuale dell'Indice Trofico TRIX.	154
Figura 94 - Valori medi annuali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni campione a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa.	155
Figura 95 - Valori medi annuali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni campione a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa.	156
Figura 96 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni costiere campione.	157

Figura 97 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali, calcolati per le stazioni costiere campione.	158
Figura 98 - Istogrammi delle classi di frequenza per parametro. L'analisi è riferita all'insieme dei dati rilevati nelle stazioni campione costiere (0.5 Km dalla costa). Sull'asse x, l'unità di misura suddivisa in classi, sull'asse y sinistro la frequenza in percentuale, sull'asse y destro il numero di eventi.	159
Figura 99 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers. Distribuzione comparata dei parametri chimico-fisici rilevati annualmente a frequenza settimanale nelle singole stazioni costiere (0.5 Km dalla costa)	160
Figura 100 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers. Distribuzione comparata dei parametri chimico-fisici rilevati annualmente a frequenza settimanale nelle singole stazioni costiere (0.5 Km dalla costa) ...	161
Figura 101 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers stagionali riferiti alle Diatomee totali, Dinoficee totali e Altre nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico e Cattolica.	162
Figura 102 - Andamenti temporali delle Dinoflagellate e delle Altre nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (4), L. Adriano (9), Cesenatico (14), Cattolica (19).....	163
Figura 103 - Andamenti temporali delle Diatomee e del Fitoplancton Totale nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (4), L. Adriano (9), Cesenatico (14), Cattolica (19).....	164
Figura 104 - Successione delle principali specie/generi responsabili delle fioriture/abbondanze microalgali nelle 3 subaree a 0.5 Km dalla costa.(Diatomee \geq 1.000.000, Dinoflagellate \geq 150.000 Cell/L).....	165
Figura 105 -Rapporto stagionale tra le specie di Diatomee e Dinoflagellate maggiormente rappresentate nelle stazioni costiere (0.5 Km) sul loro totale.	166
Figura 106 - Microalghe responsabili delle principali fioriture/abbondanze lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna durante il 2008. Sono riportate anche immagini di Red Tide del 2005.	167
Figura 107 - Cartografia georeferenziata della distribuzione della rete delle stazioni per il monitoraggio sull'eutrofizzazione effettuato a frequenza settimanale L.R 3/1999 e rete delle stazioni di controllo dello stato ambientale delle acque marino costiere (D.Lgs 152/99 e D. Lgs 258/00).....	168

PARTECIPANTI ALL'INDAGINE

Parametri chimico-fisici delle acque:

Giuseppe Montanari

Cristina Mazziotti

Stefano Serra

Margherita Benzi

Determinazione della biomassa fitoplanctonica:

Cristina Mazziotti

Margherita Benzi

Claudio Silvestri

Analisi dei nutrienti:

Carla Rita Ferrari

Paola Martini

Sandro Tarlazzi

Editing, elaborazione grafica e statistica:

Giuseppe Montanari

Stefano Serra

Margherita Benzi

Patricia Santini

Stesura del testo

Giuseppe Montanari

Attilio Rinaldi

Cristina Mazziotti

Carla Rita Ferrari

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti

Struttura Oceanografica Daphne

ARPA - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

***daphne@arpa.emr.it* <http://www.arpa.emr.it/daphne/>**

Si ringraziano per la collaborazione Pagan Dino e Papperini Marco, rispettivamente Comandante e Motorista del Battello Oceanografico "Daphne II".

PRESENTAZIONE

Guardando le rilevazioni effettuate nel 2008 dal Battello Oceanografico Daphne colpiscono due dati: il primo riguarda le portate del fiume Po, rientrate nella norma dopo un periodo durato 5 anni nel quale si attestavano su valori decisamente bassi; il secondo riguarda gli effetti eutrofizzanti degli apporti, la cui componente fosfatica continua ad attestarsi su valori bassi e in tutti i casi inferiori a quelli rilevati negli anni '70 e '80 del secolo scorso. Si tratta di un segno importante, che di fatto conferma il buon esito degli interventi attuati. Fra questi, mi preme sottolineare l'azzeramento dei polifosfati nei prodotti della detergenza e il loro abbattimento chimico nei terzi stadi degli impianti di depurazione.

Al di là della necessaria funzione di monitorare le acque marine della nostra costa, al fine di garantire una conoscenza completa del loro stato ambientale, la Struttura Oceanografica Daphne svolge un ruolo che assume di anno in anno una crescente rilevanza. Mi riferisco alla raccolta e allo studio di dati sui fattori che innescano i fenomeni di degrado ambientale e ad una più generale attività di verifica rispetto all'efficacia degli interventi. Senza questo contributo scientifico e informativo non sarebbe possibile costruire una buona pianificazione, fondata sull'individuazione delle criticità e delle azioni più incisive da realizzare sul territorio della nostra regione e del bacino padano.

Dalla lettura dei dati emerge anche il perdurare delle anomalie termiche che da alcuni lustri stanno confermando quanto sta avvenendo nei mari e negli oceani del pianeta. Le acque, quelle superficiali in particolare, sono più calde rispetto ad un passato non tanto lontano. Un fenomeno che pone condizioni nuove dagli esiti imprevedibili: già ora assistiamo all'intrusione di specie animali e vegetali provenienti dai mari caldi, ad una loro competizione verso le specie autoctone e dobbiamo perciò valutare con attenzione i possibili danni alle attività dell'uomo, quali la pesca, la maricoltura e tutto il comparto turistico.

Ritornando alla qualità del nostro mare, va evidenziato che non vi sono state condizioni trofiche particolarmente critiche, anche se nel settore sotteso dal Delta del Po si sono avuti casi di sottosaturazione di ossigeno nelle acque di fondo e sono riapparse fioriture della microalga *Fibrocapsa japonica* in aree circoscritte del litorale. Considerato comunque che non abbiamo avuto presenze di aggregati mucilluginosi, penso si possa attribuire un giudizio positivo allo stato del mare Adriatico nel 2008.

Le misure di contrasto ai fenomeni di degrado ambientale sono per la Regione Emilia-Romagna una priorità, nell'ambito delle strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici così come nelle azioni di risanamento. Proprio per questo, per la necessità di disporre di dati qualificati e aggiornati su cui basarci, continueremo a sostenere le attività di studio e monitoraggio che Daphne e le strutture di Arpa dedicano al nostro mare.

Lino Zanichelli

Assessore all'Ambiente e Sviluppo Sostenibile
Regione Emilia-Romagna

SOMMARIO

Le portate del fiume Po nel 2008, ed in maniera proporzionata di tutti gli altri fiumi minori, hanno registrato un incremento rispetto al precedente quadriennio. La portata media annuale ($1680 \text{ m}^3/\text{sec}$) è risultata maggiore rispetto al valore medio storico di $1480 \text{ m}^3/\text{sec}$ (calcolato sul periodo 1917-2007).

Durante il mese di luglio nell'area costiera (100-300 m dalla battigia) antistante Cesenatico-Cervia si è sviluppato un'intensa fioritura microalgale sostenuta dalla Raphidoficea *Fibrocapsa japonica* che ha determinato una colorazione rosso-bruna delle acque ed una forte riduzione della trasparenza.

Gli aggregati mucillaginosi nel 2008 non sono comparsi in nessuna parte dell'Adriatico nord-occidentale. Dal rapporto azoto/fosforo si riconferma anche per il 2008 il ruolo del fosforo quale fattore limitante la crescita algale per la maggior parte delle stazioni monitorate sia in costa che al largo. Durante il periodo estivo il rapporto N/P tende ad abbassarsi notevolmente configurando condizioni di azoto-limitazione particolarmente nella zona costiera: questo andamento è stato già riscontrato nelle indagini degli anni precedenti.

Con riferimento infine al D.Lgs.152/99 e successive integrazioni (D.Lgs. 258/00) è stata effettuata la classificazione dello stato qualitativo ambientale delle acque costiere sulla base dell'andamento dell'indice trofico TRIX. Dopo un periodo (2003-2006) di continuo decremento del TRIX emerge un allineamento dell'Indice Trofico alla situazione del 2001/2002; questa condizione è essenzialmente imputabile alle elevate precipitazioni che hanno caratterizzato sia il bacino padano che quelli costieri. Gli eventi di ipossia e anossia nelle acque di fondo si sono verificati nel settore centro settentrionale della costa con estensione e durata superiore al 2007.

SUMMARY

During the 2008 the Po river-flows and proportionately to all other smaller rivers, have increased over the previous four years. The average annual flow (1860 m³/sec) was higher than the climatological average of 1480 m³/sec (calculated over the period 1917-2007).

During July, the marine coastal area facing Cesenatico-Cervia (100-300 m from water's edge) showed a high intensity eutrophication event, with high concentration of biomass and red-brownish coloured waters, caused by the Raphidophyceae *Fibrocapsa japonica*.

During 2008 the mucilaginous aggregates not appeared in any part of the Adriatic Northwest.

As in the previous years in 2008, on the basis of the N/P ratio, phosphorous was limiting factor in microalgal growth. During the Summer the N/P ratio decreased bringing to conditions of nitrogen limitation in coastal zone: this trend was already observed in previous years.

Taking into account the D. Lgs. 152/99 and subsequent changes (D. Lgs. 258/00) we classified the qualitative environmental state of coastal waters by the application of Trophic index (TRIX). After a period (2003-2006) of continuous decrease, the trophic index TRIX conforms to the situation in 2001/2002; this situation is largely due to high precipitation that characterized both Po basin and the coastal ones.

The events of hypoxia and anoxia in bottom waters occurred in the center of the northern coast with the same time and space distribution than the 2007.

1 INTRODUZIONE E FINALITÀ

La Struttura Oceanografica Daphne, operativa fin dall'agosto del 1977 e regolata dalle direttive indicate nella L.R. 39/78, si è affermata nel campo del monitoraggio marino con il compito di produrre servizi di controllo e di studio. In tale contesto si colloca la produzione del presente rapporto annuale, che nel tempo si è rivelato un valido strumento tecnico-scientifico riguardante i fenomeni eutrofici e gli effetti secondari ad essi associati. I dati riportati in questo rapporto si riferiscono principalmente al programma di monitoraggio sull'eutrofizzazione delle acque marino-costiere dell'Emilia-Romagna, integrati dalle osservazioni derivanti dal programma di sorveglianza sugli aggregati mucilluginosi. Tali piani di monitoraggio, oltre ad una mirata azione di controllo sulle diverse matrici che compongono l'ecosistema marino, rivestono un importante ruolo nella ricerca e nello studio dei fattori causali.

Tra i principali obiettivi si evidenziano:

- definizione dell'intensità e dell'estensione delle fioriture microalgali nell'area compresa fra il delta del Po e Cattolica su un territorio di 1.200 Km²;
- controllo degli effetti derivanti dalle diverse fasi dell'evoluzione del fenomeno (ipossie ed anossie nei fondali, morie di organismi bentonici, caratteristiche organolettiche delle acque);
- determinazione dei principali parametri fisico-chimici delle acque (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla "a", torbidità e trasparenza), loro andamenti temporali e spaziali in relazione agli eventi meteoroclimatici, agli apporti fluviali ed ai fenomeni eutrofici (anche ai fini della classificazione dello stato qualitativo delle acque costiere previsto dal D.Lgs 152/99 integrato con D.Lgs 258/00);
- determinazione della concentrazione dei nutrienti (fosforo, azoto - nelle forme solubili e sul totale - e silicati) e loro andamenti temporali e spaziali;
- determinazione e conteggio delle specie fitoplanctoniche che sostengono le fioriture;
- rilevazione degli aggregati mucilluginosi, loro distribuzione spaziale e dinamica di formazione;
- oltre che i citati programmi istituzionali, la Struttura realizza progetti collaterali ad integrazione dei precedenti, tra questi si annovera il monitoraggio finalizzato al controllo degli ecosistemi marini regolato da una specifica convenzione con il Ministero Ambiente, Territorio e Mare (art. 3, L. 979/82).

Complessivamente le uscite giornaliere del Battello Oceanografico "Daphne II" nel 2008 sono state 123.

2 MATERIALI E METODI

Il programma di monitoraggio condotto nel 2008 ha mantenuto gli stessi obiettivi e la stessa configurazione territoriale degli anni precedenti. È stato in gran parte finalizzato alla caratterizzazione delle acque costiere fino ai 10 Km dalla costa, in un reticolo formato da 32 stazioni distribuite nel tratto di costa compreso fra Bagni di Volano e Cattolica (Figura 1). La frequenza di campionamento è stata settimanale nel periodo compreso tra maggio e ottobre, quindicinale nei restanti mesi dell'anno.

Oltre alle stazioni citate sono state monitorate mensilmente due stazioni poste a 20 Km dalla costa sul prolungamento delle direttrici di Porto Garibaldi e di Cesenatico. Nelle stazioni di questi transetti, oltre ai normali profili verticali dei parametri fisico-chimici, vengono raccolti campioni per la determinazione dei nutrienti in superficie e sul fondo. Sempre e solo in questi transetti vengono analizzate sul filtrato, oltre alla frazione solubile dell'azoto, del fosforo e della silice, anche quella organica solubile.

In ogni stazione vengono inoltre prelevati campioni di acqua a -0,5 m dalla superficie per le analisi dei nutrienti e per le determinazioni quali-quantitative del fitoplancton.

Inoltre, poiché i D.Lgs 152/99 e 258/00 affidano alla Regione la caratterizzazione qualitativa delle acque marino costiere, il programma di monitoraggio è stato predisposto tenendo conto anche di questa esigenza e pertanto l'ubicazione delle stazioni, la frequenza dei prelievi ed i parametri controllati sono conformi a quanto prescritto da detti decreti. I dati raccolti vengono tra l'altro comunicati al Ministero della Salute in accordo alle disposizioni di legge in tema di balneazione (DPR 470/82 e successive integrazioni).

2.1 Parametri chimico-fisici

Le determinazioni dei parametri idrologici vengono effettuate mediante la strumentazione installata a bordo del battello oceanografico "Daphne II". Per l'esecuzione dei profili verticali di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, torbidità e clorofilla "a" si utilizza la sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 che, azionata da un verricello, viene calata sulla verticale. I dati acquisiti sono trasmessi al computer di bordo, mediati per ogni metro di profondità, visualizzati su terminale e registrati.

La concentrazione di clorofilla "a" è determinata col metodo fluorimetrico, mediante l'impiego di un fluorimetro TURNER 10 AU installato a bordo del battello. Per i profili verticali di questo parametro si utilizza un fluorimetro della "Sea Point" abbinato alla sonda multiparametrica della "Idronaut". La torbidità viene misurata lungo la colonna

d'acqua mediante un trasmissometro della "Sea Point" abbinato anch'esso alla sonda "Idronaut". La trasparenza dell'acqua è misurata mediante il disco di Secchi.

Vengono inoltre utilizzate nel programma di monitoraggio telecamere filoguidate (Fulgur Mare e Telesub Lanterna) con lo scopo di seguire la eventuale formazione degli aggregati mucillaginosi nel tempo, il loro stato di aggregazione ed i loro spostamenti sulla colonna d'acqua.

2.2 Parametri meteo-marini

Per quanto concerne i dati sulle precipitazioni atmosferiche (Figura 4), questi vengono registrati da un pluviografo della SIAP in una stazione meteorologica installata a Cesenatico. L'altezza dell'onda (Figura 5) è stata rilevata nella stazione antistante Cesenatico a 6.5 Km dal porto canale su un fondale di 10 m, mediante una boa ondometrica Mod Datawel MKIII le cui coordinate WGS84 sono 12.3669° E 44.5101° N, gestita dal Servizio Idrometeorologia dell'ARPA e collocata all'interno degli allevamenti di mitili della Soc. COPRALMO.

Le portate del fiume Po (Figura 2) sono state fornite dal Servizio Idrometeorologia dell'ARPA Emilia-Romagna.

2.3 Sali nutritivi

Per la determinazione dei sali nutritivi sono state impiegate metodiche in uso applicate ad autoanalizzatori della "Bran Luebbe" mod. Traacs 800 e AA3. Dopo apposita filtrazione (esclusi i campioni da destinare alle analisi del fosforo totale e dell'azoto totale), attraverso un filtro Millipore Ha di 47 mm di diametro e 0,45 µm di porosità, vengono analizzati i seguenti parametri:

Fosforo reattivo

Gli ortofosfati presenti nell'acqua di mare reagiscono in ambiente acido con ammonio molibdato e tartrato di antimonio potassio per formare un complesso antimoniofosfomolibdico che, per riduzione con acido ascorbico, dà una colorazione blu la cui estinzione è misurata a 880 nm.

Fosforo totale

Viene determinato sull'acqua di mare tal quale con procedura analoga a quella del fosforo reattivo, previa digestione del campione con miscela ossidante di persolfato di potassio, acido bórico e sodio idrossido.

Fosforo totale solubile

Viene determinato sull'acqua di mare filtrata con procedura analoga a quella del fosforo reattivo, previa digestione del campione con miscela ossidante di persolfato di potassio, acido bórico e sodio idrossido. Per fosforo totale solubile si intende l'ortofosfato più la frazione organica solubile.

Silice reattiva

I silicati reagiscono con lo ione ammonio per formare, in presenza di acido ascorbico, il blu di molibdeno che viene successivamente determinato, analogamente ai parametri precedenti, per via colorimetrica. Per minimizzare le interferenze dovute ai fosfati viene introdotto acido ossalico.

Azoto ammoniacale

L'ammoniaca reagisce con il sodio salicilato e con il dicloroisocianurato per formare un complesso blu-verde la cui determinazione viene effettuata per via colorimetrica con lo strumento Autoanalyzer 3 Braan Luebbe

Azoto nitrico e nitroso

Il nitrato è ridotto a nitrito, attraverso una colonnina di riduzione rame-cadmio.

Il nitrito così prodotto è determinato secondo la reazione di diazotazione con sulfanilamide e la successiva copulazione con N - (1 naftil) - etilendiammina. La determinazione viene effettuata per via colorimetrica con lo strumento Autoanalyzer 3 Braan Luebbe

Azoto totale

Viene determinato sull'acqua di mare tal quale con procedura simile a quella dell'azoto nitrico previa digestione del campione con la miscela ossidante analoga a quella impiegata per il fosforo totale.

Azoto totale solubile

Viene determinato sull'acqua di mare filtrata con procedura analoga a quella dell'azoto nitrico, previa digestione del campione con la miscela ossidante.

Per azoto totale solubile si intende la sommatoria della frazione inorganica solubile (azoto nitrico, nitroso e ammoniacale) più quella organica solubile.

2.4 Fitoplancton

Per le determinazioni quali-quantitative del fitoplancton vengono utilizzati microscopi rovesciati, a 400x e 250x applicando il metodo Uthermöhl H. (1956).

2.5 Analisi statistica e grafica

L'analisi statistica è stata effettuata con l'impiego del software applicativo *STATISTICA* Ver 7.0 della StatSoft, mentre per la rappresentazione grafica dei dati sono stati impiegati i software applicativi Microsoft Excel e Surfer di Golden Software.

3 CONDIZIONI METEO-MARINE

Nel 2008 le portate del fiume Po hanno registrato valori nella norma con un valore medio di 1680 mc/sec. Valore prossimo a quello calcolato sul lungo periodo (1917-2008) di 1480 mc/sec (Figura 2 e Figura 3). Mediamente basse le portate invernali ed estive, i picchi di portata si sono avuti a fine maggio-giugno e nei mesi di novembre-dicembre. Il picco massimo di portata si è avuto il 19 dicembre con 6.557 mc/sec, quello più basso il 9 aprile con 518 mc/sec.

Le precipitazioni atmosferiche rilevate dal presidio meteorologico di Cesenatico (Figura 4) presentano i valori più rilevanti in primavera e in autunno. Il valore massimo diurno è quello del 7 marzo con 59,7 mm di pioggia. Il totale annuale ammonta a 674 mm.

I dati dell'altezza dell'onda (Figura 5) si riferiscono alle misure rilevate da una boa ondometrica installata nel maggio '07 a 6 Km al largo di Cesenatico. I dati mostrano una maggiore frequenza dei casi di mare mosso nel periodo primaverile e autunno-invernale. L'altezza massima è stata rilevata il 6 marzo con 3,18 m di altezza onda.

4 RISULTATI

Le rappresentazioni grafiche di seguito riportate riguardano i dati rilevati in 19 stazioni (su 32 monitorate). Di queste 7 sono collocate a 500 m dalla costa, 5 a 3.000 m, 5 a 10.000 m e 2, monitorate mensilmente, a 20.000 m. Queste ultime due stazioni sono poste sui transetti di Cesenatico e di Porto Garibaldi (codificate rispettivamente 2014 e 2004).

I grafici temporali relativi ai transetti 4 e 14 per le stazioni a 3.000, 10.000 e 20.000 m riportano anche i valori di superficie e fondo.

Complessivamente sono state prese in esame tre stazioni sul transetto di Bagni di Volano (stt. 2-302-1002), quattro sul transetto di Porto Garibaldi (stt. 4-304-1004-2004), una antistante la zona portuale di Casal Borsetti (st. 6), tre sul transetto di Lido Adriano (stt. 9-309-1009), quattro su quello di Cesenatico (stt. 14-314-1014-2014), una davanti a Rimini (st. 17) e tre sul transetto di Cattolica (stt. 19-319-1019). Gli andamenti del fitoplancton riguardano le stazioni campione 4, 9, 14, 19. Ognuna delle stazioni predette può essere considerata rappresentativa di una zona più vasta, con caratteristiche chimico-fisiche e biologiche abbastanza omogenee, mentre nel loro insieme rappresentano sufficientemente l'intera zona costiera regionale.

Da Figura 6 a Figura 44 vengono riportati gli andamenti temporali di tutti i parametri misurati per tutte le stazioni, in Figura 45 la mappa delle subaree costiere (georeferenziata in Figura 107), in Figura 46 le distribuzioni dei valori medi di

clorofilla “a” delle subaree, in Figura 47 la distribuzione delle zone ipossiche/anossiche manifestatesi nel corso del 2007.

In Figura 48 sono rappresentati i diagrammi T-S riportati per 3 periodi dell’anno (marzo, maggio, settembre 2008) in 5 stazioni nella zona off-shore, in Figura 49 vengono riportate le medie climatologiche dei parametri chimico-fisici rilevati calcolati per il periodo 1993-2002 su due stazioni collocate a 3 Km dalla costa antistanti P. Garibaldi (304) e Cattolica (319). Da Figura 53 a Figura 56 sono visualizzati i profili verticali di temperatura, salinità, ossigeno disciolto e clorofilla, nella Figura 57 e nella successiva Figura 58 le isolinee di concentrazione di alcuni parametri nelle stt. 1004-1014, da Figura 59 a Figura 64 le isolinee di concentrazione di alcuni parametri idrologici nei transetti di Cesenatico e P. Garibaldi.

In Figura 65 e Figura 66 è riportata l’evoluzione degli stati di aggregazione della mucillagine e da Figura 67 a Figura 82 e da Figura 91 a Figura 93 le elaborazioni del TRIX e TRBIX. Altre informazioni di statistica descrittiva sono riportate nella Figura 98 e nei "Multiple Box and Whisker plot" (Figura 99 e Figura 100). Da Figura 101 a Figura 105 sono rappresentati gli andamenti temporali del fitoplancton con relativi diagrammi "Multiple Box and Whisker plot".

Nella Tabella 2 sono riportate le località ed i codici delle stazioni e nella Tabella 3 le relative coordinate geografiche e batimetriche. Da Tabella 4 a Tabella 7 vengono calcolati gli elementi di statistica descrittiva, in Tabella 8 la suddivisione della scala trofica riferita all’indice trofico TRIX e in Tabella 9 la classificazione trofica basata sulla media del TRIX ed il coefficiente di efficienza. In Tabella 10 sono indicati i valori medi di TRIX per aree omogenee con la valutazione del rischio eutrofico.

4.1 Temperatura

Lo stato meteo-climatico incide in maniera determinante sull'escursione termica nelle acque costiere. La temperatura delle acque superficiali presenta pertanto un andamento sinusoidale (Figura 6, Figura 14, Figura 29) con i valori minimi in gennaio-febbraio ed i massimi nei mesi estivi (luglio-agosto). Il confronto con i valori medi climatologici rilevati nel lungo periodo (1993-2002) permette di osservare che il 2008 si distingue per gli alti valori di temperatura delle acque superficiali nella stagione estiva e invernale (vedi in Figura 50 lo scostamento rispetto alla norma). Tra quelle prese in esame, si distingue la stazione 314 che non mostra scostamenti importanti nel periodo invernale. Viene pertanto riproposta una tendenza all’incremento termico già in atto da diversi anni. Le variazioni su piccola scala temporale, che normalmente si rilevano nelle acque superficiali, sono per lo più dovute ad apporti fluviali, incrementi di biomassa microalgale in sospensione, moto ondoso e particolari situazioni idrodinamiche

(upwelling, spostamenti laminari di masse d'acqua, ecc.). Nelle acque di fondo si assiste in genere ad un andamento più conservativo con i minimi in febbraio-marzo ed i massimi nei mesi di agosto e settembre. Si ha in tutti i casi una escursione più contenuta rispetto a quella normalmente rilevata nelle acque superficiali.

Alcuni fattori concorrono a determinare un innalzamento dei valori di temperatura, in particolare si osserva che l'incremento della torbidità dell'acqua dovuta alla presenza di elevati valori di biomassa fitoplanctonica in sospensione determina un maggior assorbimento della radiazione solare; inoltre per le particolari condizioni idrodinamiche nelle aree poste a Sud del delta del Po si genera un maggiore ristagno conseguente al vortice ciclonico con stasi delle masse d'acqua.

Il valore di temperatura più elevato è stato registrato il 4 agosto con 30.08 °C nella stazione di Lido di Volano, il più basso nella stazione di Cesenatico il 3 gennaio con 4.79 °C (vedi la statistica descrittiva di Tabella 5 e Tabella 7).

Il riscaldamento delle acque superficiali contribuisce alla formazione di termoclini più o meno marcati nelle stazioni off-shore (a 20 km da costa). Si rilevano nel 2008 livelli di stratificazione termica che rientrano nella norma. Sono comunque evidenti nel periodo compreso tra maggio e giugno. Le condizioni di omeotermia sono riportate nei mesi autunnali e invernali (Figura 53 e Figura 54). Vedi anche Figura 59 e Figura 60.

I valori medi annuali (Figura 94) di temperatura delle acque superficiali non mostrano particolari differenze tra le stazioni considerate sia in senso costa-largo che Nord-Sud. I valori medi stagionali (Figura 96) mostrano una sostanziale omogeneità in tutte le stazioni prese in esame, come è ovvio i valori minimi si hanno in inverno e i massimi in estate.

4.2 Salinità

I valori di salinità nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna sono caratterizzati da una elevata variabilità. Detta condizione è da associarsi ai regimi di portata fluviale, all'azione di miscelamento generata dal moto ondoso, nonché a situazioni idrodinamiche particolari come i casi di upwelling che, in occasioni di venti spiranti da terra, richiamano in costa acque di fondo a più elevata salinità. Gli andamenti riconfermano un accentuato trend tendente all'aumento nel passare da Nord a Sud (condizione ben evidenziata nel diagramma di Box & Whiskers riportato in Figura 99). Le stazioni più settentrionali, quelle prossime agli apporti provenienti dal fiume Po, presentano una maggiore variabilità e valori di salinità più bassi rispetto alle altre stazioni (vedi Figura 6, Figura 15, Figura 30). Buona è la correlazione inversa tra valori di portata del fiume Po e salinità (Figura 2, vedi anche Figura 85) osservando abbassamenti del valore come diretta conseguenza degli sversamenti fluviali. Come si

può notare dalla grafica di riferimento, i valori di salinità nelle acque di fondo mantengono escursioni molto più limitate e sempre con valori più alti rispetto a quelli di superficie.

In generale la salinità si è attestata su valori elevati e più omogenei nel periodo estivo in concomitanza alle scarse portate fluviali. Anche dai profili verticali (Figura 53 e Figura 54) e dalle distribuzioni del parametro (Figura 57, Figura 58, Figura 61, Figura 62) si evidenziano scarse stratificazioni nel citato estivo. Lo scostamento dai valori medi sul lungo periodo sono modesti (Figura 50).

Il valore più basso di salinità è stato rilevato a Bagni di Volano il 17 giugno con 15,10 psu, il più elevato il 4 novembre a Cattolica con 37,28 psu.

L'andamento medio annuale riconferma il marcato gradiente con tendenza all'aumento Nord-Sud e da costa verso largo (Figura 94). I valori medi stagionali evidenziano in generale, ad esclusione del transetto 2 (Lido di Volano), i valori più alti in inverno nell'area settentrionale, in estate in quella centro-meridionale. (Figura 96).

4.3 Ossigeno disciolto

Le concentrazioni dell'ossigeno disciolto nelle acque superficiali sono fortemente influenzate della biomassa autotrofa in sospensione. Le fluttuazioni attorno al valore fisico di saturazione sono per lo più conseguenti alla consistenza dei processi fotosintetici; valori in sovrasaturazione coincidono sempre con fioriture microalgali. Evidente a tal riguardo la correlazione tra i picchi di clorofilla "a" e gli incrementi del parametro.

Le stazioni settentrionali, interessate da più frequenti e consistenti blooms algali, presentano più accentuate variabilità del parametro e in genere valori più elevati (vedi Figura 7, Figura 16 e Figura 31). Le variazioni a breve scala temporale sono indotte prevalentemente da turbolenza e/o movimenti di avvezione, gli abbassamenti del valore negli strati superficiali sono conseguenti a risalite (upwelling) di acque di fondo meno ossigenate. Nelle acque di fondo i valori tendenti alla sottosaturazione sono per lo più in relazione alla domanda di ossigeno nei processi e respiratori. Nel 2008 i casi di anossia sono stati abbastanza circoscritti (in genere nell'area settentrionale, quella a ridosso del delta del Po) e limitati nel tempo. Detti eventi si sono manifestati nel periodo compreso tra luglio e ottobre (vedi Figura 47, Figura 57 e Figura 58).

Il valore più alto rilevato nelle acque di superficie è stato di 13,02 mg/l nella stazione di Lido di Volano il 2 luglio, quello più basso è di 1,85 mg/l registrato a Cesenatico il 8 settembre (vedi Tabella 4 e Tabella 7 di statistica descrittiva).

I valori medi annuali nelle acque superficiali (Figura 94) mostrano i valori più elevati nei transetti 2, 4 e 6, molto più bassi ed omogenei nei restanti transetti. Le medie

stagionali delle acque superficiali confermano in tutte le stazioni i valori più elevati in inverno, i più bassi in estate (Figura 94). Tale condizione è influenzata principalmente (ma non solo) dalla temperatura delle acque, in quanto le basse temperature favoriscono la solubilità dell'ossigeno atmosferico nei confronti dell'acqua.

4.4 pH

Parametro con variabilità molto accentuata. Tale condizione riguarda soprattutto le stazioni settentrionali ove, tra l'altro, si rilevano i valori più elevati (Figura 7, Figura 17 e Figura 32). Il pH è in buona correlazione con l'ossigeno disciolto e con la clorofilla "a". Si ha una discreta diminuzione del parametro passando dalle acque superficiali verso quelle di fondo, tale differenza tende ad aumentare nei momenti caratterizzati da ipossia/anossia. L'andamento temporale del pH nelle acque di fondo si presenta più stabile e con valori mediamente più bassi rispetto a quelli rilevati in superficie.

Il valore più basso di pH nelle acque di superficie è stato rilevato a Lido di Volano il 17 giugno con un valore di 7.95, quello più alto a Casalborsetti il 2 luglio con 8,78.

I valori medi annuali (Figura 94) mostrano una tendenza che, seppure non omogenea, tende ad aumentare passando dalle stazioni costiere verso quelle poste al largo. Le medie stagionali mostrano i massimi in primavera – estate nelle stazioni settentrionali, in inverno-primavera in quelle centro-meridionali (Figura 96).

4.5 Trasparenza (disco Secchi)

Nell'Adriatico Nord-occidentale si rilevano valori di trasparenza molto variabili. Condizione dovuta a molteplici fattori: apporti fluviali con presenza di detrito organico ed inorganico, incrementi di biomassa fitoplanctonica e processi di risospensione del particolato generato dal moto ondoso. Gli andamenti temporali (vedi Figura 8, Figura 18 e Figura 33) mostrano una maggiore torbidità delle acque nelle stazioni settentrionali. Nel 2008 le più elevate trasparenze sono state rilevate nella stagione estiva (Figura 96).

Nelle stazioni costiere che presentano fondali non particolarmente profondi in più casi la lettura del disco di Secchi corrisponde alla batimetrica del fondale. In presenza di blooms microalgali particolarmente intensi, la trasparenza può ridursi a pochi decimetri. Le medie annuali riconfermano una marcata tendenza all'aumento del parametro da Nord verso Sud e da costa verso il largo (Figura 94). Le medie stagionali mostrano in tutte le stazioni i valori più bassi di trasparenza delle acque in inverno ed i valori più elevati in primavera-estate (Figura 96).

4.6 Clorofilla "a"

Gli andamenti di questo parametro riconfermano una maggiore variabilità e, in genere, valori più elevati nell'area settentrionale (Figura 8, Figura 19, Figura 34 e Figura 86). Condizione ben evidenziata nel diagramma di Box & Whiskers riportato in Figura 99. Si evidenzia comunque il fatto che in particolari condizioni idrodinamiche che tendono a convogliare la plume del Po verso costa, si possono avere valori di Clorofilla "a" più alti nelle aree centrali e meridionali che in quelle settentrionali (vedi il caso del luglio 2008 riportato in Figura 86). La correlazione con le portate del fiume Po, soprattutto per le stazioni collocate a Nord (Figura 46), è in genere buona anche se non sempre lineare. Si assiste infatti a picchi nella stagione invernale non preceduti da portate significative. La questione è conosciuta ed è da attribuire all'accentuata efficacia dei processi di dilavamento dei suoli in inverno per la ridotta assimilazione da parte della vegetazione terrestre in quiescenza vegetativa. Merita di essere segnalato il generale scostamento verso il basso dei valori 2008 con la media climatologia calcolata sul periodo 1993-2002 (Fig. 51).

Il valore più elevato si è registrato il 18 agosto nella stazione costiera di Lido di Volano con 50,70 µg/l (vedi Tabella 6 di statistica descrittiva). I valori medi annuali (Figura 94) evidenziano un trend tendente alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo. Stagionalmente i valori più elevati si sono avuti in inverno e in autunno nella zona centro-meridionale, in quella settentrionale in primavera e autunno (ad esclusione della stazione 2 ove si ha un massimo in estate) (Figura 96).

4.7 Fitoplancton

I dati relativi all'analisi quali-quantitativa del fitoplancton si riferiscono a campioni prelevati a 500 m dalla linea di costa e forniscono un quadro degli andamenti limitatamente alla zona sotto costa. L'analisi ha contemplato i principali gruppi tassonomici, Diatomee e Dinoflagellate, all'interno dei quali esistono specie che possono essere responsabili di "fioriture". Sono state inoltre prese in considerazione sotto la voce "Altre" i fitoflagellati marini appartenenti alle classi delle Cloroficee, Euglenoficee, Criptoficee, Crisoficee, Rafidoficee, Prasinoficee, Primnesioficee, Dictiocoficee che rappresentano una frazione elevata della popolazione microalgale totale e che in determinate occasioni possono generare blooms soprattutto nelle aree all'interno di barriere frangiflutti e a ridosso dei porto canali.

4.7.1 Diatomee

Anche per l'anno 2008 le Diatomee hanno riconfermato il trend di generale diminuzione rispetto all'anno scorso, andamento consolidato già da qualche anno a questa parte. I quantitativi minori durante tutto l'anno si registrano nella stazione 19 mentre i maggiori nella stazione 4. Nella stazione 4 (Figura 103) si assiste ad un aumento delle abbondanze di Diatomee nei primi 4 mesi dell'anno dove una intensa fioritura interessa questa area alimentata dal picco di portata registrato ad inizio dicembre 2007. Stesso andamento si registra nelle altre 3 stazioni costiere anche se di durata inferiore (gennaio-febbraio). A supporto di questo andamento si può notare come la disponibilità di silice segua gli andamenti delle Diatomee (Figura 44) mostrando in generale basse concentrazioni poco dopo le fioriture e massima disponibilità in assenza di queste.

Probabilmente la persistenza delle alte abbondanze registrate in un periodo così prolungato, ha portato il sistema, tra maggio e giugno, ad una autolimitazione nella produzione di nuova biomassa in conseguenza alla diminuzione in termini di luce e nutrienti. In seguito agli aumenti di portata registrati da fine aprile a luglio (Figura 2), in tutte le stazioni, si nota un nuovo periodo di produzione di biomassa a carico sempre di questo Gruppo che si mantiene per i mesi di luglio, agosto e settembre pur diminuendo in termini quantitativi nel tempo. Le abbondanze tornano a salire nel mese di ottobre sempre sostenute dagli apporti di acqua dolce di fine settembre.

Dalle figure Figura 101 e Figura 105 si può notare come in inverno siano soprattutto le stazioni centro settentrionali a mostrare abbondanze elevate mentre in primavera si nota un evidente differenza tra il comparto settentrionale (stazioni 2, 4, 6) e centro-meridionale (stazioni 9, 14, 17, 19). Per quanto riguarda i taxa maggiormente rappresentati troviamo che il genere *Skeletonema* sp., in inverno, domina la comunità in tutte le stazioni mentre in primavera, pur permanendo *Skeletonema* sp. con abbondanze consistenti nelle stazioni 2 e 4, domina il genere *Chaetoceros* spp., in particolare nella stazione 6. Sempre questo taxon si rileva con alte abbondanze nel comparto settentrionale in estate ed autunno.

I massimi valori di abbondanza dei generi *Skeletonema* sp. e *Chaetoceros* spp. sono stati registrati rispettivamente il 18 febbraio nella stazione 4 (14039008) ed il 13 maggio nella stazione 6 (22862080cell/L).

4.7.2 Dinoflagellate

Le abbondanze di Dinoflagellate rimangono nel complesso molto basse ed i totali non fanno registrare quantitativi superiori a 20000 cell/L ad eccezione di alcuni sporadici episodi nei mesi tra maggio e luglio nelle stazioni 4 e 9 (Figura 102). Il quantitativo massimo di Dinoflagellate totali (5915508 cell/L) si è registrato nella stazione 9, il 2 luglio mentre il minimo è stato di 80 cell/L il 4 dicembre nella stazione 14. Analizzando l'andamento di questo gruppo si possono evidenziare anche per questo anno due periodi di massime abbondanze (primavera e autunno).

Dall'analisi qualitativa (Figura 105) si evidenziano i taxa maggiormente rappresentati: in inverno prevalgono i generi *Gyrodinium* sp. e *Protoberidinium* sp. (st. 4, st. 6). In primavera ed estate *Prorocentrum micans* domina la comunità nelle stazioni centro-settentrionali (st. 2, st. 4, st. 6, st. 9) mentre nelle stazioni a sud domina il taxon *Protoberidinium* spp. in particolare nelle stazioni 17 e 19.

In autunno le abbondanze di *Protoberidinium* spp. aumentano nelle stazioni centro-settentrionali, *Prorocentrum micans* permane nelle stazioni 2 e 14 e *Gyrodinium* sp. nelle stazioni 4, 6, 9. I massimi registrati per i taxa menzionati sopra sono rispettivamente: 24200 cell/L (*Gyrodinium* sp.) il 23 settembre nella stazione 14, 69046 cell/L (*Protoberidinium* spp.) il 16 giugno nella stazione 17, 200046 cell/L (*Prorocentrum micans*) il 3 giugno nella stazione 9. Risulta inoltre rilevante la presenza di *Prorocentrum minimum* che in maggio nelle stazioni 2, 4, 6, 9, ha fatto registrare abbondanze riconducibili a fioriture; il massimo per questa specie (1404735 cell/L) è stato registrato il 13 maggio nella stazione 9.

4.7.3 Altre Fitoflagellate

Dai grafici in Figura 102 si nota come in tutte le stazioni le abbondanze di questo gruppo mostrino valori alti nel periodo invernale (gennaio-marzo) in accordo con i valori alti di portata sia di origine padana che dai bacini costieri. In particolare la stazione 4 si distingue dalle altre mostrando escursioni più contenute e diminuzioni che interessano anche il periodo primaverile-estivo. Nelle rimanenti stazioni (9, 14, 19), dopo le abbondanze del periodo invernale, si assiste ad un brusco calo contemporaneo a

quello evidenziato per le Diatomee (tra maggio e giugno); a seguire, sempre in queste stazioni, si desume un lieve graduale aumento fino a dicembre.

Le stazioni 4 e 9 presentano comunque i quantitativi maggiori rispetto alle due stazioni più meridionali (14 e 19) e gli andamenti si distinguono per la variabilità nel breve periodo tra massimi e minimi. Il valore minimo (911898 cell/L) è stato registrato l'8 settembre nella stazione 17 mentre il massimo registrato (33865088 cell/L) risale al 14 gennaio nella stazione 2. Per quanto riguarda le fioriture della Rafidoficea *Fibrocapsa japonica* verificatesi nel 2008 in alcuni tratti strettamente costieri, si rimanda al paragrafo 5 dove è riportata la descrizione degli eventi accaduti.

4.8 Azoto nitrico

Nelle acque superficiali questo parametro mostra concentrazioni il cui andamento è in genere ben correlato con le portate fluviali (Figura 9, Figura 20, Figura 35 e Figura 2). I valori più elevati si riscontrano nel periodo invernale-primaverile ed autunnale. Occorre considerare a tal riguardo una questione di carattere generale; nel periodo invernale si hanno in genere elevati apporti di nutrienti anche con basse portate fluviali. La quiescenza della componente vegetale terrestre indotta dai rigori invernali, favorisce una maggiore dilavabilità/rilascio dai suoli dei nutrienti (della componente azotata in particolare) anche in condizioni di modeste precipitazioni. Nella stagione estiva, come di norma avviene, le magre nelle portate fluviali determinano un crollo delle concentrazioni di questo parametro. Si assiste in genere ad un marcato gradiente tendente alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo (Figura 94). I valori delle concentrazioni nelle acque di fondo sono in genere bassi e presentano andamenti più omogenei (Figura 35). Le medie stagionali delle sole stazioni costiere (Figura 96) mostrano i valori massimi in inverno e autunno, i minimi in estate (vedi anche distribuzioni spaziali in Figura 87). Quelle annuali mostrano una tendenza alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo (Figura 94). La più alta concentrazione di azoto nitrico è stata rilevata a Porto Garibaldi il 22 dicembre con 1901,33 $\mu\text{g/l}$ (vedi Tabella 4). Negli istogrammi delle classi di frequenza (Figura 98) il 57% dei valori è compreso tra 1.0 e 192.0 $\mu\text{g/l}$. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 99) viene evidenziata l'ampia variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali.

4.9 Azoto nitroso

L'azoto nitroso presenta fluttuazioni temporali simili a quelle dell'azoto nitrico e con picchi ben correlati con le portate fluviali (Figura 9, Figura 21, Figura 36 e Figura 2). Elevata la variabilità del parametro nelle acque superficiali. In quelle di fondo si hanno in genere concentrazioni prossime a quelle rilevate in superficie. Più accentuata la variabilità del parametro nelle acque superficiali costiere delle stazioni settentrionali, condizione evidenziata nella Figura 99 dei diagrammi multipli di Box e Whiskers. Il valore massimo è stato registrato a Casalborsetti il 23 maggio con 40,09 $\mu\text{g/l}$ (vedi Tabella 5). I valori medi annuali (Figura 94) risultano più elevati nelle stazioni costiere, con un trend in diminuzione passando da Nord a Sud e da costa al largo. Stagionalmente i valori medi delle stazioni costiere centro-meridionali (Figura 96) presentano le concentrazioni più elevate in inverno-autunno, in quelle settentrionali in primavera-autunno, i più bassi in estate. Le deviazioni standard sono ampie in tutte le stagioni. Negli istogrammi delle classi di frequenza (Figura 98) si osserva come il 76% dei valori sia compreso tra 0.1 e 12.0 $\mu\text{g/l}$.

4.10 Azoto ammoniacale

L'azoto ammoniacale presente nelle acque superficiali è in prevalenza di derivazione fluviale e costiera (insediamenti costieri). Nelle acque profonde tende a superare le concentrazioni superficiali nei periodi coincidenti con casi di sottosaturazione di ossigeno disciolto (ipossia/anossia). Dagli andamenti temporali (Figura 10, Figura 22 e Figura 37) si può osservare come le concentrazioni maggiori si riscontrano nel periodo autunnale. Nelle acque superficiali la concentrazione più elevata è stata rilevata a Porto Garibaldi il 3 dicembre con 433.18 $\mu\text{g/l}$.

Le medie annuali e le deviazioni standard (Figura 95) presentano concentrazioni tendenti alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo. I valori medi stagionali nelle acque superficiali delle stazioni costiere (Figura 97) mostrano picchi più elevati in estate nell'area centro-meridionale, in autunno nella st. 4. Nel grafico relativo agli istogrammi di frequenza (Figura 98) si evidenzia come l'80% dei valori è compresa tra 0.4 e 44. $\mu\text{g/l}$. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 99) si nota una maggiore variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali. Anche per questo parametro si osserva una netta riduzione di valori medi per quasi tutti i mesi dell'anno (si distingue in senso inverso la st. 4 per i mesi estivi e per il mese di dicembre) rispetto ai valori medi climatologici calcolati sul lungo periodo (Figura 51).

4.11 Azoto totale

Con andamento analogo alle altre componenti azotate, l'azoto totale mostra una forte variabilità e una buona correlazione con le portate fluviali (Figura 12, Figura 23, Figura 38 e Figura 2). I valori più elevati si riscontrano nel periodo primaverile e autunnale. Le massime concentrazioni di azoto totale si rilevano nelle stazioni collocate sui transetti più settentrionali in quanto maggiormente influenzati dagli apporti del Po. Nelle acque di fondo il parametro evidenzia in genere valori più bassi ed uniformi. Il dato più elevato pari a 2105.49 $\mu\text{g/l}$ è stato rilevato il 22 dicembre a Porto Garibaldi. I valori medi annuali (Figura 95) presentano un trend tendente alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa al largo. Le medie stagionali (Figura 97) nelle stazioni costiere presentano i valori più elevati e le più ampie variazioni in inverno-autunno, i più bassi in estate. Dagli istogrammi di frequenza (Figura 98) si può osservare come nel 67% dei casi le concentrazioni sono comprese tra 192 e 594 $\mu\text{g/l}$. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 100) vengono mostrati il trend decrescente Nord-Sud e la maggiore variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali. Detta variabilità tende a diminuire e uniformarsi nelle stazioni meridionali.

4.12 Fosforo ortofosfato

Le concentrazioni dell'ortofosfato (Figura 11, Figura 24 e Figura 39) mostrano un'elevata variabilità nelle stazioni costiere, tende ad attenuarsi in quelle al largo. Condizione attribuibile all'alternarsi del regime di marea e agli effetti che questi hanno sulla immissione dei reflui. Nelle acque di fondo le concentrazioni sono analoghe ai valori delle acque superficiali con casi di superamento (Figura 39). Tali eventi si manifestano in genere in occasione di stati di sottosaturazione spinta di ossigeno disciolto con conseguente solubilizzazione dal substrato sedimentario dell'ortofosfato. La concentrazione più elevata nelle stazioni costiere è stata rilevata a Casalborsetti il 19 novembre con 31.89 $\mu\text{g/l}$ (vedi Tabella 4). Le classi di frequenza (Figura 98) mostrano che nel 60% dei casi la concentrazione è compresa tra 0,4 e 4,0 $\mu\text{g/l}$. I valori medi annuali (Figura 95) presentano le maggiori concentrazioni nelle stazioni costiere e tendono a decrescere passando da Nord a Sud. Le concentrazioni medie stagionali nelle stazioni costiere mostrano i valori più elevati nel periodo autunnale (Figura 97), i più bassi in estate. Nei diagrammi di Box e Whiskers (Figura 100), viene evidenziata l'alta variabilità del parametro nelle stazioni centro-settentrionali, più contenuta e con una ridotta variabilità nelle stazioni meridionali. I valori medi confrontati con quelli

climatologici rilevati nel lungo periodo, presentano una riduzione in quasi tutti i mesi. Condizione più evidente nelle stazioni che rappresentano l'area centro-meridionale. (Figura 52).

4.13 Fosforo totale

Anche il fosforo totale mostra in genere una rilevante variabilità nelle concentrazioni. Questa condizione è particolarmente evidente nelle stazioni settentrionali (Figura 11, Figura 25 e Figura 40). Nelle acque di fondo le concentrazioni del fosforo totale sono in genere prossime a quelle rilevate in superficie con casi di superamento. La concentrazione più elevata misurata nelle stazioni costiere corrisponde a 101,35 µg/l rilevata a Casalborgorsetti il 1 settembre.

Le medie annuali (Figura 95) presentano un andamento tendente alla diminuzione passando da costa al largo e da Nord verso Sud. I valori medi stagionali e le relative deviazioni standard nelle stazioni costiere (Figura 97) mostrano i più elevati valori in estate nell'area settentrionale, in inverno in quella centro-meridionale. Negli istogrammi di frequenza (Figura 98) si può notare come nel 72% dei casi le concentrazioni del parametro sono comprese tra 6 e 30 µg/l. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 100), viene evidenziata una tendenza alla diminuzione dei parametri statistici considerati da Nord a Sud.

4.14 Silice reattiva

Le concentrazioni della silice sono in stretta correlazione con le portate fluviali (Figura 10, Figura 28, Figura 44 e Figura 2). La citata condizione è particolarmente evidente nelle stazioni settentrionali ove si riscontra, tra l'altro, una spiccata variabilità. Nelle acque di fondo pare esservi una maggiore uniformità anche se, soprattutto nelle stazioni al largo, si riscontrano concentrazioni superiori a quelle rilevate in superficie. Questo parametro, essendo un buon tracciante di apporti di acqua dolce, presenta una distribuzione analoga alla salinità. (Figura 85 e Figura 90). Il valore più elevato è stato rilevato a Porto Garibaldi il 22 dicembre con una concentrazione di 1970,20 µg/l (vedi Tabella 4). I valori medi annuali (Figura 95) mostrano una evidente tendenza alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo. Si distingue il transetto 2 che, essendo investito direttamente dagli apporti del Po, mostra concentrazioni più o meno simili in ogni stazione. Stagionalmente si rilevano le maggiori concentrazioni in autunno (Figura 97), le più basse in estate. Il diagramma multiplo di Box e Whiskers relativo alla silice reattiva (Figura 100) mette in luce la rilevante variabilità delle stazioni settentrionali, le meridionali presentano valori più bassi ed omogenei.

4.15 Rapporto N/P (frazione solubile)

Il rapporto N/P scaturisce dalla seguente equazione:

$$\frac{N-(NO_3+NO_2+NH_3)}{P-(PO_4)} = \frac{\Sigma N}{P}$$

La sua distribuzione (Figura 13, Figura 26, Figura 41) evidenzia una notevole variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica) ed una tendenza sinusoidale con i minimi nel periodo estivo. La variabilità tende a ridursi nelle stazioni meridionali al largo e nelle acque di fondo. Lo stato di fosforo-limitazione rappresenta la quasi totalità dei casi; i rari eventi riconducibili ad azoto-limitazione si presentano nel solo mese di ottobre. I valori medi annuali del rapporto N/P e le relative deviazioni standard nelle acque superficiali (Figura 95), presentano valori piuttosto omogenei: si distingue il transetto di Porto Garibaldi che mostra valori più elevati e una più marcata variabilità. Le medie stagionali (Figura 97) presentano i valori più elevati in inverno-primavera. Negli istogrammi di frequenza (Figura 98) viene evidenziato che nell' 60 % dei casi il valore N/P è compreso tra 3.0 e 86.0. I dati riportati nei diagrammi Box e Whiskers (Figura 100) mostrano come le maggiori variabilità si trovino nelle stazioni 4 e 9.

Dall'analisi delle distribuzioni normali bi-variate dei rapporti Clorofilla/Nutrienti ⁽ⁱ⁾, è possibile rappresentare le fluttuazioni stagionali dei principali parametri di sistema in diagrammi come quelli riportati nelle Figura 77 e Figura 78. Differenti aree costiere possono essere collocate in questi diagrammi in funzione dei rapporti molari medi N/P e dei corrispondenti rapporti $ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2}$, essendo questi ultimi una stima del grado di utilizzazione dei nutrienti.

In generale, con un ciclo annuale completo di dati, le distribuzioni bivariate di $\text{Log}(ChA/PO_4)$ e $\text{Log}(ChA/DIN)$ risulteranno molto prossime alla normalità. Se la pendenza della retta di regressione ortogonale:

$$\text{Log}(ChA/PO_4) = \text{Log } b + k \text{Log}(ChA/DIN),$$

tende a $k=1$, il sistema raggiunge condizioni di isometria lungo le rette a 45° . Possiamo quindi sostituire i logaritmi con i numeri, ottenendo:

ⁱ Innamorati, M. e F. Giovanardi, 1992. *Interrelationships between phytoplankton biomass and nutrients in the eutrophied areas of the Northwestern Adriatic Sea*. Proc. Int. Conf. Marine Coastal Eutrophication. Sci. Total Environ. Suppl. 1992: p. 235-250.

$$(ChA/PO4)=b (ChA/DIN)^k.$$

Ma se $k=1$, allora sarà:

$$ChA/PO4 \times DIN/ChA = DIN/PO4 = N/P = b.$$

In maniera analoga, lungo le rette a -45° (con $k=-1$), avremo:

$$(ChA)^2=b (DIN \times PO4), \text{ da cui: } ChA/(DIN \times PO4)^{1/2} = \text{costante}.$$

L'importanza di questi diagrammi risiede nel fatto che l'efficienza di un sistema costiero nel produrre nuova biomassa (i.e. le variazioni del rapporto $ChA/(DIN \times PO4)^{1/2}$ rispetto al rapporto N/P) può essere seguita mese dopo mese, osservando le sue oscillazioni intorno ad un centro di gravità rappresentato dalla media annuale dei due rapporti.

I diagrammi riportati nelle Figura 77 e Figura 78, si riferiscono all'andamento mensile dei rapporti elementari Clorofilla/Nutrienti rilevati in due aree rappresentative della fascia costiera emiliano-romagnola, in un intero ciclo annuale. Sulle modalità di calcolo e sulle implicazioni di carattere teorico si rimanda alla bibliografia citata e ai rapporti annuali precedenti. Ci preme invece richiamare l'importanza di questi diagrammi nel rappresentare il sistema costiero nei suoi aspetti essenziali, di tipo trofo-dinamico. Attraverso questa rappresentazione grafica, possono essere descritte le proprietà dinamiche del sistema, utilizzando i tre soli parametri: Clorofilla, Azoto minerale disciolto e Ortofosfato solubile, che possono ben dirsi parametri fondamentali di stato trofico. Ricorrendo al logaritmo dei loro rapporti possiamo infatti ricavare:

- 1) l'andamento del rapporto elementare N/P, che ci consente di individuare il nutriente che potenzialmente inibisce la crescita algale (i.e. il fattore limitante);
- 2) le variazioni dell'efficienza del sistema a produrre biomassa, a seconda dei nutrienti biodisponibili (i.e. il valore assunto dal rapporto $ChA/(N \times P)^{0.5}$). Nel piano cartesiano, queste due proprietà possono essere lette sugli assi posti a 45° (N/P) e a -45° (efficienza). Per un intero ciclo annuale, l'evoluzione del sistema è perciò rappresentata in termini di limitazione-efficienza e di oscillazione dei punti (i.e. medie mensili), intorno al centroide rappresentato dalla media annuale. Disponendo dei dati prodotti dal monitoraggio di routine, in numero statisticamente significativo, è possibile quindi caratterizzare ogni area costiera e operare confronti nello spazio e nel tempo.

Nel caso del sistema Po-Adriatico, le variazioni annuali dei parametri di sistema sono rappresentate nelle due figure 77 e 78, relative alla zona nord (area di Goro-Casalborsetti) e alla zona sud (area di Rimini-Cattolica) rispettivamente. Nel corso del 2008, il sistema Po-Adriatico era stato caratterizzato da un notevole incremento dell'efficienza nell'utilizzo dei nutrienti a produrre biomassa, con valori medi annui mediamente tre volte superiori rispetto ai valori presentati negli anni precedenti (cfr. Rapporto 2007). Questo comportamento era stato spiegato in termini di

“ottimizzazione” delle risorse disponibili (i.e. i carichi di nutrienti veicolati dal fiume Po) per mantenere comunque elevati i livelli trofici⁽ⁱⁱ⁾. Nel corso del 2008, il parametro efficienza tende a diminuire in entrambe le aree considerate. Il valore del rapporto $[ChA/(N*P)^{.5}]$ è risultato infatti pari a 4.81 nell’area nord, sicuramente più basso rispetto al valore di 9.04 del 2007, ma in ogni caso sempre elevato se confrontato con quelli degli anni particolarmente piovosi 2002-2003 (intorno a 3).

L’altro parametro di sistema, il rapporto N/P, mostra invece, in entrambe le aree, medie annuali non molto diverse da quelle registrate negli anni precedenti, confermando comunque una forte limitazione da fosforo nei mesi dove massimo è l’afflusso delle acque dolci padane ricche di nutrienti nella fascia costiera, cioè a dire nei mesi da febbraio a maggio, periodo contraddistinto da elevata produzione algale. Il rapporto si abbassa invece nel periodo estivo (da agosto fino ad ottobre), quando cioè l’afflusso di nutrienti di origine padana si riduce ai minimi stagionali.

Considerando infine l’oscillazione delle medie mensili intorno al loro centro di gravità (media annuale), si deve sicuramente sottolineare il diverso comportamento del sistema nelle due zone considerate. Nell’area di Goro-Casalborsetti, la stasi invernale dei cicli algali occupa per intero i tre mesi da novembre a gennaio compreso. Il sistema riprende attività a partire da febbraio, raggiungendo massima efficienza nel periodo estivo (luglio e agosto). Più a sud (Rimini-Cattolica) le oscillazioni sono meno marcate e tuttavia si evidenzia la piena attività del sistema per tutto il periodo autunnale (da settembre fino a novembre).

4.16 Rapporto Ntot/Ptot

La distribuzione dei valori del rapporto azoto totale su fosforo totale (Figura 13, Figura 27, Figura 42) tendono ad avere una variabilità meno accentuata rispetto al rapporto dei solubili. La minore variabilità è dovuta al fatto che, mentre nel rapporto dei solubili inorganici si hanno di norma alti valori per l’esubero della frazione azotata (quella fosfatica agendo da fattore limitante viene in molti casi completamente assimilata dalla biomassa autotrofa), in quella dei totali vi è, a seguito della mineralizzazione prevista dalle procedure analitiche, il recupero del fosforo organico (particolato e organico solubile) che ponderalmente tende a riequilibrare il rapporto. Nelle acque di fondo (Figura 42) si hanno valori simili a quelli rilevati in superficie. Le medie annuali

ⁱⁱ I carichi di nutrienti veicolati dal Po in Adriatico sono ben correlati all’entità delle portate complessivamente defluite. Il 2007 è stato un anno particolarmente anomalo da questo punto di vista, con una portata media annuale di solo 717 mc/sec, pari a meno della metà di quella registrata come media del periodo 1917-2007, di 1477 mc/sec.

calcolate sulle stazioni dei transetti (Figura 95) presentano i più bassi valori nelle stazioni costiere e tendono ad aumentare in quelle al largo. Stagionalmente (Figura 97), a conferma di quanto riscontrato negli anni precedenti, le medie presentano i più alti valori in inverno-primavera e in autunno, i più bassi in estate.

4.17 Rapporto Ntot sol/Ptot sol

Tale rapporto deriva dalle concentrazioni di azoto totale solubile su fosforo totale solubile determinate nei campioni prelevati mensilmente nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico. Gli andamenti del rapporto di queste due componenti (Figura 43) sono simili a quelli riferiti al rapporto azoto totale su fosforo totale. Ciò è dovuto, come si è già accennato, all'importanza ponderale delle frazioni solubili (inorganico + organico solubile) sui totali. I valori di questo parametro nelle acque di fondo sono prossimi o leggermente inferiori a quelli rilevati nelle acque superficiali.

4.18 Indice Trofico (TRIX)

Approccio metodologico di sviluppo dell'Indice Trofico (TRIX)

La fascia costiera dell'Emilia-Romagna è frequentemente interessata da sviluppi di biomassa microalgale assimilabili a condizioni di eutrofizzazione che determinano, unitamente ai composti organici sversati dai bacini, una alterazione dello stato ambientale che rappresenta una seria minaccia agli equilibri ed alla salute degli ecosistemi marini costieri.

Per quanto concerne i processi eutrofici, sebbene diversi autori abbiano cercato di definire un sistema di riferimento trofico appositamente calibrato sull'ambiente marino ed in particolare sulle acque costiere, l'applicazione arbitraria dei criteri per definire lo stato eutrofico ha creato difficoltà nel trasferire agli amministratori e pianificatori termini oggettivi e precisi per intraprendere adeguate politiche di risanamento e di riduzione dei carichi di nutrienti sversati a mare.

Nelle acque costiere non è in discussione il processo di sviluppo di biomassa microalgale, ma il metodo di come quantificare le sue manifestazioni e spesso si riscontrano difficoltà nel convertire in maniera semplice le informazioni per un vasto pubblico.

L'introduzione dell'Indice Trofico TRIX della relativa scala trofica e dell'Indice di Torbidità TRBIX consente l'abbandono della categorizzazione trofica tradizionale e rende possibile la misura di livelli trofici in termini rigorosamente oggettivi.

L'Indice Trofico permette infatti di ottenere un sistema di sintesi dei parametri trofici fondamentali in un insieme di semplici valori numerici in modo da rendere le informazioni comparabili su un largo range di condizioni trofiche evitando nello stesso tempo l'uso soggettivo di denominatori trofici tipici della terminologia limnologica.

I parametri fondamentali che concorrono alla definizione di un indice di trofia devono rispondere ai seguenti requisiti:

- essere pertinenti ad un disegno di Indice Trofico per le acque marino costiere e quindi devono essere rappresentativi in termini sia di produzione di biomassa fitoplanctonica che di dinamica della produzione stessa, identificando i fenomeni in maniera significativa e inequivocabile;
- prendere in considerazione i principali fattori causali ed esprimere la massima variabilità complessiva del sistema;
- essere basati su misure e parametri di routine solitamente rilevati nella maggior parte delle indagini marine e nell'ambito di campagne di monitoraggio costiero.

Tralasciando di descrivere tutta la statistica complessa dei dati (analisi multivariata) dopo approfondite considerazioni sui dati elaborati si è optato sul seguente set di parametri che sono stati usati per il calcolo dell'Indice Trofico (TRIX). Tali variabili si dividono in due categorie:

a) Fattori che sono espressione diretta di produttività:

- Clorofilla "a" mg/m^3
- Ossigeno disciolto espresso in percentuale, come deviazione in valore assoluto dalla saturazione: $\text{Ass}[100 - \text{O.D. \%}] = |\text{O.D. \%}|$

b) Fattori nutrizionali:

- Fosforo totale espresso in $\mu\text{g/l}$
- DIN azoto minerale disciolto ($\text{N-NO}_3 + \text{N-NO}_2 + \text{N-NH}_3$) in $\mu\text{g/l}$

L'analisi dei dati mostra che nessuno dei parametri selezionati per il TRIX si distribuisce in maniera normale. L'esperienza insegna che per i parametri di interesse, la semplice trasformazione Log-decimale è più che indicata per approssimare alla distribuzione normale le distribuzioni dei dati grezzi (Figura 74).

Ricorrendo dunque ai logaritmi (Log_{10}), la struttura base dell'Indice TRIX diventa:

$$\text{Indice Trofico TRIX} = (\text{Log}[\text{Cha} \times |\text{OD}\%| \times \text{N} \times \text{P}] - [-1.5])/1.2$$

Numericamente tale indice è differenziato in classi da 0 a 10 che coprono l'intero spettro di condizioni trofiche che vanno dalla oligotrofia (acque scarsamente produttive tipiche di mare aperto) alla eutrofia (acque fortemente produttive tipiche di aree costiere eutrofizzate, acque lagunari, ecc.).

Va comunque precisato che nella quasi totalità dei casi i valori di TRIX ricavati dai dati rilevati nelle diverse aree costiere sono compresi tra 2 e 8 unità.

In definitiva l'utilizzo del TRIX risponde a tre esigenze fondamentali:

1. integrare più fattori indicatori del livello di trofia ed eliminare valutazioni soggettive basate su singoli parametri;
2. ridurre la complessità dei sistemi costieri consentendo di assumere un valore quantitativo anche su un unico campione prelevato;
3. discriminare tra diverse situazioni spazio-temporali, rendendo possibile un confronto di tipo quantitativo;

Una più dettagliata definizione dei criteri che hanno ispirato tale approccio potrà essere acquisita nella pubblicazione :

R.A. Vollenweider, F.Giovanardi, G.Montanari, A.Rinaldi. pubblicato sulla rivista *Envirometrics* Vol 9, 1998.

"Characterization of the trofic condition of marine coastal waters, whith special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index".

In Tabella 8 viene riportata la suddivisione della scala trofica in 4 gradi di trofia che definiscono lo stato delle acque costiere e le condizioni trofiche e di produttività dell'ecosistema, così come indicato dall'All. N 1 del D. Lgs 258/00 (Tab. 17).

Analisi dell'andamento dello stato trofico e della classificazione dello stato ambientale delle acque marino costiere

Nelle distribuzioni temporali e spaziali dei valori medi mensili (vedi Figura 67) dell'Indice Trofico (TRIX) in superficie si evidenzia, dalle mappe tematiche, una situazione diversificata rispetto all'andamento medio mensile riscontrato nell'anno precedente che in generale rileva un peggioramento dello stato qualitativo ambientale dell'ecosistema marino. Durante il periodo invernale (gennaio, marzo) l'Indice Trofico si presenta in uno stato "Mediocre" su tutta la fascia costiera, mentre la condizione di stato "Scadente" si colloca nella zona centrale della costa solo nel mese di febbraio.

L'analisi più dettagliata delle distribuzioni spaziali del TRIX mostra che in gennaio gran parte della costa (90%) presenta un Indice Trofico che identifica una condizione "Mediocre". In febbraio la situazione tende a diversificarsi e lo stato "Scadente" che sottende acque fortemente produttive, livelli di trofia elevati, alta torbidità delle acque e alterazioni delle comunità bentoniche, si estende a fino a 10 Km verso il largo nella zona dal delta Po a Ravenna. In marzo, come rilevato lo scorso anno, nella zona verso il largo lo stato ambientale è "Buono". Durante i mesi invernali le correnti prevalenti discendenti si dispongono parallelamente alla costa con direzione nord-sud ed i regimi

dei venti tendono a distribuire e ad omogeneizzare su un vasto territorio gli elementi che concorrono alla definizione dell'Indice Trofico.

Nel periodo primaverile (aprile-maggio) confermando una tendenza del periodo, si instaura un evidente gradiente nord-sud poiché si modifica da un lato la circolazione delle acque costiere e dall'altro gli apporti veicolati dal Po tendono a diminuire.

In questo periodo si osserva una differenziazione territoriale in senso longitudinale della distribuzione del TRIX che presenta uno stato "Scadente" tra il delta del Po e Lido Adriano, "Mediocre" da Ravenna fino a Rimini, "Buono" tra Cesenatico (al largo) e Cattolica e "Elevato", con Indice Trofico inferiore a 4, nelle zone offshore di Cattolica.

In giugno si osserva un ulteriore peggioramento dello stato ambientale dal delta del Po a Bellaria che raggiunge uno stato ambientale "Mediocre" con TRIX compreso tra 5 e 6, in peggioramento rispetto all'anno precedente, a causa dell'incremento degli apporti a mare di fattori eutrofizzanti generati sia nei bacini costieri ma soprattutto in quello padano con elevate portate del fiume Po.

Nel periodo estivo (luglio) le condizioni di stato trofico tendono a mantenersi stabili sebbene si osservi ancora una condizione di stato "Mediocre" fino a Cesenatico e scadente tra il fiume Reno ed il delta Po. Ad agosto invece la maggior parte dell'area presenta una situazione "Buono/Elevato" che sottende condizioni di acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, elevata trasparenza delle acque ed assenza di anomale colorazioni. In confronto a quanto rilevato nel 2003, 2004, 2005, 2006 e 2007 sulla base dell'Indice Trofico e delle relative condizioni di stato qualitativo ambientale si può affermare che nel periodo estivo 2008 si evidenzia un peggioramento dello stato trofico. Durante i mesi autunnali i dati dell'Indice Trofico tendono da un lato ad aumentare uniformandosi verso valori medio/alti e dall'altro ad interessare areali sempre più vasti che classificano la fascia costiera in una condizione di stato "Mediocre". Nei mesi di novembre e dicembre, in concomitanza con un processo di eutrofizzazione che ha interessato tutta la fascia costiera, si osserva che oltre il 50% del territorio monitorato si colloca in una posizione di stato trofico "Mediocre" con Indice Trofico compreso tra 5 e 6 e "Scadente" nel 35% del territorio nell'area tra il delta Po e Ravenna.

In linea generale l'andamento del TRIX è ben correlato con quello del logaritmo della Clorofilla "a"; bassi valori di Indice Trofico corrispondono basse concentrazioni di biomassa microalgale e viceversa (Figura 69, Figura 70). Fanno eccezione a questo andamento alcuni casi limitati temporalmente nel periodo primaverile e autunnale, nelle stazioni verso il largo della parte settentrionale, soggetta a maggiore variabilità, ove si riscontrano valori medio/bassi di TRIX (inferiori a 5 unità) in corrispondenza di medio/alte concentrazioni di clorofilla "a", rivelando quindi lo scarso contributo di nutrienti disciolti, in particolare dell'azoto inorganico disciolto (DIN), nel concorrere alla determinazione del TRIX. Nelle stazioni costiere invece si evince il caso contrario

ove, nei medesimi periodi, si osservano alti valori di TRIX in corrispondenza di valori medio/bassi di clorofilla “a” attestando un ruolo importante della componente di produttività potenziale (DIN, PT) nella determinazione dell’Indice Trofico.

In sintesi, rispetto allo scorso anno, si evince un generale incremento del TRIX particolarmente nel periodo estivo e nelle stazioni della zona meridionale della costa.

Le stazioni ubicate nella parte più settentrionale della costa ed interessate dagli apporti derivati dal bacino padano e da quelli costieri presentano valori di TRIX maggiori di 6 unità (41 % dei casi), stato trofico "Scadente", per la stazione 2 (0.5 Km Goro) e maggiore di 5, stato trofico "Mediocre", (62 % dei casi) per la stazione 4 (0.5 Km P. Garibaldi), valori in linea rispetto la frequenza dei casi riscontrati nel 2007 ma di molto superiori se comparati con la situazione del 2003, 2004 e 2005.

Nelle predette stazioni le oscillazioni di TRIX sono abbastanza accentuate e, in alcune occasioni nel mese di agosto nella zona costiera settentrionale, si è riscontrata una importante diminuzione del TRIX con valori che si posizionano nella classe di stato "Buono".

A differenza delle stazioni situate nella parte settentrionale, quelle meridionali (17 Rimini, 19 Cattolica), per gran parte del periodo primaverile e estivo sono caratterizzate da bassi Indici Trofici (inferiori a 5 unità di TRIX) che testimoniano uno stato qualitativo “Buono/Elevato” ed un quadro generale di condizioni ambientali con acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, assenza o occasionale presenza di colorazione, confermando però una tendenza all’aumento del TRIX rispetto la situazione rilevata negli anni precedenti. In quest’ultima parte della costa, l’andamento del TRIX mostra una più marcata stagionalità con incrementi in autunno ed inverno.

Durante il periodo estivo oltre ad una riduzione degli apporti del bacino padano, si modifica la circolazione poichè i venti provenienti da Sud-Est diventano dominanti con l’effetto di “bloccare”, nella parte settentrionale della costa, l’input del fiume Po e nello stesso tempo quello di trasportare acque “pulite” dal largo verso costa nella parte centro-meridionale.

Questo modello di circolazione e soprattutto la dinamica che influisce sul ricambio delle acque e sui fattori di diluizione, determina ampie variazioni dell’Indice Trofico anche a scale temporali ravvicinate.

Nella Figura 72 e Figura 73 sono rappresentate le rette di regressione e i coefficienti di correlazione tra il TRIX ed i parametri che concorrono a determinarlo, disaggregati per subarea costiera (settentrionale: Goro-Ravenna, centrale: Ravenna-Cesenatico e meridionale: Cesenatico-Cattolica). In tutte le tre zone considerate si può osservare a conferma di quanto rilevato negli anni precedenti, una correlazione tra il TRIX ed il LogN, LogP, LogCla, Log|OD%|, con coefficienti di correlazione significativi per la zona nord, che variano tra 0.44 e 0.60. Scarse sono invece le correlazioni significative

tra le singole variabili che partecipano alla formulazione dell'Indice Trofico; pertanto i singoli fattori apportano un contributo informativo autonomo, cumulativo e non ridondante, in linea con il quadro concettuale e l'approccio metodologico di formulazione di detto Indice Trofico.

Mediante la rappresentazione grafica in un diagramma di probabilità è possibile caratterizzare le condizioni di trofia di una determinata area di mare e le relative variazioni annuali.

Dall'esame dei diagrammi di Figura 71 si evince l'approssimazione alla distribuzione normale dei dati di TRIX; ogni stazione considerata risulta quindi caratterizzata da un valore medio e da una deviazione standard. Il valore medio determina la posizione della retta lungo la scala trofica, mentre la deviazione standard ne definisce l'inclinazione.

Il tipo di rappresentazione adottato nei diagrammi suddetti consente di evidenziare i valori minimi e massimi raggiunti dal TRIX nell'arco dell'anno per ciascuna stazione.

In generale la deviazione standard per la distribuzione di TRIX nelle stazioni prese in esame come campione per la disamina, risulta compresa tra 0.53 (Staz. 14 Cesenatico) e 0.94 (Staz 1019, Cattolica 10 Km).

Le quattro stazioni costiere prese in esame sono rappresentative di quattro zone di mare omogenee e caratterizzate da situazioni trofiche ben definite secondo un gradiente Nord-Sud (Porto Garibaldi, Cesenatico, Cattolica a 0.5 Km dalla battigia) e da costa verso il largo (a 10 Km al largo di Cattolica).

La retta indica la posizione rispetto alla scala trofica delle quattro stazioni considerate. I valori medi di TRIX (Figura 71) vanno da un minimo di 2.83 nella stazione 1019 ad un massimo di 6.87 nella stazione 4 (0.5 Km da P. Garibaldi) con un range di variazione di 4.04 unità di TRIX.

Confrontando la posizione del valore medio del 2008 del TRIX nelle quattro stazioni con i dati 2002, 2006, 2007 si osserva che mentre l'area a sud della costa rappresentata dalla stazione 1019 antistante 10 Km da Cattolica si mantiene invariata collocandosi nello stato "Buono" la stazione 19 peggiora passando dalla condizione di stato Buono a quello Mediocre, la stazione 14 permane nella medesima condizione (Mediocre) mentre il punto di indagine che rappresenta la zona settentrionale della costa peggiora ulteriormente rispetto lo scorso anno passando dallo stato "Mediocre" a quello "Scadente". Scomponendo i parametri che entrano nella formulazione dell'Indice Trofico in due classi di indicatori quali: 1) indicatori di produttività diretta o reale ($\text{Log}(CI^a \times |OD\%|)$); 2) indicatori di produttività potenziale, ($\text{Log}(DIN \times Pt)$), per le stazioni costiere, si può evidenziare il ruolo ed il peso delle due componenti nella determinazione del valore del TRIX (Figura 79).

Osservando l'andamento temporale dei tre fattori, si evince che la dinamica del TRIX è simile a quella della produttività diretta e potenziale evidenziando anche per il 2008 in

generale il peso equivalente delle due componenti nella determinazione dell'Indice Trofico nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna.

Comparando i valori medi annuali di TRIX riscontrati nel periodo 1996-2008 (Figura 74), si evince un gradiente in diminuzione dell'Indice Trofico da nord verso sud; un peggioramento nelle stazioni costiere di P. Garibaldi e Cattolica rispetto al 2007 ed una diminuzione del valore nella stazione a 14, 0.5 Km antistante Cesenatico.

In un quadro di sintesi spazio-temporale, si è voluto rappresentare la distribuzione dell'Indice Trofico nel territorio monitorato (1200 Km²) e mediato per stagione nelle singole stazioni della rete di controllo sull'eutrofizzazione (Figura 84).

In inverno buona parte delle acque marine della costa presentano condizioni qualitative assimilabili alla classe "Mediocre/Scadente" in peggioramento rispetto al 2006 e 2007. Nella zona meridionale, nelle aree verso il largo (6-10 Km), il TRIX medio si attesta invece in uno stato ambientale "Buono". In primavera la costa, si presenta simile a quella riscontrata nel 2006 e 2007 caratterizzata da un'area settentrionale "Mediocre/Scadente" da una zona centro "Mediocre" e "Buono" nelle restanti aree.

Nel periodo estivo con la forte riduzione delle portate dei fiumi, del carico dei nutrienti e conseguentemente della biomassa microalgale, si osserva una diminuzione dei valori del TRIX; però a differenza dello scorso anno, la zona costiera dal Delta Po a Cesenatico risulta "Mediocre", mentre lo stato qualitativo "Buono" interessa solo la zona che si estende da Cesenatico a Cattolica fino a 10 Km dalla costa, caratterizzato quindi da acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, elevata trasparenza e assenza di anomale colorazioni. Questa situazione mostra un peggioramento rispetto allo scorso anno anche nel periodo estivo.

Nei mesi autunnali, a seguito dell'aumento delle portate del fiume Po e del relativo carico eutrofico, si evidenzia, come nel 2007, che la costa risulta ancora divisa in tre parti: "Scadente" nella zona settentrionale a ridosso del delta Po, "Mediocre" lungo la fascia costiera tra P. Garibaldi e Cattolica, "Buono" nella zona meridionale verso il largo.

Nella Figura 81 sono rappresentate le variazioni temporali nelle stazioni campione costiere (0.5 Km) ed in quelle a 3 Km, del rapporto tra l'Indice Trofico TRIX ed il fattore di diluizione (F%), al fine di verificare i legami funzionali esistenti tra i livelli trofici delle acque costiere e gli apporti provenienti da terra.

I nutrienti disciolti, come del resto le altre sostanze inquinanti che raggiungono le acque costiere sono associati e correlati agli apporti provenienti dai bacini costieri e da quello padano e quindi è possibile assegnare a questo trasporto un valore quantitativo espresso come:

$$F\% = \frac{(S_{mareaperto} - S_i)}{S_{mareaperto}} * 100$$

dove $S\text{-mare aperto}$ (37.5 psu) rappresenta la salinità delle acque al largo, mentre S_i è la salinità rilevata nelle stazioni di misura.

Anche se la variabilità è ampia, particolarmente per la zona settentrionale, si evidenzia una buona corrispondenza tra il valore di Indice Trofico ed il fattore di diluizione F%, soprattutto per le aree situate a 3 Km dalla costa; andamento confermato anche dallo stretto rapporto di dipendenza tra gli apporti di nutrienti da terra ed il TRIX (Figura 82), quantificato mediante una espressione di regressione con coefficiente di correlazione $r = 0.81$ per la zona "A" (Goro-Ravenna).

Per la classificazione dello stato ambientale delle acque costiere marine previsto dall'All. N 1 del D. Lgs. 152/99 e successive integrazioni D. Lgs 258/2000, l'Indice Trofico TRIX, unitamente alla relativa scala trofica, sono considerati gli elementi basilari per definire e classificare lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero. La scala trofica consente di impostare il sistema di classificazione di riferimento e di esprimere un giudizio di qualità, che scaturisce da condizioni riferite ai livelli di produttività ed agli effetti ambientali, tenendo conto del giudizio emergente dalle indagini sul biota e sui sedimenti, valutando inoltre ogni elemento utile a definire il grado di allontanamento dalla naturalità delle acque costiere.

Ai fini della classificazione deve essere considerato il valore medio annuale dell'Indice Trofico ed i risultati derivanti dall'applicazione del TRIX determineranno l'attribuzione di stato ambientale secondo la Tabella 8.

Come obiettivo intermedio da raggiungere entro il 2008 per la costa emiliano-romagnola, considerata area sensibile ai sensi dell'Art. 5 del predetto Decreto, si prende come riferimento un punteggio medio derivante dall'applicazione dell'Indice Trofico non superiore a 5.0 unità di TRIX.

Per la classificazione delle acque costiere marine in base al predetto Indice non vengono utilizzati i dati, come numero di stazioni e frequenza di campionamento, previsti dal D. Lgs 152/99, ma quelli rilevati in tutte le stazioni della rete di monitoraggio della costa emiliano-romagnola (da costa fino a 3 Km a frequenza settimanale/quindicinale, vedi Figura 107).

La metodologia seguita è stata quella di suddividere la fascia costiera in 9 subaree: a 0.5, 1 e 3 Km dalla costa, mediare quindi nell'arco dell'anno i valori di TRIX ricavati per le stazioni collocate all'interno delle rispettive subaree che sono rappresentative sia di numero sia di frequenza di rilevazione della subarea cui appartengono (Figura 91 e Figura 92).

Come già rilevato dall'andamento del TRIX nelle singole stazioni, si evidenzia per tutta l'area costiera che l'Indice Trofico si colloca all'interno della classe compresa tra 5 e 6 unità con un valore medio di 5.48 +/- 0.81 di Deviazione Standard; però mentre nella subarea settentrionale ci si trova al limite inferiore della condizione "Scadente" (TRIX

medio=6.00), nella parte centrale si posiziona nello stato “Mediocre”, mentre nella parte meridionale (Cesenatico-Cattolica) la condizione “Mediocre” interessa solo l’area a 0.5 Km mentre quelle a 1 e 3 Km mostrano uno stato ambientale “Buono” (4.8 e 4.6 rispettivamente).

Tutta la fascia costiera mostra, come evidenziato precedentemente, un trend in aumento di questo Indice di stato Trofico in tutte le subaree confrontato con l’andamento dell’anno precedente.

La fascia costiera dell’Emilia-Romagna appartiene alla tipologia del basso fondale.

In base alla suddetta tipologia l’Allegato N. 1 del D. Lgs 152/99 prevede stazioni di misura e campionamento situate a 0.5, 1, e 3 Km dalla battigia ed ai fini della classificazione dovrà essere considerato il valore medio dell’Indice Trofico derivato dai valori delle singole misure a frequenza quindicinale in estate e stagionale nell’altro periodo dell’anno.

Per una disamina ulteriore sull’andamento del TRIX, con l’obiettivo di pervenire ad una più puntuale definizione dello stato ambientale, si sono presi in considerazione i valori medi annuali calcolati con 34 rilevamenti in un anno in ciascuna delle stazioni nella fascia di 0.5 Km, 1 Km e 3 Km da Goro a Cattolica (Figura 93).

Gli andamenti dei valori medi annuali (calcolati con tutti i dati delle stazioni collocate nelle singole subaree), mostrano che le due subaree a 0.5 Km (Goro-Cesenatico) si collocano nella scala dello stato ambientale “Mediocre” mentre, nella subarea meridionale, il valore medio si attesta nella classe “Buono”. L’ulteriore disaggregazione dei dati per territorio provinciale mette in evidenza che le Province di Ferrara, Ravenna e Forlì-Cesena presentano TRIX medio rispettivamente di 5.90, 5.49 e 5.36 che equivalgono ad uno stato ambientale “Mediocre”, quella di Rimini mostrando un TRIX medio di 4.66 si posiziona nella condizione di stato “Buono”. La zona costiera antistante la provincia di Ravenna nel corso del 2008 subisce il peggioramento più marcato passando da una condizione di stato ambientale “Buono” nel 2007 a “Mediocre” nel 2008.

4.19 Indice di Torbidità (TRBIX)

L'Indice di Torbidità (TRBIX) rappresenta un importante fattore ad integrazione per la valutazione delle condizioni ambientali dell'ecosistema costiero.

Facendo riferimento agli algoritmi impiegati si è cercato di applicare tale indice alle stazioni costiere confrontando contestualmente il suo andamento con quello del TRIX.

La trasparenza dell'acqua misurata con disco di Secchi costituisce un importante parametro nella definizione delle caratteristiche di qualità delle acque costiere che non può essere ignorato; nello stesso tempo questa misura non può essere incorporata in un Indice Trofico usando gli stessi algoritmi utilizzati per gli altri fattori. Questo perché la trasparenza è la risultante di almeno tre componenti che determinano l'assorbimento della luce e processi di "scattering": a) le sostanze organiche disciolte (ad esempio gli acidi umici), b) la biomassa fitoplanctonica, c) la torbidità dovuta al particolato minerale.

Si può assumere che, eccetto particolari situazioni, le sostanze organiche disciolte non contribuiscono, a breve scala temporale, alla variabilità della trasparenza nelle acque marine; questa è determinata essenzialmente dalla biomassa fitoplanctonica e dal particolato inorganico minerale in sospensione.

Se l'assorbimento della luce è dovuto principalmente alla biomassa allora le acque, a qualsiasi grado di trasparenza, sono "biomasse saturate" quindi esiste una relazione quantificabile tra la trasparenza espressa come profondità di disco di Secchi ed il massimo possibile di biomassa. Invece se è presente una torbidità di carattere minerale, allora le acque non possono essere "biomasse saturate" e le concentrazioni di queste biomasse sono al di sotto del loro potenziale.

Dalla elaborazione dei dati derivati dall'EOCD Program è stata ricavata una semplice relazione tra clorofilla "a" e trasparenza.

$$\text{TRSP}_{(p)} = 30/(1+\text{Ch}^{(0.7)})$$

Range di variabilità: Clorofilla "a" da 0.2 a 300 mg/m³

Trasparenza da 48 a 0.3 m

La relazione Torbidità/Clorofilla "a" viene definita come il rapporto tra

la trasparenza potenziale (p) e quella misurata (a) $\text{TRBR} = \text{TRSP}_{(p)} / \text{TRSP}_{(a)}$

e l'indice di torbidità (TRBIX) è calcolato come logaritmo a base 2 del TRBR

$$\text{TRBIX} = \text{Log}_2 (\text{TRBR}).$$

Una semplice interpretazione di questo indice è che le acque sono otticamente biosaturate riguardo la clorofilla se il TRBIX = 0; se il TRBIX = 1, il contributo della

clorofilla e del particolato inorganico risulta equivalente; se $TRBIX = 2$ la Clorofilla dovrebbe contribuire per 1/4 ecc.

L'analisi degli andamenti del $TRIX$ in rapporto al $TRBIX$ mostra una situazione di variabilità in funzione delle stazioni costiere considerate e della stagionalità integrate con eventi eutrofici, apporti fluviali e risospensione del sedimento a seguito di mareggiate.

Nelle stazioni costiere (vedi Figura 75), collocate nella parte settentrionale (Ravenna-Delta Po), gli alti valori di Indice Trofico sono correlati a bassi Indici di Torbidità a conferma che la zona predetta è interessata da fioriture microalgali e quindi da alti livelli di Clorofilla "a" e di conseguenza la torbidità è in gran parte sostenuta dalla componente fitoplanctonica particolarmente nel periodo autunnale.

Le stazioni centrali e meridionali della costa ubicate a 0.5 Km evidenziano sia per il $TRIX$ che per il $TRBIX$ una spiccata variabilità con valori di Indice Trofico che tendono a diminuire durante il periodo estivo mentre il $TRBIX$ si mantiene variabile attorno al valore di 2. Ciò significa, com'è risultato anche gli scorsi anni, che per tali stazioni aumenta e diventa predominante la componente inorganica particellata rispetto alla biomassa microalgale nella determinazione della torbidità.

I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 76 che rappresenta gli scatter plot del $TRIX$ verso il $TRBIX$ calcolati utilizzando i risultati rilevati nelle stazioni costiere delle subaree A, B e C a 0.5 Km.

Il grafico viene diviso in quattro quadranti definiti dal valore medio di $TRIX$ e $TRBIX$ rispettivamente.

La localizzazione della combinazione dei valori all'interno di ciascun quadrante viene interpretata in base alla tabella allegata in figura.

Il confronto tra le subaree della costa mostra che nella zona centro-settentrionale la maggior parte dei valori si distribuiscono sul quadrante B che identifica, in termini di $TRBIX$, una zona prevalentemente colorata da sviluppo di fitoplancton ed una bassa trasparenza; però circa il 40 % dei dati si posiziona nell'area A che sottende acque poco o scarsamente colorate con presenza di torbidità dovuta anche alla componente minerale. Questa peculiare distribuzione generale dei dati nell'area centro-settentrionale, sottolinea la forte variabilità riscontrata nel 2008 come per il 2007 con periodi di elevata concentrazione di biomassa microalgale e situazioni di medio/alta trasparenza.

Diminuiscono, rispetto allo scorso anno i valori che si posizionano nel quadrante A ad indicare una riduzione della componente minerale nella determinazione della trasparenza per questa zona.

Nell'area più meridionale ("Zona C"), i vettori si distribuiscono prevalentemente nel quadrante A, indicando una diminuzione dell'effetto della presenza della biomassa

microalgale nella determinazione della trasparenza nella zona, quindi la torbidità eventualmente presente è dovuta in gran parte alla risospensione del sedimento e/o agli apporti di materiale inorganico fine dai bacini costieri.

La combinazione dell'indice Trofico TRIX e dell'Indice di Torbidità TRBIX intesi come componenti di un vettore, dovrebbe caratterizzare la qualità delle acque marine in maniera più generale e fornire mediante la sua applicazione un Indice Generale di Qualità.

5 EVOLUZIONE DEI PROCESSI TROFICI NEL 2008

Testi dei bollettini periodici.

5.1 Eutrofizzazione

Si riportano i testi dei bollettini settimanali emessi in tempo reale e riferiti al monitoraggio sullo stato trofico e sui principali eventi che hanno caratterizzato lo stato qualitativo dell'ecosistema marino costiero in Emilia-Romagna nel 2008.

Bollettino N 1 del 03 - 07 Gennaio 2008

Il primo monitoraggio del 2008 effettuato lungo la costa dell'Emilia Romagna attesta una condizione qualitativa Buona dell'ecosistema marino. I valori misurati di biomassa algale non evidenziano condizioni di eutrofizzazione anche se nell'area centro-meridionale si rileva un leggero incremento di clorofilla rispetto al precedente monitoraggio (ultimo 2007). Buoni i valori di ossigeno lungo tutta la colonna d'acqua come conseguenza anche di una continua e attiva circolazione delle masse d'acqua che mantiene omogenei, sia in superficie sia sul fondo, anche i valori delle altre variabili idrologiche quali temperatura, salinità e pH. I valori di salinità evidenziano un leggero incremento del valore medio sia nella zona più settentrionale che nella zona meridionale mentre nella parte centrale della costa si mantiene pressoché costante rispetto al precedente monitoraggio. La temperatura delle acque superficiali registra una diminuzione di circa 1°C lungo tutta la fascia costiera emiliano-romagnola con valori più bassi registrati nell'area centro-settentrionale rispetto a quelli registrati nell'area più settentrionale. Discreta la trasparenza delle acque superficiali con valori medi intorno a 1/1,5 m, torbidità dovuta al materiale fine risospeso dal moto ondoso.

Bollettino N 2 del 14 - 15 Gennaio 2008

Lungo la fascia costiera dell'Emilia Romagna non si registrano condizioni di eutrofizzazione; la qualità ambientale dell'ecosistema marino rimane pressoché invariata rispetto al controllo precedente. I valori di biomassa microalgale risultano in diminuzione nella zona centro-meridionale mentre nella zona settentrionale tendono ad aumentare conseguentemente ad un incremento dei nutrienti veicolati dai fiumi costieri. L'apporto di acque dolci in mare si rileva principalmente nella zona tra Lido Adriano e Bagni di Volano per effetto di precipitazioni abbondanti avvenute nei giorni precedenti. Da segnalare nella zona compresa tra la Foce Reno e Casalborgorsetti la presenza di grossi arbusti/tronchi galleggianti. In diminuzione i valori di salinità nell'area più a nord della costa con diminuzione anche della trasparenza e aumento della torbidità lungo tutta la colonna d'acqua. Si registra un significativo aumento di circa 2°C della temperatura delle acque superficiali in tutta la zona centro-meridionale rispetto al controllo effettuato la scorsa settimana. I valori di ossigeno disciolto sia in superficie che sul fondo evidenziano una situazione di buona ossigenazione lungo tutta la colonna d'acqua.

Bollettino N 3 del 04 - 06 Febbraio 2008

I cospicui apporti di acque dolci unitamente ai fattori nutritivi, azoto e fosforo in particolare, veicolati dai bacini costieri e, soprattutto, dal fiume Po hanno innescato un processo eutrofico che si manifesta nella zona centro-settentrionale della costa e tende a regredire verso sud e verso il largo. Lungo la fascia costiera la salinità è in diminuzione con valori compresi tra 28 e 30 psu, configurando la presenza di masse d'acqua dolce sversata dai fiumi. La trasparenza nelle stazioni lungo costa (0,5 Km) è bassa, inferiore a 1 metro di visibilità. Condizione dovuta al materiale fine in sospensione e alla presenza di biomassa microalgale. La colonna d'acqua risulta instabile con scarse stratificazioni che sono più accentuate nell'area settentrionale a causa della presenza di acqua dolce che determina una riduzione della densità dello strato superficiale. Il quadro termico mostra una temperatura più bassa nella zona meridionale (Cesenatico-Cattolica) rispetto all'area costiera centro-settentrionale, in ogni caso inferiore di 1,5-2,5 °C in confronto alla media climatologia del periodo. Considerate le basse temperature e l'instabilità delle masse d'acqua anche gli strati prossimi al fondale risultano ben ossigenati.

Bollettino N 4 del 18 - 20 Febbraio 2008

La condizione di eutrofizzazione riscontrata nella prima settimana di febbraio si è intensificata ed estesa verso le aree al largo e verso sud interessando anche la parte centrale della costa. Il processo eutrofico che si manifesta con una colorazione verde-marrone delle acque superficiali e con una bassa trasparenza che oscilla tra 0,5 e 1 m di visibilità, è determinato prevalentemente da Diatomee ed è stato favorito da una situazione meteo-marina stabile. Nella parte meridionale della costa invece la biomassa microalgale è bassa e quindi lo stato ambientale dell'ecosistema risulta "Buono/Elevato". Nella zona a ridosso del delta Po si osserva una riduzione della salinità dovuta agli apporti del fiume formando una stratificazione di densità; in generale però la colonna d'acqua risulta omogenea e instabile favorendo gli scambi tra superficie e fondo che presenta una buona ossigenazione. I parametri idrologici si attestano attorno alla variazione media del periodo, ad eccezione della temperatura che mostra valori inferiori di 1°C rispetto la media climatologica poliennale.

Bollettino N 5 del 10 - 11 Marzo 2008

Le condizioni meteo-marine instabili della settimana scorsa hanno contribuito ad apportare un miglioramento dello stato qualitativo dell'ambiente marino-costiero antistante l'Emilia Romagna. Situazioni di mare mosso hanno determinato un completo rimescolamento della colonna d'acqua con conseguente riduzione (rispetto al monitoraggio precedente), dei livelli di indice trofico soprattutto nell'area centro-settentrionale della costa; non si registrano fenomeni eutrofici in atto. Buoni i valori di ossigeno delle acque sia in superficie sia sul fondo; i valori di salinità sono leggermente in aumento anche se ci si aspetta nei prossimi giorni una loro diminuzione causa possibili sversamenti dal bacino padano e costieri di acque dolci dovuti alle intense piogge dell'ultimo periodo. Bassa la trasparenza delle acque con una torbidità lungo la colonna d'acqua dovuta alla presenza di materiale fine in sospensione.

Bollettino N 6 del 25 - 27 Marzo 2008

Lo stato qualitativo dell'ambiente marino costiero presenta una situazione caratterizzata da bassi livelli di biomassa microalgale ad eccezione della zona a ridosso del delta del fiume Po. In quest'area, investita direttamente dagli apporti del bacino padano, come attestato dalla riduzione della salinità, si riscontra una condizione di eutrofia e scarsa trasparenza. In generale la colonna d'acqua risulta ben rimescolata a seguito della sostenuta circolazione e delle frequenti mareggiate dei giorni scorsi, per cui le variabili idrologiche si distribuiscono uniformemente dalla superficie al fondo. La temperatura varia da 9,5 a 10,5 °C mostrando una diminuzione di circa 1,5°C rispetto la media del periodo. Da segnalare l'elevata trasparenza delle acque nella zona meridionale della costa verso il largo, con visibilità superiore a 10 m.

Bollettino N 7 del 02 - 03 Aprile 2008

Il monitoraggio sullo stato qualitativo delle acque marine costiere rileva un miglioramento delle condizioni ambientali rispetto la scorsa settimana. Gli indicatori di stato trofico, in particolare la concentrazione di biomassa microalgale, risultano in regressione soprattutto nella zona meridionale della costa. Nell'area settentrionale che si estende da Ravenna al delta Po si riscontra una salinità più bassa e un incremento del livello di clorofilla "a" che attestano un significativo contributo di elementi eutrofizzanti sversati sia dal bacino del Reno che dal bacino del fiume Po. In questa zona la trasparenza è medio-bassa, inferiore a 2 m, causata sia dalla presenza di fitoplancton che dal materiale fine inorganico trasportato dai fiumi. Nelle stazioni a maggiore profondità inizia ad instaurarsi il termocline che stratifica la colonna d'acqua in due zone a diversa densità. La parte meridionale della costa è caratterizzata da una condizione ambientale "Buono/Elevato" con buona trasparenza nelle stazioni al largo, alta salinità e omogeneità delle variabili dalla superficie al fondo. Gli strati prossimi la fondale sono ben ossigenati in tutte le stazioni, mentre sussiste una differenza di temperatura tra la zona settentrionale (più calda) e quella meridionale ove si registrano valori di temperatura inferiori di 1-2 °C.

Bollettino N 8 del 14 - 15 Aprile 2008

La fascia costiera antistante la costa dell'Emilia-Romagna non è interessata da processi di eutrofizzazione. I livelli di biomassa microalgale sono in ulteriore riduzione rispetto agli inizi di Aprile e configurano una condizione di stato ambientale "Buono/Elevato" delle acque marine. Il miglioramento dello stato qualitativo è attribuibile essenzialmente alle condizioni perturbate ed al mare mosso del periodo, al continuo rimescolamento della colonna d'acqua ed alla sostenuta circolazione delle masse d'acqua. Questa situazione ha determinato un incremento e livellamento della salinità, l'ossigenazione degli strati profondi e un visibile aumento della trasparenza, particolarmente nella zona meridionale della costa. Da segnalare la presenza di filamenti (1-2 cm) di materiale organico in superficie nella zona centrale della costa dovuti alla disgregazione cellulare dell'organismo *Noctiluca scintillans*, una specie di microalga che in fase di sviluppo si manifesta con ammassi in superficie di colore arancione.

Bollettino N 9 del 06 - 07 Maggio 2008

Il monitoraggio della qualità ambientale dell'ecosistema marino antistante l'Emilia Romagna evidenzia la presenza di un processo eutrofico in atto che si estende da Bellaria a Bagni di Volano in un'area compresa tra i 500 m e i 3 Km dalla costa. Valori elevati degli indici trofici determinano una colorazione verde delle acque superficiali e una forte riduzione della trasparenza che nella zona centro-settentrionale con valori medi di 0,90 cm. Le elevate concentrazioni di biomassa microalgale sono sostenute dal continuo apporto di elementi nutritivi (fosforo/azoto) veicolati dai bacini costieri e, in particolare, dal bacino padano. Il continuo sversamento di acque dolci in mare determina inoltre una sensibile riduzione della salinità delle acque superficiali che in tutte e tre le zone, in media, non raggiunge i 30 psu. La temperatura è notevolmente aumentata (circa 4°C) lungo la tutta la costa attestandosi sui 17°C. Non si segnalano valori fuori dalla norma per quanto riguarda l'ossigeno disciolto lungo tutta la colonna d'acqua.

Bollettino N 10 del 13 - 14 Maggio 2008

Il controllo dello stato ambientale delle acque costiere evidenzia la suddivisione della costa in due zone distinte; la prima che si estende dal delta del Po a Ravenna, è caratterizzata da un processo di eutrofizzazione che interessa una fascia fino a 4-6 Km dalla costa. In quest'area le acque superficiali manifestano una colorazione verde a causa dello sviluppo di una fioritura microalgale determinata da Diatomee del genere *Chaetoceros*. Gli apporti di acqua dolce dal bacino padano determinano una bassa salinità e, unitamente alla differenza di temperatura tra superficie e fondo, provocano una forte stratificazione della colonna d'acqua, mentre lo sviluppo di fitoplancton riduce la trasparenza che si attesta attorno al metro di visibilità. Nella zona costiera a ridosso del delta padano si osserva una riduzione dell'ossigeno sul fondo che in alcune stazioni si approssima alla condizione di ipossia. Nella seconda zona, quella compresa tra Ravenna e Cattolica, i livelli di biomassa microalgale sono bassi e la trasparenza è alta configurando una situazione di stato ambientale "Buono/Elevato". In sintesi rispetto alla scorsa settimana si riscontra un miglioramento nella zona centro-meridionale ed un peggioramento in quella settentrionale della costa. Da rilevare la presenza, nelle zone verso il largo (10-20 Km), di una fioritura di *Noctiluca miliaris* che si manifesta in fase attiva con strisce addensate di colore arancione intenso, mentre in fase di degradazione assume una conformazione a piccoli filamenti (1-2 cm) che si distribuiscono negli strati superficiali. Da notare infine la inusuale presenza in forma addensata della medusa *Aurelia aurita* a livello del termocline (-8/-10 m).

Bollettino N 11 del 19 - 23 Maggio 2008

La fascia costiera è caratterizzata da condizioni ambientali che contraddistinguono due zone a differente trofia: la prima che si estende dal delta Po a Cesenatico, è interessata dalla presenza di acque dolci superficiali che si estendono anche al largo evidenziando un continuo sversamento di acque; conseguentemente anche la biomassa fitoplanctonica raggiunge abbondanze medio-alte. La seconda zona (Cesenatico-Cattolica) si distingue per i bassi livelli di clorofilla, alta trasparenza, elevata salinità che in generale attestano uno stato ambientale "Buono/Elevato"

dell'ecosistema marino. La trasparenza nelle stazioni lungo la costa è bassa a causa della presenza di materiale fine in sospensione di origine fluviale. I valori di ossigeno disciolto lungo la colonna d'acqua rientrano nella norma, fanno eccezione alcune zone di fondo antistanti Goro e Porto Garibaldi che tendono all'ipossia. In lieve diminuzione le temperature delle acque superficiali rispetto al precedente controllo.

Bollettino N 12 del 26 - 27 Maggio 2008

Il processo di eutrofizzazione riscontrato la scorsa settimana nella zona centro-settentrionale della costa tende a localizzarsi nell'area costiera compresa tra Ravenna ed il delta del Po, riducendosi come estensione, ma incrementando l'intensità della biomassa microalgale. La fioritura in atto determinata dalla proliferazione di fitoplancton (Diatomee del genere *Chaetoceros*) che si manifesta con una colorazione verde delle acque superficiali è causata ed alimentata essenzialmente dagli apporti di nutrienti sversati dal fiume Po. La salinità è in ulteriore diminuzione rispetto la scorsa settimana nella zona predetta attestando un continuo contributo di acqua dolce che provoca anche una stratificazione della colonna d'acqua. Nella parte centro-meridionale invece gli indicatori di biomassa microalgale sono bassi configurando una condizione di stato ambientale "Buono/Elevato" ed in miglioramento rispetto al monitoraggio effettuato la scorsa settimana. Entro la variazione media del periodo risultano le altre variabili idrologiche ad eccezione della temperatura che presenta valori superiori di circa 1 °C rispetto alla media climatologica poliennale.

Bollettino N 13 del 03 - 05 Giugno 2008

La fascia costiera antistante l'Emilia Romagna non evidenzia processi eutrofici in atto; gli indicatori di indice trofico rimangono, in tutte le stazioni monitorate e soprattutto nell'area settentrionale, intorno a valori che non evidenziano presenze di fioriture microalgali. La salinità presenta valori pressoché costanti nella zona centro-meridionale rispetto ai controlli della settimana scorsa mentre nella zona nord il giorno 3 si sono registrati valori più elevati. La situazione però nei prossimi giorni andrà a modificarsi in quanto dal bacino padano stanno fuoriuscendo volumi importanti di acque dolci. Attualmente la portata del fiume Po corrisponde a 4.788 mc/sec. Infatti, già a 10 Km al largo di Bagni di Volano si sono registrati in superficie valori molto bassi di salinità. Per quanto riguarda gli altri parametri idrologici i valori di ossigeno disciolto rientrano in media nella norma lungo tutta la colonna d'acqua e la temperatura delle acque superficiali risulta in progressivo aumento soprattutto nell'area centro-meridionale lungo la fascia costiera. Buona risulta la trasparenza delle acque superficiali con valori medi intorno ai 4 metri nelle zone B e C.

Bollettino N 14 del 16 - 17 Giugno 2008

Nella fascia costiera controllata sono in atto sversamenti fluviali sia dal bacino padano che dai bacini minori. Pertanto si registrano valori di salinità medio bassi lungo tutta la zona monitorata ed in progressiva diminuzione all'approssimarsi dell'area settentrionale ed in corrispondenza delle foci fluviali. Conseguentemente la torbidità delle acque risulta elevata per la presenza di detrito di origine fluviale. Gli incrementi di biomassa microalgale registrati sono in aumento lungo tutta la fascia costiera anche in concomitanza dei forti e continui apporti di acque dolci. I valori di ossigeno disciolto lungo la colonna d'acqua rientrano nella norma, fanno eccezione alcune zone di fondo antistanti Casalborsetti e Goro che tendono all'ipossia. Invariati i valori di temperatura delle acque superficiali rispetto a quelli rilevati la settimana scorsa.

Bollettino N 15 del 23 - 24 Giugno 2008

Il monitoraggio effettuato questa settimana evidenzia ancora l'influenza delle immissioni di acque dolci provenienti dal bacino Padano e dai fiumi costieri; infatti si registrano livelli bassi di salinità soprattutto nell'area più settentrionale lungo la costa, con valori medi intorno a 21,8 psu e valori medi nella zona centro-meridionale che non superano però i 31 psu. In notevole aumento la temperatura delle acque superficiali rispetto i rilevamenti della scorsa settimana, in particolare nella zona "A" dove si registra un aumento di circa 5°C. Buona la trasparenza delle acque nelle zone centro-meridionale dove anche gli indici di biomassa microalgale risultano bassi, mentre nella zona settentrionale anche se in lieve aumento i valori medi di trasparenza non superano i 180 cm. La bassa trasparenza in questa zona è dovuta sia alla presenza di materiale in sospensione di origine fluviale lungo tutta la colonna d'acqua, sia a valori degli indici trofici medio-alti che attestano la presenza di abbondanze microalgali soprattutto a 500 m dalla Foce del Reno a Bagni di Volano. Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto sul fondo si registrano valori in diminuzione nella zona centro-settentrionale, valori che sottolineano una situazione di ipossia soprattutto al nord dove si osservano situazioni più critiche tendenti all'anossia, normale invece la situazione lungo la zona compresa tra Cesenatico e Cattolica.

Bollettino N 16 del 01 - 02 Luglio 2008

I controlli ambientali sull'ecosistema marino antistante l'Emilia Romagna evidenziano condizioni trofiche diverse lungo la fascia costiera. L'area centro-settentrionale ancora largamente influenzata da apporti di acque dolci provenienti dal bacino padano delinea uno stato qualitativo "mediocre/scadente" delle acque marine. In forte diminuzione infatti la salinità delle acque superficiali anche nelle stazioni al largo e aumento della torbidità lungo tutta la colonna d'acqua. I continui apporti di elementi nutritivi (N/P) sostengono intense fioriture microalgali che attestano una condizione generale di eutrofizzazione che si estende da Cervia fino a Goro. I valori di ossigeno disciolto in queste zone risultano elevati in superficie mentre diminuiscono bruscamente in prossimità del fondo evidenziando alcune aree critiche con valori di ossigeno prossimi allo zero (ipossia/anossia). Rispetto la settimana scorsa si registra inoltre un aumento delle temperature delle acque superficiali di circa 3°C. La zona meridionale presenta al contrario una condizione ambientale migliore con valori di clorofilla bassi e buona trasparenza delle

acque. Rimane bassa la salinità che registra un valore medio di circa 31 psu anche nelle stazioni a 10 e a 20 Km dalla costa. Risultano inoltre nella norma i valori di ossigeno rilevati sia in superficie che sul fondo.

Bollettino N 17 del 09 - 10 Luglio 2008

Venti provenienti da sud-ovest (Libeccio) hanno contribuito a migliorare le condizioni ambientali dell'ecosistema marino-costiero antistante l'Emilia-Romagna, soprattutto nell'area settentrionale risultata più critica nello scorso monitoraggio. Durante i controlli effettuati si sono registrati valori di ossigeno disciolto nella norma lungo tutta la colonna d'acqua non evidenziando condizioni di ipossia/anossia sul fondo. La colonna d'acqua risulta ben mescolata con valori di salinità in netto aumento rispetto alla scorsa settimana, valori che si attestano in media sui 31-32 PSU. In diminuzione le temperature delle acque superficiali che in media hanno registrato valori intorno ai 25°C lungo tutta la fascia costiera. Più bassi, rispetto la scorsa settimana, i valori di clorofilla "a", anche se nella zona compresa tra Lido Adriano e Bagni di Volano rimangono superiori ai 10 mg/L configurando una condizione di eutrofizzazione ancora in atto. Da segnalare la presenza di macchie rosse in superficie di fronte a Marina di Ravenna che si estendono per circa 6 miglia in direzione sud lungo la fascia costiera e dalla spiaggia fino a circa 2,5 miglia al largo. L'indagine al microscopio ha rilevato la presenza di elevate concentrazioni di microalghe appartenenti al gruppo delle Dinoflagellate (*Katodinium rotundatum* e *Scrippsiella* spp.) responsabili di questa particolare colorazione.

Bollettino N 18 del 14 - 16 Luglio 2008

Causa avaria del mezzo navale il monitoraggio di questa settimana non è stato completato nel tratto nord della costa. Nella zona monitorata (Marina di Ravenna-Cattolica) permane una condizione caratterizzata da valori di salinità medio-alti; condizione favorita dai venti di Libeccio che tendono a trasferire verso costa acque di fondo ad alta salinità (fenomeno di upwelling). Una condizione tendente all'ipossia si evidenzia nella zona centrale della costa in particolare lungo il transetto di Cesenatico a partire da 1 Km fino ai 10 Km al largo. Gli indici di produttività primaria (Clorofilla "a") sono in diminuzione nella zona centrale della costa rispetto la settimana scorsa mentre nella zona più meridionale risultano in leggero aumento. Alti i valori di trasparenza delle acque che in media raggiungono i 3 m. In diminuzione di un grado circa rispetto ai controlli precedenti, la temperatura che si attesta sui 24°C (valore medio) lungo tutta l'area controllata.

Bollettino N 19 del 28 - 29 Luglio 2008

La fascia costiera dell'Emilia Romagna è caratterizzata in generale da bassi livelli di biomassa microalgale che attestano una condizione di stato qualitativo ambientale "Buono/Elevato". Nella zona che si estende dal delta Po a Foce Reno, gli indicatori di stato trofico tendono ad aumentare configurando una situazione di eutrofizzazione determinata ed alimentata dagli apporti di nutrienti sversati dal fiume Po, come si evince anche dai valori medio/bassi di salinità riscontrati in questa zona. Nella predetta area, al livello del fondale, l'ossigeno tende a diminuire fino ad una condizione di anossia nella zona antistante Lido delle Nazioni; in ogni caso nella

fascia costiera da Ravenna al delta Po l'ossigeno sul fondo si riduce di circa il 50% rispetto alla superficie. La temperatura, che oscilla da 25.7 e 27.7 °C, rientra nella variazione media del periodo. La trasparenza, bassa nelle zone eutrofiche, risulta elevata nell'area a sud della costa e nelle stazioni verso il largo (6-10 Km) fino a 9.5 metri di visibilità. Da segnalare nella zona che si estende dal porto canale di Cesenatico fino a quello di Cervia lungo la fascia costiera (0-300 m) lo sviluppo di una fioritura microalgale determinata dalla Raphidoficea *Fibrocapsa japonica* che si manifesta con colorazioni rosso-marrone delle acque superficiali e riduzione della trasparenza particolarmente nelle ore pomeridiane.

Bollettino N 20 del 04 - 05 Agosto 2008

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna la situazione ambientale risulta molto complessa e diversificata passando da nord verso sud, da costa verso il largo e dalla superficie al fondo. La parte settentrionale della costa (dal delta Po fino a Porto Garibaldi) è caratterizzata da un processo di eutrofizzazione determinato da microalghe (Diatomee) che configurano una colorazione verde delle acque superficiali, con livelli di biomassa microalgale che raggiungono i 20 µg/litro di clorofilla. All'interno di questa zona si osservano focolai sporadici e di limitate dimensioni di sviluppo di microalghe appartenenti alle Dinoflagellate che assumono una colorazione rossa. Il processo eutrofico è alimentato dagli apporti di nutrienti generati dal bacino padano come attestato dalla riduzione della salinità che si evidenzia in questa zona e favorito dalle condizioni meteo-marine stabili del periodo. Nell'area centro-meridionale della costa (Ravenna-Cattolica) gli indicatori di biomassa microalgale in superficie e soprattutto nelle stazioni al largo sono bassi con alta trasparenza; la situazione ambientale nella predetta zona si mantiene pertanto in uno stato qualitativo ambientale "Elevato". In peggioramento ed in estensione rispetto la scorsa settimana è la condizione di ossigenazione degli strati prossimi al fondale; nella zona che si estende dal delta del Po a circa Ravenna fino a 10-12 Km dalla costa per un'area stimata in 150-200 Km² si rileva uno stato di anossia delle acque di fondo con moria degli organismi la cui vita è strettamente legata al sedimento. Questa situazione che altera profondamente gli equilibri ambientali è destinata a perdurare ed estendersi se le condizioni meteo-marine si mantengono stabili con assenza di mare mosso. Le temperature sono in ulteriore aumento e oscillano tra 27.6 e 30.1 °C a 0.5 Km dalla costa; valori superiori di 2-3 °C rispetto la media climatologica del periodo. Permane e si espande la fioritura della microalga *Fibrocapsa japonica* nella fascia costiera che attualmente interessa la zona di levante di Cesenatico fino al fiume Rubicone e che si manifesta con colorazione rosso-marrone delle acque superficiali nei primi 200-300 metri dalla battigia. Lo sviluppo della fioritura è molto variabile con scale temporali a carattere giornaliero e si concentra soprattutto nelle ore pomeridiane.

Bollettino N 21 del 11 - 12 Agosto 2008

Le misure effettuate nelle stazioni della rete di monitoraggio delle acque marine rilevano un miglioramento dello stato qualitativo ambientale rispetto la scorsa settimana. In particolare il processo di eutrofizzazione risulta in regressione e localizzato nelle zone a ridosso del delta padano. Anche lo stato di anossia delle acque di fondo si è risolto e le condizioni di ossigenazione delle acque prossime al fondale mostrano soltanto sporadici casi di ipossia localizzati nella zona costiera settentrionale. Il miglioramento delle condizioni ambientali è stato determinato essenzialmente dal moto ondoso dei giorni scorsi sostenuto dai venti di nord-est che hanno operato un rimescolamento soprattutto nelle stazioni costiere. Ad eccezione della zona a ridosso del delta padano la salinità tende a livellarsi su valori che rientrano nella variazione media climatologica, mentre la temperatura, che varia tra 26.8 °C e 27.5 °C, sebbene in diminuzione rispetto il precedente monitoraggio, risulta superiore di 1-2 °C in confronto alla media climatologica del periodo.

Bollettino N 22 del 18 - 19 Agosto 2008

Lo stato qualitativo dell'ambiente marino costiero presenta una situazione caratterizzata in generale da livelli di biomassa microalgale medio-bassi ad eccezione della zona a ridosso del delta del fiume Po dove, al contrario, raggiunge valori alti; in questa area, interessata direttamente dagli apporti del bacino padano, come attestato dalla diminuzione della salinità, si riscontra una condizione di eutrofia e di conseguente scarsa trasparenza. Nella parte meridionale della costa la biomassa microalgale è invece bassa con valori di clorofilla inferiori a 3 mg/l, attestando lo stato ambientale dell'ecosistema su valori di "Buono/Elevato". I controlli dell'ossigeno disciolto evidenziano per le acque di fondo casi di ipossia/anossia localizzati nella zona settentrionale e centrale della costa. La temperatura delle acque superficiali registra una diminuzione di almeno 1° C rispetto al monitoraggio della settimana precedente lungo tutta la fascia costiera. Da segnalare l'elevata trasparenza delle acque nella zona meridionale della costa verso il largo, con visibilità superiore a 10 m. Nella zona che si estende dal porto canale di Cesenatico fino a Pinarella di Cervia lungo la fascia prettamente costiera (0-300 m) si evidenzia la ricomparsa della fioritura microalgale sostenuta dalla Raphidoficea *Fibrocapsa japonica* che si manifesta con colorazioni rosso-mattone delle acque superficiali e forte riduzione della trasparenza in particolare nelle ore pomeridiane.

Bollettino N 23 del 25 - 26 Agosto 2008

Lungo la fascia costiera che si estende dal delta Po a Ravenna permane una condizione di eutrofizzazione che si manifesta con una colorazione verde-marrone delle acque superficiali, con livelli di biomassa microalgale compresi tra 14 e 17 µg/l di Clorofilla "a". Se si esclude la zona a ridosso del delta padano, nelle stazioni verso il largo (3-10 Km) il processo eutrofico si riduce sensibilmente rientrando in un quadro di normalità. Nella zona centrale e soprattutto in quella meridionale della costa gli indicatori di stato trofico si mantengono bassi attestando una condizione di stato ambientale "Buono/Elevato". La colonna d'acqua risulta ben rimescolata ed i livelli di ossigeno sul fondo si sono alzati rispetto la scorsa settimana e non sussistono più le

condizioni di ipossia/anossia delle acque prossime al fondale. Tutti gli altri parametri idrologici rilevati nelle stazioni monitorate rientrano nella variazione media del periodo confrontati con la climatologia poliennale. Da segnalare che oltre alla zona che si estende da Cesenatico a Tagliata (Cervia), nell'area a nord e a sud del porto di Riccione è in atto una fioritura microalgale sostenuta dalla Raphidoficea *Fibrocapsa japonica* che si manifesta con colorazioni rosso-mattone delle acque superficiali e forte riduzione della trasparenza in particolare nelle ore pomeridiane.

Bollettino N 24 del 01 - 02 Settembre 2008

La situazione ambientale delle acque marino costiere rilevate questa settimana rimane pressoché invariata rispetto alle rilevazioni effettuate nel precedente monitoraggio, caratterizzata da una condizione di eutrofizzazione che interessa la fascia costiera che si estende dal delta Po a Ravenna e da costa fino a 3-4 Km verso il largo. Nella predetta zona si riscontra una riduzione della salinità più accentuata nell'area prossima al delta padano che testimonia l'apporto di nutrienti generati nel bacino padano che alimentano e sostengono la fioritura microalgale in atto. Lo stato eutrofico, determinato essenzialmente da Diatomee, si manifesta con una colorazione verde delle acque e con livelli di Clorofilla "a" che variano nella zona costiera da 9.1 a 19.8 µg/litro. In tale area oltre ad una riduzione della trasparenza che si attesta attorno al metro di visibilità, si riscontra nelle acque di fondo una generale sottosaturazione dell'ossigeno che si riduce di oltre il 50% rispetto la superficie e raggiunge condizioni di ipossia e aree localizzate di anossia lungo il transetto di Goro da costa fino a 10 Km verso il largo. La parte centro-meridionale della costa permane in uno stato ambientale "Buono/Elevato" con bassi livelli di biomassa microalgale ed alta trasparenza. Nelle stazioni monitorate la colonna d'acqua risulta instabile ed i parametri idrologici si distribuiscono uniformemente dalla superficie al fondo. Da segnalare che nella zona antistante Cattolica venerdì 29 agosto si è sviluppata una fioritura microalgale sostenuta dalla Raphidoficea *Fibrocapsa japonica* che si manifestava con colorazioni rosso-marrone delle acque superficiali, forte riduzione della trasparenza e che interessava i primi 300-400 m dalla costa e che il medesimo processo eutrofico è attualmente presente nell'area antistante Riccione.

Bollettino N 25 del 08 - 09 Settembre 2008

I venti di Ponente/Libeccio (W/SW) dei giorni scorsi hanno provocato un rapido ricambio delle masse d'acqua lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna. In particolare le acque di superficie sono state sospinte al largo con conseguente richiamo di quelle di fondo verso costa. Questo modello di circolazione perpendicolare alla costa, denominato "upwelling" ha determinato un incremento della salinità, un aumento della trasparenza e soprattutto un miglioramento dello stato di eutrofizzazione che persisteva da oltre due settimane nella zona compresa tra il Delta Po e Ravenna. In tale area gli indicatori di biomassa microalgale sono medio/bassi, inferiori a 10 µg/L. Permane una condizione di sottosaturazione dell'ossigeno disciolto nelle acque prossime al fondale in tutta la costa che in aree limitate nella parte centro-settentrionale raggiunge lo stato di anossia. Come rilevato nel precedente monitoraggio la parte centro-meridionale della costa risulta in uno stato ambientale "Buono/Elevato" con bassi livelli di biomassa microalgale ed alta

trasparenza. Nella zona antistante Rimini sud persiste la fioritura microalgale sostenuta dalla Raphidoficea *Fibrocapsa japonica* che si manifesta però a chiazze ed in regressione sia come intensità sia come areale interessato rispetto la scorsa settimana.

Bollettino N 26 del 18 - 19 Settembre 2008

Il monitoraggio sullo stato qualitativo delle acque costiere marine ha rilevato che tutta la fascia costiera che si estende dal delta Po a Cattolica e da costa fino a 10 Km verso il largo si mostra omogenea senza distinzione per quanto concerne i parametri trofici tra la zona settentrionale e quella meridionale come era stato riscontrato nelle scorse settimane. I bassi livelli di biomassa microalgale che si attestano attorno a 3 µg/l di clorofilla "a" evidenziano l'assenza di fenomeni eutrofici ed in generale mostrano un miglioramento dello stato qualitativo ambientale. Il mare mosso dei giorni scorsi, il rimescolamento della colonna d'acqua ed il ricambio delle masse d'acqua sono gli elementi principali del miglioramento in atto. Anche le limitate condizioni di carenza di ossigeno delle acque di fondo rilevate nei precedenti monitoraggi si sono risolte e la situazione è ritornata nella norma. Da un punto di vista idrologico i fattori quali l'alta salinità variabile da 34.7 a 35.7 psu, l'uniformità della distribuzione nella colonna d'acqua delle variabili chimico-fisiche e la riduzione della temperatura che si attesta attorno a 22.5 °C rientrano in un quadro di normalità del periodo.

Bollettino N 27 del 29 - 30 Settembre 2008

La fascia costiera monitorata questa settimana non è interessata da fioriture microalgali. Gli indicatori di stato trofico (clorofilla "a", ossigeno) tendono ad aumentare rispetto al precedente monitoraggio, mantenendosi in ogni caso al di sotto della condizione di eutrofizzazione. La forte mareggiata della scorsa settimana e la diminuzione delle temperature atmosferiche hanno determinato una riduzione della temperatura in superficie di circa 2 °C rispetto la media climatologica del periodo, attestandosi mediamente attorno ai 18 °C. In generale la colonna d'acqua è ben rimescolata e le grandezze idrologiche si distribuiscono uniformemente dalla superficie al fondo. Nelle stazioni verso il largo inizia ad instaurarsi l'inversione termica caratterizzata da temperature più calde negli strati verso il fondo rispetto quelle di superficie. L'apporto di acque dolci dai fiumi si manifesta con una generale riduzione della salinità in tutta la costa che passa da 35.5 della scorsa settimana a 31.0 psu riscontrata in questo monitoraggio. Le acque costiere presentano un'alta torbidità (attorno al metro di visibilità) conseguente soprattutto alla risospensione del materiale inorganico fine per effetto del mare mosso.

Bollettino N 28 del 07 - 08 Ottobre 2008

La situazione dello stato qualitativo ambientale delle acque costiere marine rimane pressoché invariata rispetto al monitoraggio della scorsa settimana, caratterizzata da assenza di fioriture microalgali, da indici medio/bassi di biomassa microalgale (4-5 µg/L di clorofilla "a") che tendono a livellarsi su tutta la costa e da salinità alta variabile da 35 a 36.5 psu. I parametri idrologici rientrano nella variazione media del periodo, in linea con la climatologia della zona ed in particolare si distribuiscono uniformemente dalla superficie al fondo con assenza di stratificazioni rendendo la colonna d'acqua instabile che favorisce gli scambi tra la zona

superficiale e quella più profonda. Lo stato di ossigenazione del fondale permane elevato e prossimo alla saturazione senza variazioni significative rispetto alla superficie.

Bollettino N 29 del 13 - 14 Ottobre 2008

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna la situazione ambientale si diversifica passando da nord verso sud. Nella zona centro-settentrionale gli indicatori di stato trofico tendono ad aumentare configurando una situazione di eutrofizzazione caratterizzata da bassi valori di salinità in superficie, bassa trasparenza ed alti valori di clorofilla. Infatti, l'apporto di acque dolci di origine fluviale porta ad un generale abbassamento dei valori di salinità nella zona settentrionale, passando dai 36 della scorsa settimana ai 32 psu rilevati in questo monitoraggio. Nella zona meridionale della costa invece, i bassi livelli di biomassa microalgale (mediamente 3 µg/l di clorofilla "a") insieme alla buona trasparenza ed alla elevata salinità, evidenziano l'assenza di fenomeni eutrofici. In generale, il rimescolamento della colonna d'acqua mantiene uniformate dalla superficie al fondo le grandezze idrologiche rilevate. Condizioni di sottosaturazione dell'ossigeno disciolto nelle acque di fondo si registrano in aree costiere circoscritte della zona nord con zone anossiche nelle zone più al largo (10 Km). Invariata rispetto alla settimana scorsa la temperatura delle acque in superficie.

Bollettino N 30 del 21 - 22 Ottobre 2008

La stabilità meteo-marina del periodo attuale unitamente agli apporti di acqua dolce, seppur limitati, provenienti principalmente dal bacino padano hanno favorito lo sviluppo di un processo di eutrofizzazione che interessa essenzialmente la zona che si estende dal delta Po fino a Ravenna. La fioritura microalgale determinata essenzialmente da Diatomee appartenenti al genere *Chaetoceros* sp. che raggiunge livelli di biomassa fitoplanctonica 2-3 volte superiore al limite della condizione di eutrofizzazione, si manifesta con una colorazione verde-marrone delle acque in superficie ed interessa anche le stazioni verso il largo (6-10 Km dalla costa). Nella predetta zona mentre l'ossigeno in superficie mostra valori in sovrasaturazione, a livello del fondale l'ossigeno diminuisce sensibilmente raggiungendo in generale una condizione di ipossia che diventa anossia (assenza di ossigeno) nell'area settentrionale dal delta Po a Porto Garibaldi. Nella zona meridionale della costa la situazione migliora sensibilmente con livelli di biomassa microalgale medio/bassi. La trasparenza è bassa (1,5 m di visibilità) nelle aree eutrofiche mentre incrementa di circa il doppio nella parte sud della costa. In linea con la variazione media del periodo risultano i restanti parametri idrologici monitorati.

Bollettino N 31 del 27 - 28 Ottobre 2008

Lo stato ambientale delle acque costiere marine dell'inizio di questa settimana non presenta significative variazioni rispetto al precedente monitoraggio. La zona settentrionale della costa è ancora interessata da un processo di eutrofizzazione che è sostenuto ed alimentato dagli apporti di nutrienti sversati essenzialmente dal bacino padano. La fioritura microalgale determinata da Diatomee tende a diminuire procedendo verso la parte centrale della costa pur mantenendo valori di biomassa microalgale medio/alti, leggermente inferiori alla condizione di eutrofizzazione. Permane una situazione di anossia (ossigeno compreso tra 0 e 1 mg/l) nelle

acque prossime al fondale nella zona che si estende dal delta Po fino a Porto Garibaldi che passa ad uno stato di ipossia (ossigeno compreso tra 1 e 3 mg/l) nella zona costiera fino a Ravenna. Non è stato possibile completare la rete di monitoraggio nella zona meridionale della costa in quanto il sopraggiungere del mare mosso, che si protrae da 3 giorni, non ha consentito l'uscita in mare. Le mutate condizioni meteo-marine caratterizzate da venti provenienti da sud-ovest hanno apportato probabilmente un miglioramento della situazione ambientale nella zona nord che saranno verificate nel monitoraggio della prossima settimana.

Bollettino N 32 del 04 - 07 Novembre 2008

Il monitoraggio dello stato qualitativo delle acque costiere marine effettuato questa settimana evidenzia la suddivisione della costa in due zone ben distinte sulla base delle caratteristiche idrologiche e della biomassa microalgale. La prima zona che va dal delta Po fino a Ravenna è caratterizzata, come la scorsa settimana, da livelli di clorofilla medio/bassi, in regressione soprattutto nella zona prospiciente il delta Po e da salinità molto bassa in superficie (20.16 psu medio). In quest'area si osserva una forte stratificazione alina causata dai consistenti apporti di acqua dolce veicolati dal fiume Po che in questa giornata presenta una portata di 5.100 mc/sec. Anche nella fascia costiera antistante il fiume Reno si osserva una estesa "plume" di acqua dolce molto torbida. La condizione di ipossia e anossia riscontrata la scorsa settimana nella zona a ridosso del delta Po risulta in ulteriore regressione localizzandosi nell'area antistante Lido delle Nazioni e Goro. Nella parte sud della costa invece la salinità è alta, il livello della biomassa microalgale è molto basso, configurando in tal modo uno stato qualitativo dell'ecosistema "Buono/Elevato".

Bollettino N 33 del 19 - 20 Novembre 2008

La fascia costiera emiliano-romagnola è interessata da un processo di eutrofizzazione che si manifesta con una colorazione marrone delle acque. La fioritura microalgale determinata prevalentemente da Dinoflagellate risulta più intensa nella zona centro-meridionale della costa (Ravenna-Cattolica) con valori medi di biomassa microalgale pari a 23.4 µg/l di Clorofilla "a". Lo sviluppo del fitoplancton è determinato dall'apporto di nutrienti essenzialmente generati nel bacino padano che nell'area più meridionale della costa trovano le condizioni ambientali e meteo-marine favorevoli per tradursi in biomassa microalgale. Lo stato di ossigenazione del fondale risulta buono ad eccezione dell'area centro-settentrionale dove sul fondo si evidenzia una riduzione dell'ossigeno di circa il 40% rispetto la superficie. Tutta l'area costiera è caratterizzata da una bassa salinità variabile tra 12 e 28 psu che attesta consistenti apporti dal fiume Po ed anche dai fiumi costieri determinando una stratificazione della colonna d'acqua che in genere in questo periodo risulta omogenea. L'input di acque dolci influisce anche sulla temperatura superficiale che nella zona settentrionale (Ravenna-Goro) mostra valori inferiori di 2 °C rispetto la media climatologica del periodo.

Bollettino N 34 del 03 - 04 Dicembre 2008

La zona costiera dell'Emilia-Romagna è interessata da una sostenuta circolazione delle masse d'acqua con direzione nord-sud i cui forzanti principali sono i venti da nord-ovest e la notevole

immissione di acque dolci sversate sia dal Po (4.800 mc/sec) che dal Reno. In particolare nel primo Km a livello delle foci fluviali si osserva un pennacchio di acque dolci ben distinto dalle acque salate, che si stratifica nei primi 2 metri, ricco di materiale fine limaccioso. Il mare mosso del periodo ha ridotto la concentrazione di biomassa microalgale livellandola su valori bassi (3.0 µg/l) in relazione al periodo su tutta la zona. Sulla base di questo parametro si può affermare che le acque costiere si trovano in uno stato ambientale "Buono/Elevato". Non si evidenziano pertanto situazioni di eutrofia ed anche l'ossigenazione del fondale risulta migliorata rispetto lo scorso monitoraggio. Mentre nelle stazioni costiere la colonna d'acqua è instabile in quanto le grandezze idrologiche si distribuiscono uniformemente, nelle zone verso il largo sul fondo la temperatura si attesta su 15.5 °C mentre in superficie oscilla tra 11.5 e 12.5 °C.

Bollettino N 35 del 17 - 22 Dicembre 2008

Le abbondanti e persistenti precipitazioni che stanno caratterizzando il mese di dicembre influiscono sulla salinità e sulla temperatura nell'area indagata questa settimana. I valori di salinità mostrano concentrazioni basse sia nelle stazioni sottocosta che in quelle al largo con valori medi di circa 22 psu per la zona nord e con un minimo di 13.75 psu registrato a 10 Km al largo di Bagni di Volano di poco inferiore rispetto al valore di 13.83 psu registrato sempre a 10 Km di distanza dalla costa ma di fronte a Lido Adriano. Conseguentemente alla presenza di grandi masse d'acqua dolce lungo la fascia costiera, la temperatura mostra un abbassamento, raggiungendo nella zona settentrionale e centrale valori medi di 8°C. Anche la trasparenza risente del particolato in sospensione di origine terrestre veicolato a mare dal Po e dai bacini minori. I valori di clorofilla in generale si presentano con concentrazioni che si allineano al dato medio climatologico del periodo, ad eccezione di alcune stazioni di fronte Porto Garibaldi dove il parametro raggiunge valori medio alti. Buoni i valori di ossigeno in superficie e sul fondo.

5.1.1 Evoluzione dei processi eutrofici nel 2008. Sintesi riassuntiva

Gennaio – Febbraio 2008

I primi controlli del 2008 effettuati lungo la costa dell'Emilia Romagna hanno evidenziato una buona condizione ambientale dell'ecosistema marino, caratterizzato da bassi valori di biomassa algale, buona trasparenza delle acque e una salinità che si mantiene in media intorno ai 32 psu sia nella zona settentrionale della costa sia nella zona centro-meridionale. I valori di ossigeno lungo tutta la colonna d'acqua risultano buoni come conseguenza, di una attiva circolazione delle masse d'acqua che contribuisce inoltre, a mantenere omogenei i valori delle altre variabili idrologiche quali temperatura, salinità e pH. A fine gennaio si registra un innalzamento degli indici trofici soprattutto nell'area più settentrionale della costa interessata da cospicue immissioni di acque dolci dal bacino padano in conseguenza di abbondanti precipitazioni.

Nel corso del mese di febbraio si assiste ad un progressivo aumento della biomassa microalgale lungo tutta la costa, alimentata dai continui apporti di nutrienti veicolati dai bacini costieri ed in particolare da quello del Po; nella zona a ridosso del delta padano si instaura una condizione di elevata eutrofia che a fine mese si estende anche al largo dalla costa e più a sud. Il processo eutrofico in questa zona più esteso a fine mese si manifesta con una colorazione verde-marrone delle acque superficiali, bassa trasparenza e una diminuzione dei valori di salinità. Nell'area più meridionale lungo la costa al contrario, gli indici di stato trofico rimangono sempre bassi attestando una buona condizione ambientale dell'ecosistema.

Marzo- Aprile 2010

Condizioni meteo-marine instabili verificatesi nei primi giorni di marzo, hanno contribuito ad apportare un miglioramento dello stato qualitativo dell'ambiente marino costiero. Situazioni di forte mare mosso hanno determinato un completo rimescolamento delle masse d'acqua con conseguente dispersione del fenomeno eutrofico. In generale fino alla fine di aprile la colonna d'acqua risulta ben rimescolata grazie ad una sostenuta circolazione delle masse d'acqua che favorisce una buona ossigenazione sia in superficie sia negli strati prossimi al fondale. Ad inizio aprile nelle stazioni a maggior profondità inizia ad instaurarsi il termocline che stratifica la colonna d'acqua in due zone a diversa densità. Da segnalare la presenza di filamenti (1-2 cm) di materiale organico in superficie nella zona centrale della costa a metà del mese di aprile, dovuti alla disgregazione cellulare dell'organismo *Noctiluca scintillans* in questo periodo presente abbondantemente nelle acque marine e che ne determina, quando raggiunge concentrazioni elevate, una caratteristica colorazione a macchie arancione intenso.

Permangono a marzo condizioni di ridotta salinità e trasparenza medio-bassa inferiore ai 2 metri nell'area compresa tra Ravenna e Bagni di Volano dove si registrano anche più elevate concentrazioni di fitoplancton che attestano un continuo contributo di elementi nutritivi sia dal bacino del fiume Reno sia dal bacino del Po, anche se ridotto in termini di portata.

Maggio-Giugno 2008

Il controllo dell'ambiente marino costiero nel mese di maggio evidenzia la suddivisione della costa in due zone distinte: la prima si estende da Ravenna fino alla zona più a nord antistante Bagni di Volano e la seconda da Cesenatico a Cattolica. La zona centro-meridionale rimane caratterizzata da uno stato ambientale "Buono/Elevato" con bassi livelli di indice trofico, elevata trasparenza delle acque superficiali, elevata salinità e buona ossigenazione lungo tutta la colonna d'acqua.

Al contrario, la zona più settentrionale rimane la più critica con una qualità ambientale condizionata notevolmente dal continuo sversamento di acque dolci in mare da parte dei bacini costieri, che alimentano la componente fitoplanctonica presente in mare e che contribuiscono ad innescare lo sviluppo di un intenso processo eutrofico. La colorazione caratteristica verde-marrone delle acque superficiali evidenziata durante il periodo in questa zona è determinata da una fioritura microalgale appartenente al genere *Chaetoceros* (Diatomea) che contribuisce inoltre a mantenere bassi i livelli di trasparenza; bassi rimangono anche i valori di salinità mentre l'ossigeno, a parte limitate zone tendenti all'ipossia a ridosso del delta padano, rientra nella norma.

La temperatura risulta in continuo e repentino aumento sia al nord che al sud attestandosi all'inizio del mese sui 17°C. È stata rilevata ancora la presenza in maggio nelle zone a 10-20 Km al largo della costa di fioriture di *Noctiluca scintillans* sia in fase di sviluppo (chiazze superficiali di colore arancione intenso) sia in fase di degradazione (piccoli filamenti mucilluginosi). Si registra in questo periodo una inusuale presenza in forma addensata della medusa *Aurelia aurita* a livello di termocline (-8/-10 m).

Il mese di giugno è caratterizzato da un continuo sversamento in mare di acque dolci provenienti dai bacini costieri, pertanto in questo periodo si registrano valori di salinità medio-bassi lungo tutta la zona monitorata in progressiva diminuzione da sud verso nord; nella zona più a nord nell'ultimo monitoraggio del mese si è raggiunta una salinità in media pari a 21,8 psu.

Rimane bassa la trasparenza a causa oltre di elevate concentrazioni di fitoplancton, anche di una elevata torbidità dovuta alla presenza di detrito di origine fluviale.

Luglio – Agosto 2008

Il primo monitoraggio di luglio delinea uno stato qualitativo “Mediocre/Scadente” delle acque marine lungo la costa centro-settentrionale antistante l’Emilia-Romagna. Rimangono bassi i valori di salinità delle acque superficiali mentre i valori di ossigeno disciolto in questa zona (Cervia-Bagni di Volano) risultano elevati in superficie e diminuiscono bruscamente in prossimità del fondo evidenziando alcune aree critiche con valori tendenti all’ipossia/anossia. La zona più meridionale presenta al contrario una condizione ambientale migliore con bassi valori di clorofilla “a”, buona trasparenza delle acque superficiali e valori di ossigeno nella norma lungo tutta la colonna.

Venti provenienti da sud-ovest (Libeccio) nel corso del mese hanno contribuito a migliorare notevolmente la condizione nelle zone critiche al nord, innescando un trasferimento verso costa di acque di fondo ad alta salinità che hanno così permesso un buon rimescolamento di tutta la colonna d’acqua. Rimangono circoscritte nelle aree più settentrionali le zone a maggior criticità, condizionate dal bacino padano che continua a veicolare in mare nutrienti che alimentano la componente microalgale e che determinano di conseguenza una condizione di elevata trofia delle acque.

Durante il monitoraggio del 9/10 luglio si è segnalata la presenza in mare di macchie superficiali di colore rosso, antistanti Marina di Ravenna, causate dalla presenza di elevate concentrazioni di microalghe appartenenti al gruppo delle Dinoflagellate (*Katodium rotundatum* e *Scrippsiella* spp.)

A fine luglio e ad inizio agosto si è registrata invece nella zona compresa tra Cesenatico e Cervia lo sviluppo di un’intensa fioritura di Raphidophyceae (*Fibrocapsa japonica*). In questo periodo la presenza di *Fibrocapsa japonica* è stata molto variabile manifestandosi soprattutto nelle prime ore pomeridiane nella fascia compresa tra 0 e 300 m dalla battigia. Le acque presentavano in questi momenti una colorazione intensa rosso-marrone e una forte riduzione della trasparenza.

Agli inizi del mese di agosto la fascia costiera antistante l’Emilia Romagna presenta una condizione particolarmente complessa nell’area più a nord precisamente da Porto Garibaldi fino al delta del Po che si discosta dalla condizione ambientale rilevata nell’area centro-meridionale. La zona settentrionale è interessata infatti da un intenso processo eutrofico con livelli di biomassa microalgale elevati che contribuiscono a mantenere bassa la trasparenza e a conferire un caratteristico colore verde alle acque superficiali. Questo processo eutrofico sostenuto da microalghe appartenenti al gruppo

delle Diatomee è favorito da condizioni meteo-marine stabili del periodo e mantenuto dal continuo apporto di nutrienti provenienti dal bacino padano.

Completamente diversa la condizione delle acque marine lungo la costa centro-meridionale: da Ravenna a Cattolica l'ecosistema marino si presenta con una "Buona" qualità ambientale, con bassi valori di clorofilla ed elevata trasparenza delle acque superficiali.

Settembre- Ottobre 2008

Permane anche agli inizi del mese di settembre la condizione di eutrofizzazione dell'ambiente marino costiero nella zona centro settentrionale caratterizzata da una forte riduzione della salinità, elevati valori degli indici trofici e riduzione della trasparenza. Si registrano aree localizzate di anossia lungo il transetto antistante Bagni di Volano da costa fino ai 10 Km al largo.

Questa criticità viene però superata dopo un periodo di venti spiranti da ovest e sud/ovest (Ponente/Libeccio) che hanno contribuito ad un rapido ricambio delle masse d'acqua lungo tutta la fascia costiera. Le acque di superficie sono state spinte al largo con conseguente richiamo di quelle di fondo verso costa (upwelling) determinando un aumento della salinità, aumento della trasparenza e soprattutto un miglioramento dello stato qualitativo dell'ecosistema.

Questo stato qualitativo "Buono" dell'ambiente marino rimane in generale per tutto il mese di settembre e inizio ottobre anche se in alcune zone rimangono situazioni di criticità per quanto riguarda l'ossigeno disciolto nelle acque prossime al fondale dove in alcuni momenti raggiunge valori prossimi allo zero.

Gli indici trofici iniziano a crescere nuovamente a metà ottobre in corrispondenza di nuovi apporti di nutrienti dai fiumi in mare, immissioni di acque dolci dai bacini interni che determinano inoltre un abbassamento dei valori di salinità delle acque superficiali e una diminuzione della trasparenza.

Gli ultimi giorni di ottobre sono caratterizzati da una stabilità meteo-marina che contribuisce ad intensificare la condizione di eutrofizzazione al nord con lo sviluppo di una fioritura microalgale determinata essenzialmente da Diatomee appartenenti al genere *Chaetoceros* spp. e che si manifesta con una colorazione verde-marrone delle acque superficiali e che si estende anche nelle stazioni al largo (6-10 Km dalla costa).

Novembre – Dicembre 2008

Il monitoraggio dello stato qualitativo delle acque costiere effettuato agli inizi di novembre registra ancora la presenza di due situazioni diverse lungo la costa e ben distinte sulla base delle caratteristiche idrologiche e di biomassa microalgale. Mentre la zona meridionale mantiene uno stato qualitativo “Buono/Elevato” delle acque, la zona centro settentrionale è interessata da un intenso processo di eutrofizzazione. Indici trofici elevati determinano una colorazione verde-marrone delle acque che ne limitano anche la trasparenza. Valori di salinità medio-bassi confermano il perdurare di immissioni di acque dolci dai bacini costieri ed in particolare dal bacino del Po che portano anche ad una stratificazione della colonna d’acqua molto accentuata. L’input di acque dolci influisce anche sulla temperatura superficiale che nella zona compresa tra Ravenna e Bagni di Volano mostra valori inferiori di 2°C rispetto la media climatologica del periodo.

Il mese di dicembre è caratterizzato da mare mosso che in generale favorisce una riduzione della concentrazione di biomassa microalgale lungo tutta la fascia costiera favorendo anche una buona ossigenazione di tutta la colonna d’acqua.

Rimangono però consistenti le influenze da parte dei bacini costieri che continuano a sversare quantità importanti di acque dolci in mare che riducono notevolmente la salinità nei primi metri, raggiungendo valori bassi non solo in costa ma anche al largo (10 Km dalla costa). Conseguentemente alla presenza di grandi masse d’acqua dolce la temperatura delle acque mostra un abbassamento raggiungendo nell’ultimo controllo effettuato i valori medi di 8°C.

5.2 Aggregati mucilluginosi

Gli aggregati mucilluginosi nel 2008 non sono comparsi in nessuna parte dell’Adriatico Nord occidentale. Sono stati segnalati eventi (non confermati) di presenze di mucillagini nelle acque profonde nella parte meridionale dell’Adriatico. Condizione che avrebbe creato problemi alle sole attività di pesca.

Casi impropriamente ascrivibili a tale matrice sono da attribuire alle fioriture primaverili dell’organismo *Noctiluca miliaris* che in fase di degradazione assume una conformazione a filamenti simili per colore e dimensione a quelli prodotti nel processo di aggregazione della mucillagine.

5.3 Macroalghe

Non sono da segnalare eventi di particolare entità per quanto concerne le proliferazioni macroalgali. Si evidenzia che tali vegetali sono in genere più abbondanti nelle aree protette da barriere frangionda e gli spiaggiamenti in occasione di mareggiate avvengono nelle adiacenti spiagge. Il materiale spiaggiato è per lo più riconducibile alle Ulvacee (*Ulva lactuca*, *Ulva fasciata*), alle Codiaceae (*Codium fragile*) e alla classe delle Rodoficee come *Polysiphonia* sp., *Ceramium* sp e, soprattutto, *Aglaothamnion tenuissimum*. Quest'ultima specie ha un aspetto globoso-sferico con un diametro di 5-7 cm di colore bruno-rossastro, non è ancorata ad alcun supporto e tende ad aggregarsi nelle zone a maggior ristagno ed a spiaggiarsi in occasione di mareggiate anche di modesta entità. L'impatto è comunque di sola natura estetica, necessitando solo di periodiche raccolte attraverso rastrellamenti operati dai servizi comunali.

5.4 Meduse

Si è riproposta anche nell'estate 2008 la presenza della cubomedusa *Carybdea marsupialis*. Si tratta di una specie con distribuzione costiera. Come di norma avviene la loro presenza è stata da più fonti segnalata in diverse aree della costa regionale con il massimo di densità numerica nel periodo luglio - settembre. Questa specie ha un potere urticante medio. Verso la metà del mese di maggio, si è registrata la inusuale presenza in forma addensata della medusa *Aurelia aurita* a livello di termoclino (-8/-10 m).

La specie *Pelagia noctiluca* non è stata segnalata, e questo avviene da diversi anni, in nessun sito delle acque costiere della Regione.

6 CONCLUSIONI

L'apporto di acque fluviali rappresenta un fattore molto importante nell'innescare dei fenomeni che possono incidere sullo stato qualitativo dell'ecosistema marino-costiero. Le portate del fiume Po, ed in maniera proporzionata tutti gli altri fiumi minori, nel 2008 hanno registrato un incremento rispetto al precedente quadriennio. Il valore medio di portata è stato pari a $1.680 \text{ m}^3/\text{sec}$, valore maggiore a quello medio storico di $1.480 \text{ m}^3/\text{sec}$ calcolato sul periodo 1917-2007. Va in ogni caso evidenziato il ripetersi di una rilevante anomalia; quella relativa al crollo delle portate primaverili. Condizione che tende a riflettersi negativamente sulle catene alimentari marine e conseguentemente, sulla produttività dell'alto e medio Adriatico.

Le condizioni ambientali dell'ecosistema marino costiero riferite in particolare allo stato trofico, sono in larga misura dipendenti dagli apporti fluviali.

Sebbene il periodo invernale/primaverile sia stato caratterizzato da basse portate del Po che hanno superato il valore di $1000 \text{ mc}/\text{sec}$ in pochi casi, nel complesso le portate dai bacini imbriferi sono state più elevate con conseguente incremento dei carichi di nutrienti. Tale situazione è anche evidenziata nelle Figura 50 e Figura 51 ove vengono mostrati gli scostamenti verso una media climatologica poliennale delle concentrazioni relative al 2008. In particolare se si focalizza l'attenzione sui nutrienti solubili (ortofosfato nitrati, nitriti e ammoniacca) si nota come le loro concentrazioni siano superiori alla media storica climatologia particolarmente nel periodo estivo/autunnale e per la zona centro-settentrionale.

Come noto le acque costiere marine antistanti la costa emiliano-romagnola presentano un elevato grado di efficienza produttiva, rispetto agli altri mari italiani, nel trasferire in nuova biomassa microalgale e quindi in nuova produttività primaria gli elementi nutritivi, azoto e fosforo in particolare, prodotti dalle varie attività antropiche che insistono sulla pianura padana.

Anche la peculiare circolazione delle acque, tra l'altro estremamente complessa nelle diverse scale spazio-temporali, non favorisce la dispersione dei fattori scatenanti che sostengono i processi di eutrofizzazione, soprattutto nel periodo estivo.

Di seguito viene descritta un'analisi sintetica degli andamenti temporali dei principali eventi eutrofici.

Nel corso del 2008 i primi controlli effettuati in gennaio hanno evidenziato una buona condizione ambientale dell'ecosistema marino, caratterizzato da bassi valori di biomassa algale, buona trasparenza delle acque e una salinità che si mantiene in media intorno ai 32 psu.

Nel mese di febbraio, lungo tutta la costa, si assiste ad un progressivo aumento della biomassa microalgale alimentata dai continui apporti di nutrienti veicolati dai bacini costieri ed in particolare da quello del Po; nella zona a ridosso del delta padano si instaura una condizione di elevata eutrofia che a fine mese si estende anche al largo dalla costa e più a sud.

Condizioni meteo-marine instabili, verificatesi nei primi giorni di marzo, hanno contribuito ad apportare un miglioramento dello stato qualitativo dell'ambiente marino costiero. Ad inizio aprile nelle stazioni a maggior profondità inizia ad instaurarsi il termoclino che stratifica la colonna d'acqua in due zone a diversa densità e contestualmente si evidenzia la presenza di filamenti (1-2 cm) di materiale organico in superficie nella zona centrale della costa, dovuti alla disgregazione cellulare dell'organismo *Noctiluca scintillans* presente abbondantemente nelle acque marine e che ne determina, quando raggiunge concentrazioni elevate, una caratteristica colorazione a macchie arancione intenso.

Nel mese di maggio la zona centro-meridionale è caratterizzata da uno stato ambientale "Buono/Elevato". Mentre la zona più settentrionale rimane la più critica in seguito al continuo sversamento di acque dolci in mare da parte dei bacini costieri, che alimentano la componente fitoplanctonica presente e che contribuiscono ad innescare lo sviluppo di un intenso processo eutrofico determinato da Diatomee. Ad un incremento continuo e repentino della temperatura all'inizio del mese è stata rilevata ancora la presenza, nelle zone a 10-20 Km al largo della costa, di fioriture di *Noctiluca scintillans* sia in fase di sviluppo (chiazze superficiali di colore arancione intenso) sia in fase di degradazione. Si registra in questo periodo una inusuale presenza in forma addensata della medusa *Aurelia aurita* a livello di termoclino (-8/-10 m).

Nel mese di luglio si delinea uno stato qualitativo "Mediocre/Scadente" delle acque marine lungo la costa centro-settentrionale antistante l'Emilia-Romagna che a seguito dei venti provenienti da sud-ovest (Libeccio) porta ad un miglioramento della situazione. A fine luglio e ad inizio agosto si è registrata nella zona compresa tra Cesenatico e Cervia, lo sviluppo di un'intensa fioritura di Raphidophyceae (*Fibrocapsa japonica*). In questo periodo la presenza di questa microalga è stata molto variabile manifestandosi soprattutto nelle prime ore pomeridiane nella fascia compresa tra 0 e 300 m dalla battigia. Le acque presentavano in questi momenti una colorazione intensa rosso-marrone e una forte riduzione della trasparenza.

Nel mese di settembre si osserva una condizione di eutrofizzazione dell'ambiente marino costiero nella zona centro settentrionale caratterizzata da una forte riduzione della salinità, elevati valori degli indici trofici e riduzione della trasparenza. Questa criticità viene però superata dopo un periodo di venti spiranti da ovest e sud/ovest (Ponente/Libeccio) che hanno contribuito ad un rapido ricambio delle masse d'acqua lungo tutta la fascia costiera. Lo stato qualitativo "Buono" dell'ambiente marino rimane in generale per tutto il mese di settembre e inizio ottobre anche se in alcune zone rimangono situazioni di criticità per quanto riguarda l'ossigeno disciolto nelle acque prossime al fondale dove in alcuni momenti raggiunge valori prossimi all'anossia.

In novembre si registra ancora la presenza di due situazioni diverse lungo la costa e ben distinte sulla base delle caratteristiche idrologiche e di biomassa microalgale; la zona meridionale è caratterizzata da uno stato qualitativo "Buono/Elevato" delle acque, mentre la zona centro settentrionale è interessata invece da un intenso processo di eutrofizzazione. Il mese di dicembre è caratterizzato da mare mosso che in generale favorisce una riduzione della concentrazione di biomassa microalgale lungo tutta la fascia costiera favorendo anche una buona ossigenazione di tutta la colonna d'acqua.

Gli aggregati mucillaginosi nel 2008 non sono comparsi in nessuna parte dell'Adriatico Nord occidentale. Sono stati segnalati eventi (non confermati) di presenze di mucillagini nelle acque profonde nella parte meridionale dell'Adriatico. Condizione che avrebbe creato problemi alle sole attività di pesca.

Nel periodo primaverile si sono avute presenze in forma aggregata della medusa *Aurelia aurita*. Nel periodo agosto-settembre è ricomparsa la medusa *Carybdea marsupialis* anche se in quantità inferiori rispetto agli anni precedenti. Continuano le presenze anomale di organismi provenienti da aree meridionali del bacino Mediterraneo; condizione favorita dai mutamenti climatici in atto e dal conseguente surriscaldamento delle acque superficiali.

I controlli sull'eventuale presenza della microalga tossica *Ostreopsis ovata* non hanno dato riscontri positivi.

Dal rapporto azoto/fosforo si riconferma anche per il 2008 come per tutti gli anni precedenti il ruolo del fosforo quale fattore limitante la crescita microalgale per la maggior parte delle stazioni monitorate sia in costa che al largo.

Durante il periodo estivo, il rapporto N/P tende ad abbassarsi notevolmente configurando condizioni di azoto-limitazione evidenziando un andamento già riscontrato nelle indagini degli anni precedenti.

A modulare il predetto rapporto contribuisce in maniera determinante la componente azotata che derivando in gran parte da fonti diffuse, veicolata quindi dalle precipitazioni e dagli apporti fluviali, si mantiene elevata in inverno ed autunno riducendosi di circa un ordine di grandezza nel periodo estivo.

Con riferimento infine al D.Lgs.152/99 e successive integrazioni (D. Lgs 258/00), è stato effettuato, sulla base dell'andamento dell'Indice Trofico TRIX, la classificazione dello stato qualitativo ambientale delle acque costiere. Dai risultati emerge che nel corso del 2008 la fascia costiera dell'Emilia-Romagna si attesta sulla posizione della classe di trofia "MEDIOCRE" (5-6 unità di TRIX), equivalente a 5.43 di Indice Trofico, espresso come media annuale di tutti i valori rilevati nelle singole stazioni, mostrando un peggioramento rispetto al 2007, con un cambio di classe che passa da "BUONO" a "MEDIOCRE". Questo valore medio generale evidenzia che la fascia costiera dell'Emilia-Romagna nel corso del 2008 è stata caratterizzata, sulla base della tabella N. 17 (classificazione delle acque marino-costiere in relazione alla scala trofica), del D. Lgs 152/99, da acque produttive, livello di trofia elevato, scarsa trasparenza, anomale colorazioni delle acque, ipossia e occasionali anossie delle acque bentiche e presenza di stati di sofferenza sul fondale.

In confronto alla classificazione dello stato ambientale delle acque marine, definito sulla base dei parametri acquisiti nel 2001 e 2002, nel corso del 2008 dopo un periodo (2003-2006) di continuo decremento del TRIX che si attestava nella condizione di stato "BUONO", emerge un allineamento dell'Indice Trofico alla situazione del 2001/2002. A differenza di quanto riscontrato negli anni precedenti, l'innalzamento ed il cambio di classe del TRIX nel 2008 è essenzialmente imputabile alle elevate precipitazioni che hanno caratterizzato sia il bacino padano che quelli costieri. Anche nel periodo estivo le concentrazioni dei parametri di produttività diretta (Clorofilla "a" e Ossigeno Disciolto) e di Produttività potenziale (Fosforo totale e Azoto disciolto) sono state più elevate; inoltre ad incrementare il valore medio di Indice Trofico hanno contribuito gli apporti di nutrienti ed i livelli medio/alti di biomassa microalgale che si sono registrati nel periodo primaverile ed autunnale, coincidenti con i picchi di portata del fiume Po.

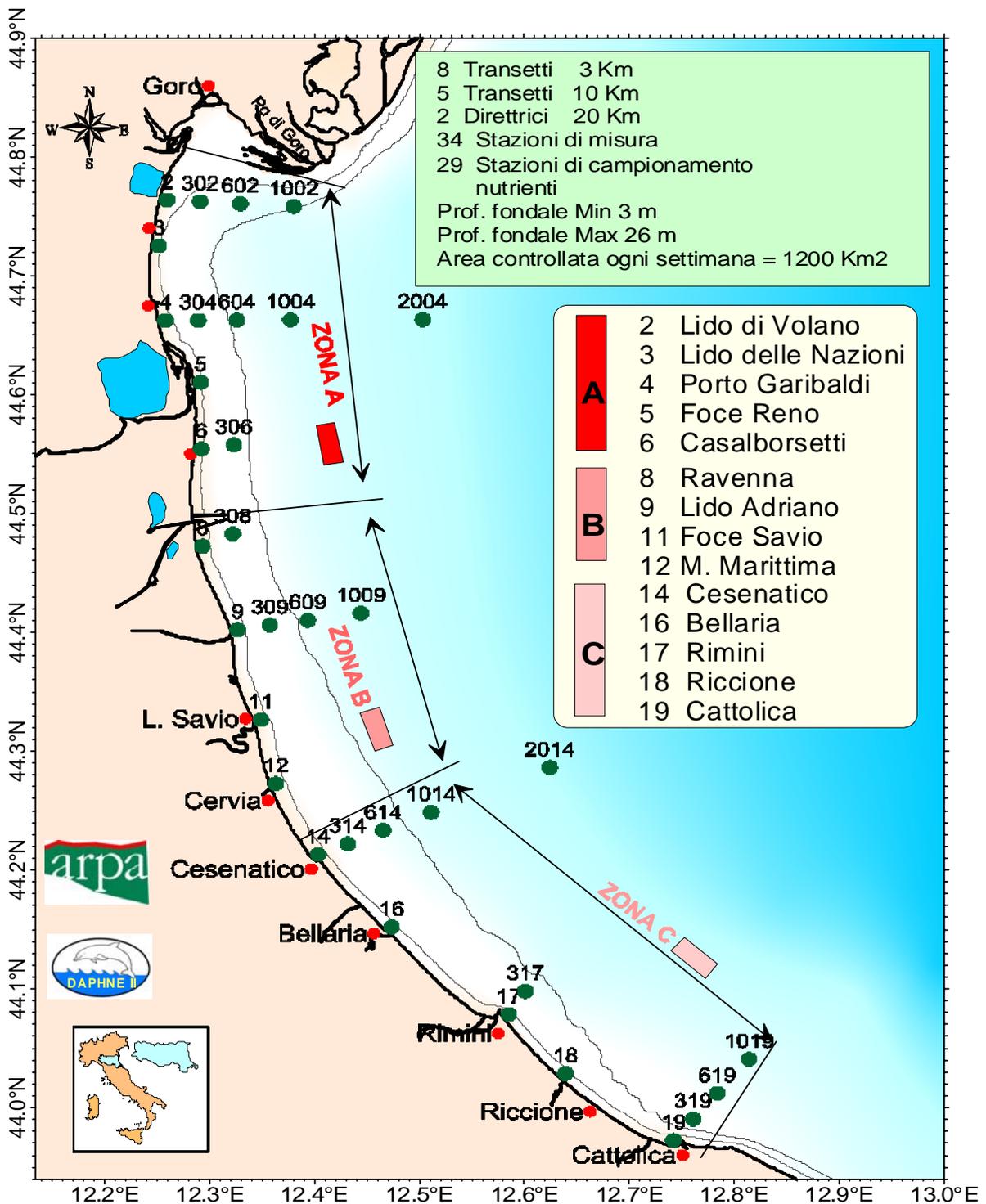
Nella scala temporale il TRIX presenta una variabilità stagionale, attestandosi in inverno/primavera prevalentemente nello stato ambientale "Mediocre", in autunno in quello "Mediocre/Buono" mentre nel periodo estivo la situazione migliora nettamente e gran parte delle acque antistanti la costa emiliano-romagnola (da Lido delle Nazioni a Cattolica) si trovano in uno stato qualitativo ambientale "Buono/Elevato".

Lo stato dell'ecosistema marino migliora inoltre nelle aree collocate a 3 km dalla costa, particolarmente nella zona verso Sud, individuando pertanto per questa zona, un ruolo predominante degli apporti dai bacini costieri rispetto a quelli padani nella determinazione dell'Indice TRIX.

In sintesi si può affermare che:

- le portate del Po nel 2008 hanno evidenziato un discreto incremento anche se si riconferma l'anomalia legata alla mancanza del picco di portata primaverile;
- i fenomeni di eutrofizzazione sono stati in genere più marcati con indici di trofia mediamente più elevati rispetto al 2007;
- casi di ipossia e anossia delle acque di fondo si sono verificati nel settore centro settentrionale della costa con estensione e durata superiore al 2007;
- permane il problema delle fioriture costiere di *Fibrocapsa japonica* che, seppur con estensioni e tempi di permanenza minori rispetto al 2005, '06 e '07, hanno interessato aree di mare prospicienti Cervia, Cesenatico, Riccione e Cattolica.
- non sono stati rilevati processi di aggregazione di materiale mucillaginoso;
- è stato rilevato una presenza massiva di meduse della specie *Aurelia aurita* nella stagione primaverile, mentre modesta è risultata quella di *Carybdea marsupialis* nei mesi di agosto e settembre;
- si riconferma la presenza di specie ittiche provenienti dal Mediterraneo meridionale.

FIGURE E TABELLE



Finalità del monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale

- Definizione dell' intensità ed estensione delle fioriture microalgali nella zona compresa tra il delta Po e Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo.
- Determinazione quali-quantitativa delle specie fitoplanctoniche che sostengono le fioriture.
- Controllo degli effetti derivati dalle diverse fasi dell' evoluzione del fenomeno (anomale colorazioni delle acque, ipossie ed anossie delle acque di fondo, morie di organismi bentonici, spiaggiamenti ecc).
- Determinazione delle concentrazioni di nutrienti (fosforo e azoto), definizione del diverso ruolo come elementi causali dei processi eutrofici e loro distribuzione spaziale e temporale.
- Rilevazione dei fondamentali parametri idrologici (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla "a", trasparenza, torbidità) e loro andamenti lungo la colonna d'acqua in relazione ai fenomeni eutrofici ed alle condizioni meteo-marine.
- Redazione di un bollettino periodico sullo stato di eutrofizzazione delle acque costiere.

Figura 1 - Rete delle stazioni di monitoraggio e controllo sullo stato trofico delle acque costiere marine L. R. 39/78 L. R. 3/99.

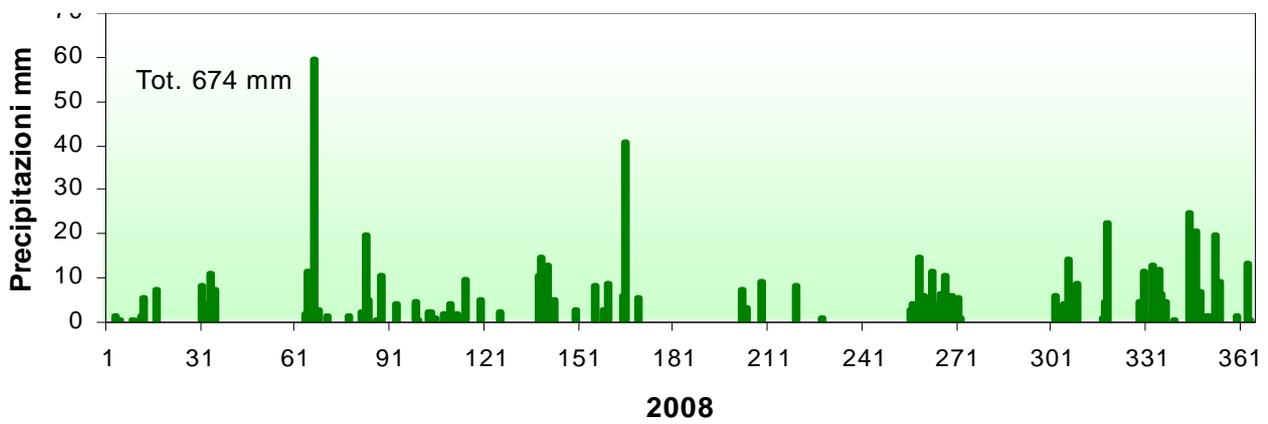
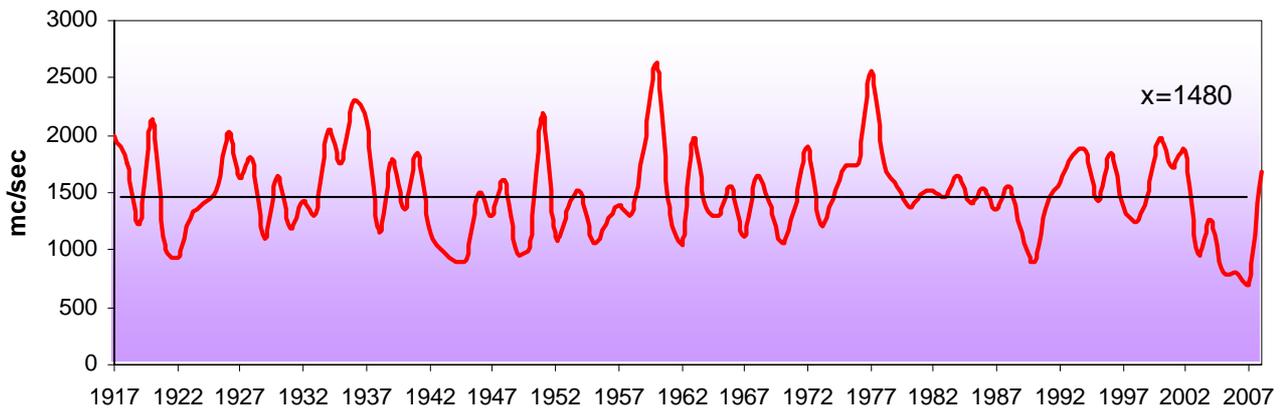
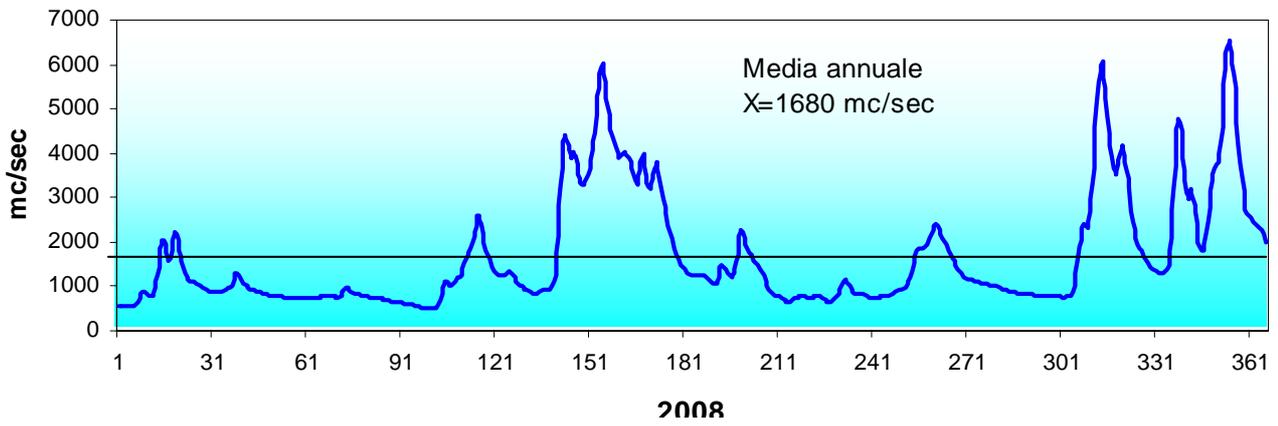


Figura 4 - Precipitazioni atmosferiche rilevate a Cesenatico

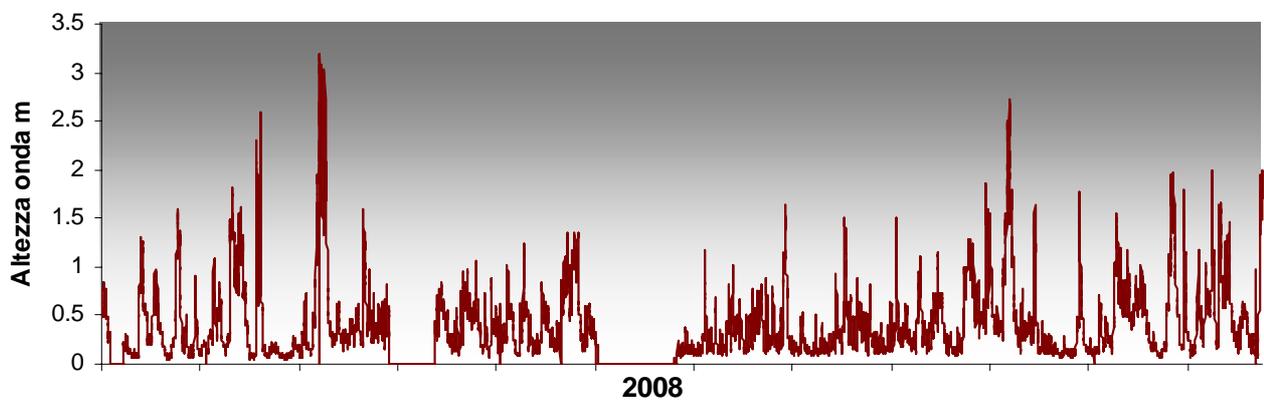


Figura 5 - Altezza onda rilevata dalla Boa Ondametrica installata a 6 Km dalla costa antistante Cesenatico

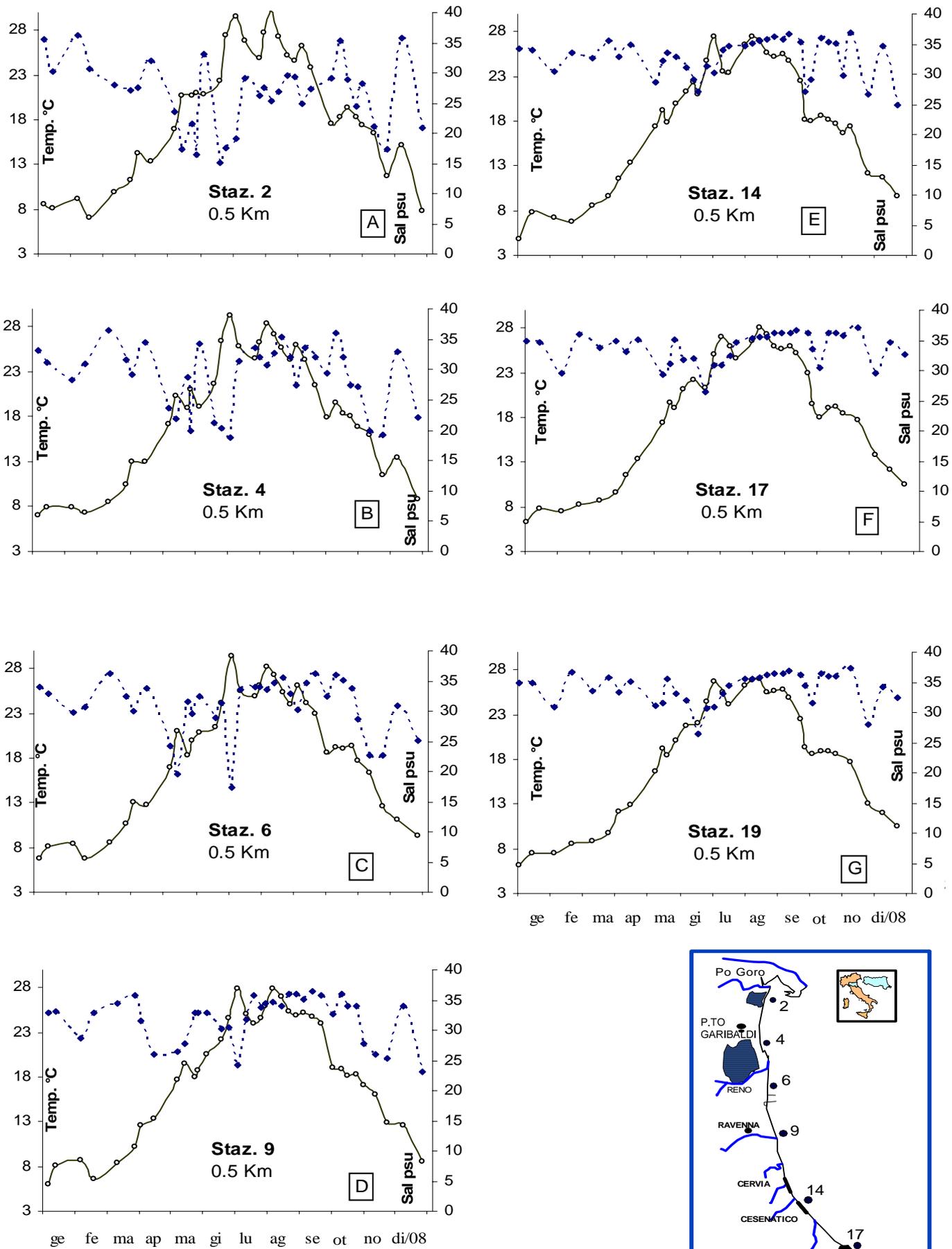
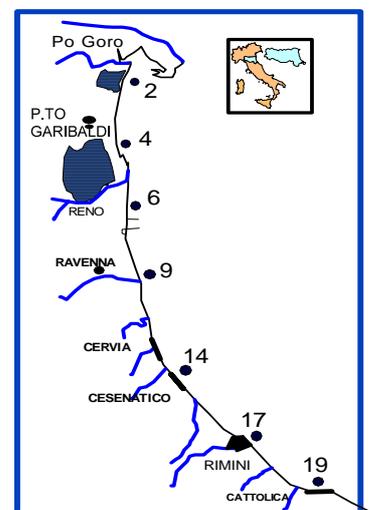
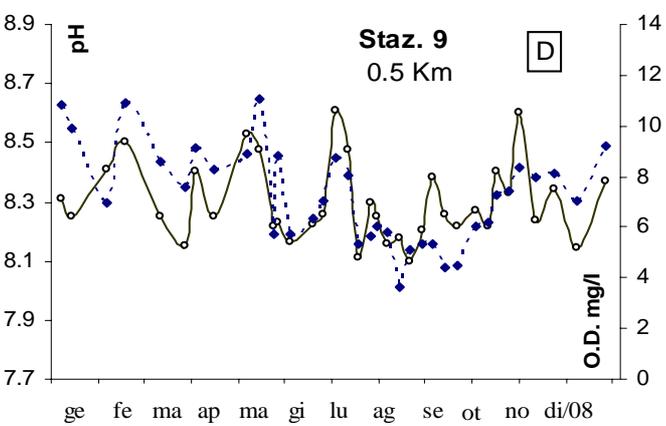
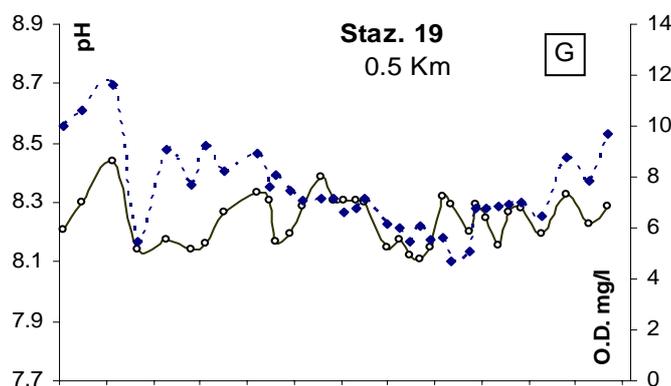
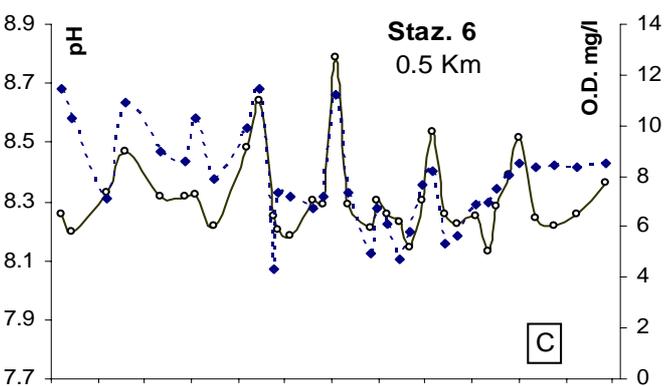
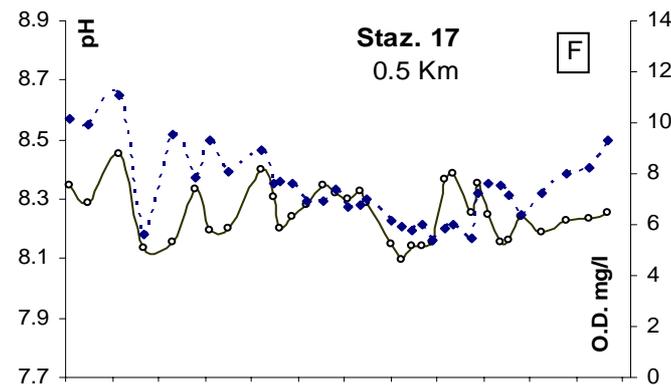
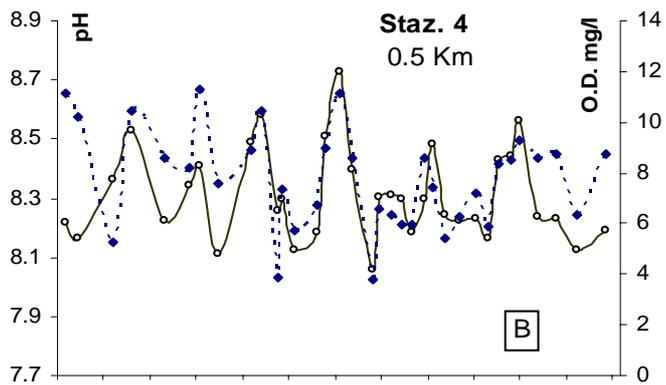
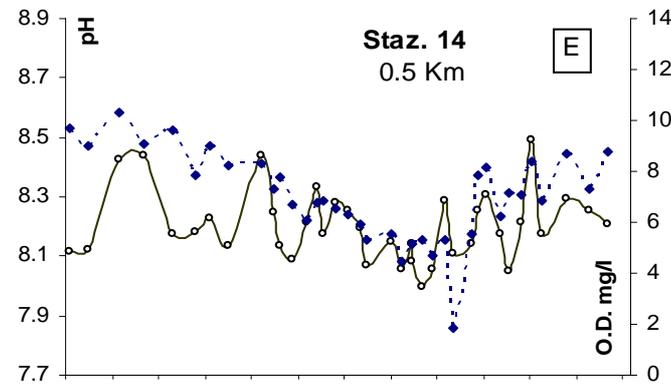
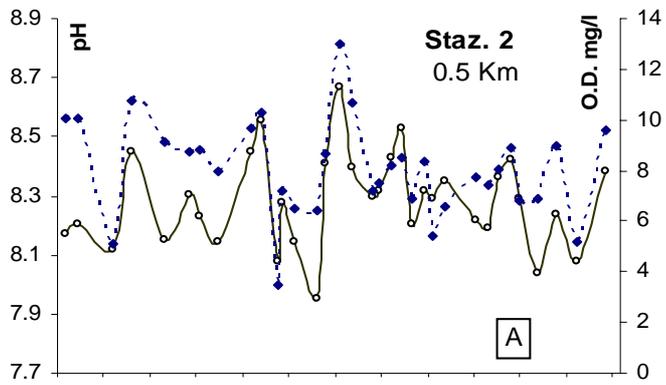


Figura 6 - Andamenti temporali della Temperatura (linea continua) e della Salinità (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa





ge fe ma ap ma gi lu ag se ot no di/08

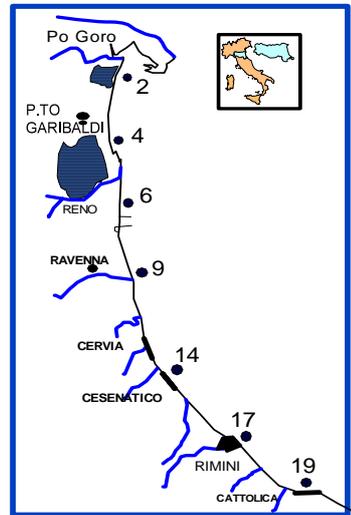


Figura 7 - Andamenti temporali dell'Ossigeno Disciolto (linea tratteggiata) e del pH (linea continua) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

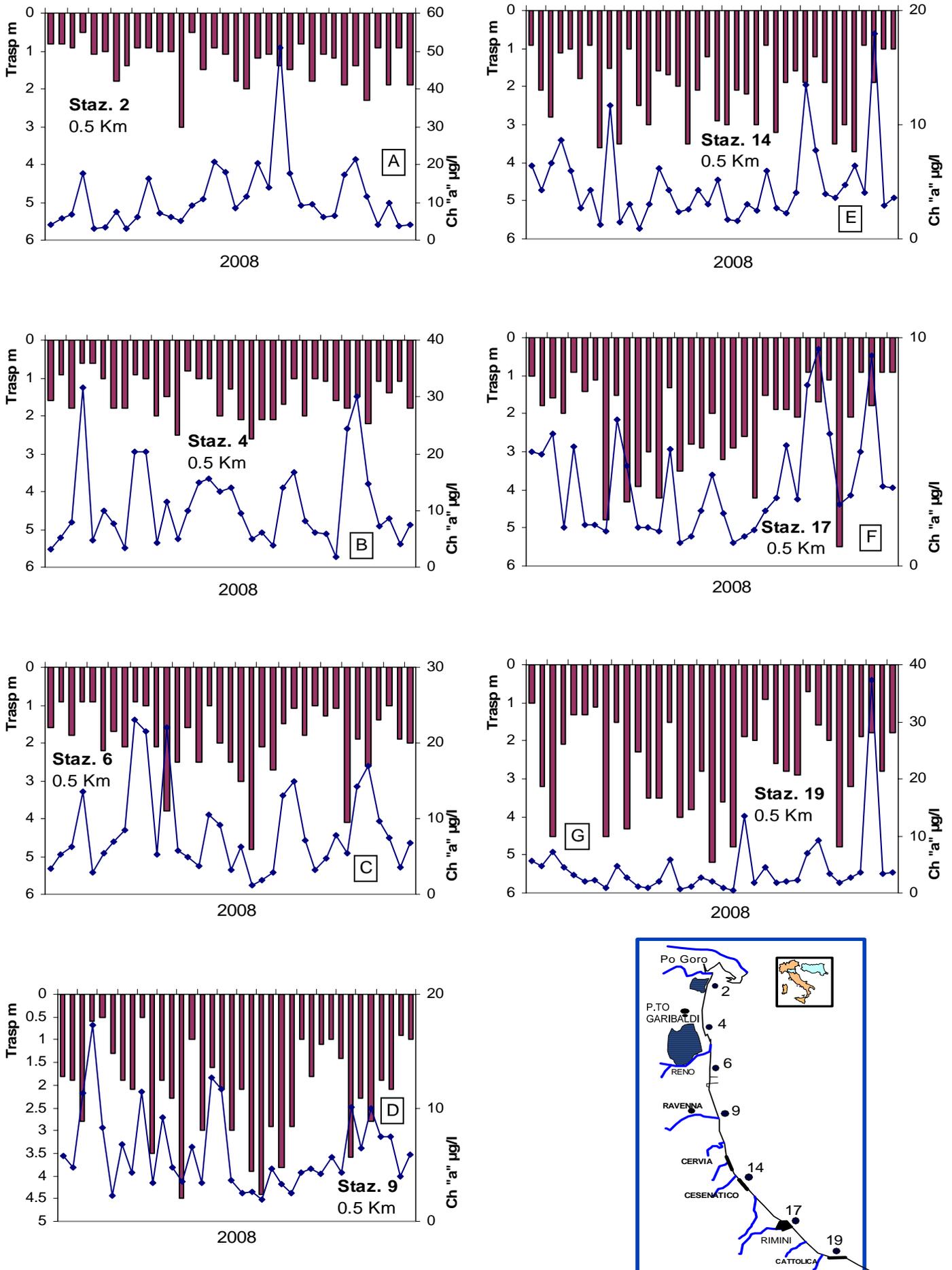
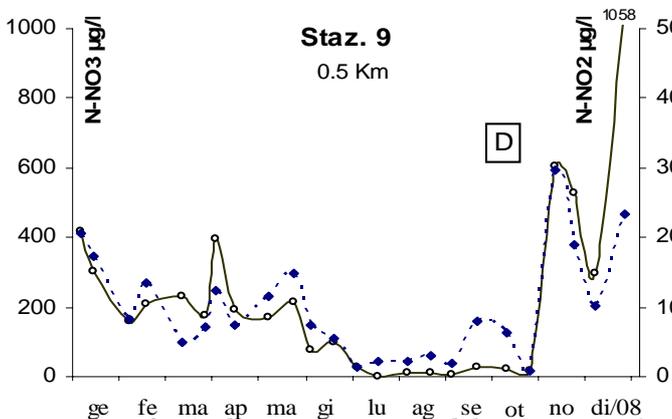
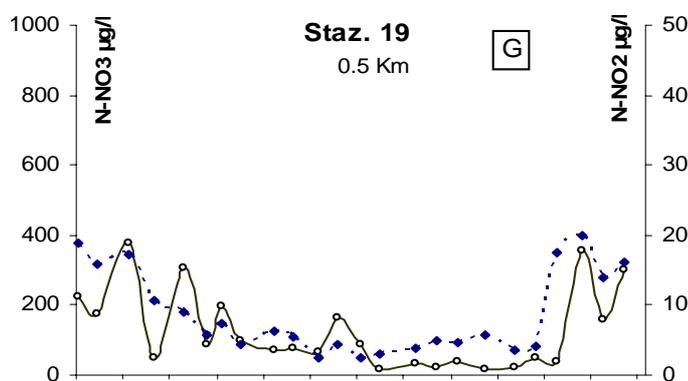
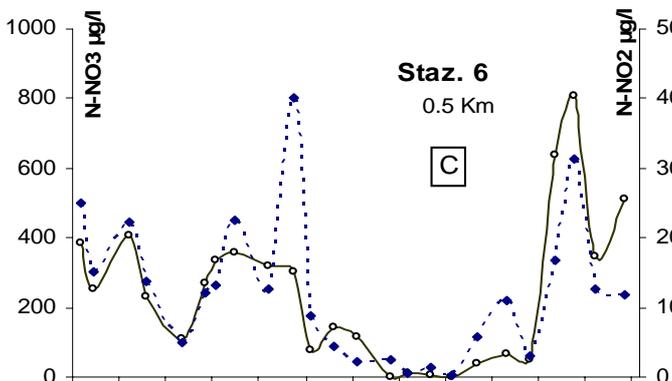
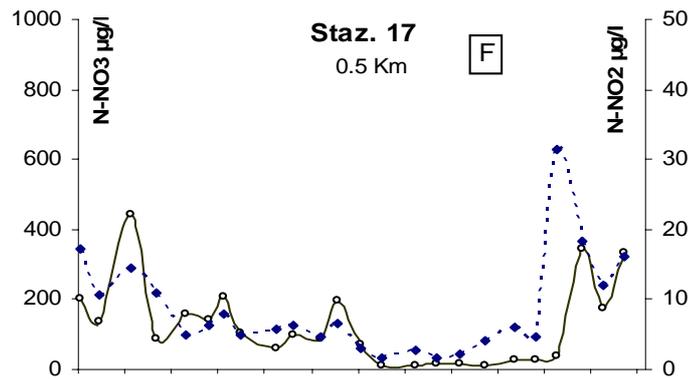
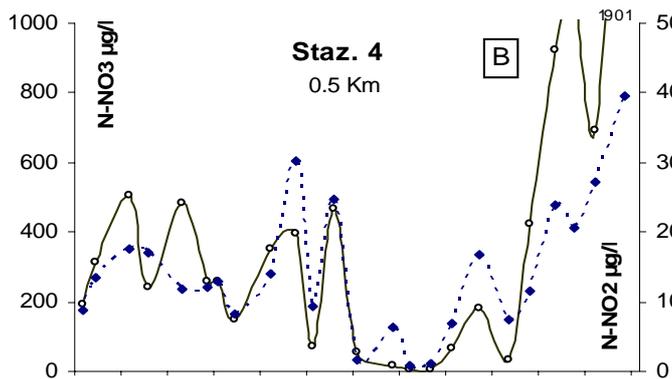
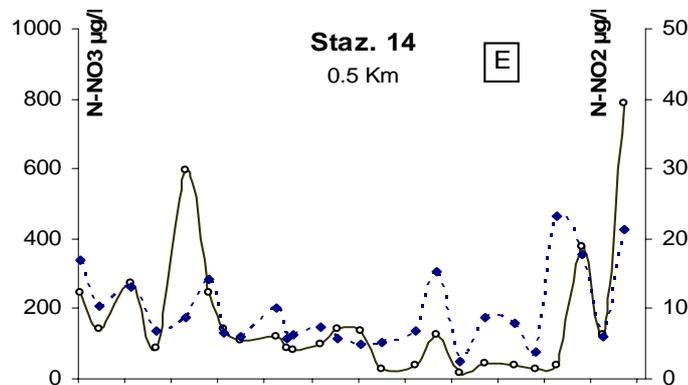
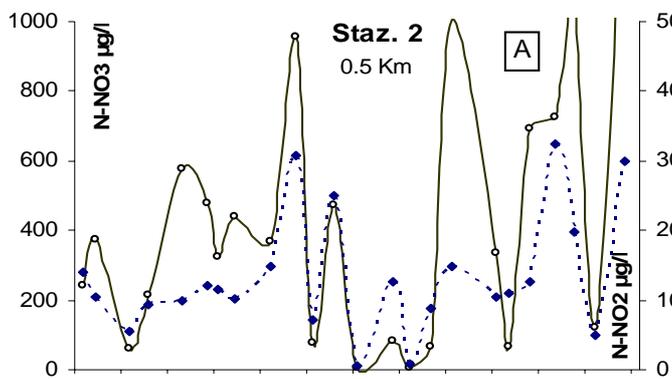


Figura 8 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" (linea continua) e della trasparenza (barre verticali) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa



ge fe ma ap ma gi lu ag se ot no di/08

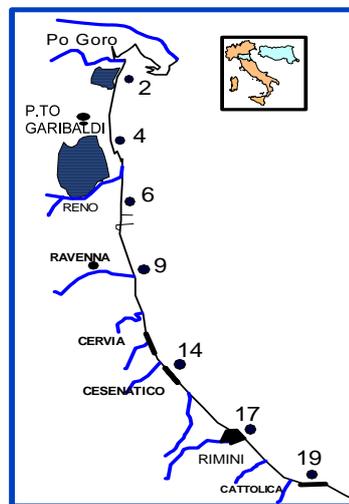


Figura 9 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO₃ (linea continua) e del Nitrito N-NO₂ (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.

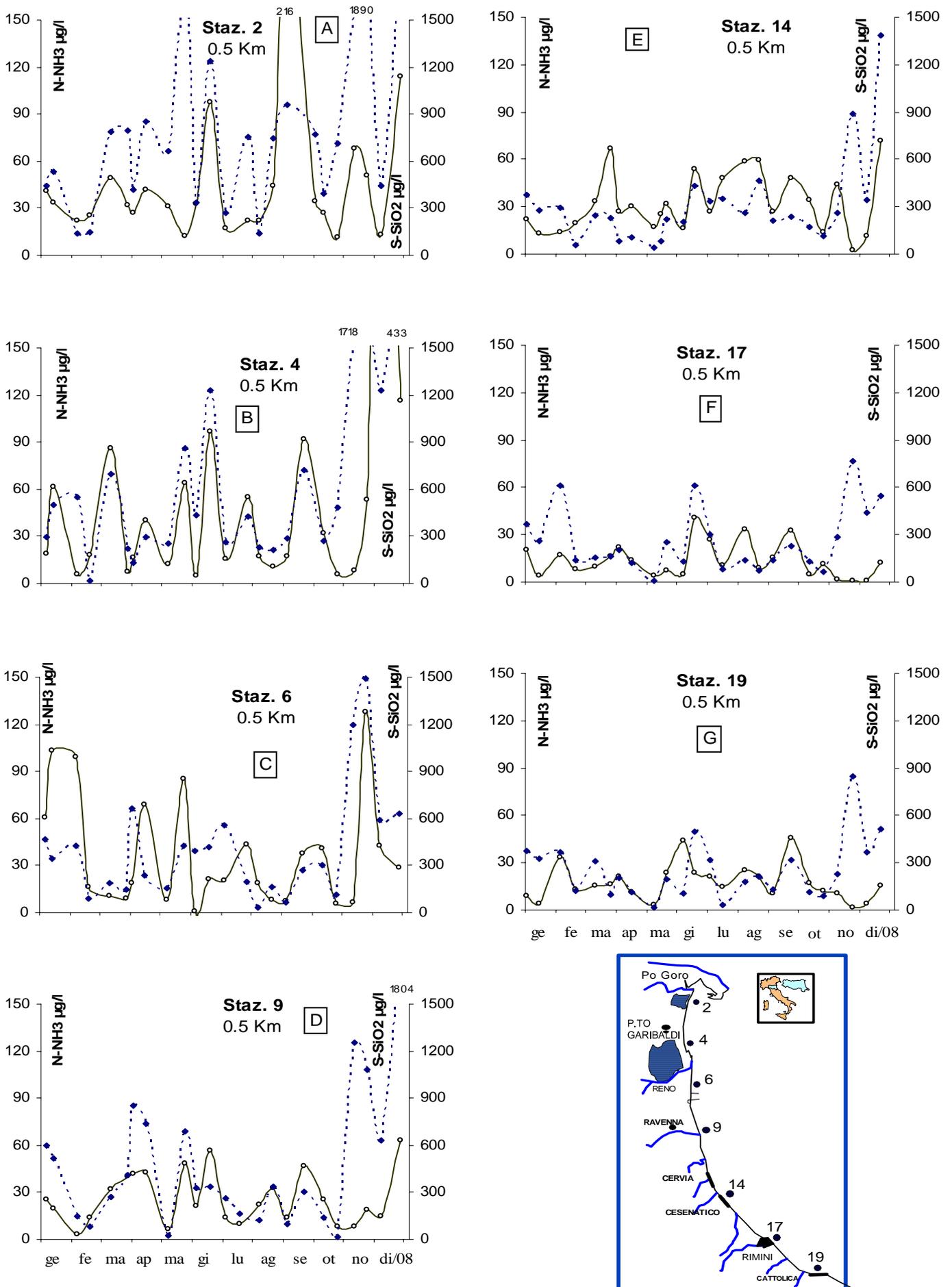


Figura 10 - Andamenti temporali dell' Azoto Ammoniacale $N-NH_3$ (linea continua) e della Silice $Si-SiO_2$ (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

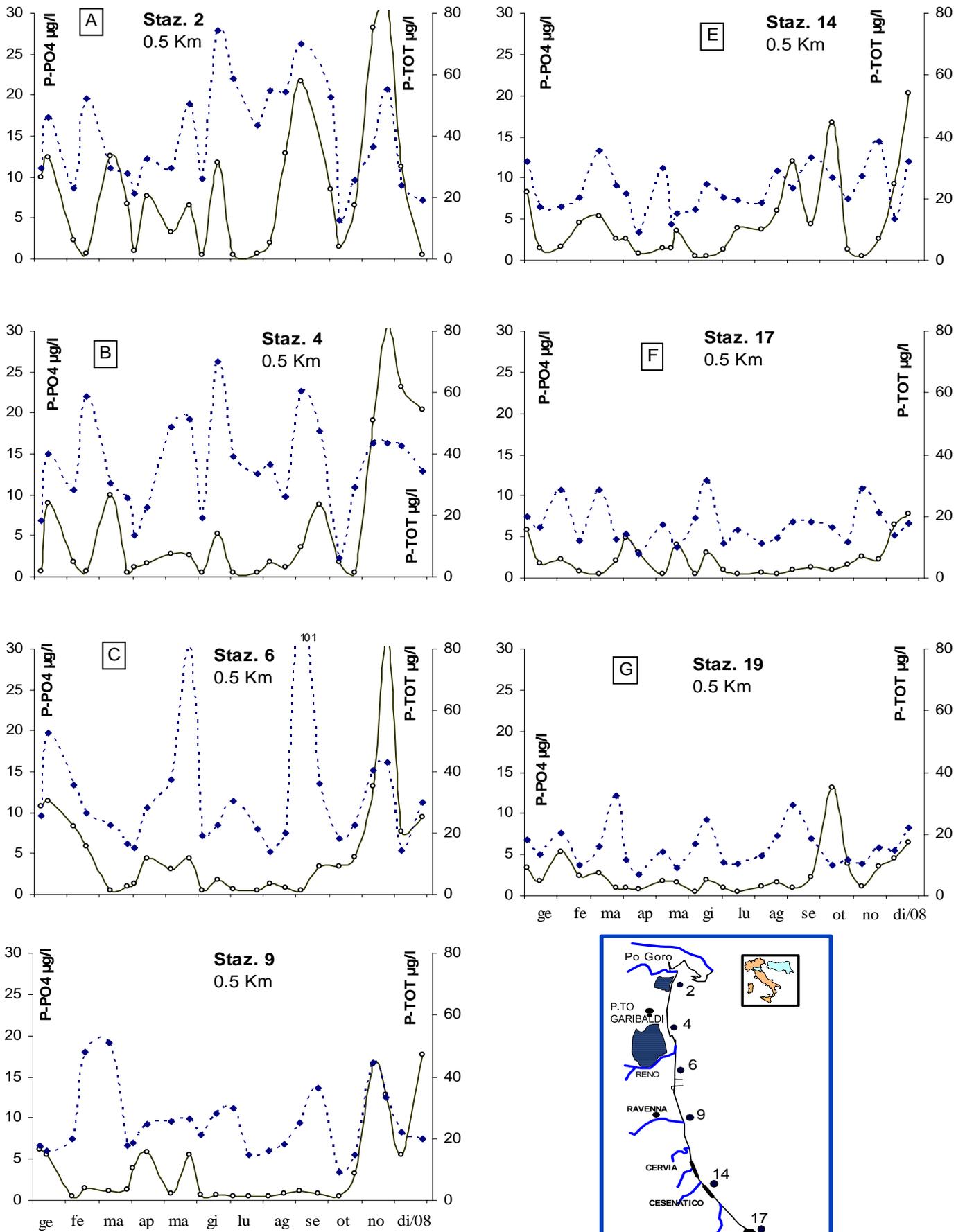


Figura 11 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO₄ (linea continua) e del fosforo totale P-TOT (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

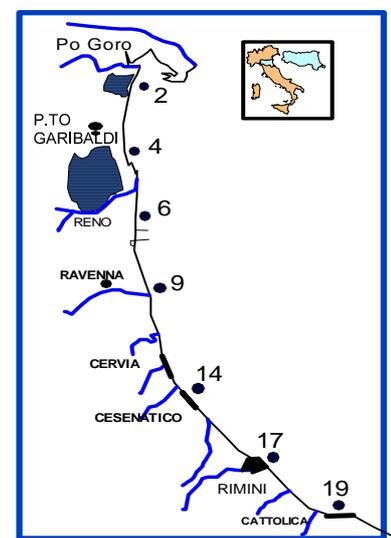
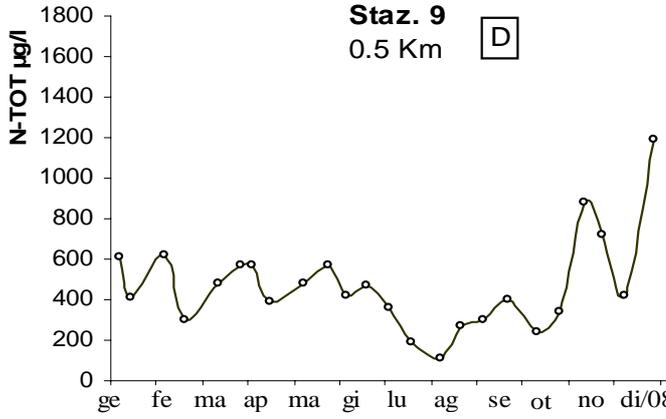
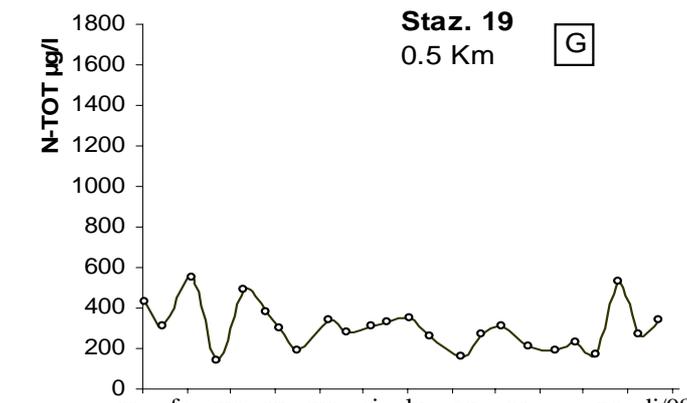
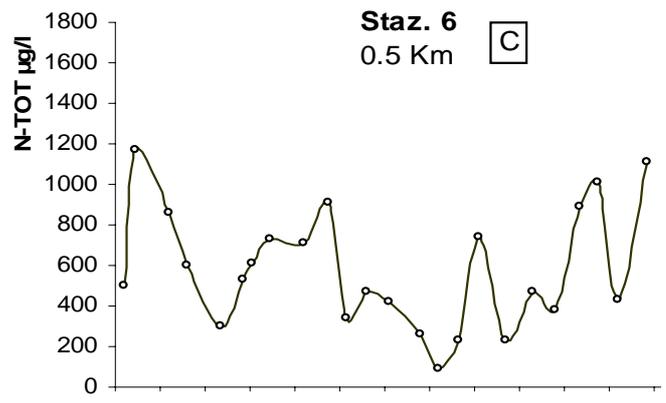
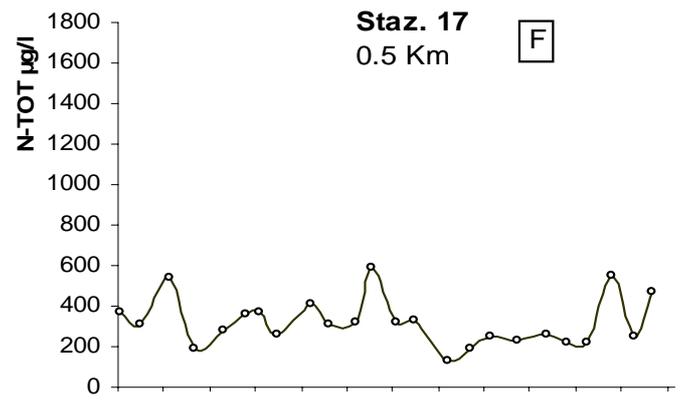
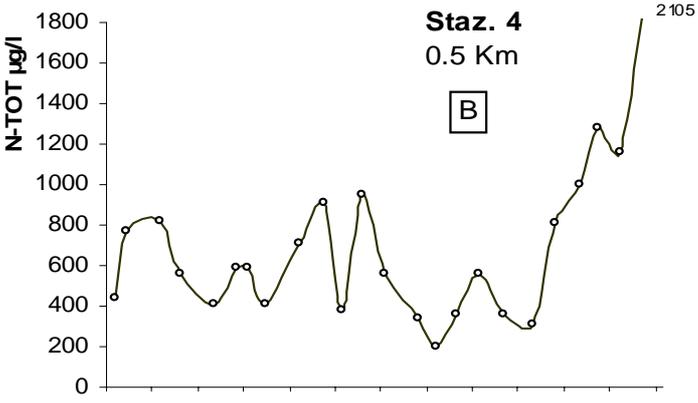
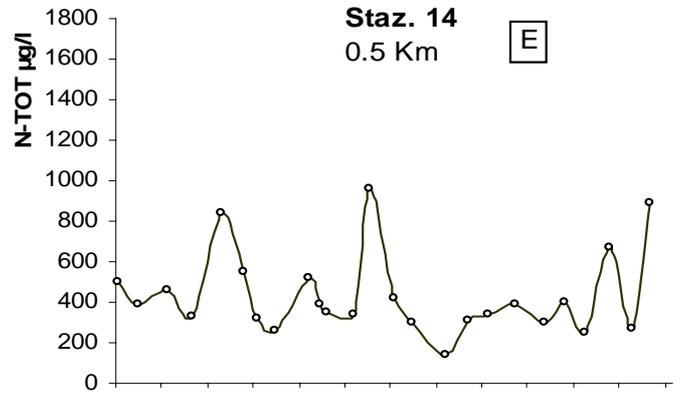
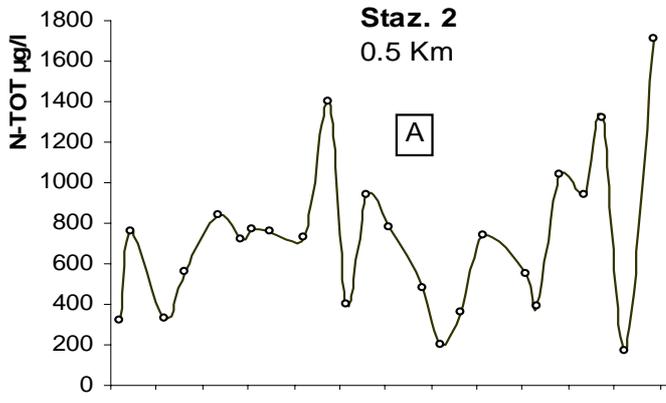


Figura 12 - Andamenti temporali dell' Azoto totale N-TOT in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.

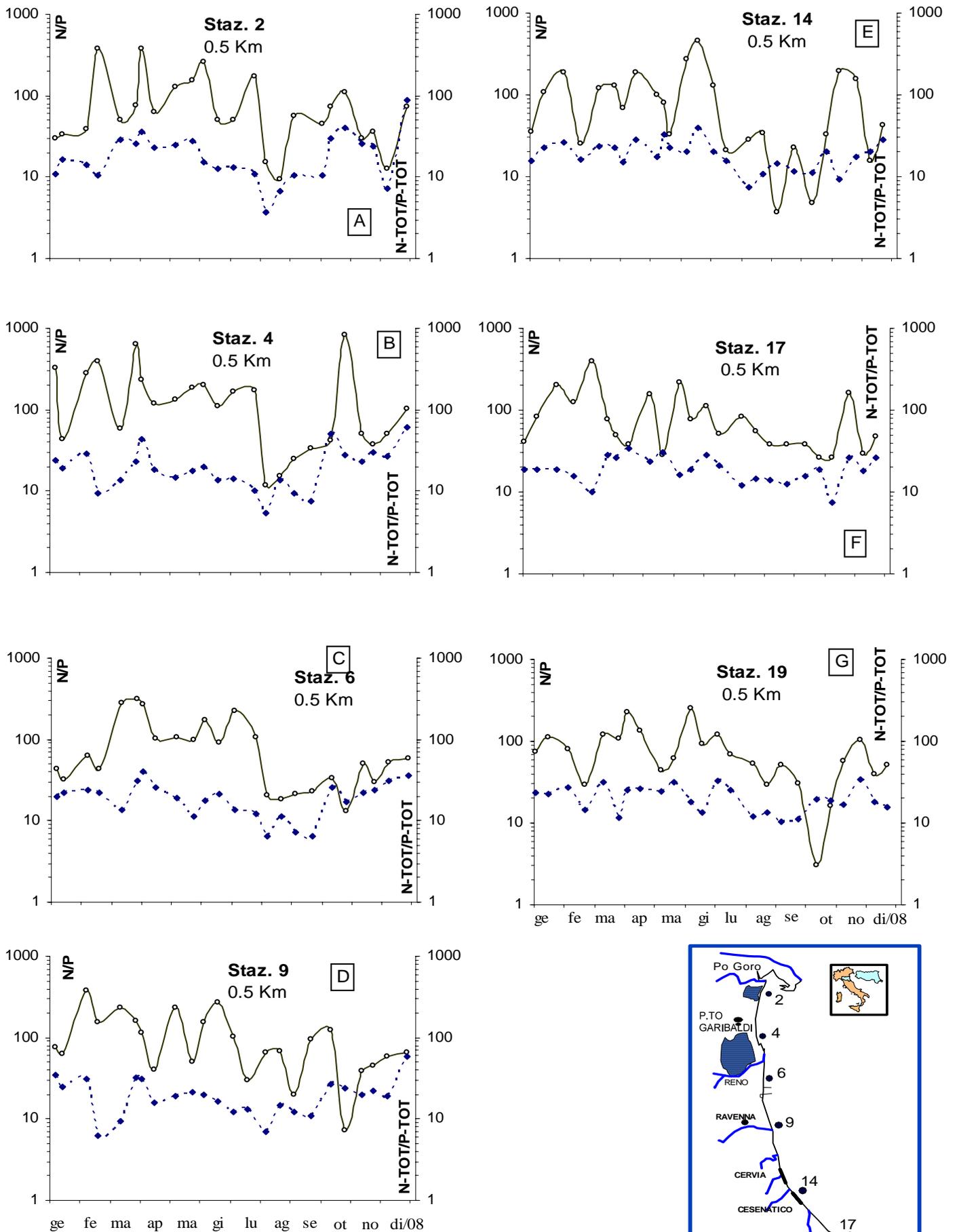


Figura 13 - Andamenti temporali del rapporto N/P (linea continua) e del rapporto $N-TOT/P-TOT$ (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

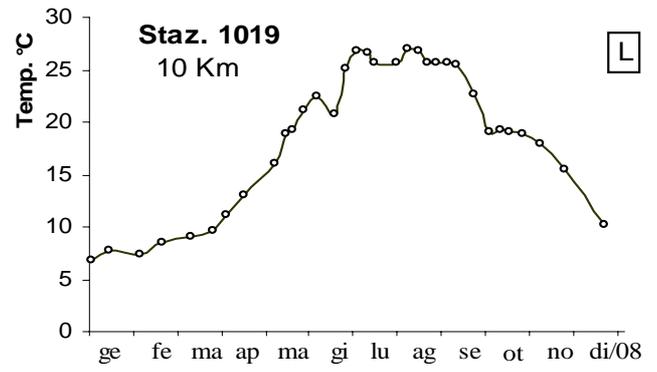
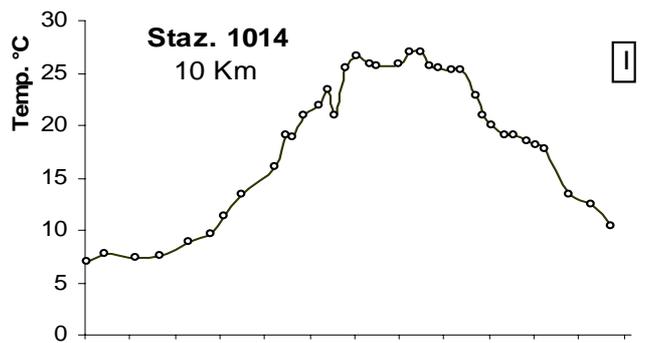
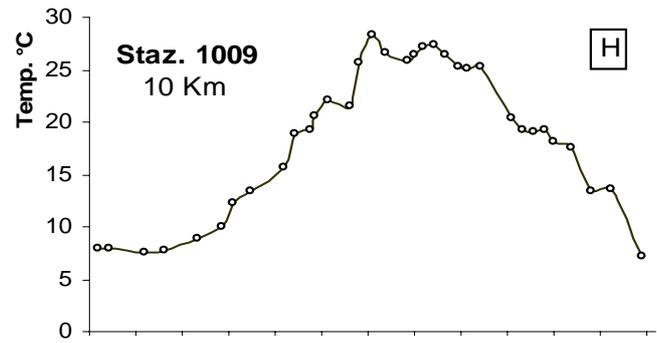
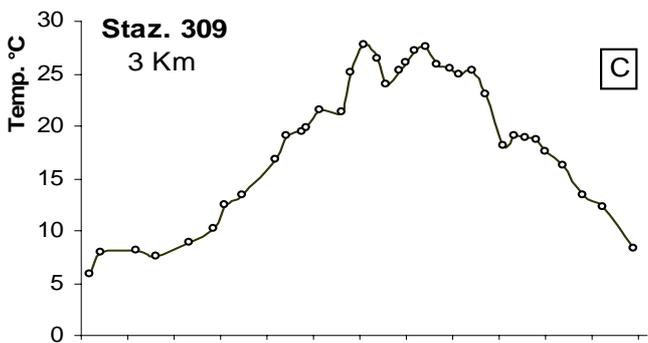
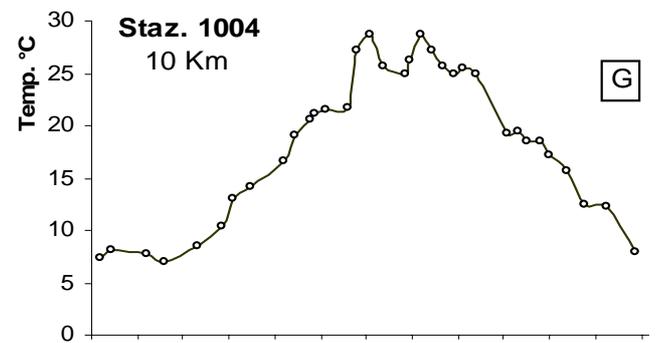


Figura 14 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

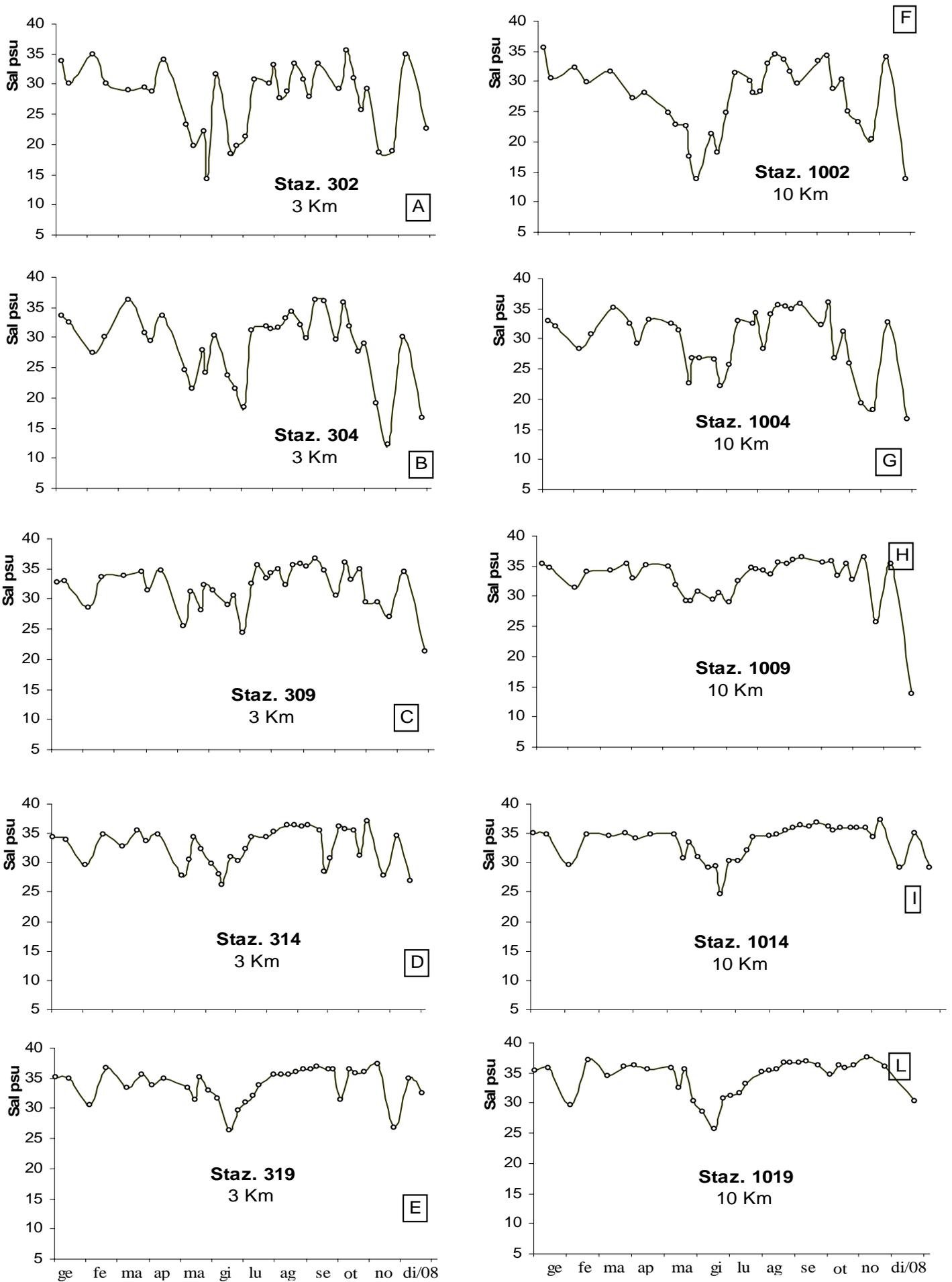


Figura 15 - Andamenti temporali della Salinità in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

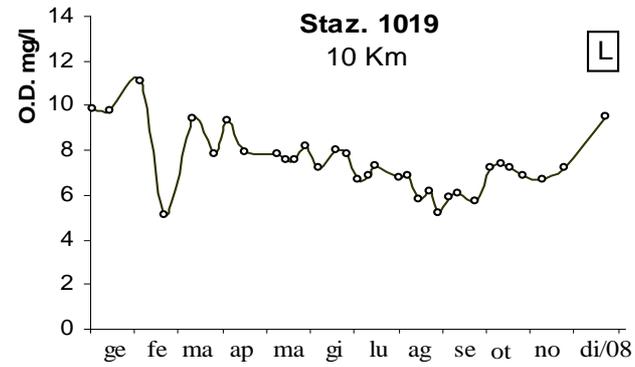
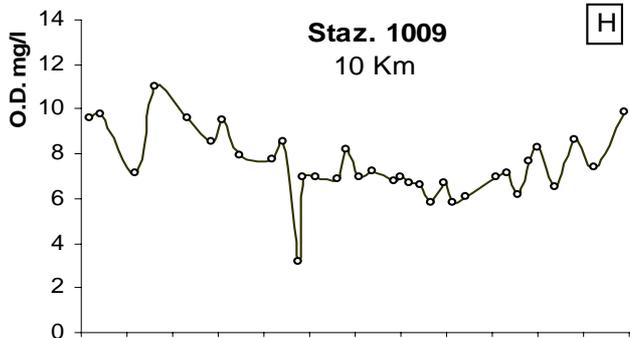
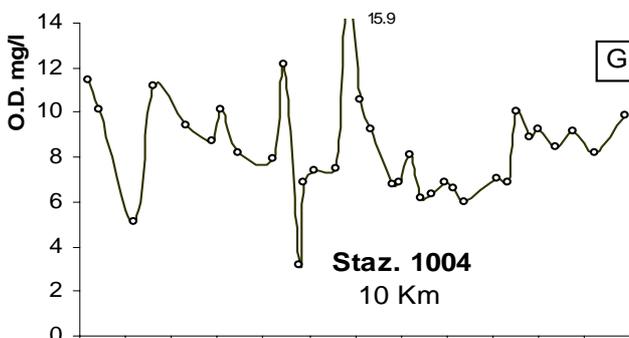
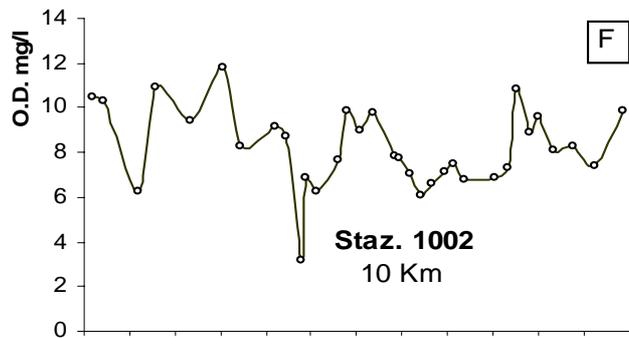


Figura 16 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

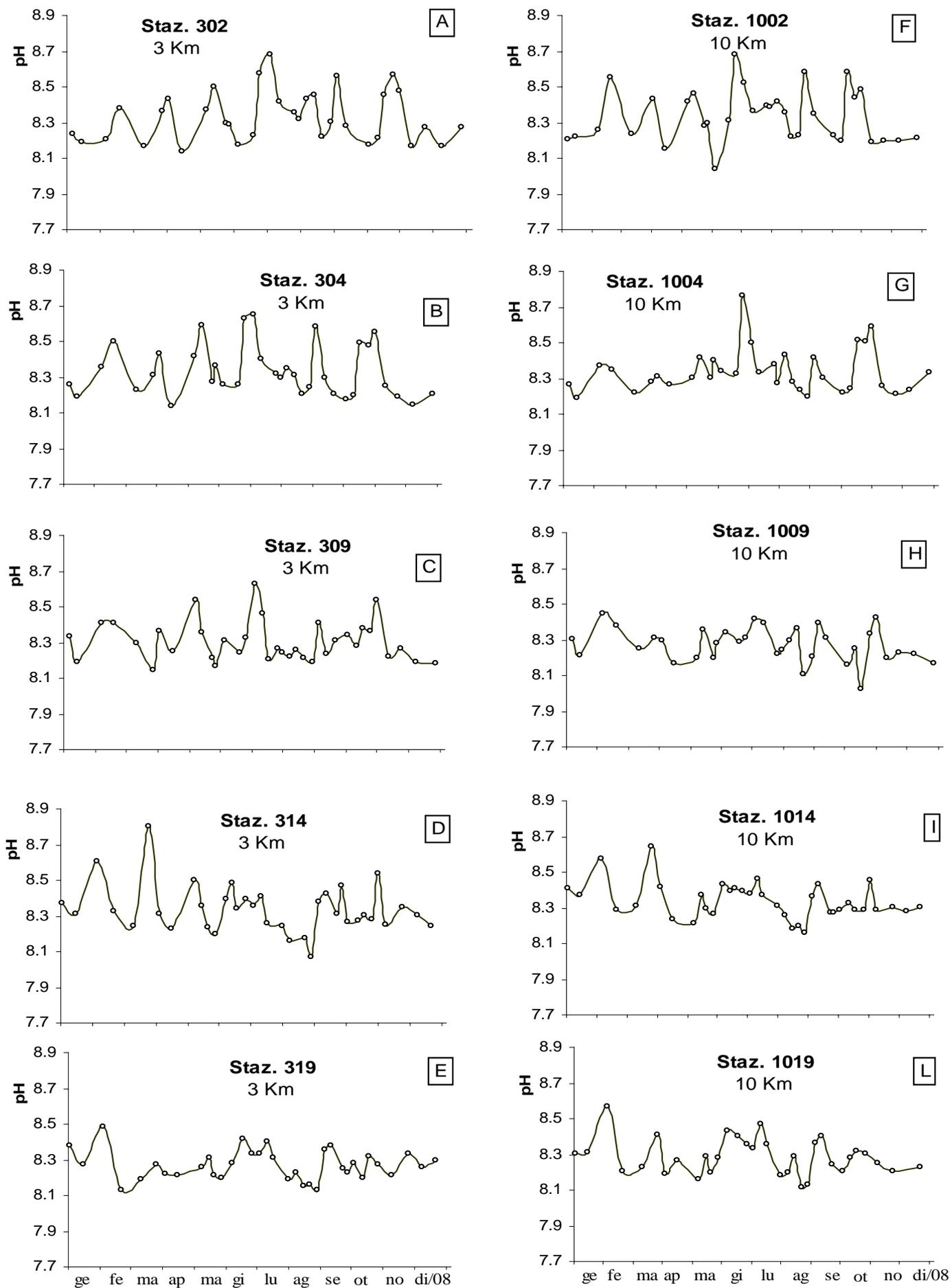


Figura 17 - Andamenti temporali del pH in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

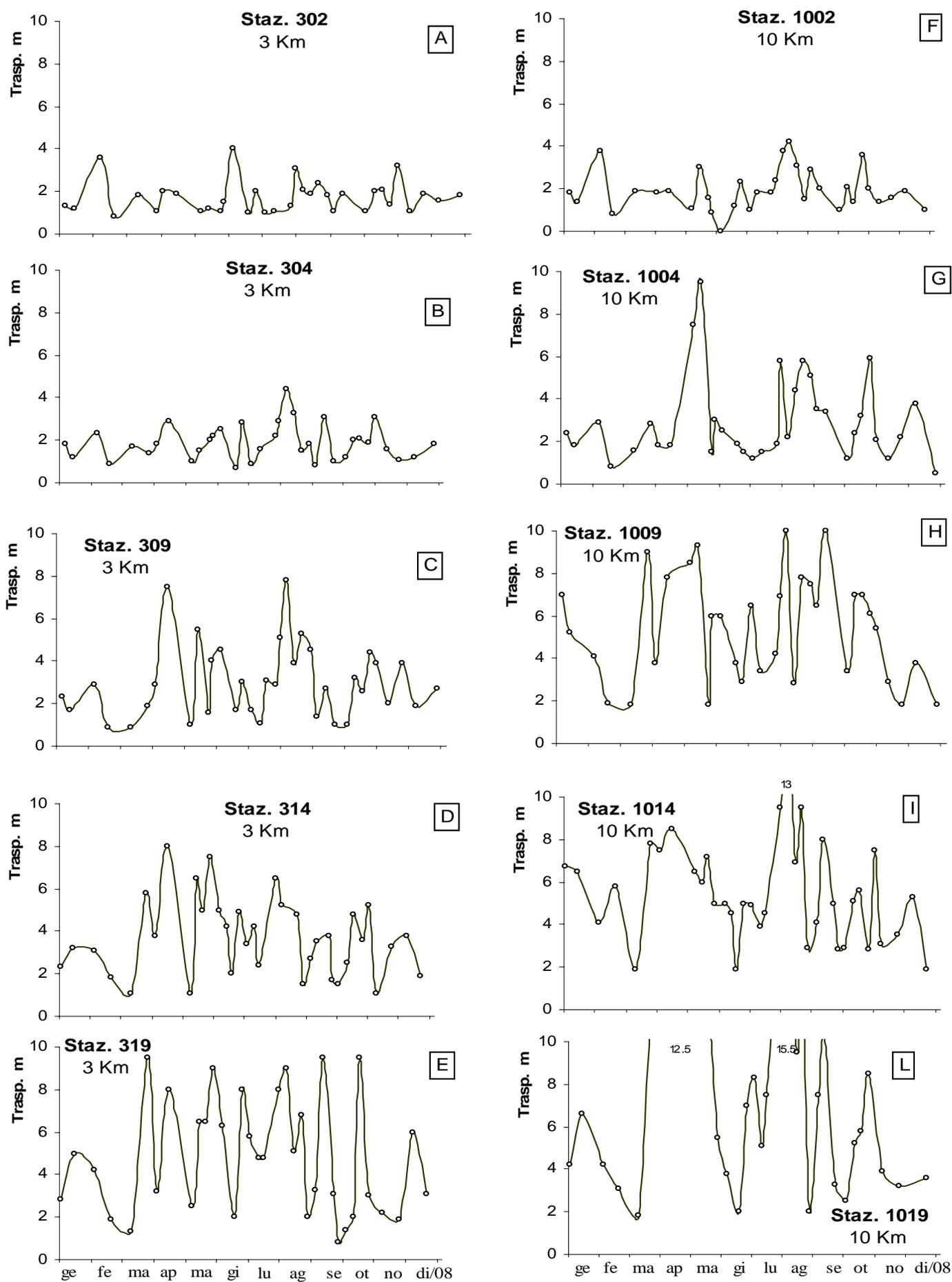


Figura 18 - Andamenti temporali della Trasparenza nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

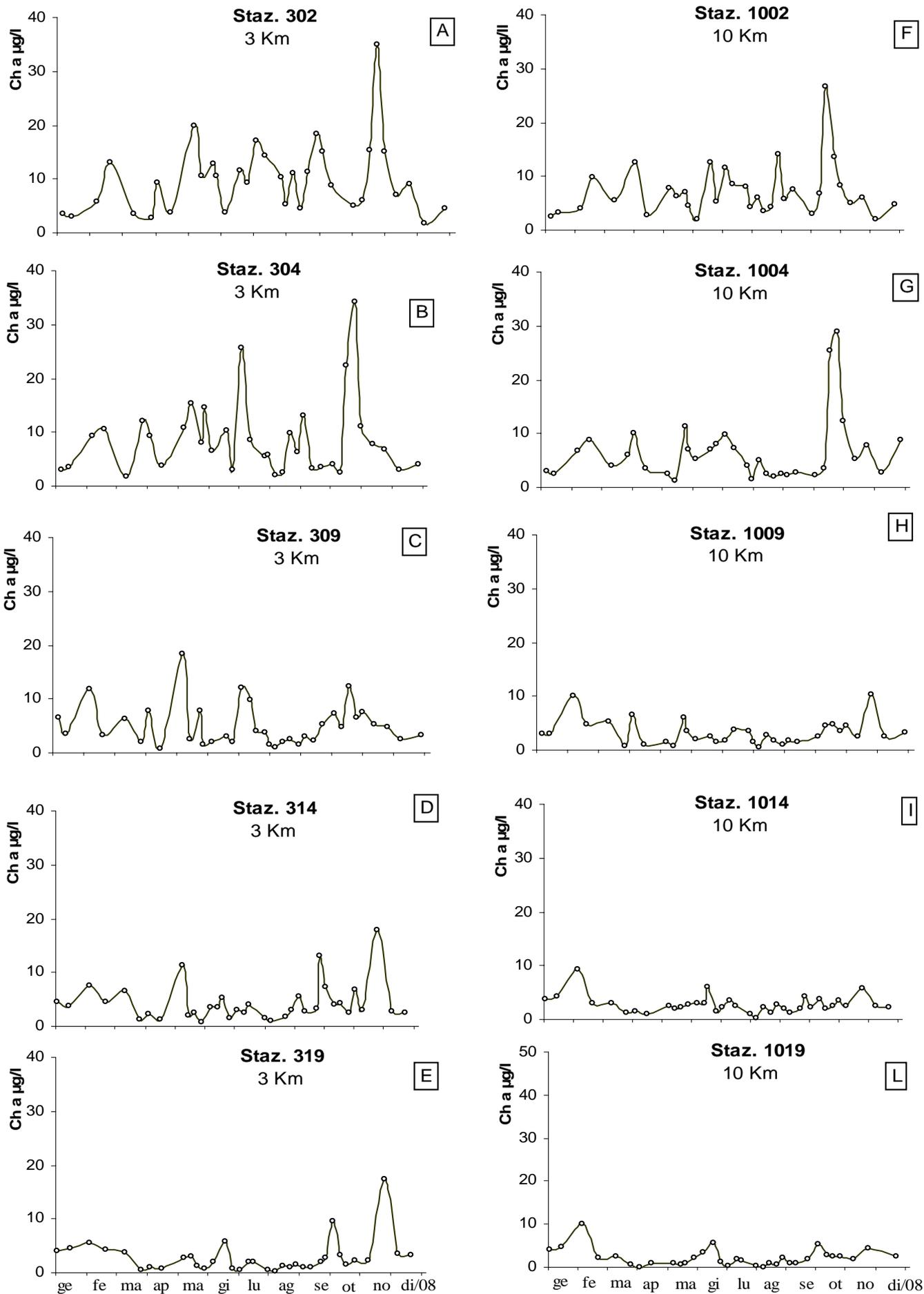


Figura 19 -Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

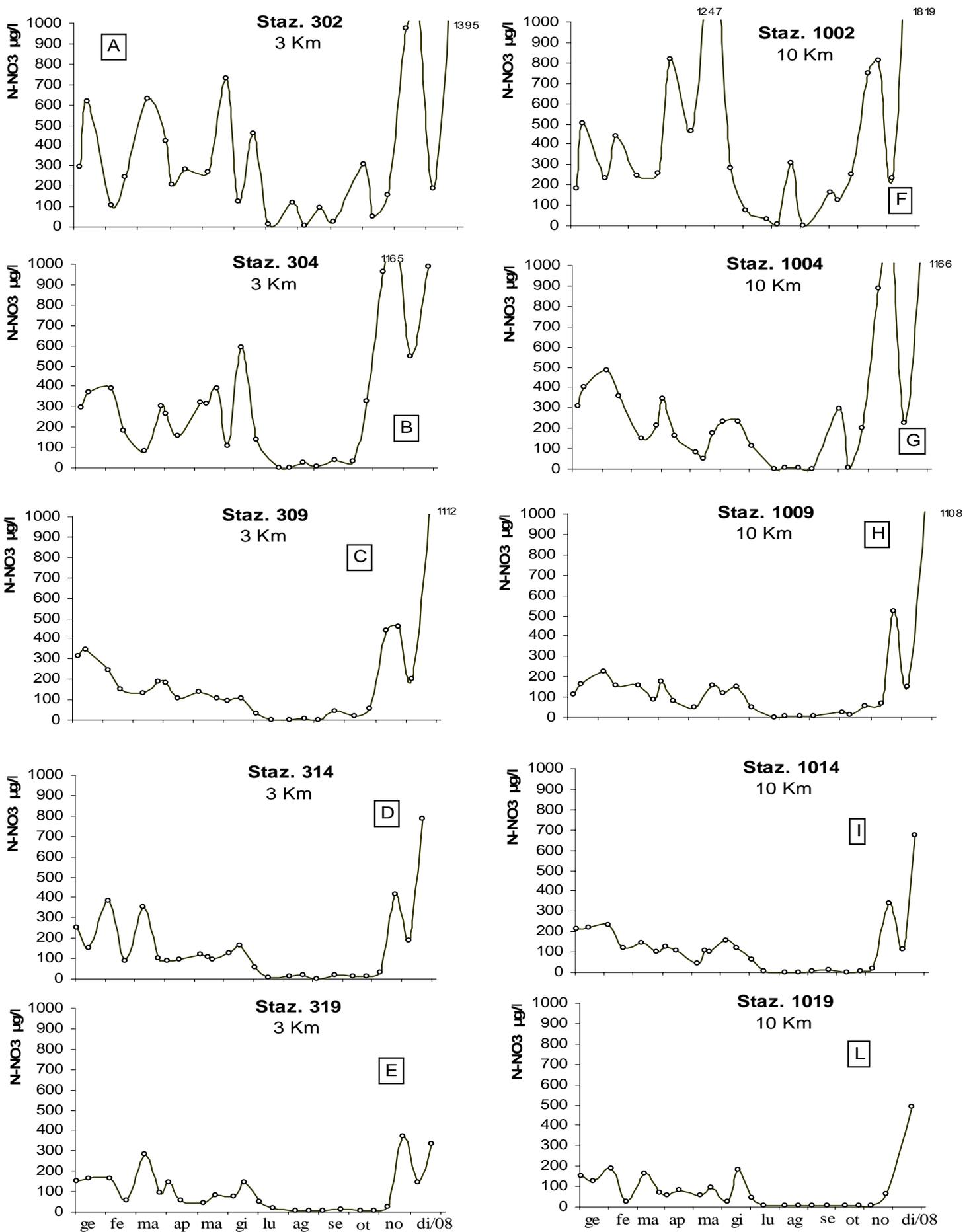


Figura 20 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO₃ in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

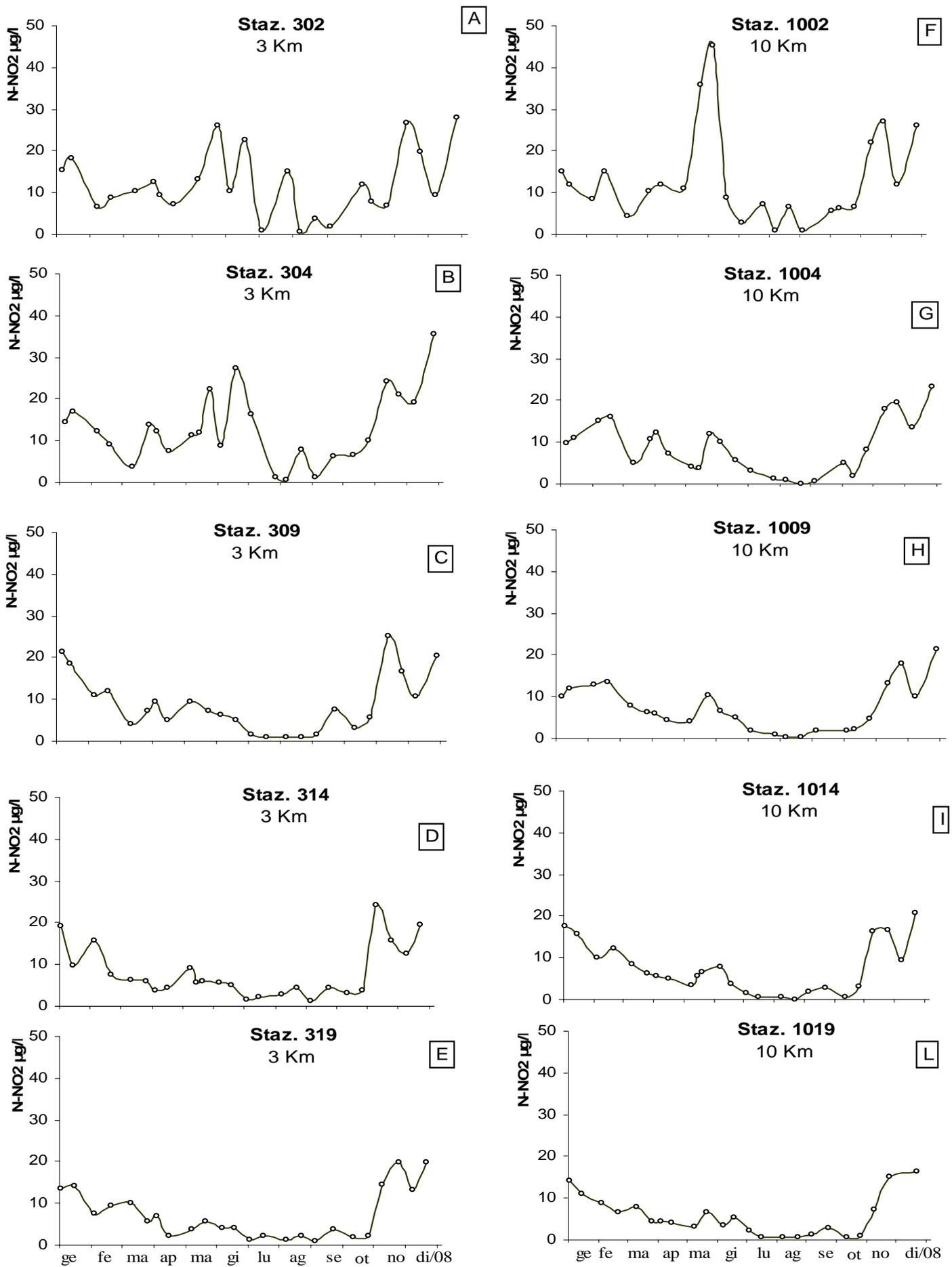


Figura 21 - Andamenti temporali del Nitrito N-NO₂ in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

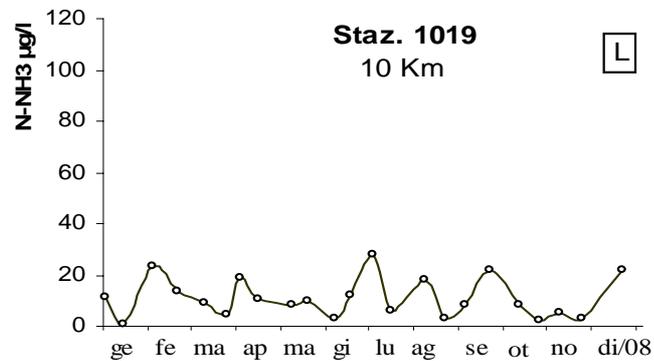
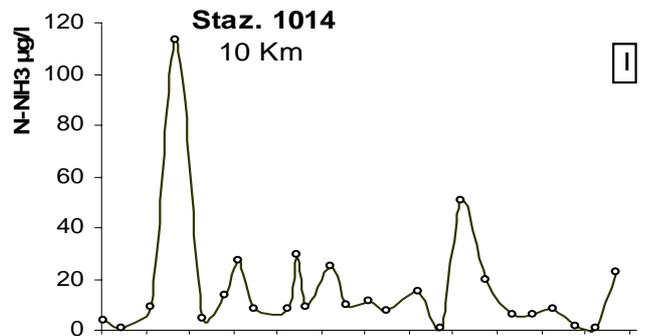
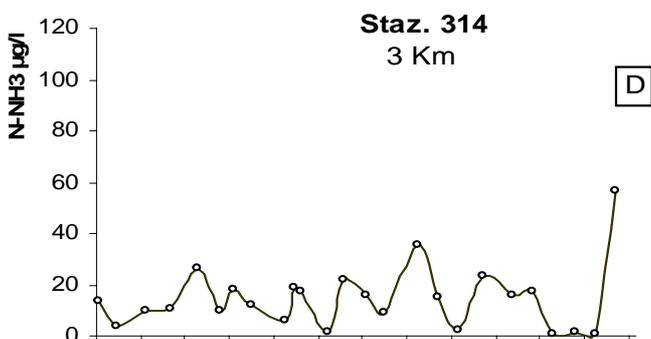
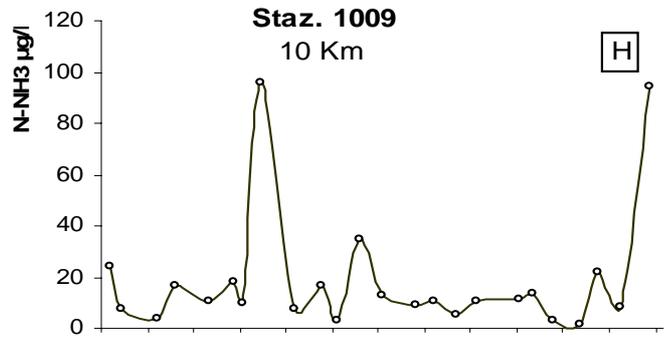
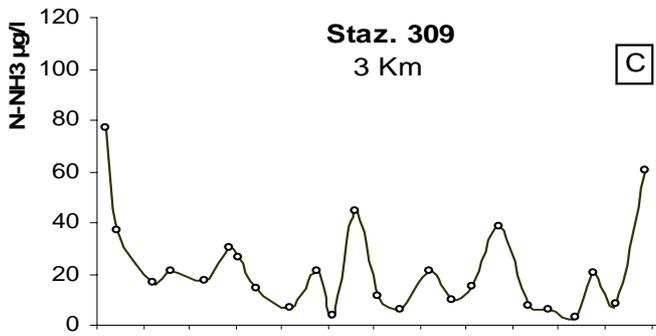
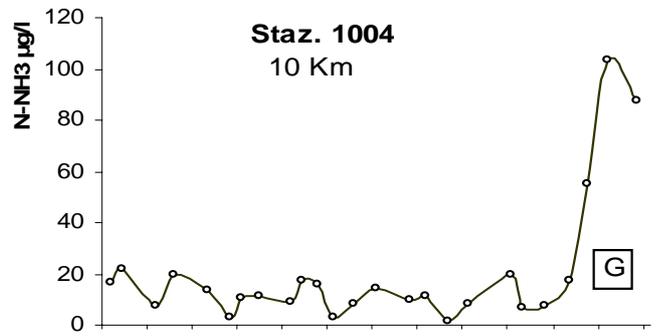
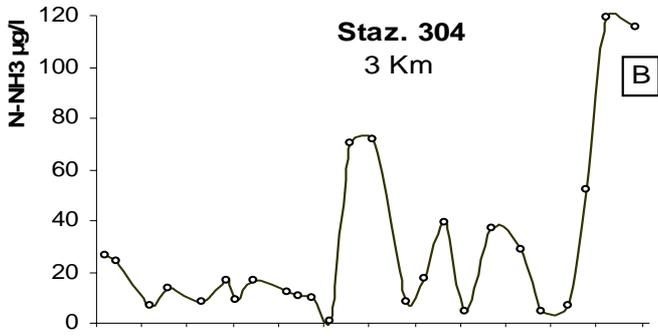
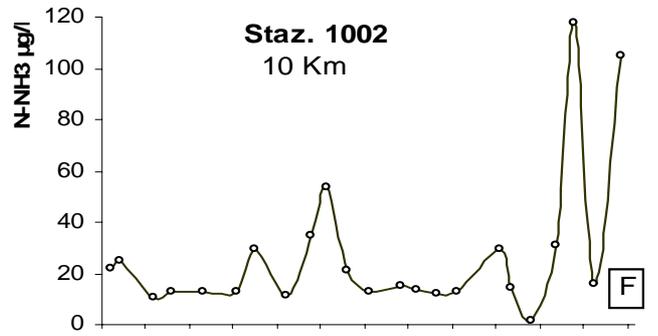
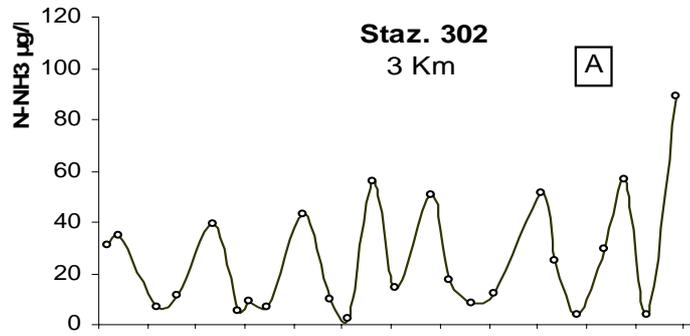


Figura 22 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale $N-NH_3$ in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

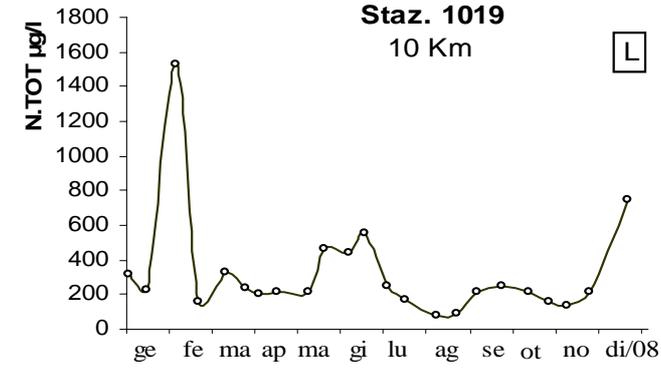
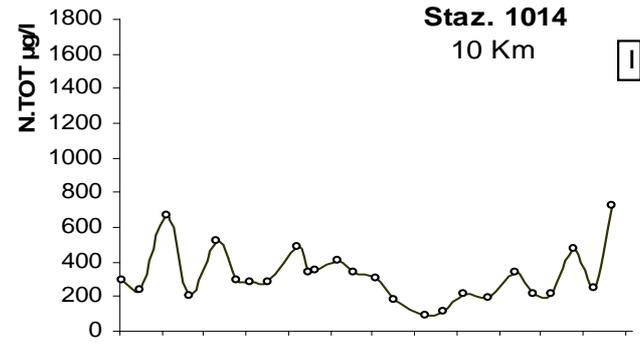
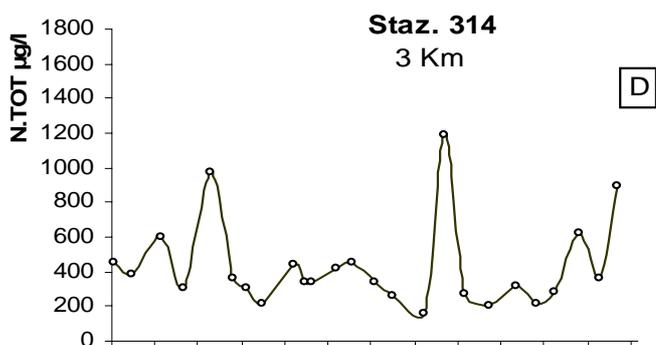
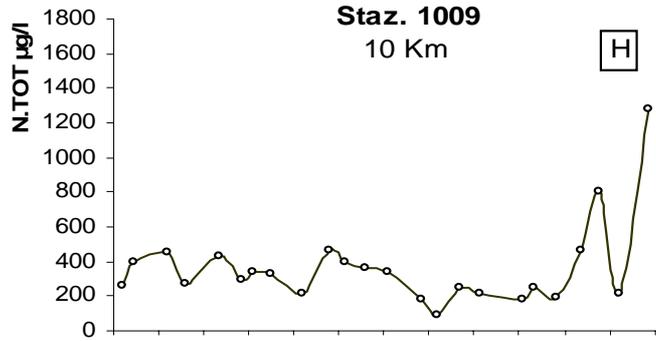
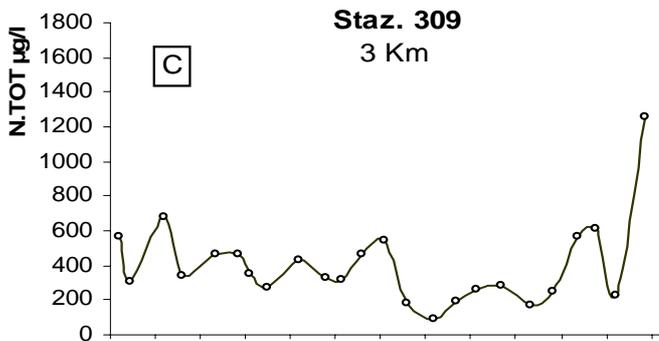
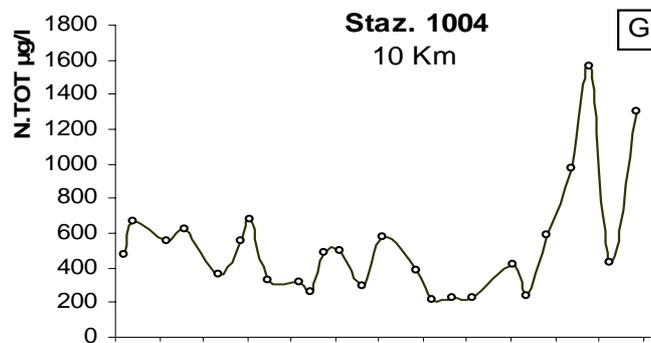
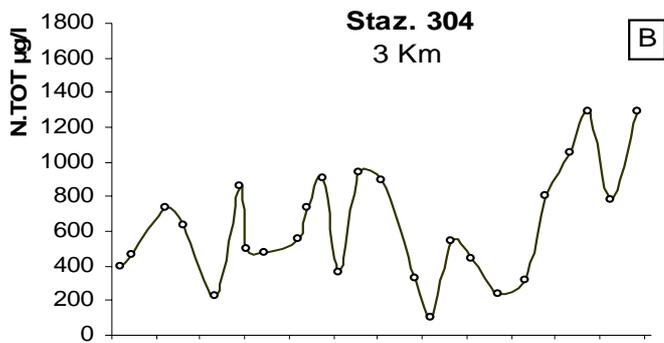
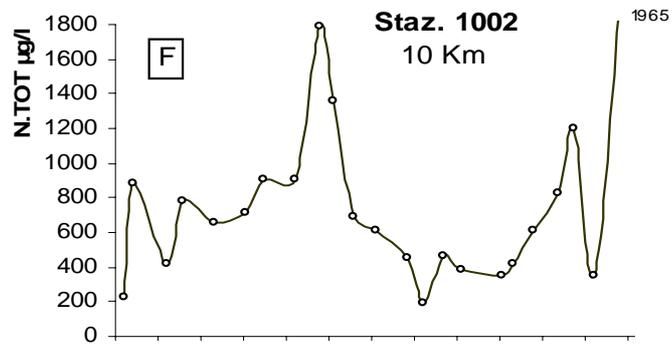
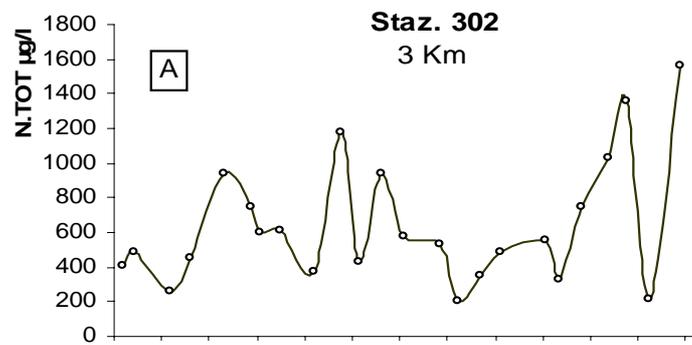


Figura 23 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

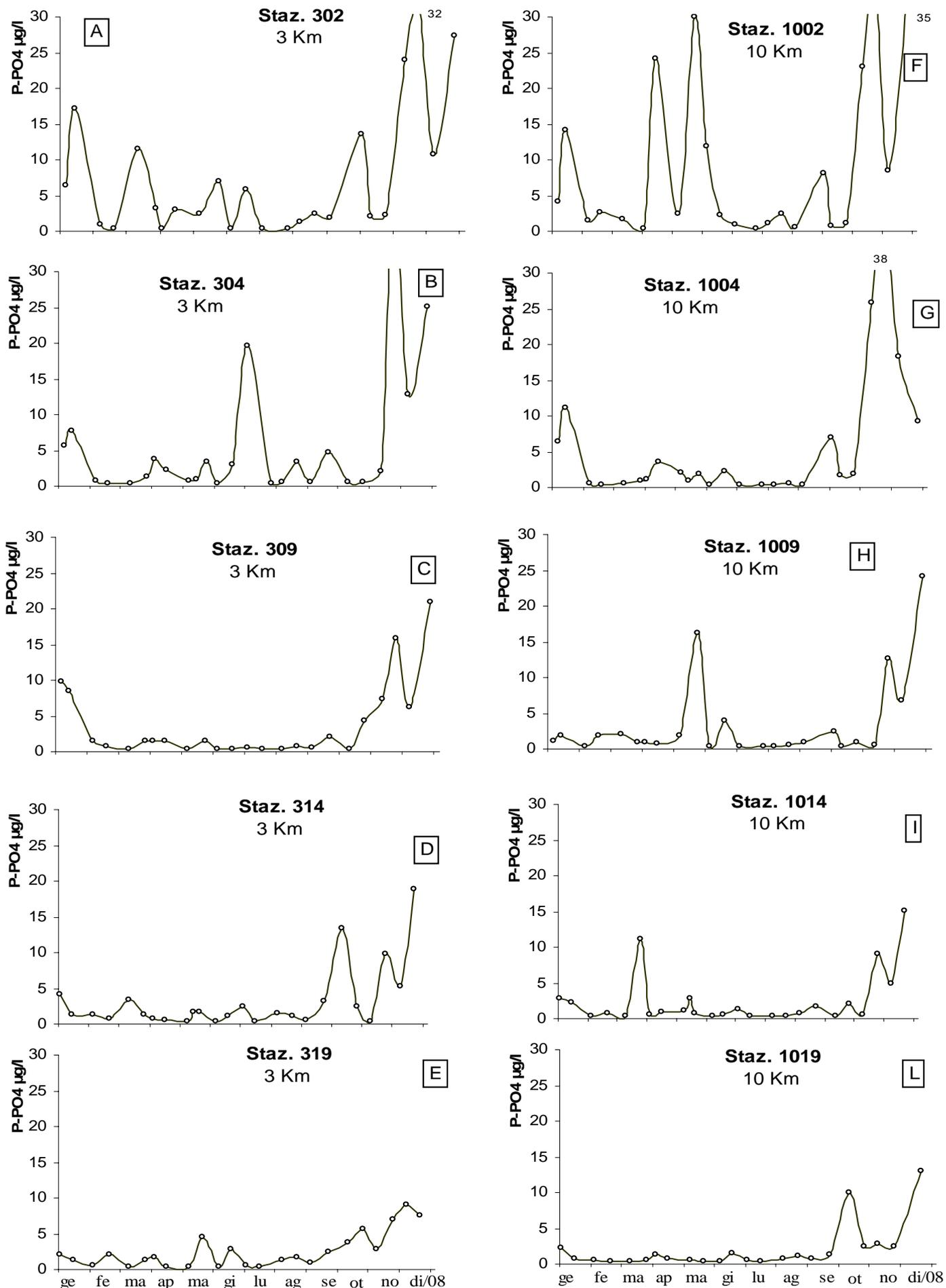


Figura 24 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO₄ in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

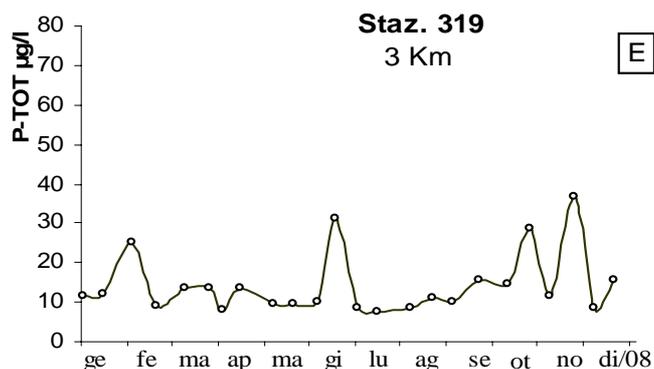
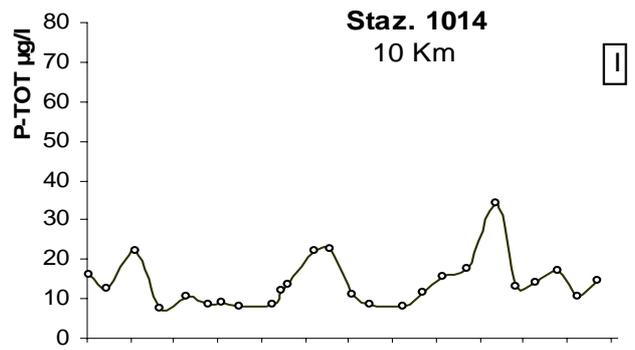
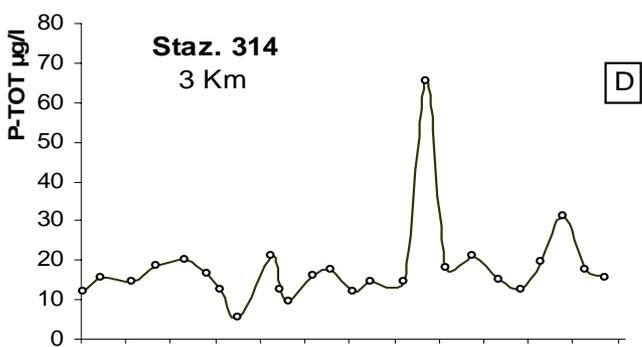
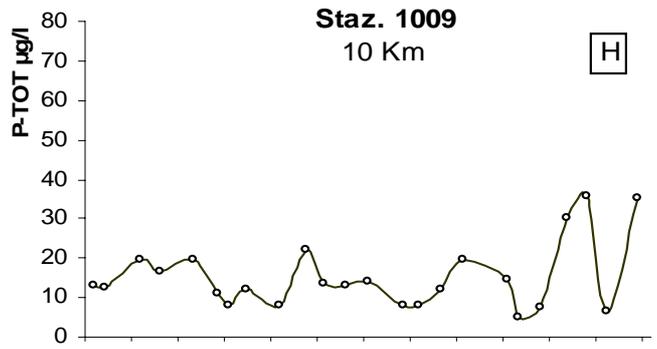
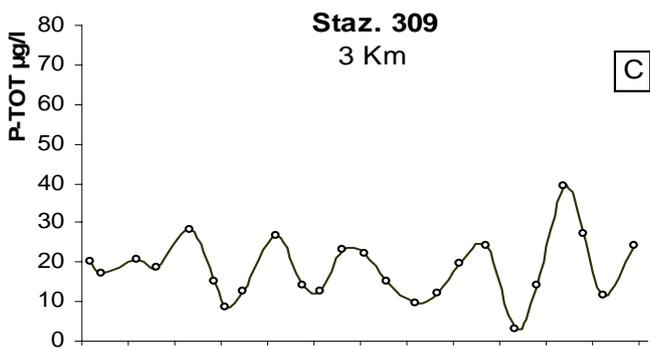
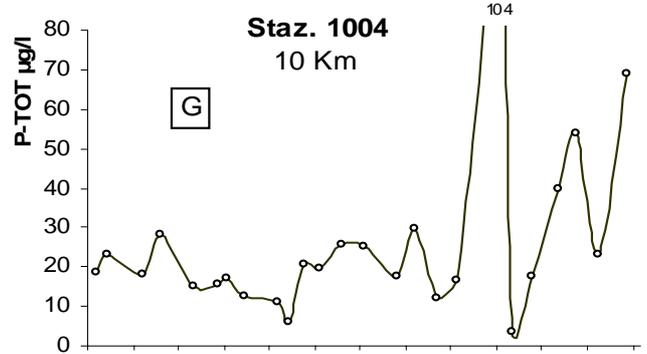
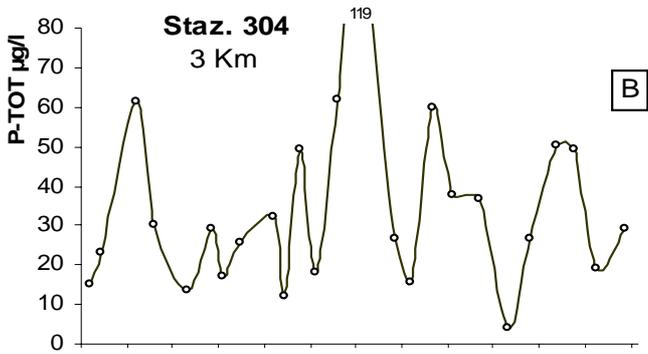
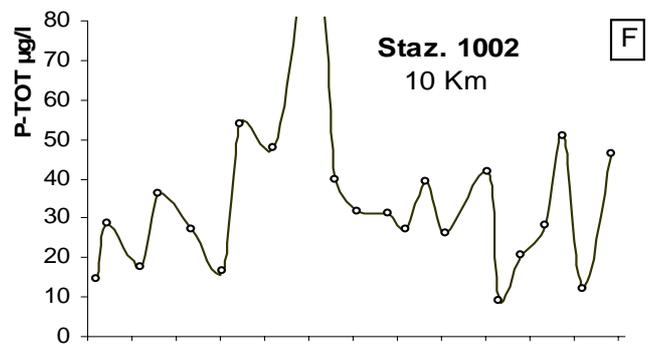
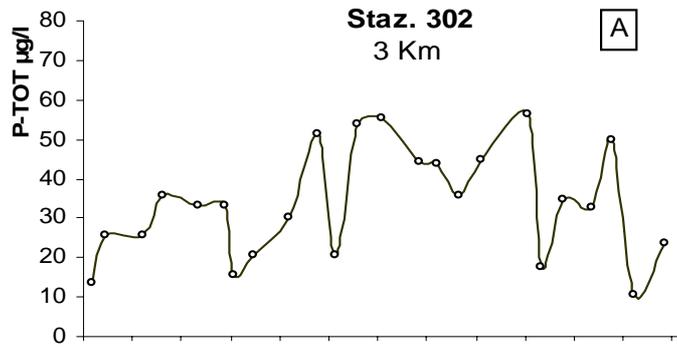
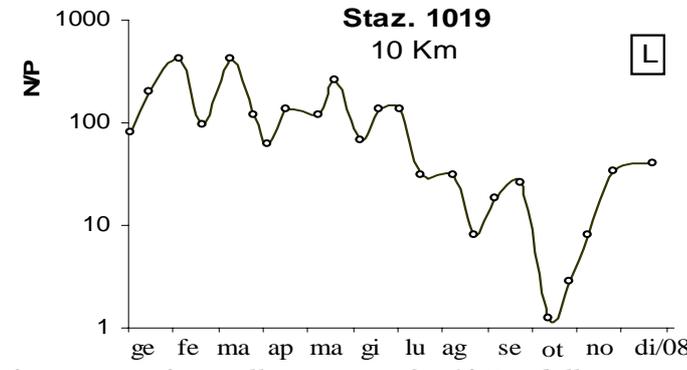
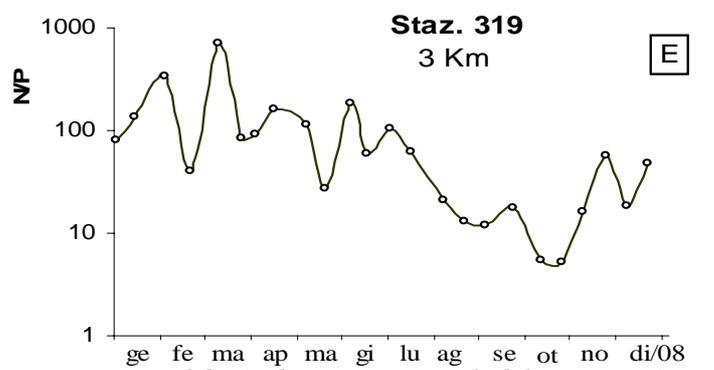
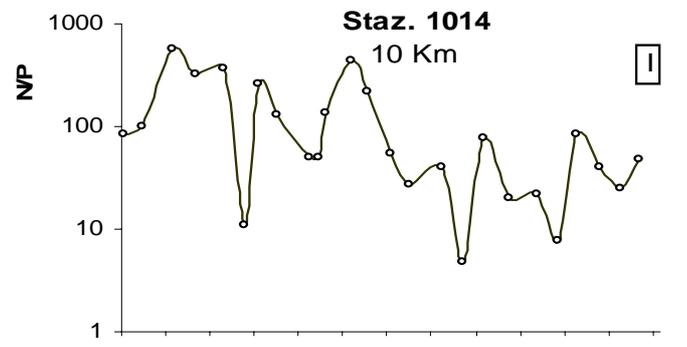
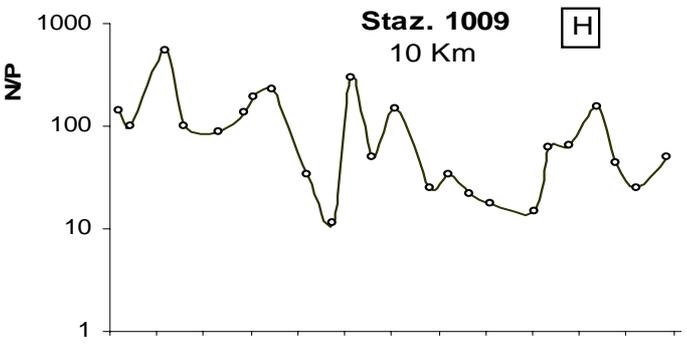
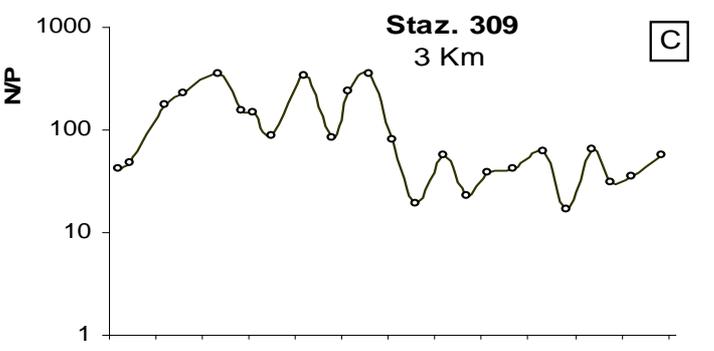
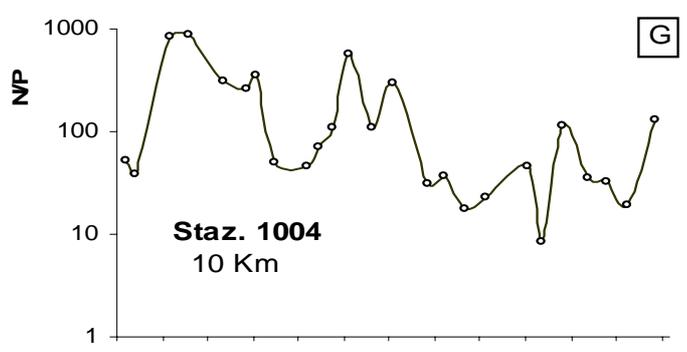
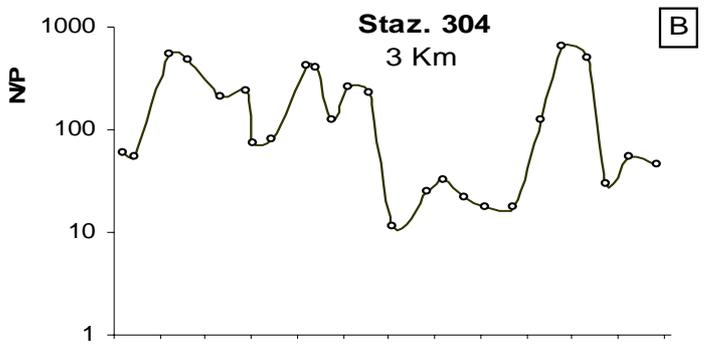


Figura 25 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa



ge fe ma ap ma gi lu ag se ot no di/08

ge fe ma ap ma gi lu ag se ot no di/08

Figura 26 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

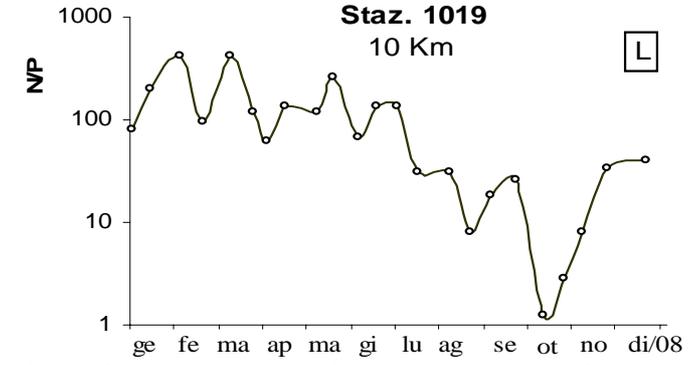
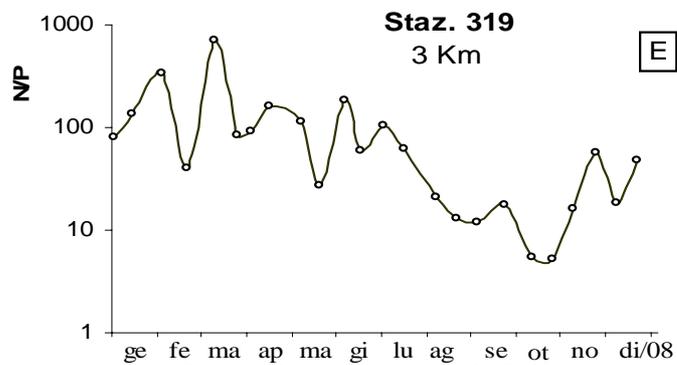
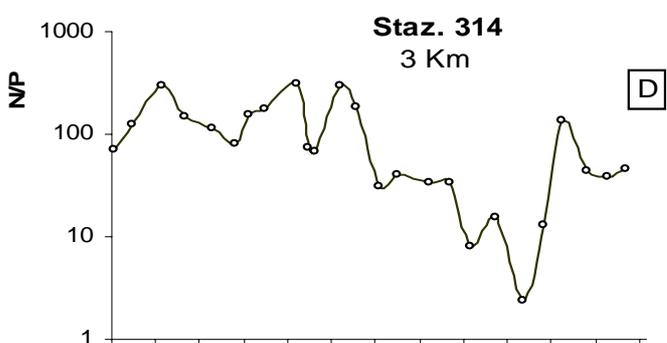
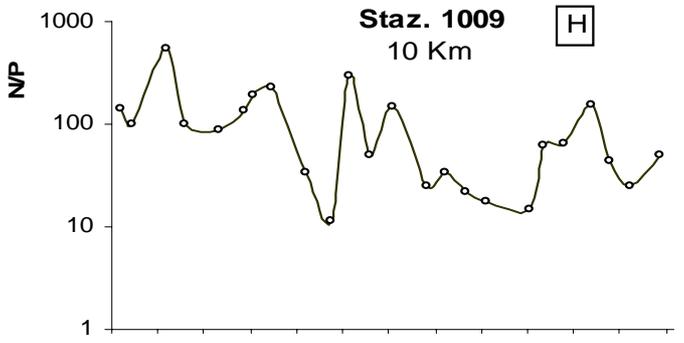
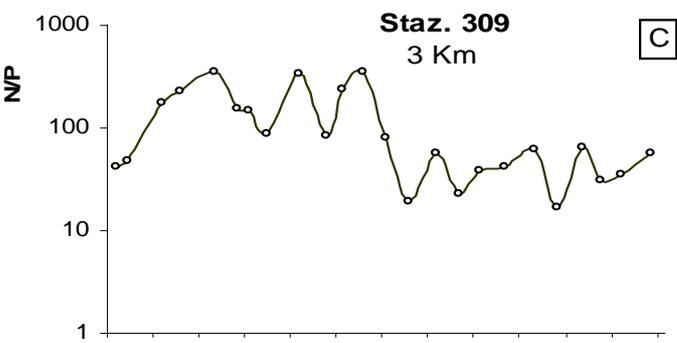
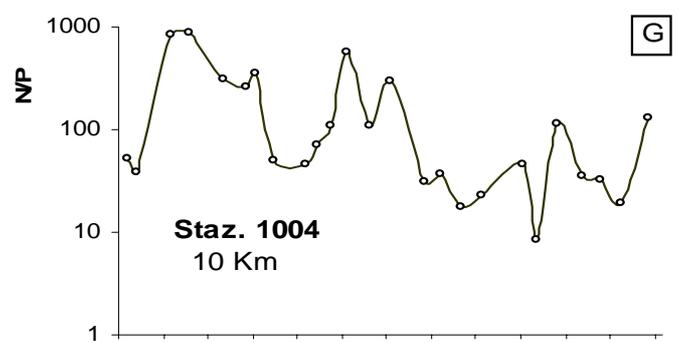
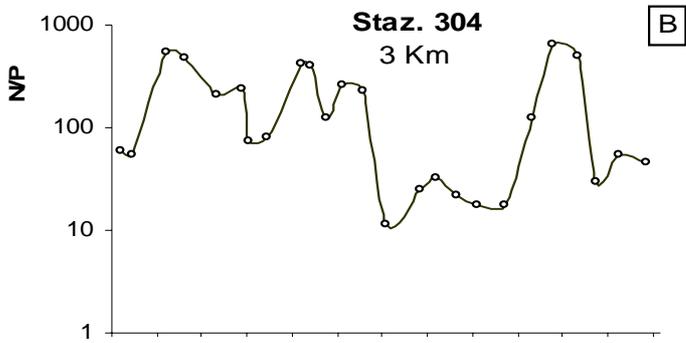
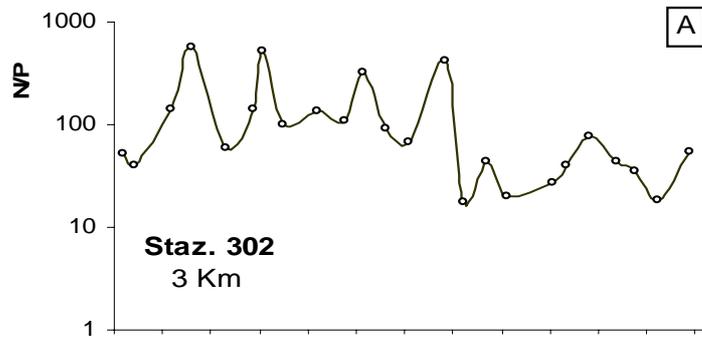


Figura 27 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

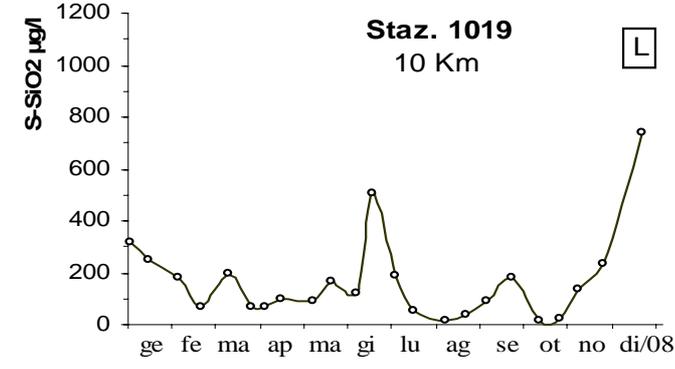
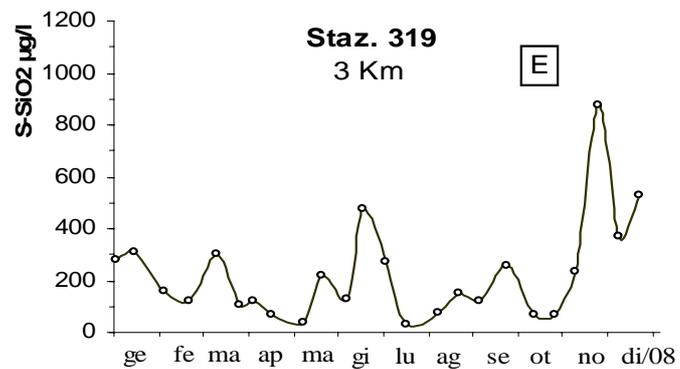
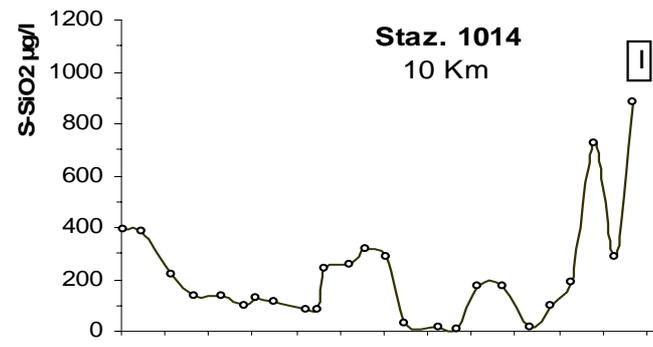
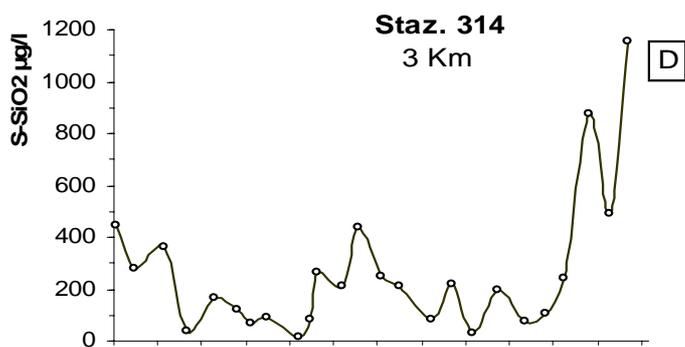
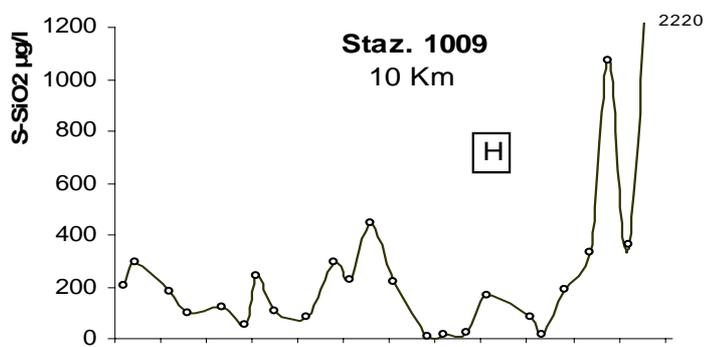
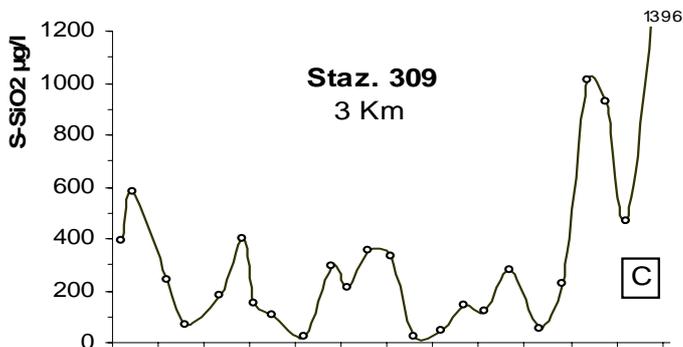
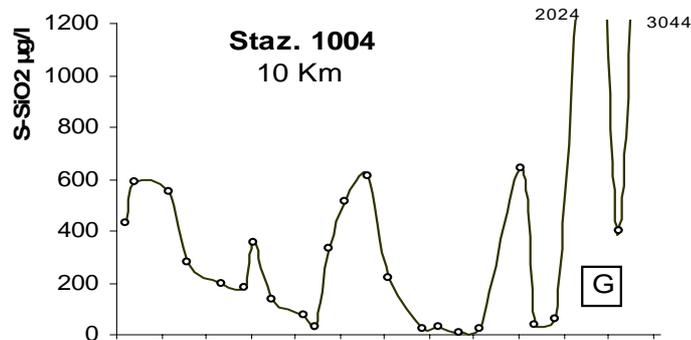
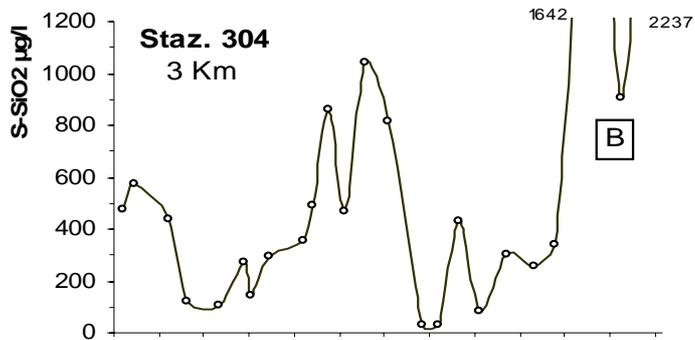
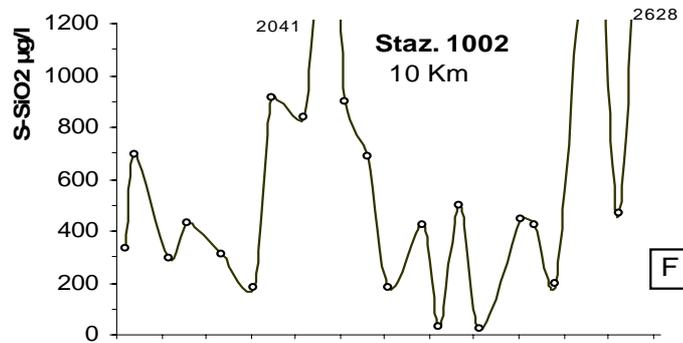
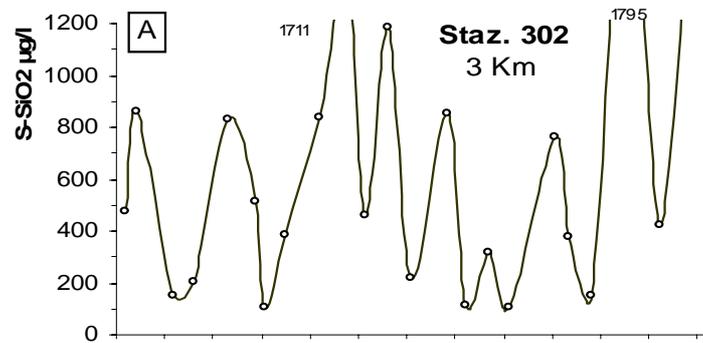


Figura 28 - Andamenti temporali della Silice in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

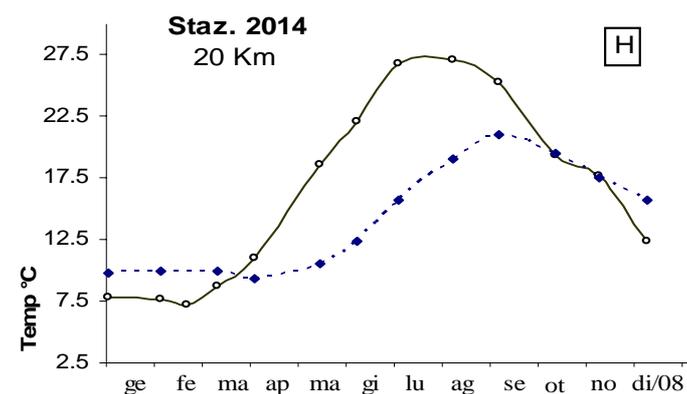
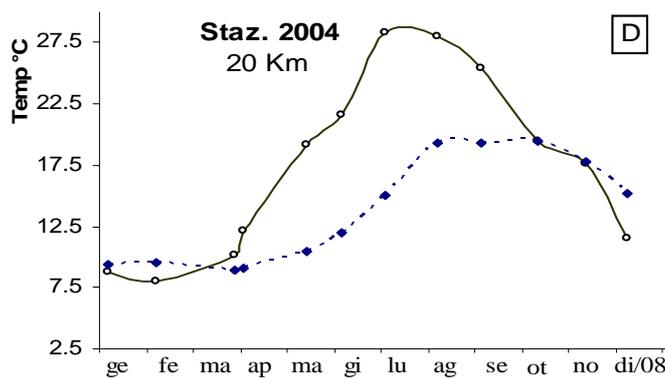
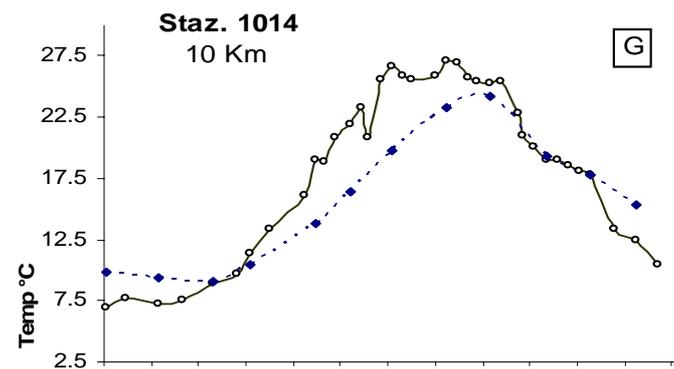
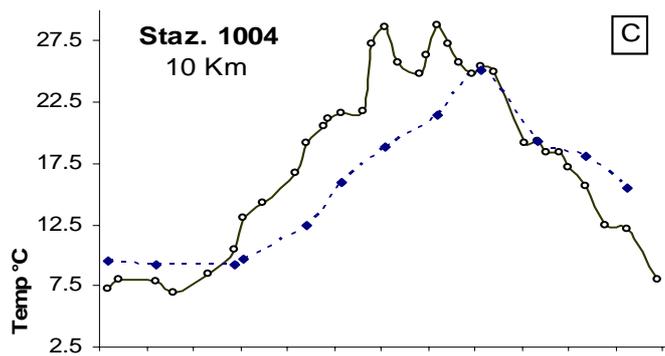
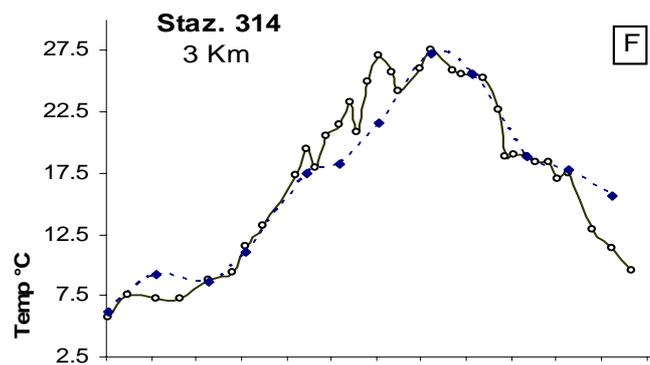
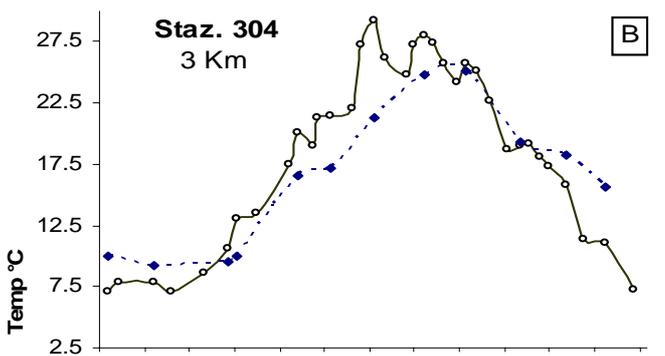
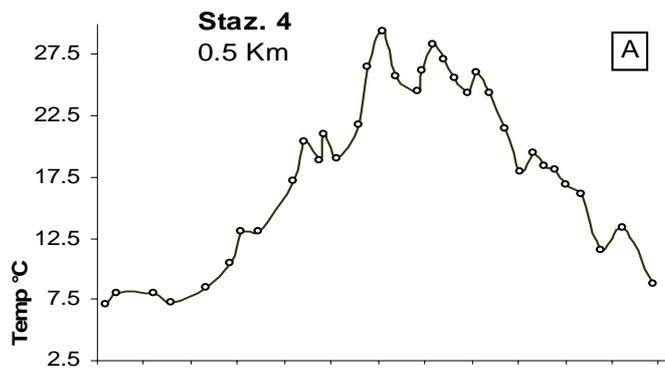
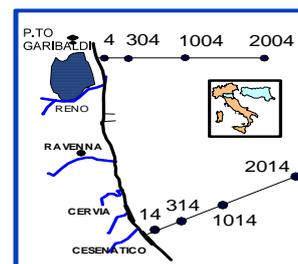


Figura 29 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



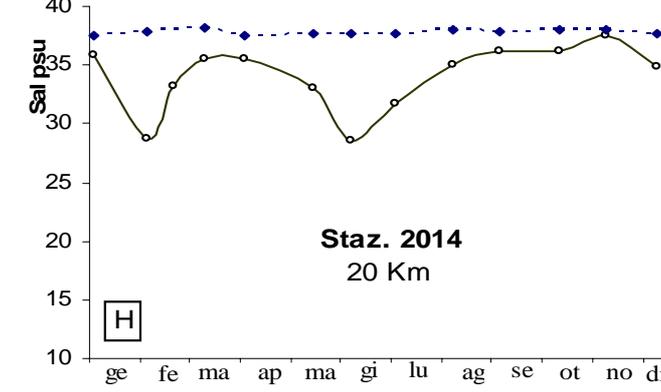
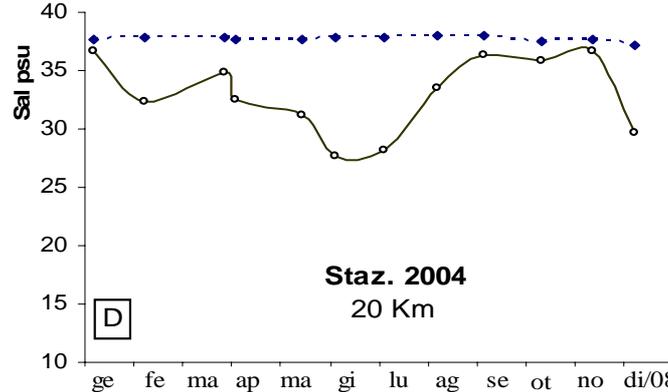
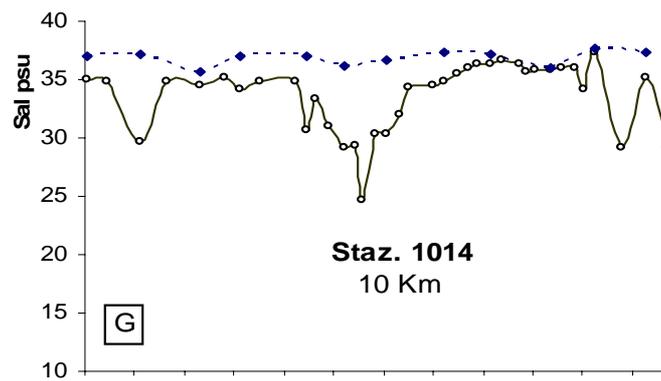
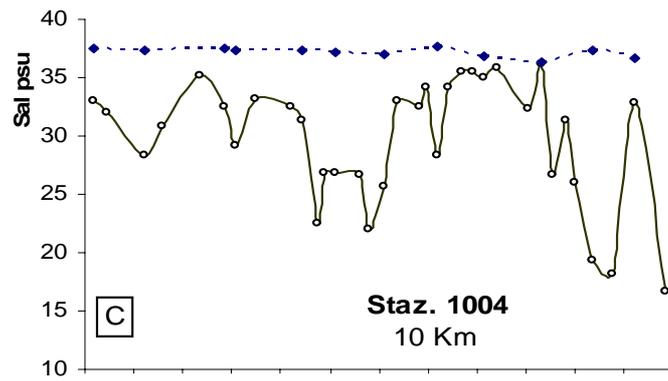
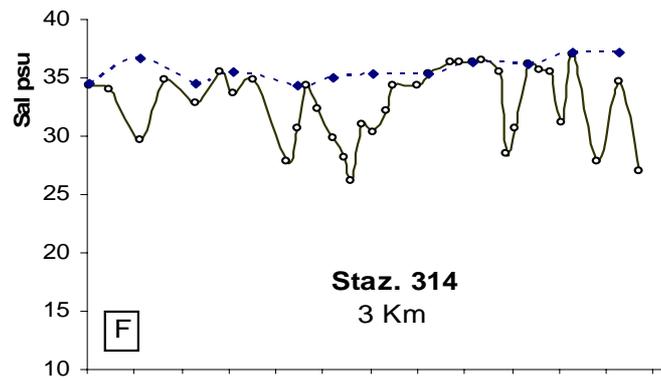
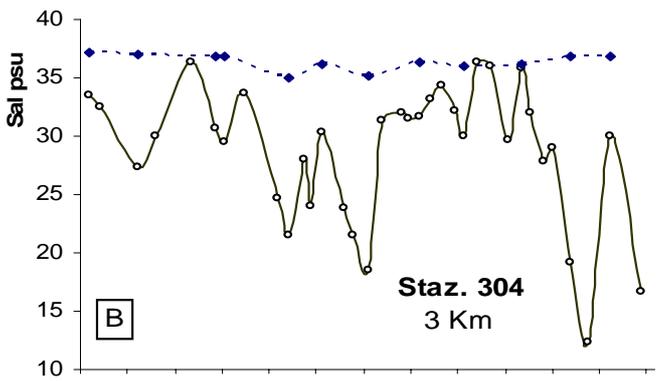
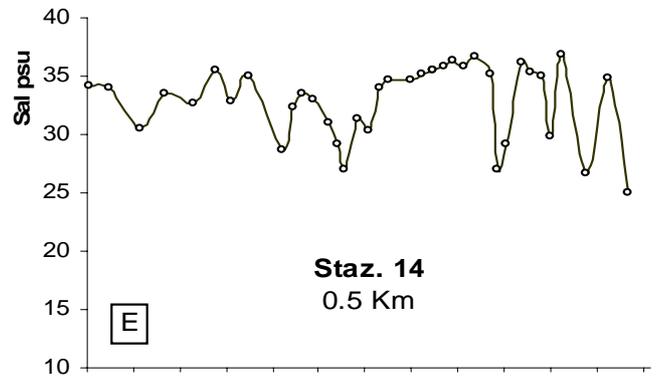
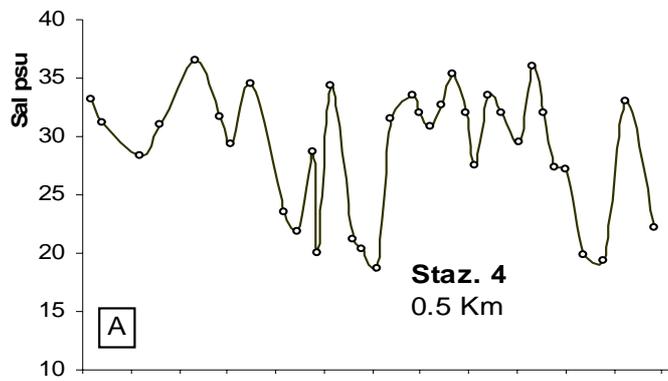
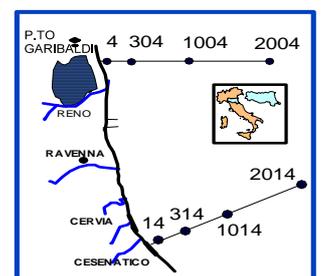


Figura 30 - Andamenti temporali della Salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



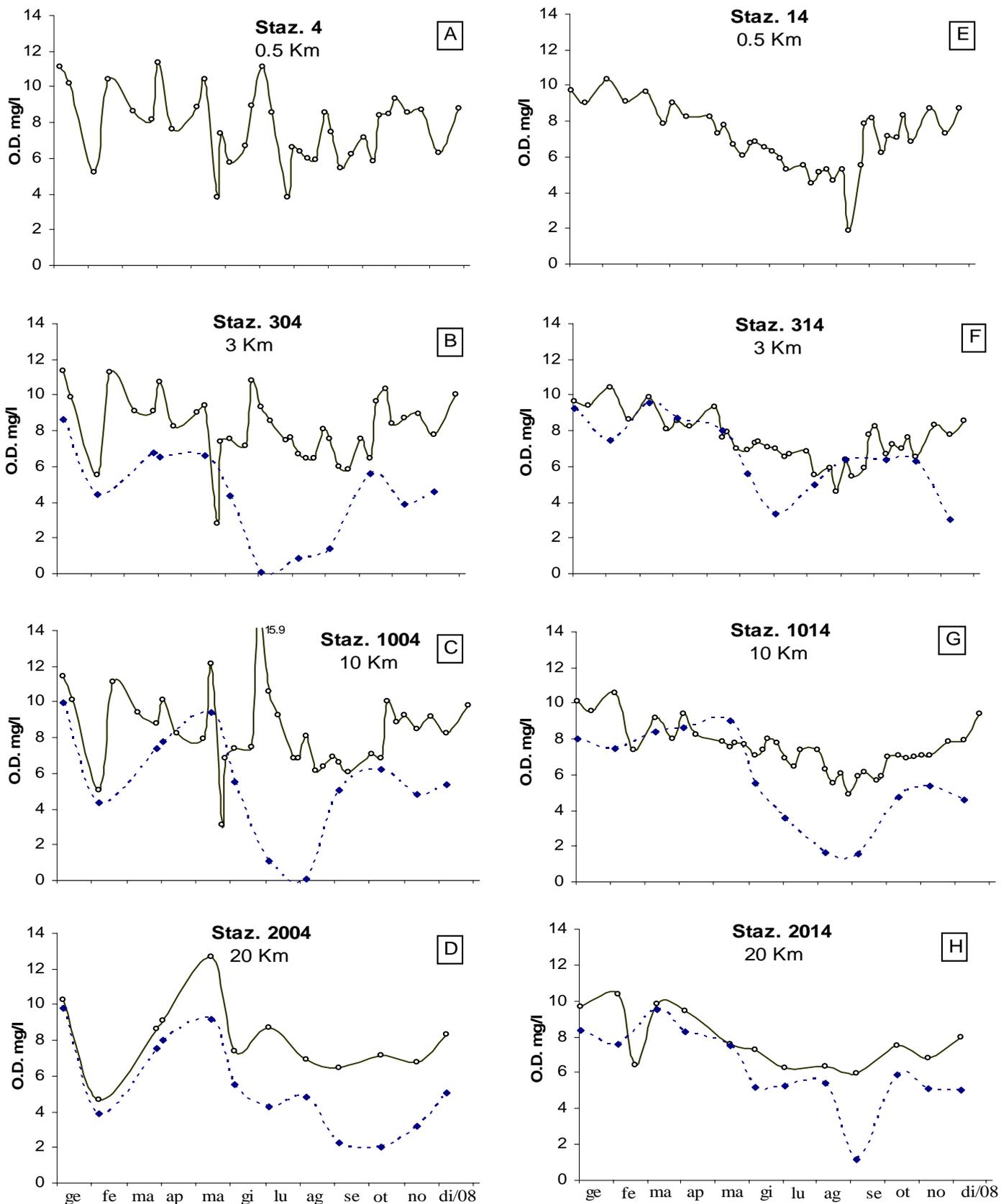
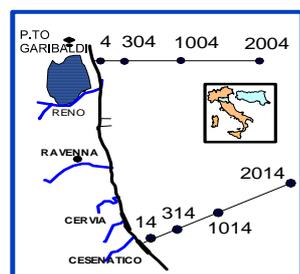


Figura 31 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



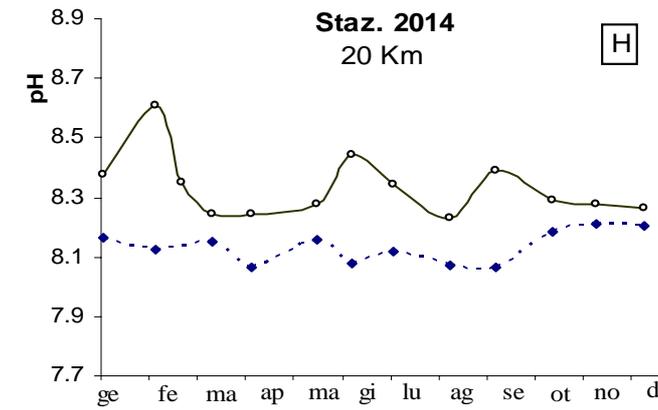
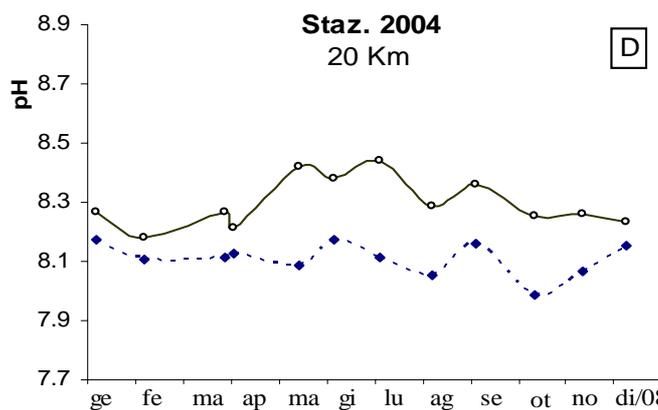
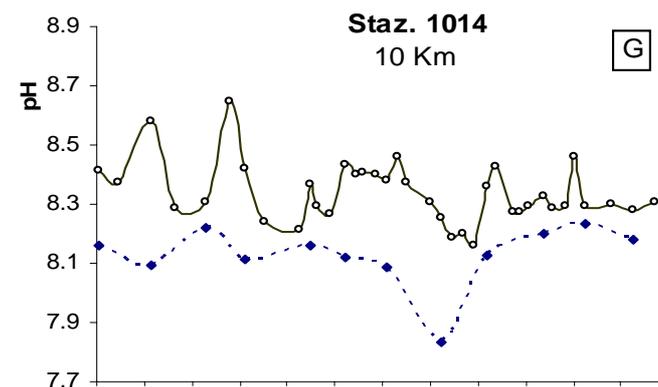
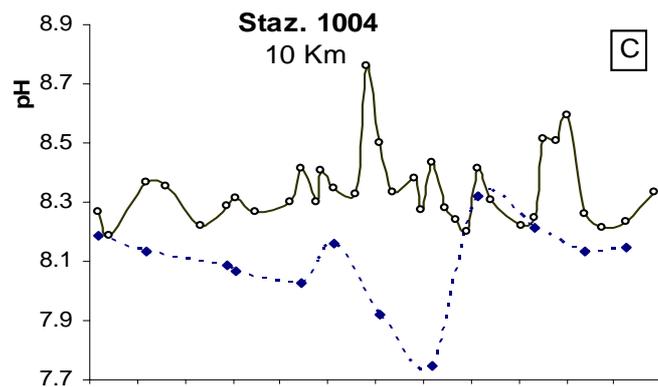
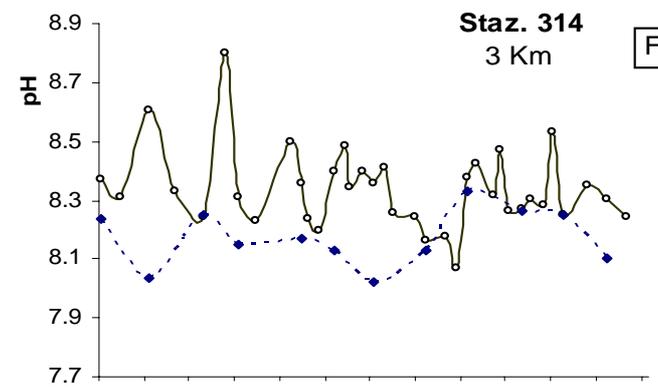
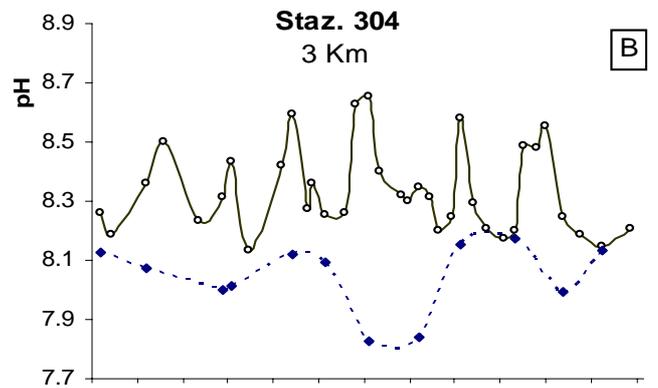
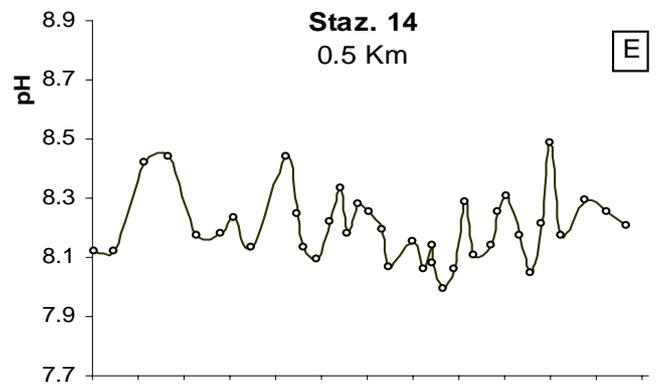
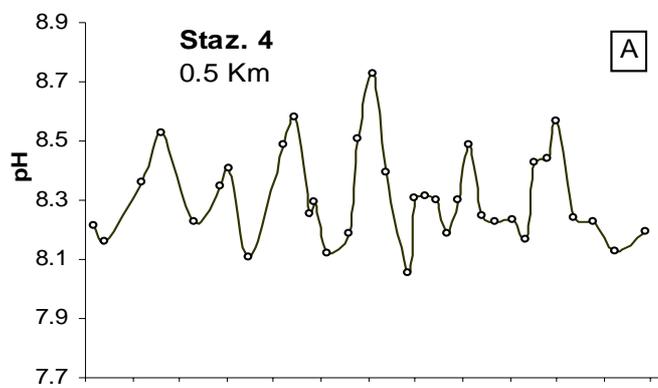
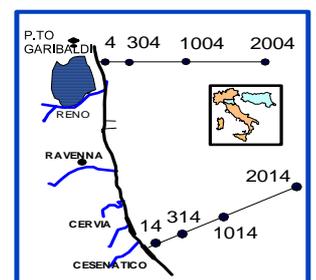


Figura 32 - Andamenti temporali del pH in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



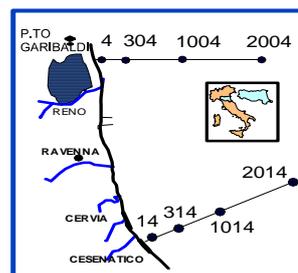
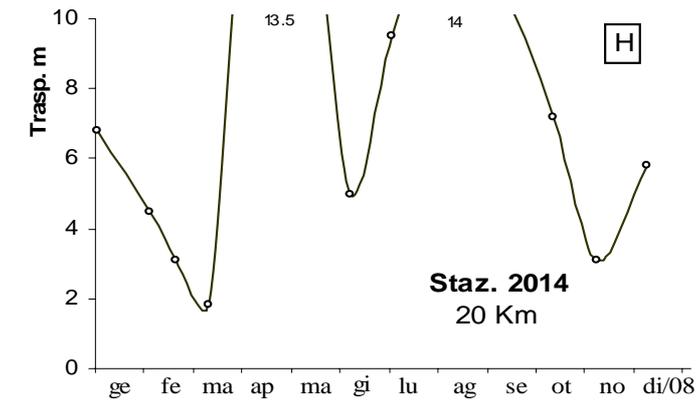
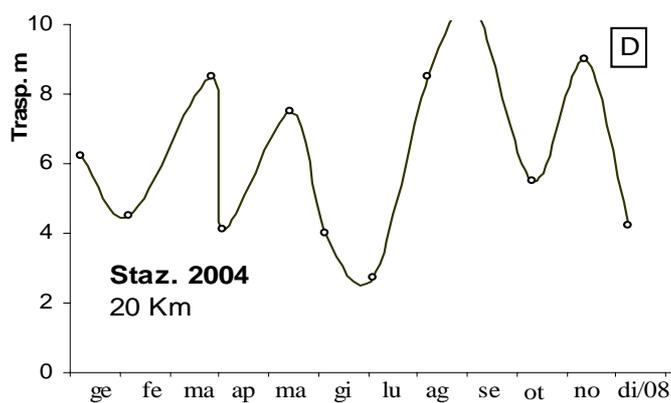
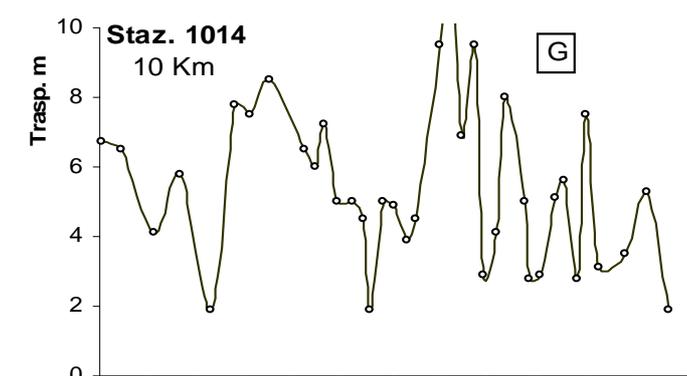
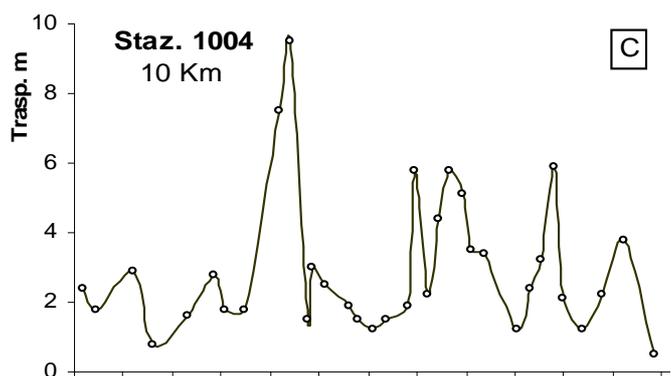
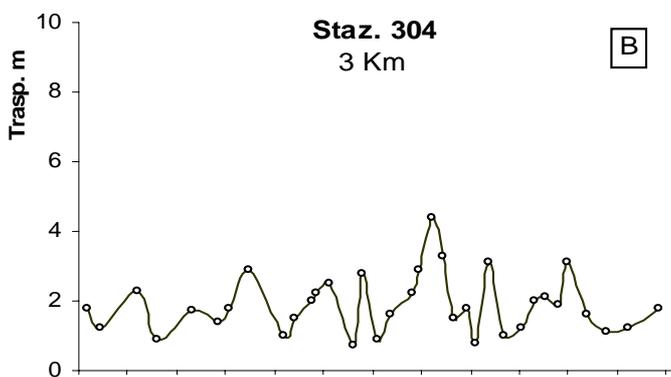
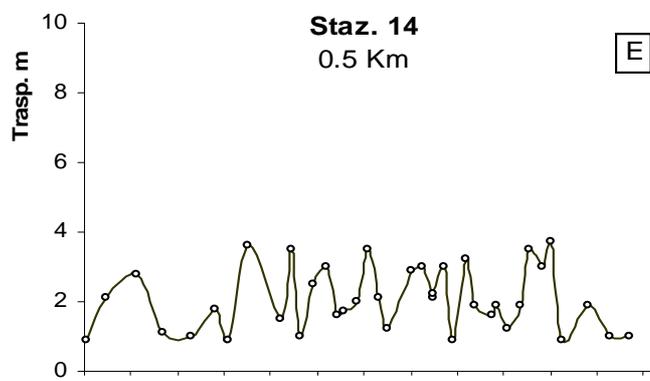
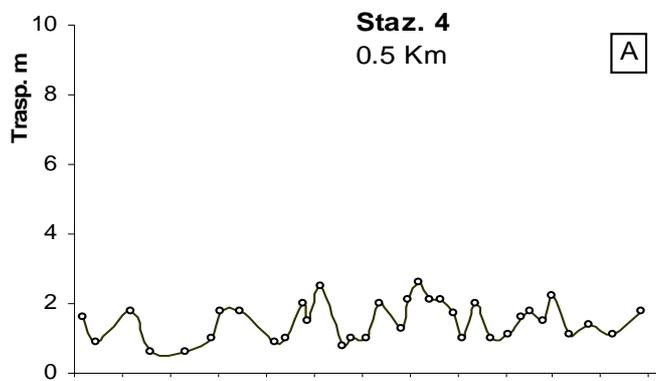


Figura 33 - Andamenti temporali della trasparenza nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico

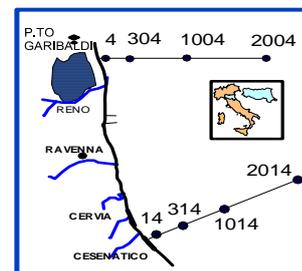
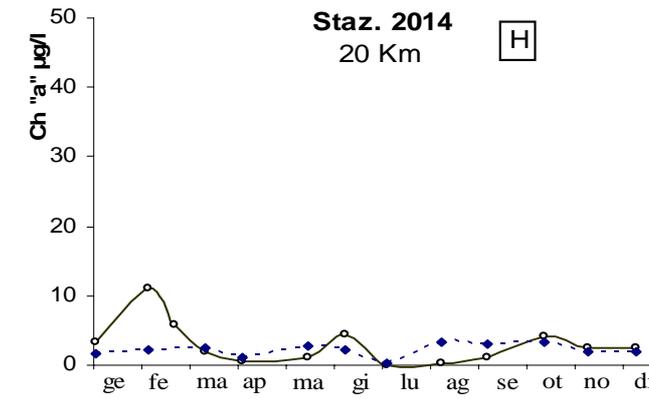
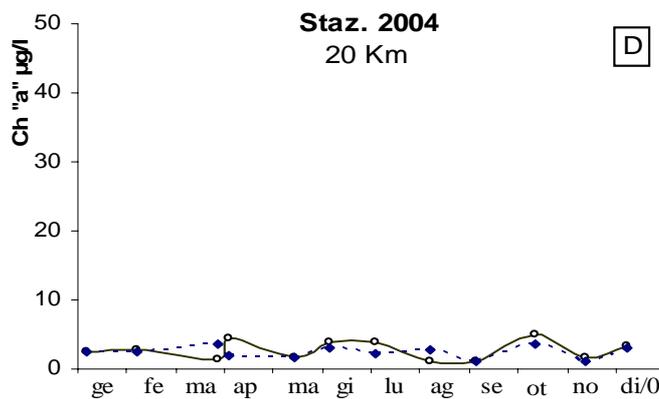
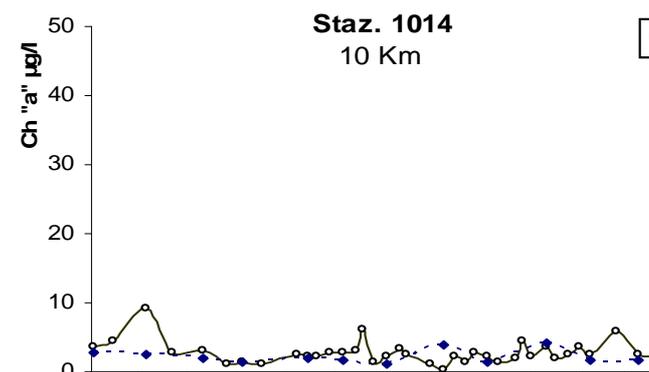
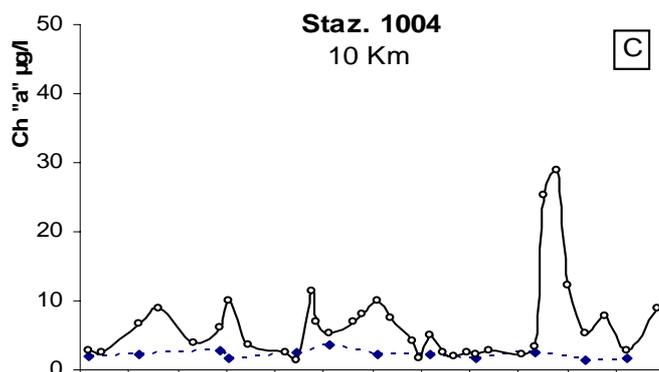
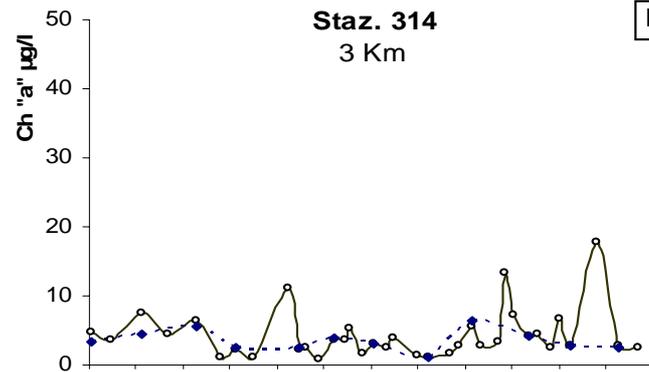
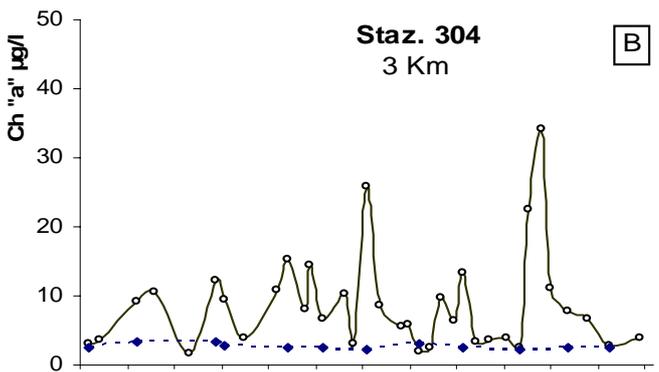
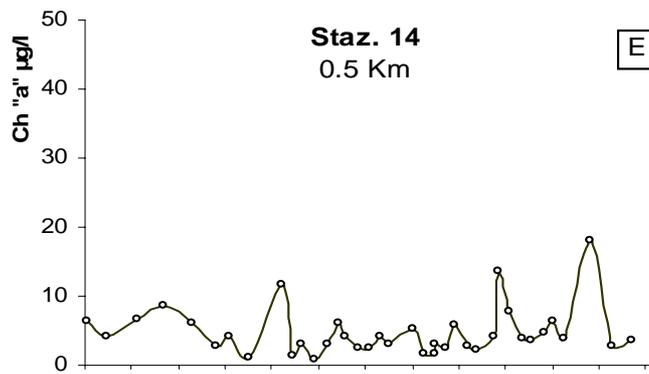
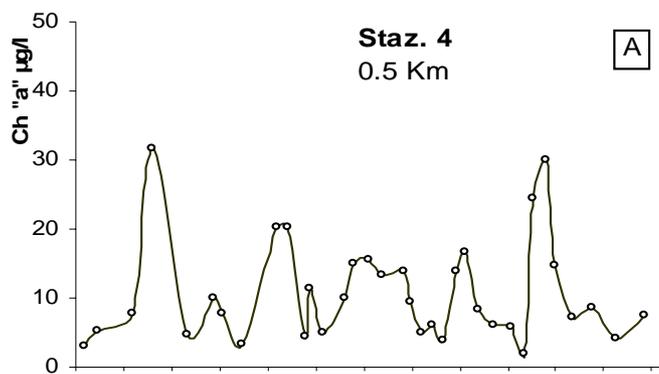


Figura 34 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico

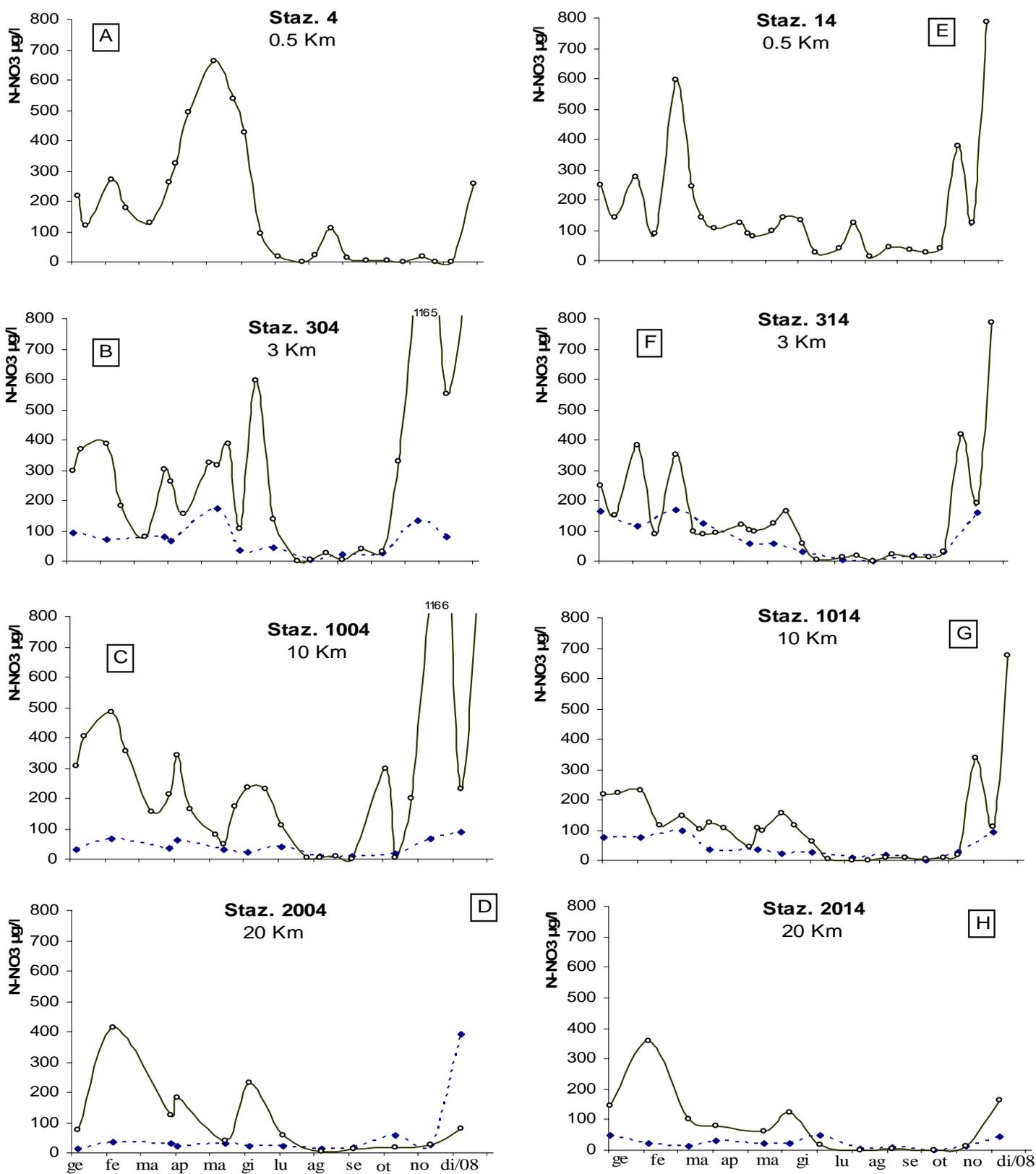
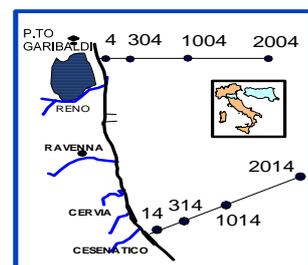


Figura 35 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO₃ in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



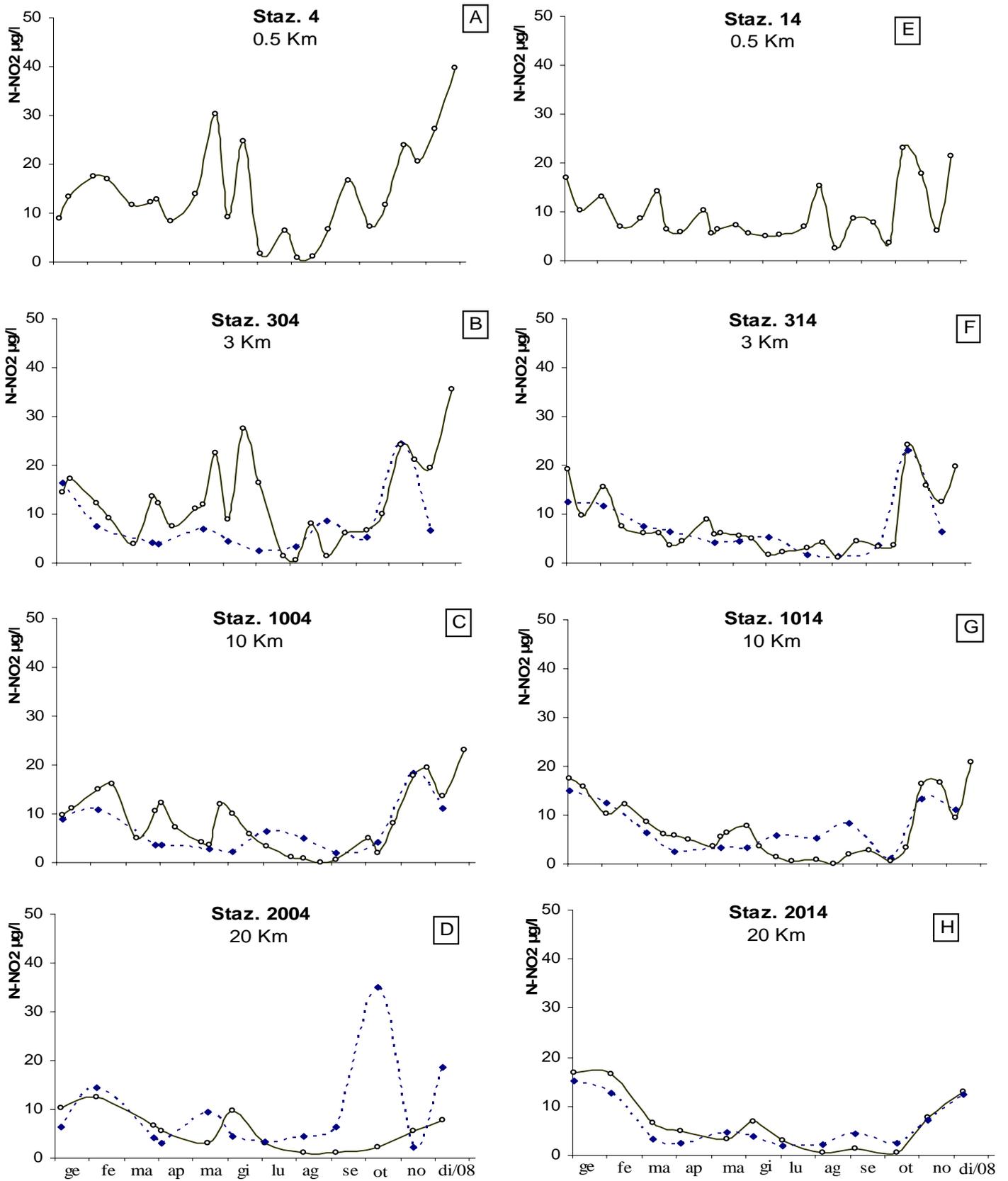
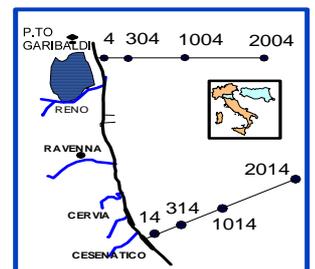


Figura 36 -Andamenti temporali del Nitrito N-NO₂ in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



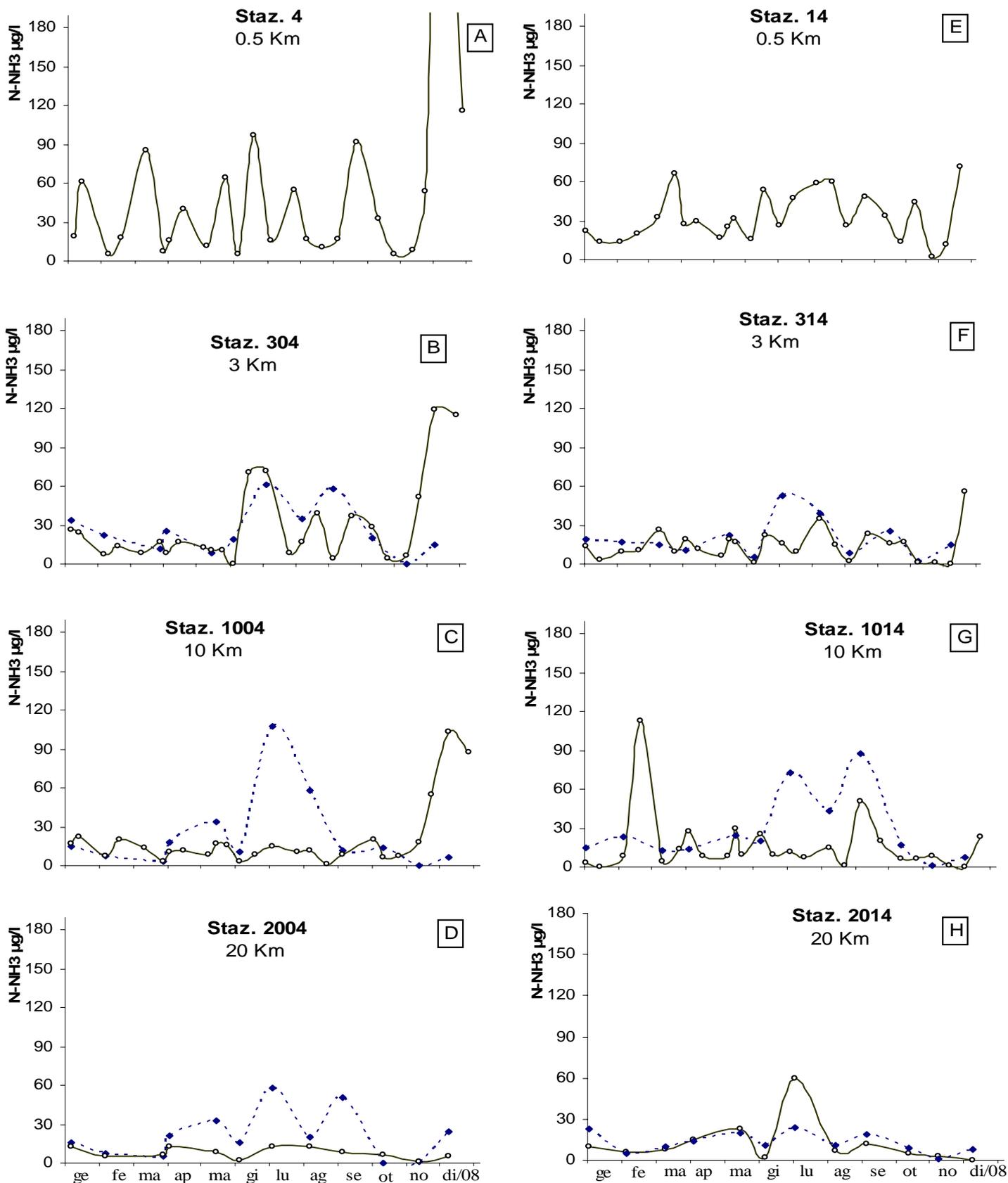
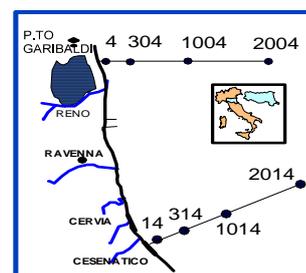


Figura 37 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale $N-NH_3$ in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



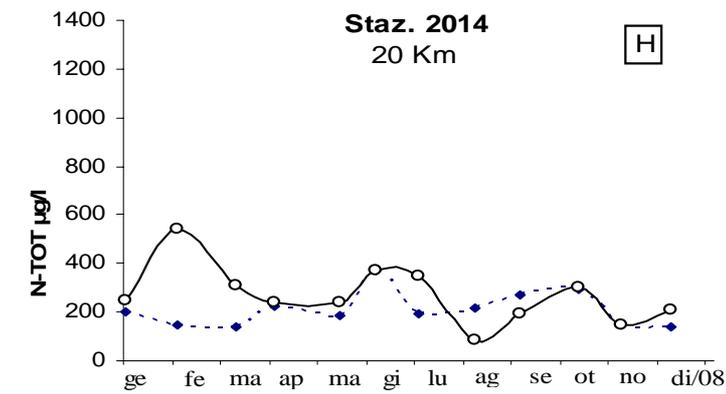
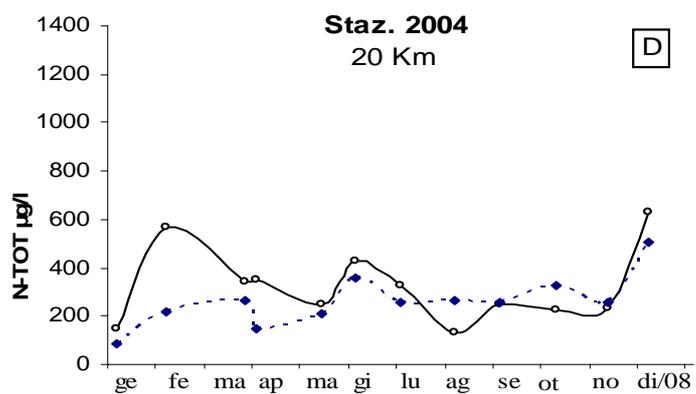
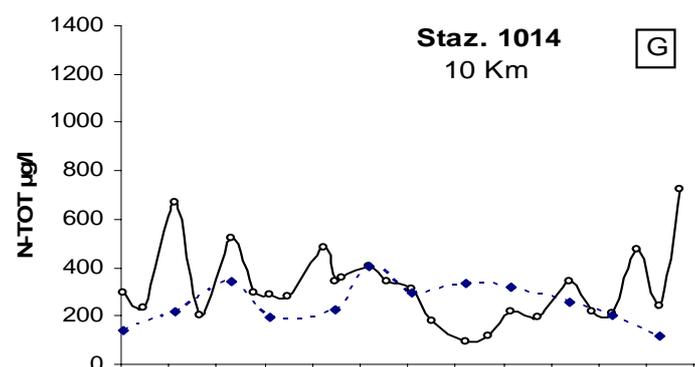
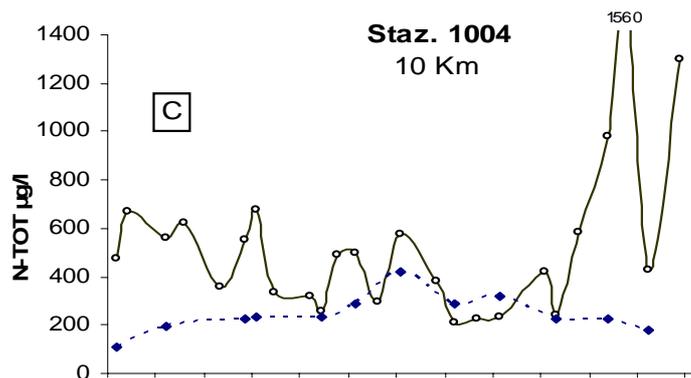
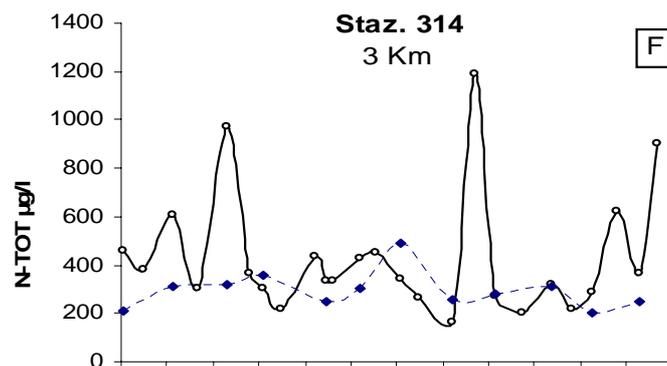
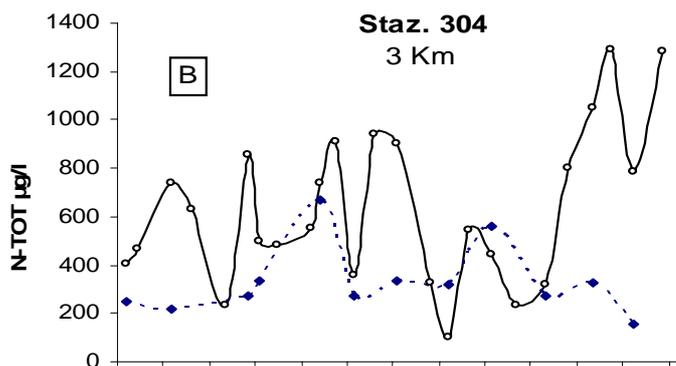
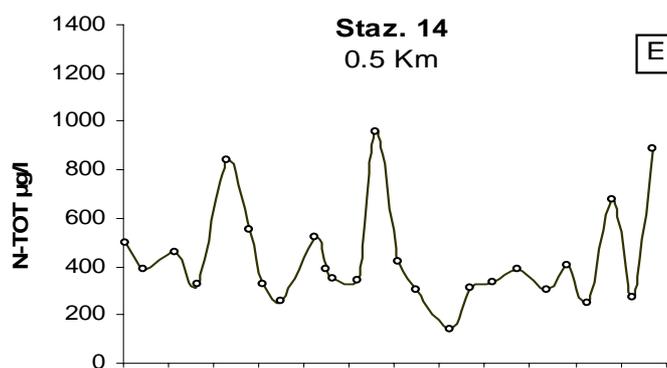
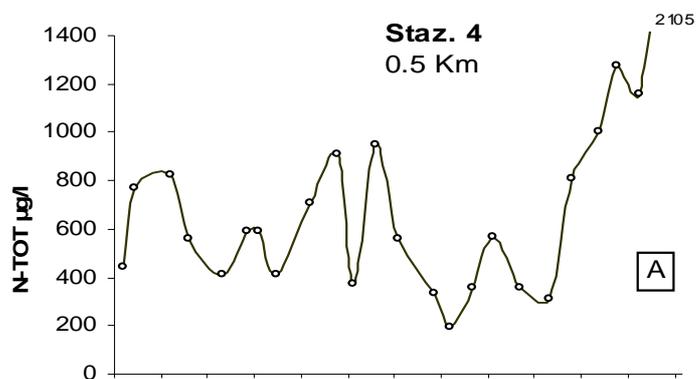
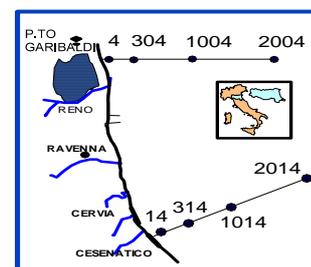


Figura 38 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



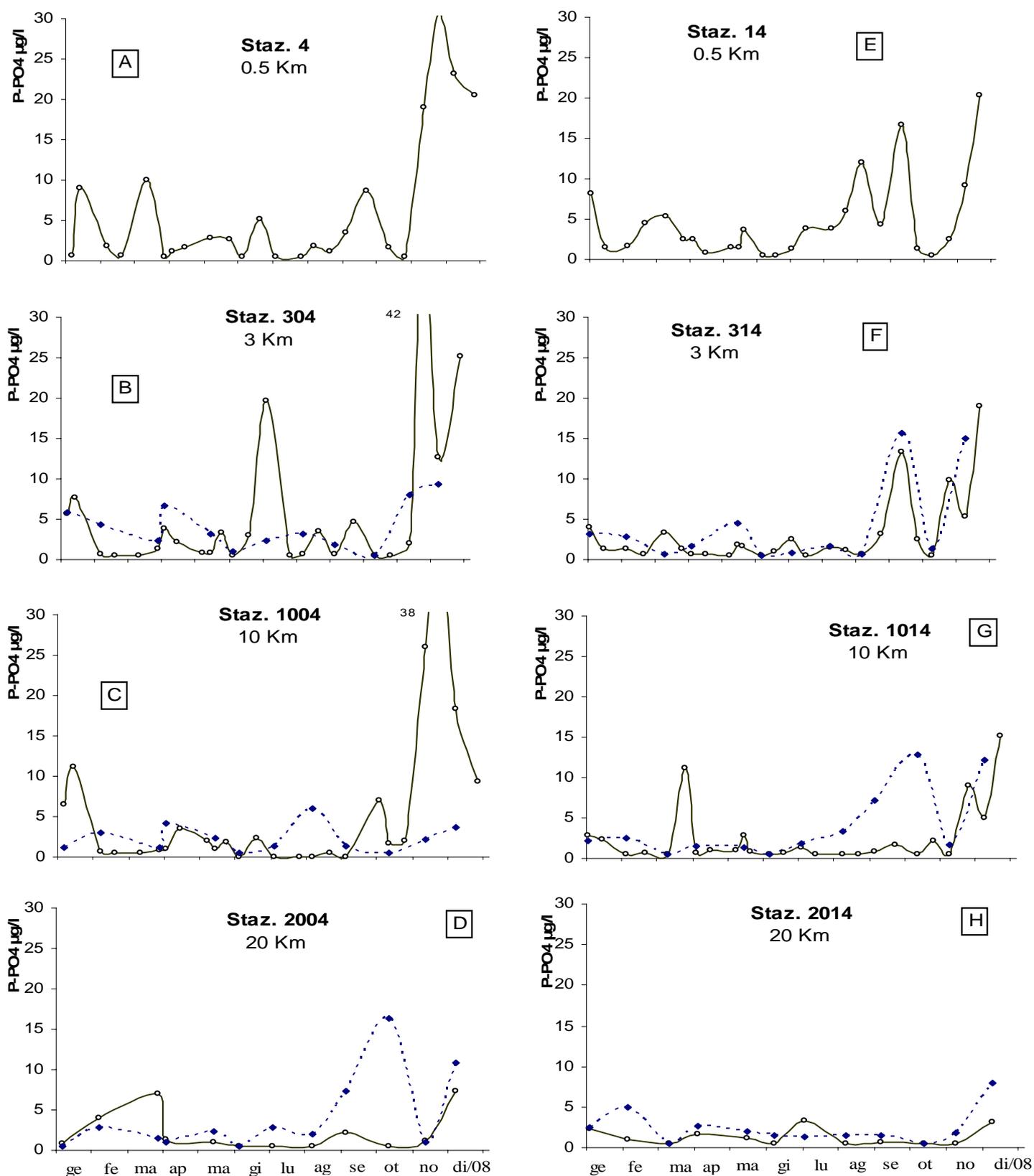
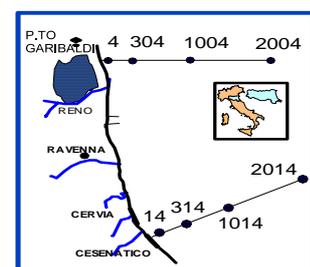


Figura 39 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO₄ in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



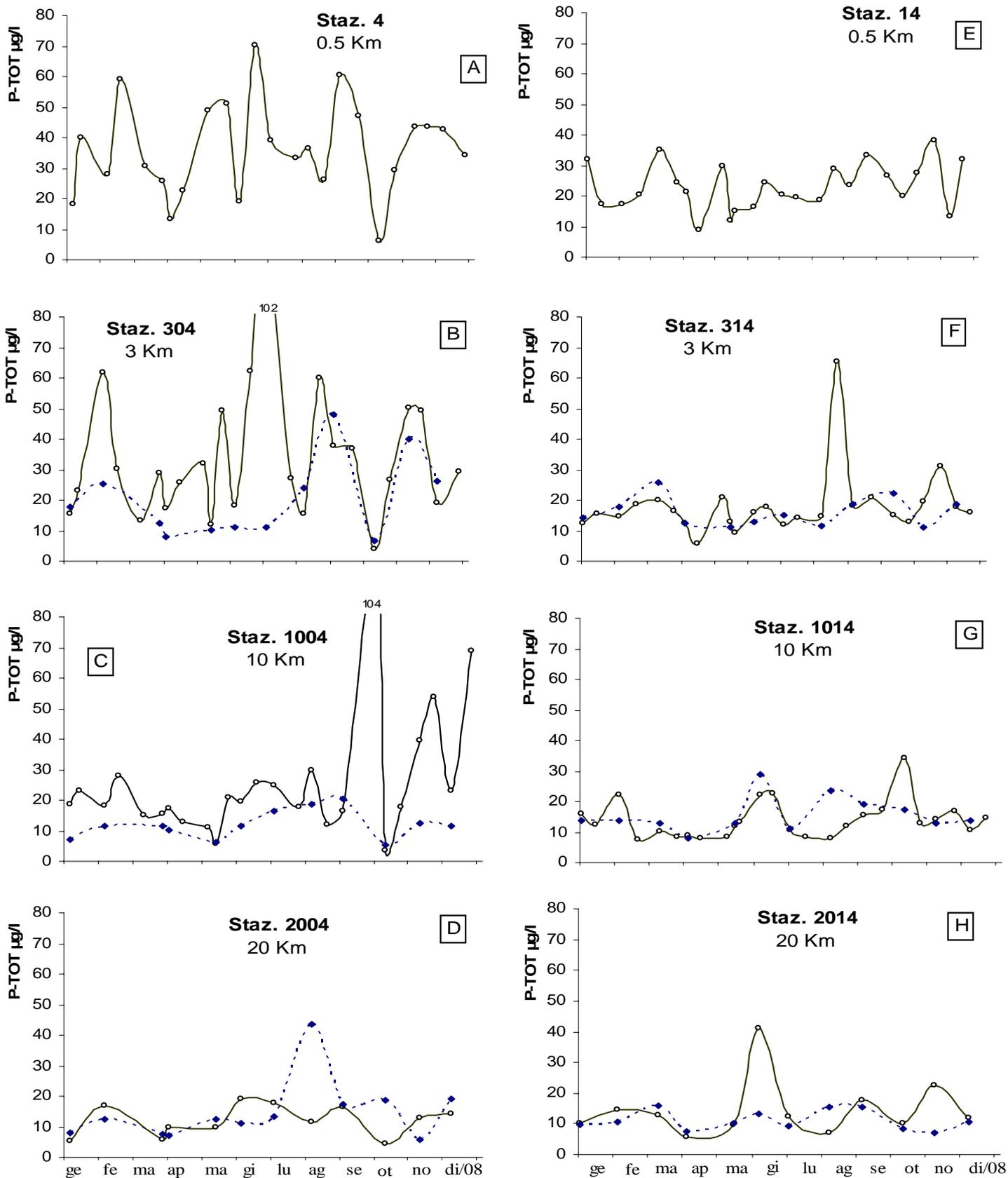
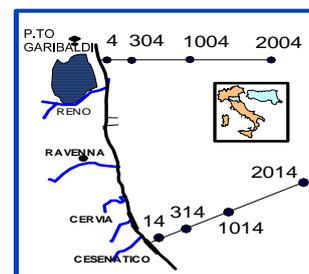


Figura 40 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



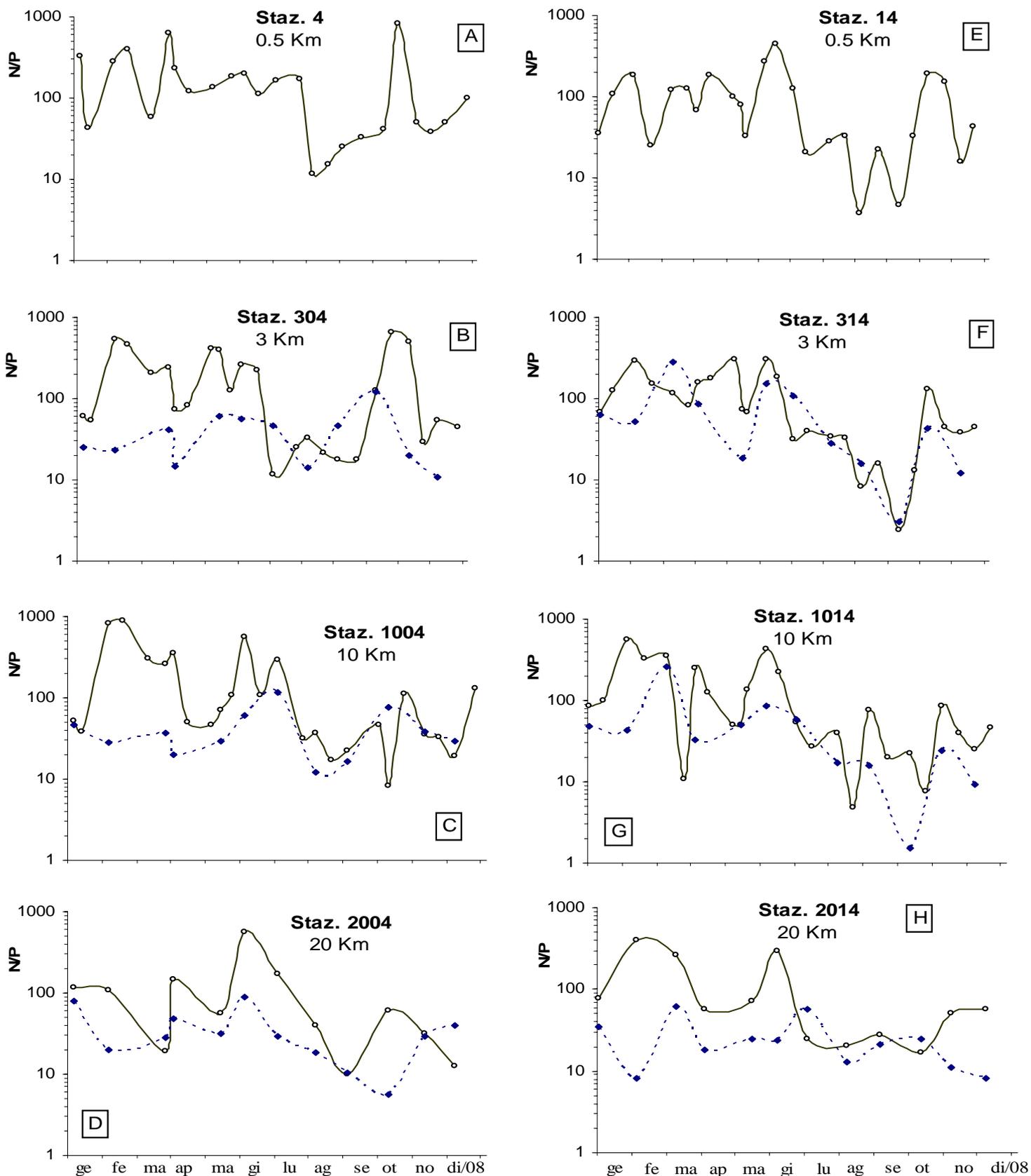
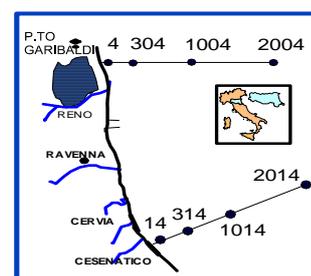


Figura 41 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



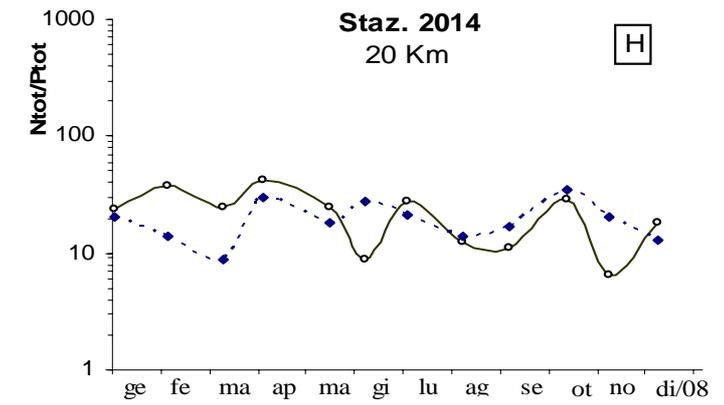
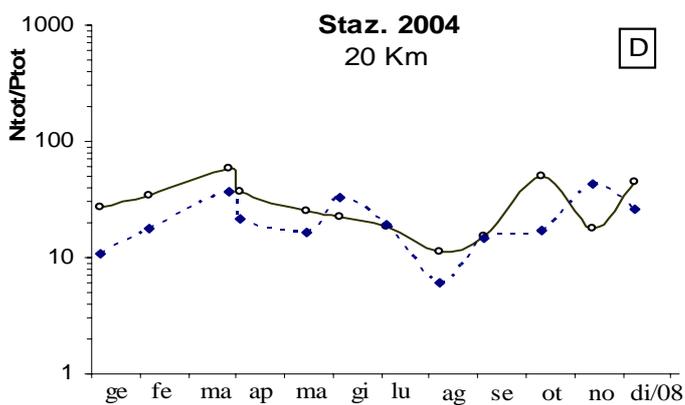
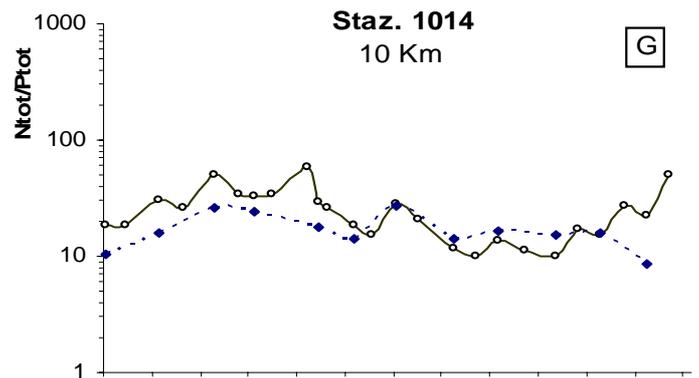
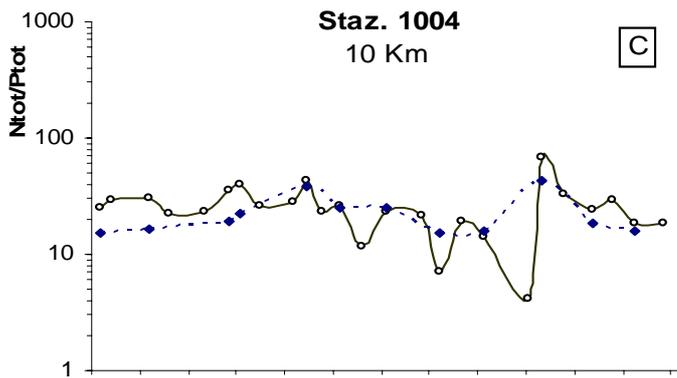
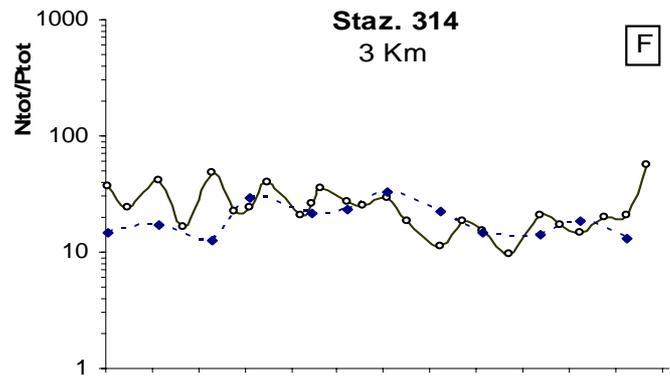
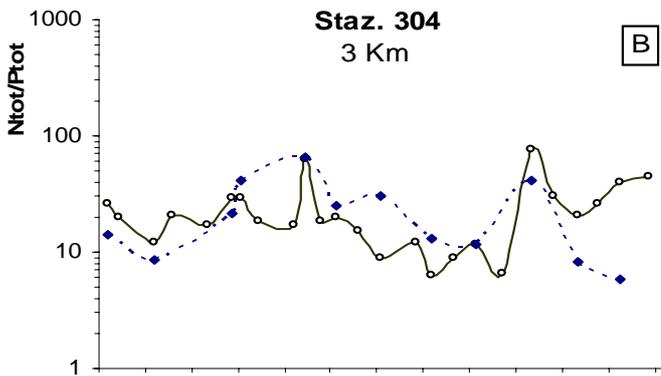
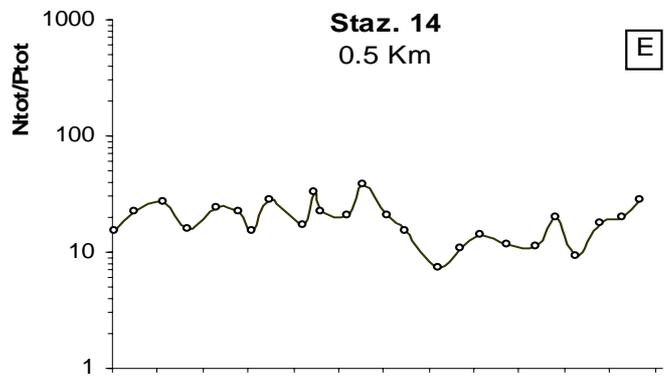
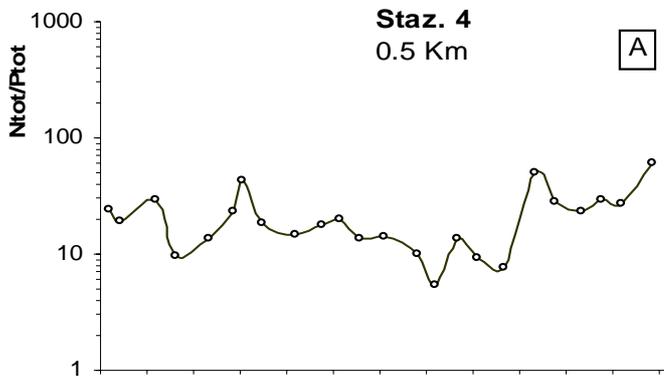
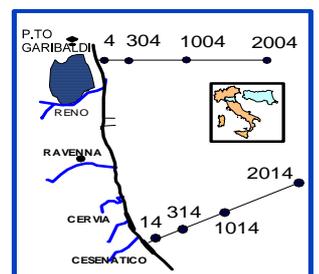


Figura 42 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



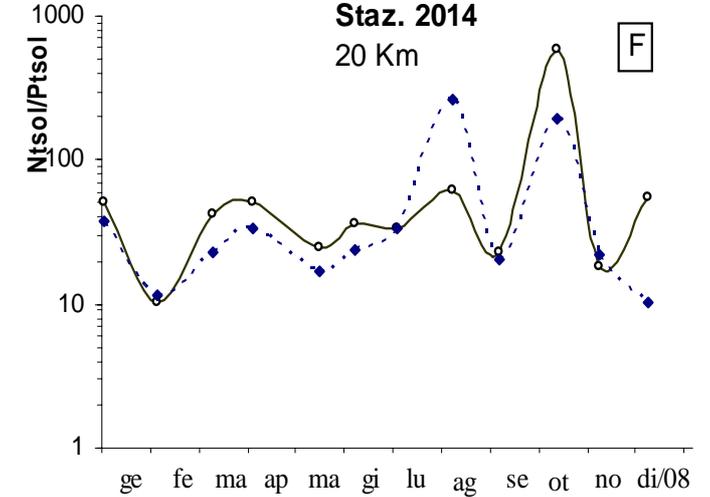
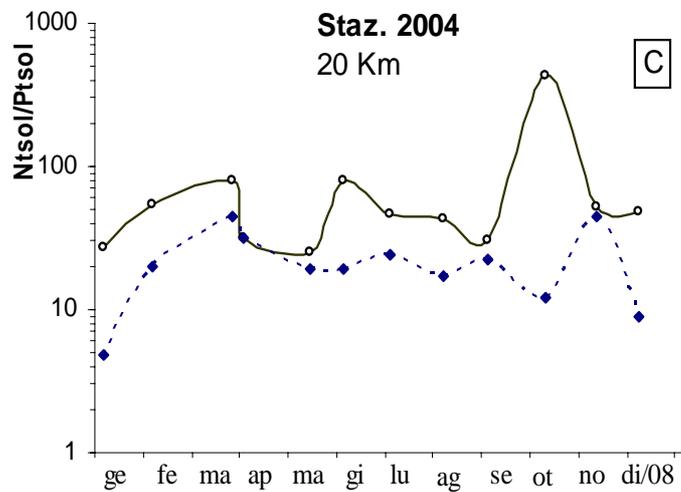
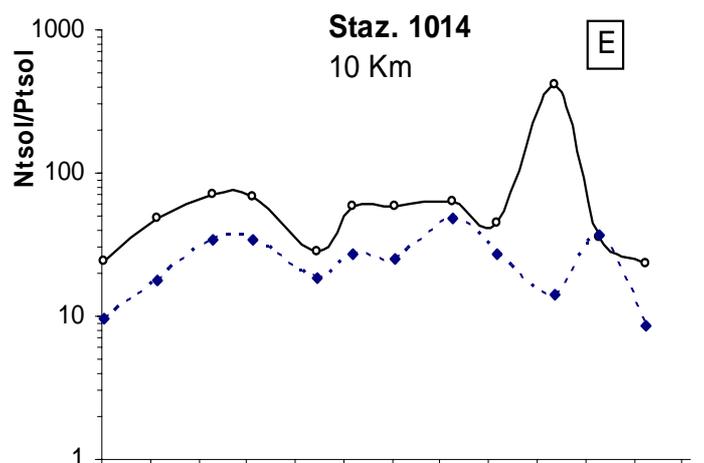
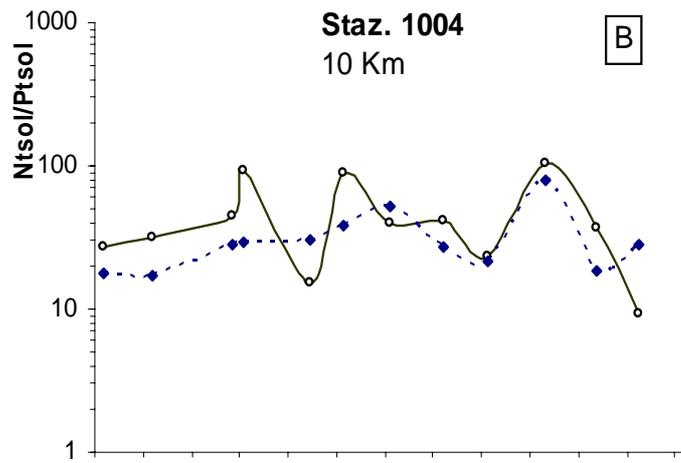
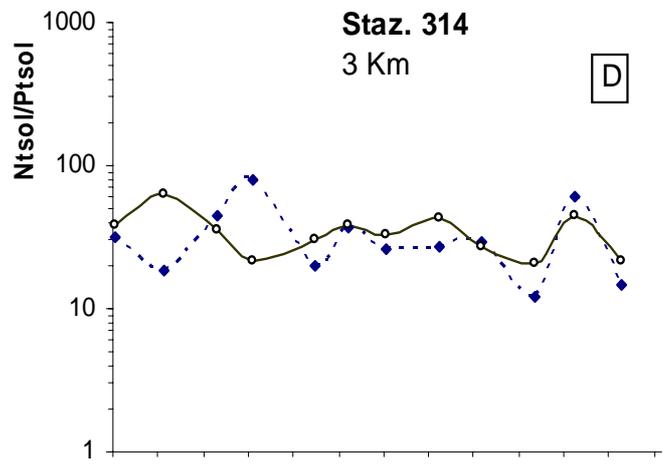
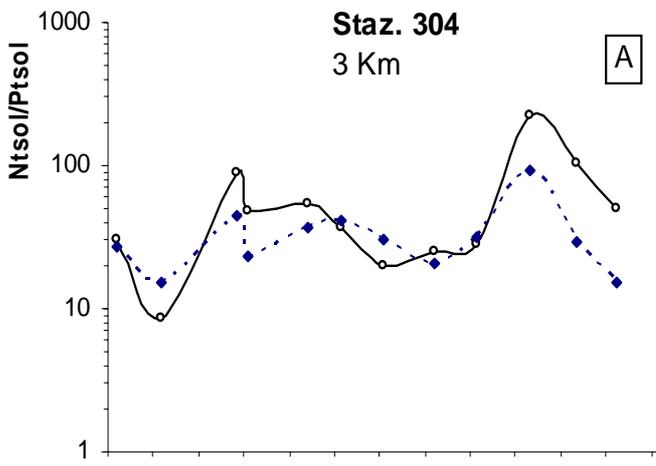
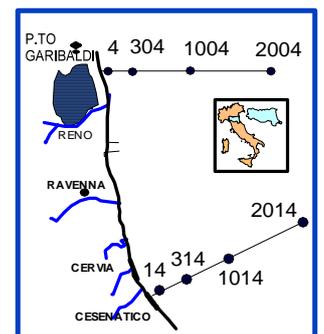


Figura 43 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale solubile/Fosforo total e solubile in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



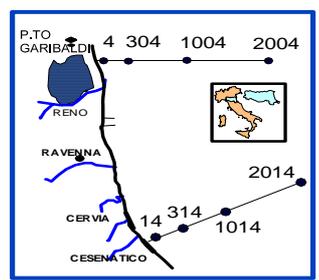
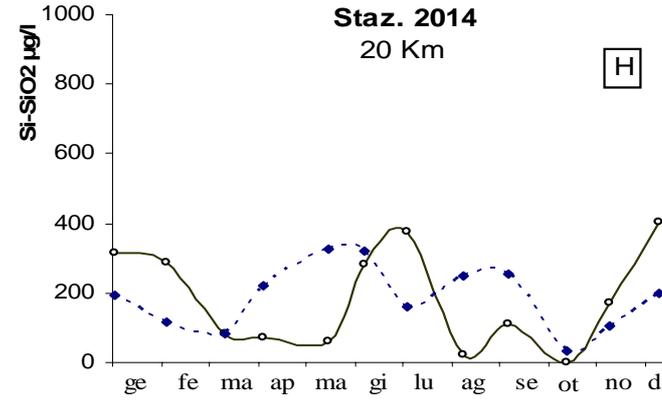
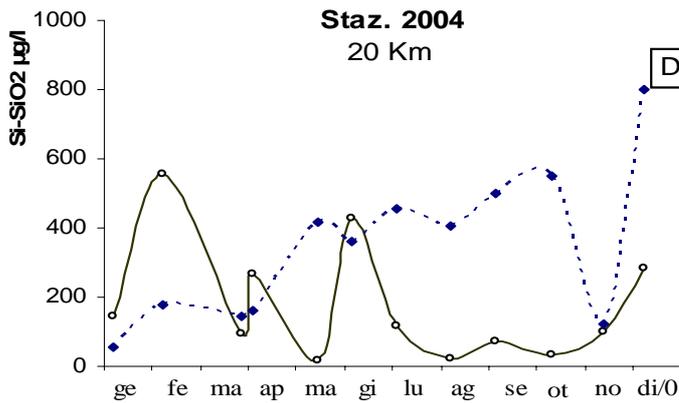
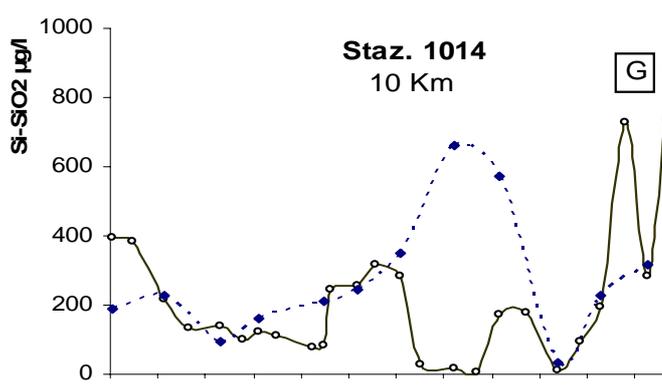
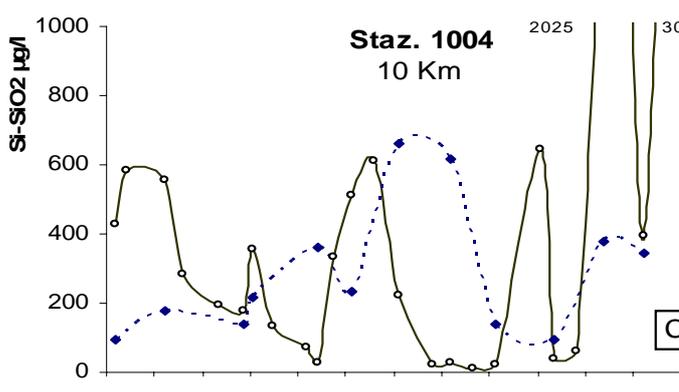
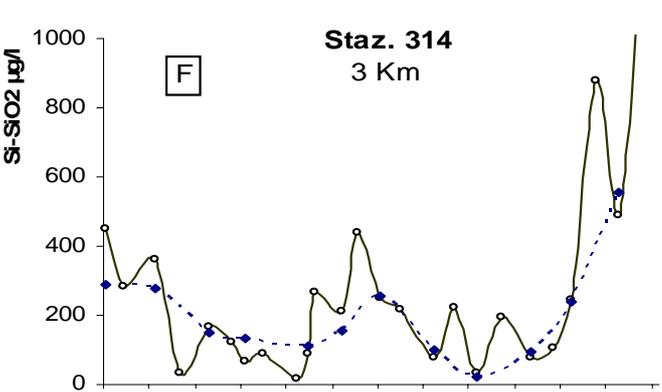
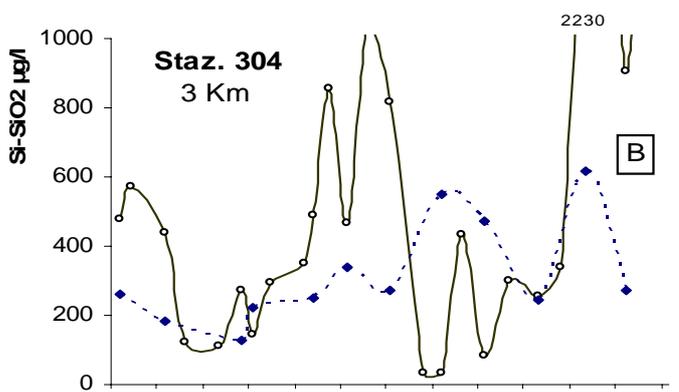
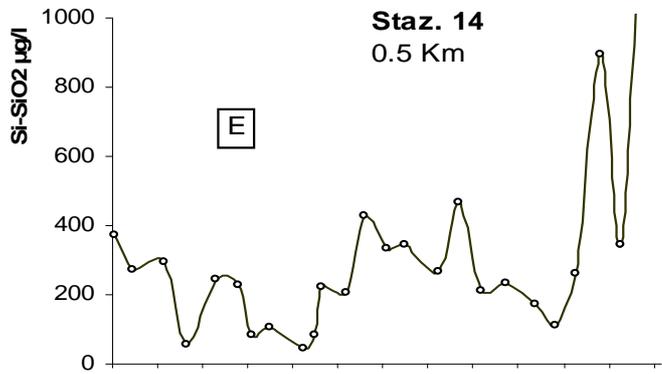
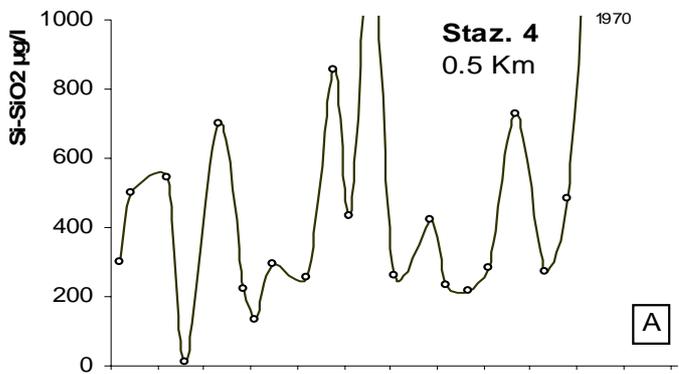


Figura 44 - Andamenti temporali della Silice in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico

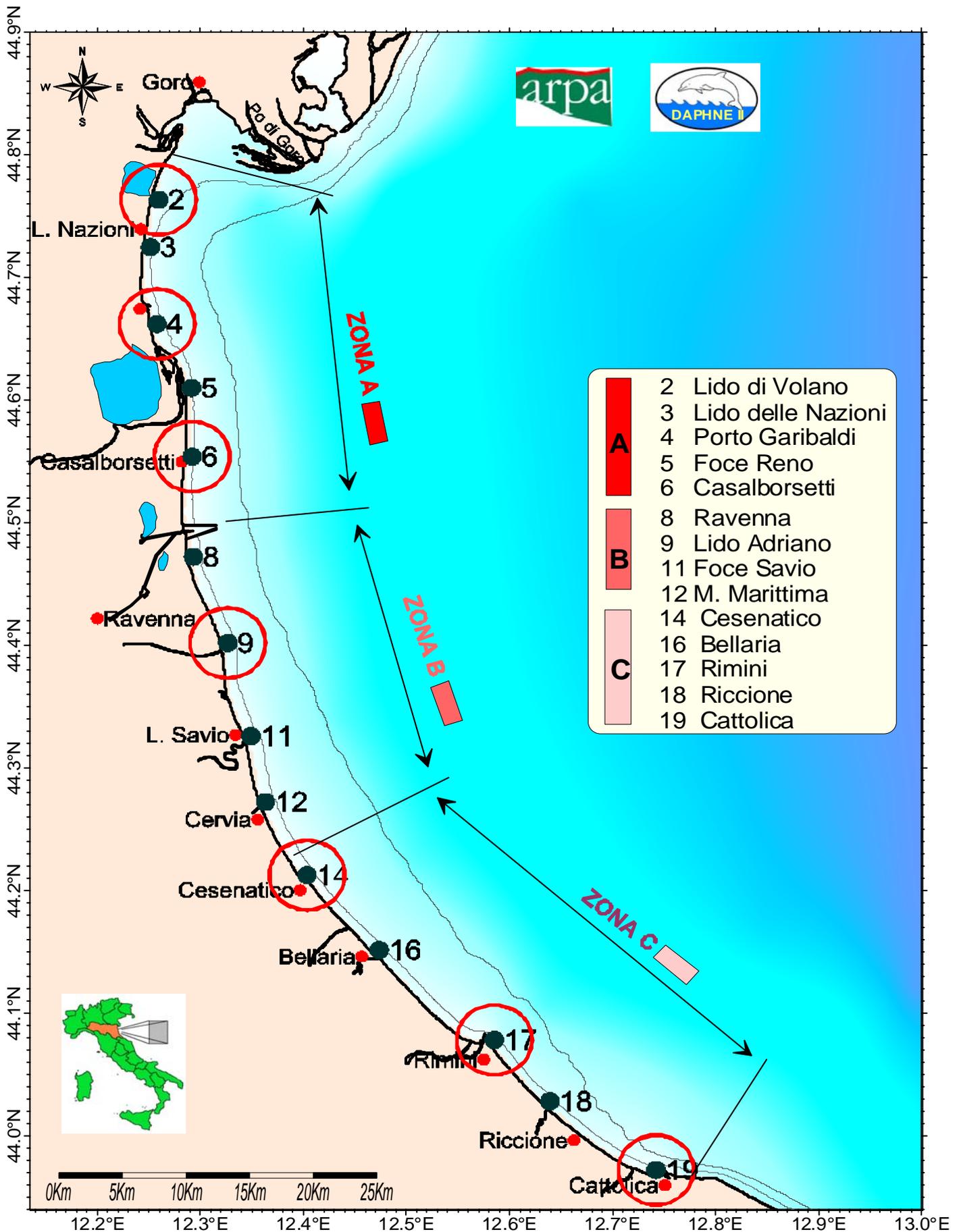


Figura 45 - Suddivisione in 3 subaree delle stazioni costiere (0.5 Km) monitorate. Nei cerchi in rosso sono evidenziate le stazioni costiere prese in considerazione per l'analisi degli andamenti delle variabili rilevate nelle campagne di monitoraggio

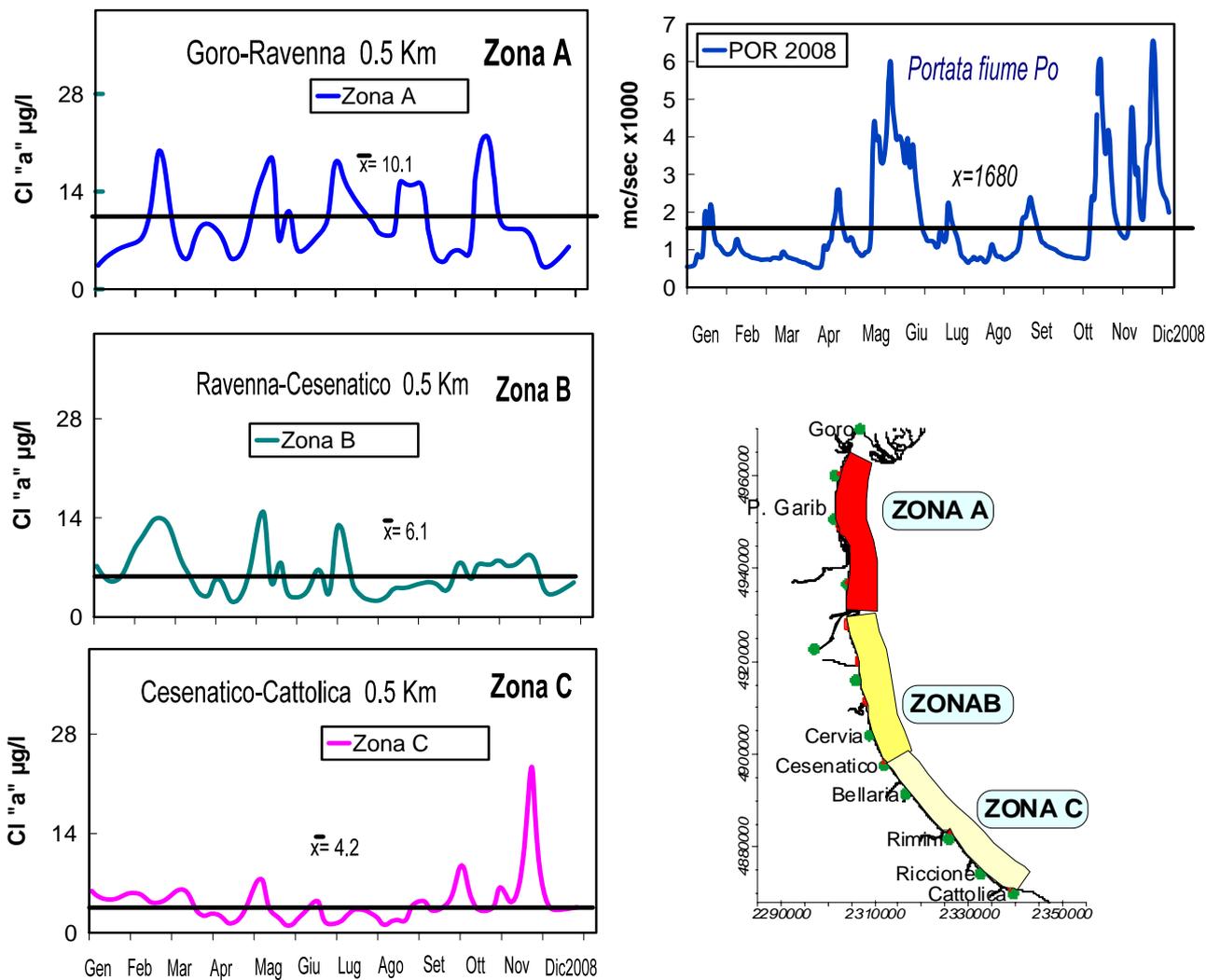


Figura 46 - Portate Po e valori medi di Clorofilla "a" nelle tre subzone. La linea nera rappresenta il valore medio annuale del 2008.

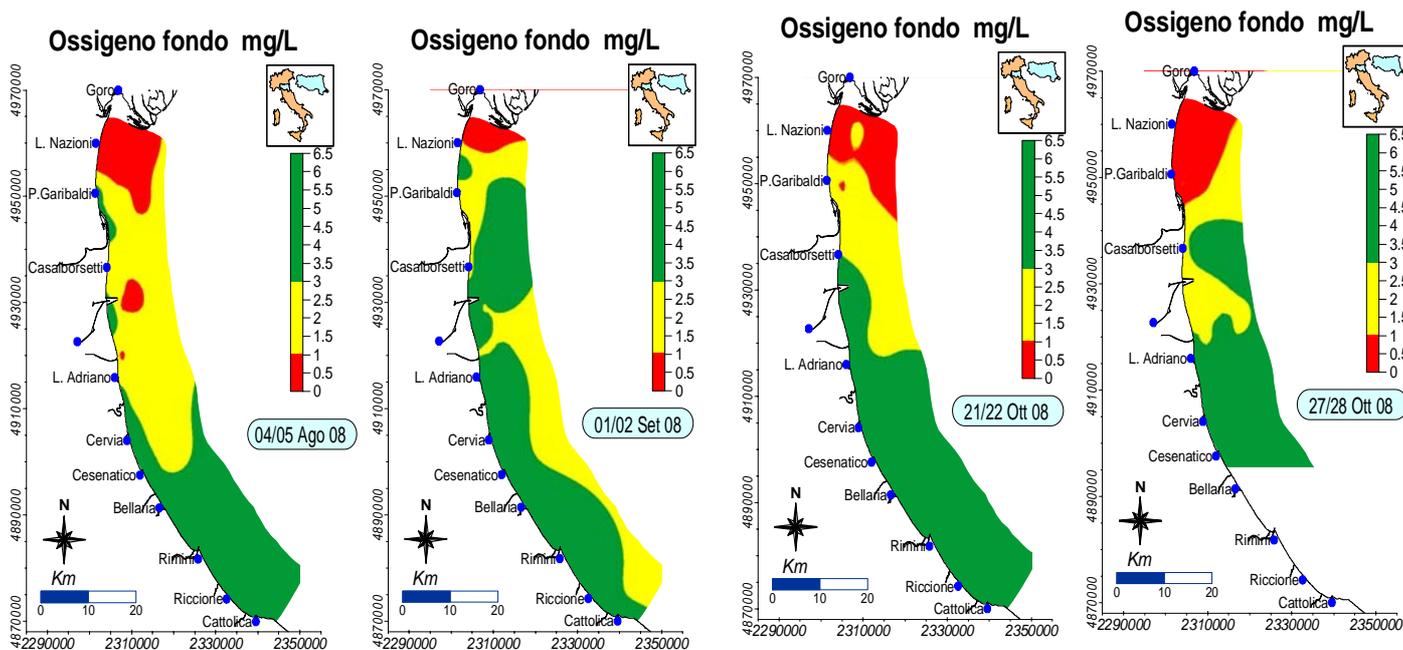


Figura 47 - Mappe di distribuzione delle condizioni anossiche (concentrazione di ossigeno disciolto inferiore a 1 mg/l) ed ipossiche (concentrazione di ossigeno disciolto compreso tra 1 mg/l e 3 mg/l) delle acque di fondo nel 2008, dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo.

Diagramma TS (Temperatura/Salinità) - Marzo - Maggio - Settembre 2008

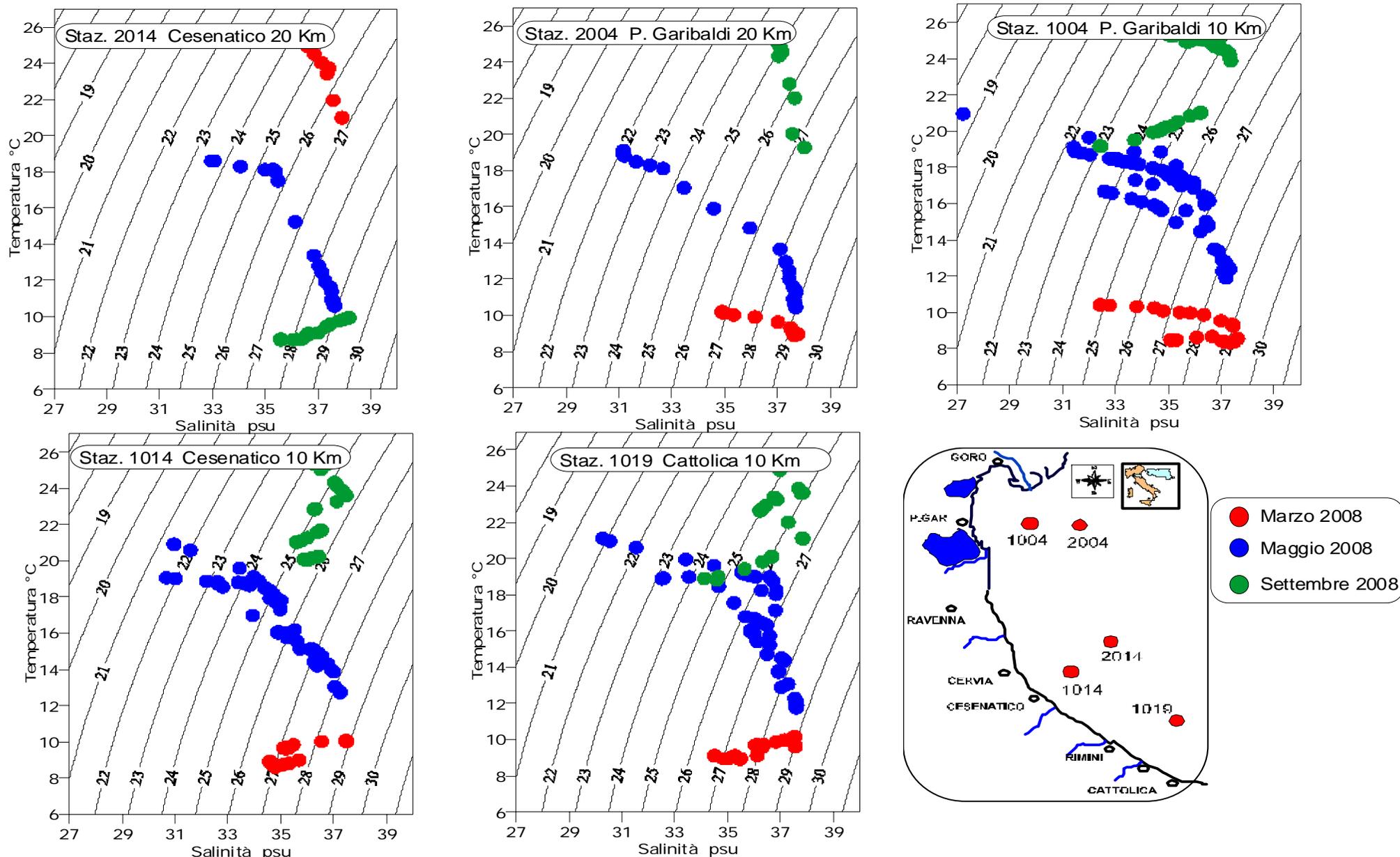


Figura 48 - Diagrammi T-S risultati dai profili verticali di temperatura e salinità nelle stazioni a 20 Km al largo di P. Garibaldi e Cesenatico e nelle stazioni a 10 Km dalla costa antistante P. Garibaldi, Cesenatico e Cattolica.

Stazione P. Garibaldi 304

Stazione Cattolica 319

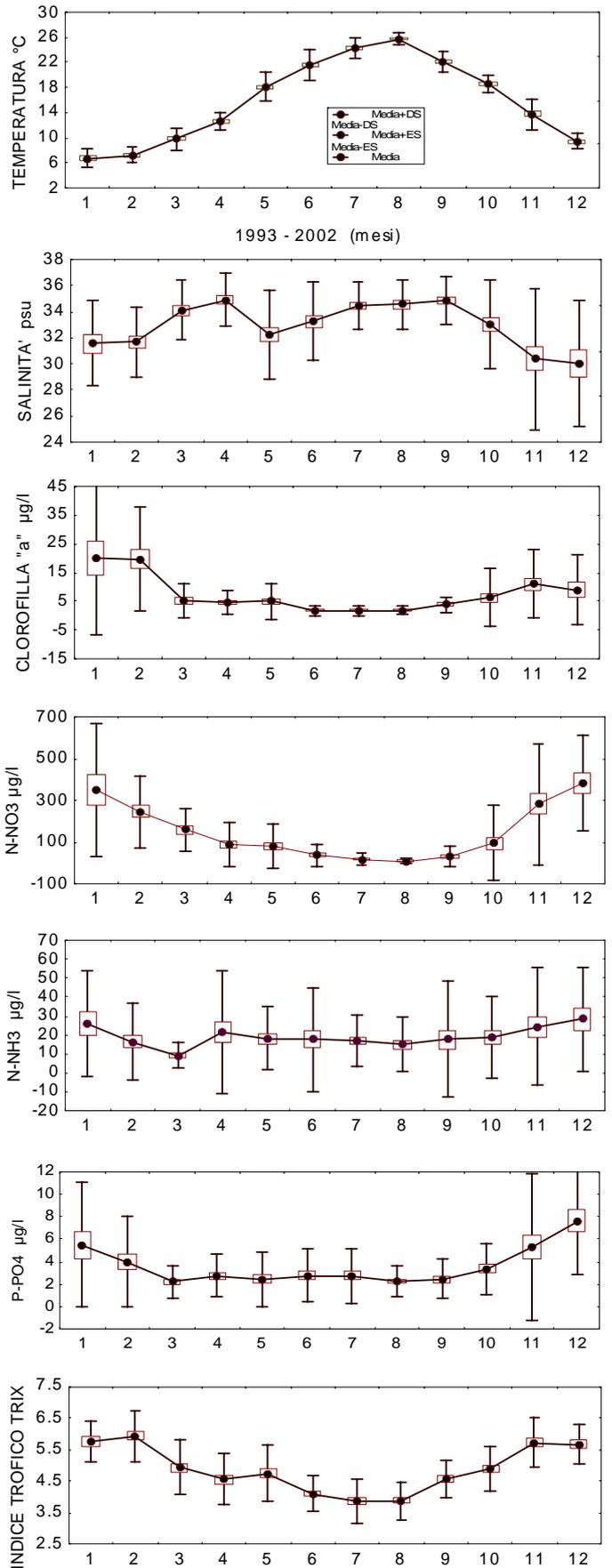
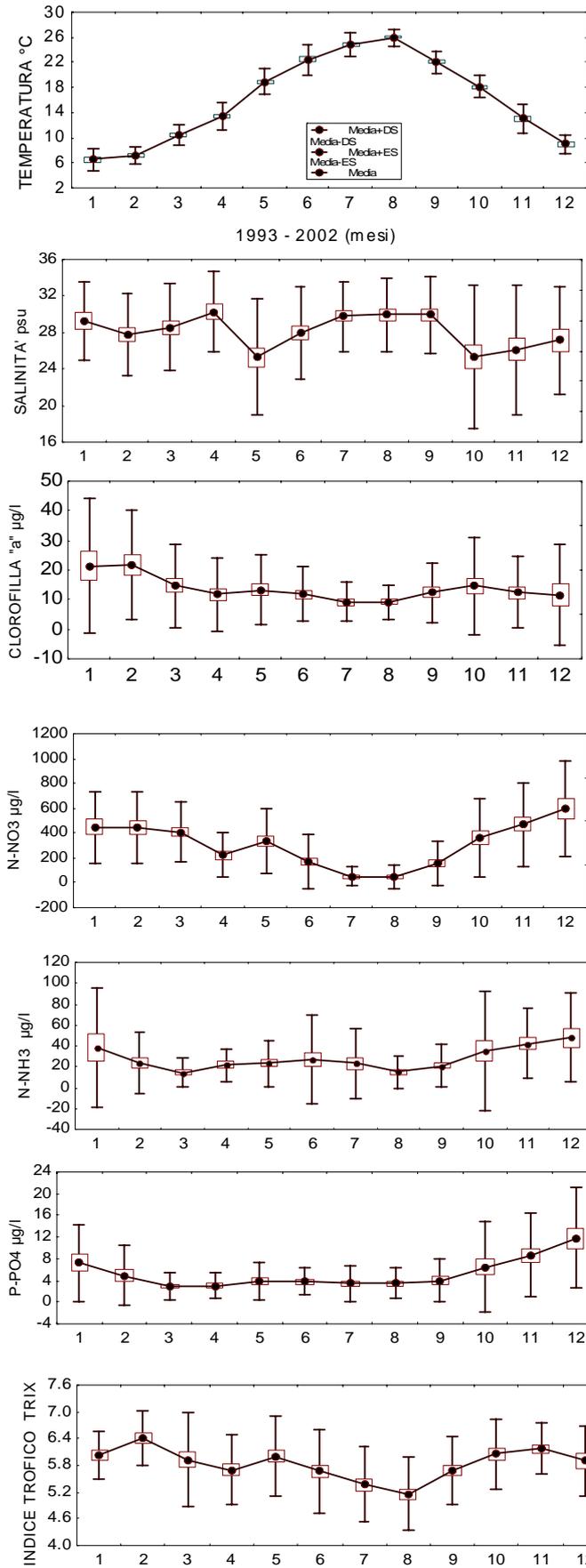


Figura 49 - Medie climatologiche calcolate nelle stazioni a 3 Km agli estremi della costa (Porto Garibaldi e Cattolica). Sono rappresentati i valori medi mensili e la deviazione standard delle principali variabili chimico-fisiche calcolate nel periodo 1993-2002.

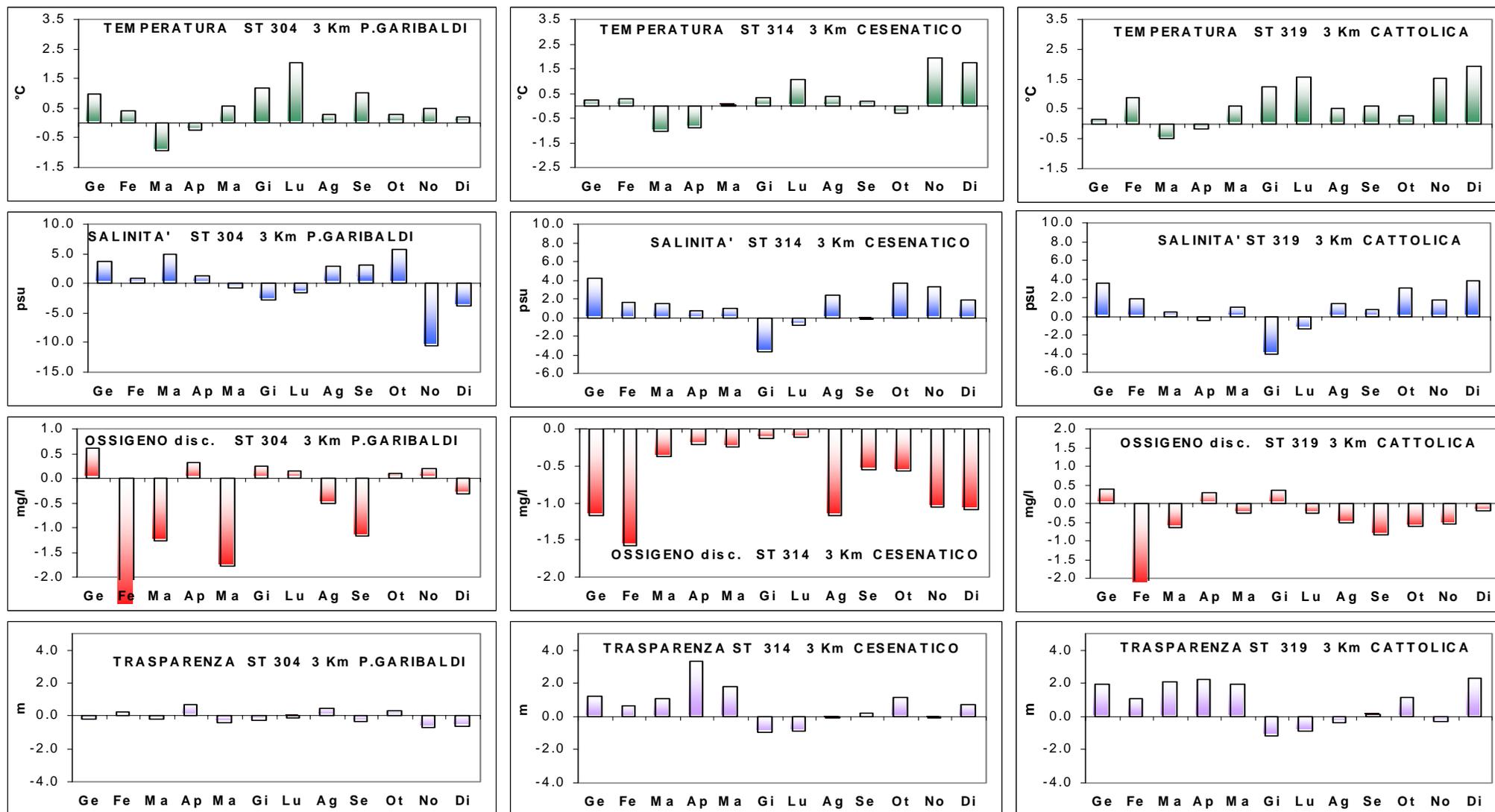


Figura 50 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2008 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno in corso rispetto alle concentrazioni delle variabili idrologiche generali, è stato quello di rappresentare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002 che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. Valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle 3 stazioni considerate. Al contrario valori negativi identificano una riduzione della variabile.

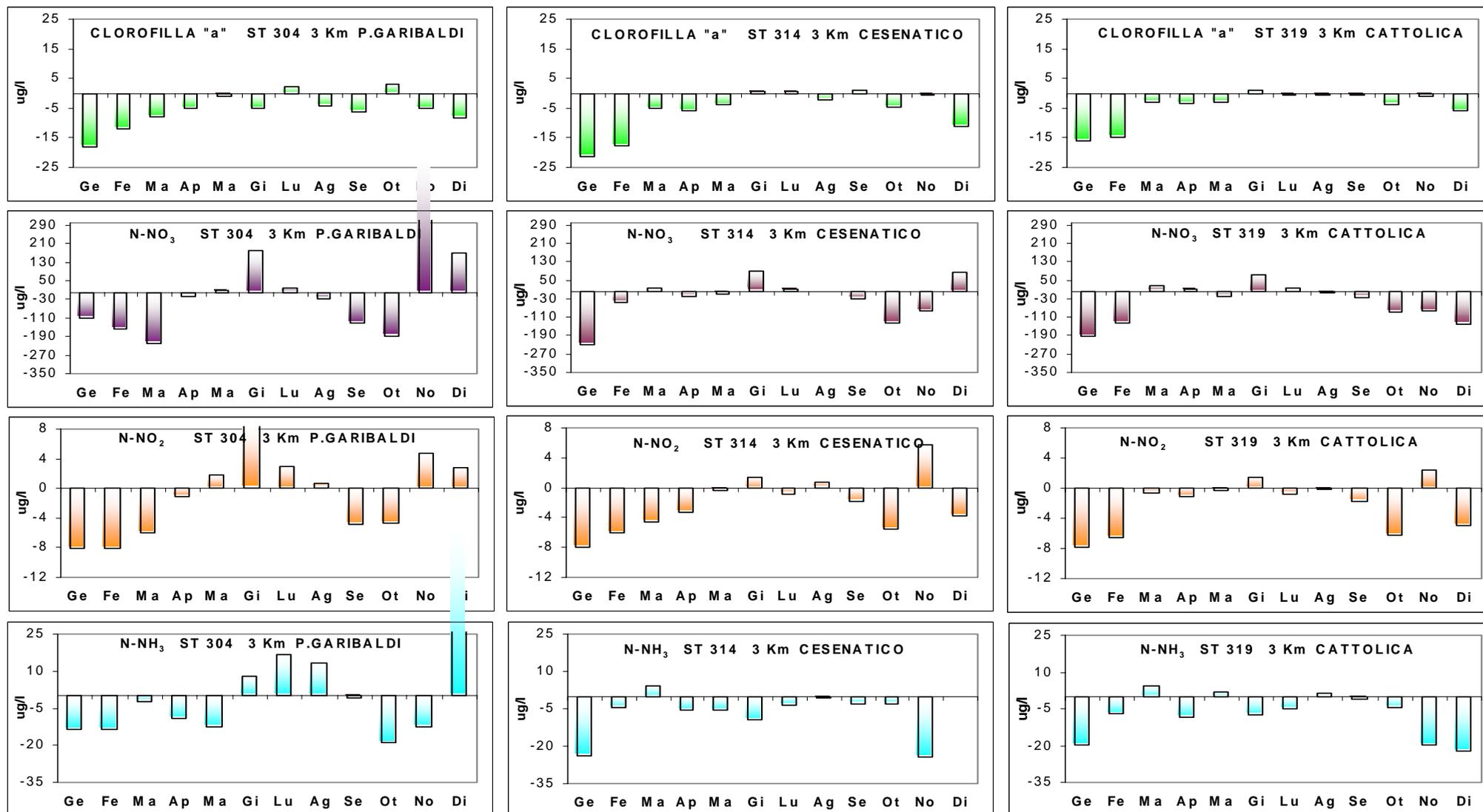


Figura 51 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2008 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno in corso rispetto alle concentrazioni delle variabili idrologiche generali, è stato quello di rappresentare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002 che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. Valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle 3 stazioni considerate. Al contrario valori negativi identificano una riduzione della variabile.

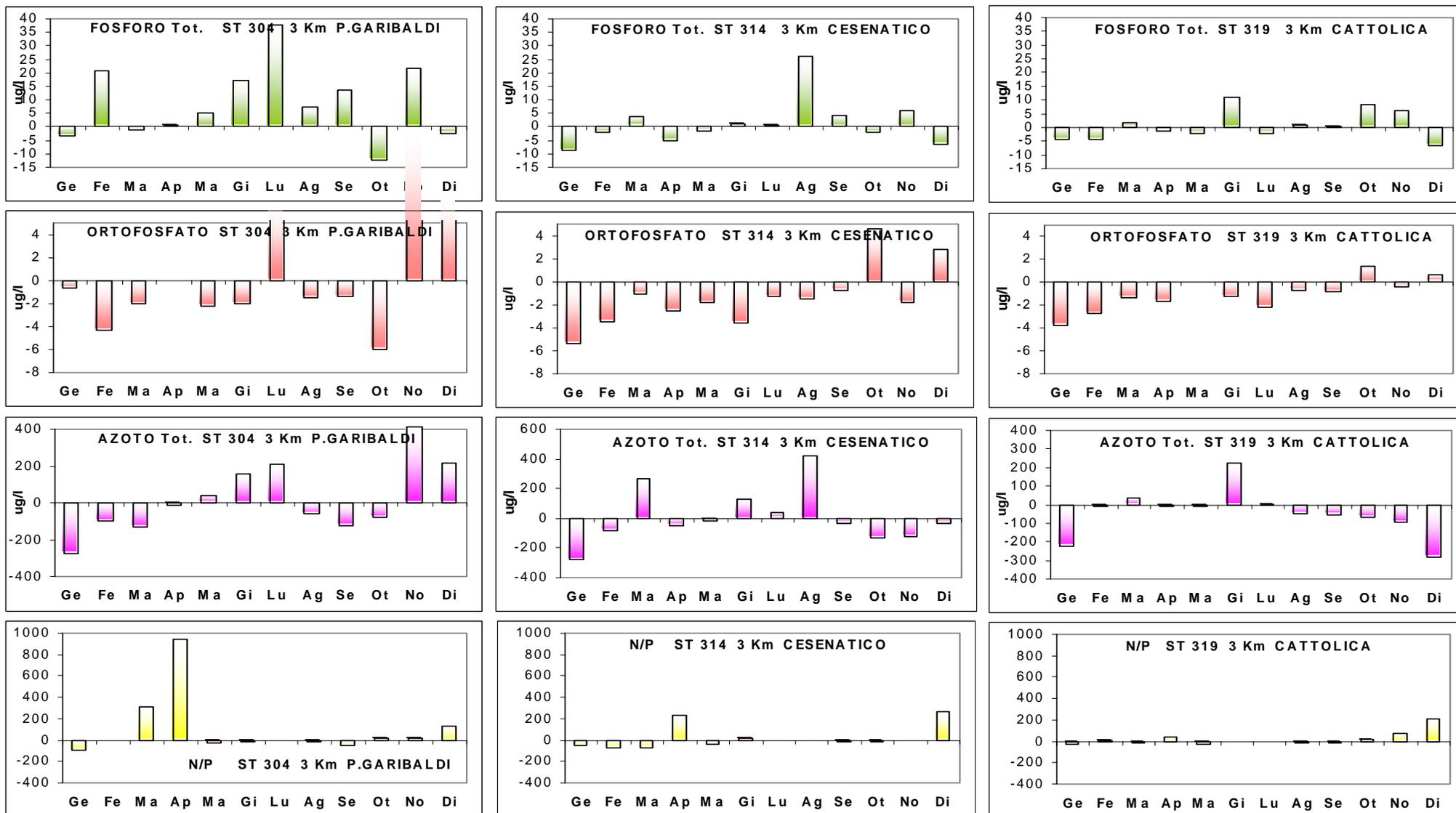


Figura 52 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2008 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno in corso rispetto alle concentrazioni delle variabili idrologiche generali, è stato quello di rappresentare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002 che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. Valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle 3 stazioni considerate. Al contrario valori negativi identificano una riduzione della variabile.

MESI	STAZ	pH	TEMP	SAL	odf	Ods	DSEC	ClA	NO3	NO2	NH3	PT	PO4	N-T	NP
Ge	304	8.22	7.48	33.05	8.1	10.6	1.5	3.3	333.2	15.8	25.2	19.3	6.6	432.4	56.9
Fe	304	8.43	7.46	28.71	6.7	8.4	1.6	9.9	285.8	10.8	10.5	45.9	0.6	684.0	506.2
Ma	304	8.27	9.59	33.52	7.6	9.1	1.6	7.0	191.4	8.8	12.5	21.3	0.9	545.0	223.7
Ap	304	8.28	13.22	31.61	6.8	9.5	2.4	6.6	209.5	9.9	12.7	21.5	3.0	489.7	78.6
Ma	304	8.41	19.48	24.56	5.6	7.2	1.7	12.2	342.6	15.2	11.0	31.2	1.7	735.6	312.9
Gi	304	8.38	23.61	25.22	4.5	8.5	2.0	6.6	350.2	18.2	35.5	40.2	1.8	652.2	244.3
Lu	304	8.42	26.88	28.30	4.5	8.2	1.9	11.4	69.3	8.8	40.0	64.6	10.0	614.6	18.3
Ag	304	8.28	26.34	32.81	3.0	6.9	2.8	5.2	15.5	4.3	28.4	37.8	2.1	319.6	27.4
Se	304	8.31	23.02	32.99	3.7	6.7	1.5	6.0	22.7	3.8	20.6	37.3	2.7	338.3	17.7
Ot	304	8.43	18.40	31.11	2.7	8.7	2.3	17.6	179.5	8.3	16.5	15.3	0.5	557.9	387.9
No	304	8.22	13.57	15.73	4.6	8.8	1.4	7.3	1063.3	22.6	29.3	49.9	21.9	1172.0	261.6
Di	304	8.18	9.15	23.33	5.1	8.9	1.5	3.4	768.5	27.4	117.0	24.3	18.9	1033.6	49.6
Ge	314	8.34	6.62	34.19	8.6	9.5	2.8	4.2	200.0	14.5	8.4	13.9	2.7	419.7	96.5
Fe	314	8.47	7.26	32.21	7.8	9.5	2.5	6.1	235.7	11.6	10.1	16.5	1.1	453.1	221.4
Ma	314	8.52	9.07	34.14	8.5	9.0	3.5	3.9	224.8	6.1	18.3	18.2	2.4	670.2	98.9
Ap	314	8.27	12.33	34.27	8.7	8.4	5.9	1.8	91.7	4.1	15.1	9.0	0.7	260.9	165.9
Ma	314	8.32	18.81	31.28	7.2	8.0	5.0	4.1	106.4	6.9	14.3	14.4	1.3	371.1	148.6
Gi	314	8.41	22.64	28.79	4.7	7.2	4.0	3.5	145.8	5.3	11.6	16.8	0.7	436.6	242.9
Lu	314	8.32	25.74	32.77	3.2	6.7	4.1	2.8	32.4	1.9	12.6	13.2	1.4	303.1	35.9
Ag	314	8.13	26.38	36.04	5.1	5.4	3.8	1.9	15.0	3.6	25.3	39.9	1.3	675.3	33.3
Se	314	8.37	22.24	33.50	4.3	6.7	2.6	6.4	11.6	2.7	13.0	19.6	1.9	235.9	12.0
Ot	314	8.35	18.16	34.66	6.0	7.1	4.0	4.5	12.1	3.5	16.7	14.0	7.9	267.8	7.6
No	314	8.30	15.18	32.44	5.7	7.4	2.2	10.4	225.1	19.9	1.2	25.4	5.1	454.9	88.4
Di	314	8.28	10.49	30.84	5.0	8.2	2.9	2.6	488.1	16.1	28.4	16.8	12.1	632.7	42.1
Ge	319	8.33	6.89	35.07	9.7	10.4	3.9	4.2	155.6	13.9	6.1	11.7	1.7	334.0	107.0
Fe	319	8.31	8.10	33.57	7.0	8.4	3.1	4.9	109.5	8.5	9.4	16.9	1.3	463.4	189.6
Ma	319	8.23	9.29	34.56	8.2	8.5	5.4	2.2	188.1	7.8	13.2	13.6	0.8	378.6	400.4
Ap	319	8.22	12.47	34.43	9.1	8.7	5.6	1.0	99.4	4.6	13.1	10.6	1.1	278.8	127.8
Ma	319	8.25	18.70	33.18	7.7	7.7	6.1	2.0	61.3	4.8	19.9	9.7	2.5	303.0	69.7
Gi	319	8.35	22.87	29.21	5.7	7.6	5.4	2.8	109.3	4.1	10.3	20.6	1.6	444.4	122.1
Lu	319	8.31	25.87	33.13	4.9	6.6	5.9	1.3	34.2	1.7	12.0	8.0	0.5	236.2	83.7
Ag	319	8.17	26.30	35.95	5.3	5.9	5.7	1.0	7.0	1.8	16.6	10.0	1.6	169.9	16.9
Se	319	8.30	22.65	35.52	5.4	6.1	3.6	3.3	7.5	2.4	16.4	12.9	1.6	195.1	14.9
Ot	319	8.26	18.93	36.11	5.6	6.8	4.8	2.4	8.9	2.1	14.4	21.7	4.8	237.8	5.3
No	319	8.27	15.22	32.16	5.6	7.7	2.1	9.9	198.5	17.1	4.7	24.2	4.9	415.8	36.1
Di	319	8.28	11.36	33.76	7.2	8.6	4.6	3.4	240.0	16.5	6.3	11.9	8.3	293.7	33.3
Ge	304	8.35	6.52	29.34	6.8	10.0	1.7	21.4	445.9	23.9	38.6	22.7	7.3	707.2	120.0
Fe	304	8.53	7.07	27.79	6.7	11.0	1.4	21.9	444.7	18.9	23.9	25.2	5.0	779.4	154.1
Ma	304	8.48	10.51	28.56	6.2	10.3	1.7	14.7	410.1	14.7	14.6	22.5	2.9	675.6	370.4
Ap	304	8.41	13.45	30.30	7.0	9.2	1.6	11.8	224.5	10.9	21.8	21.0	3.1	502.4	139.9
Ma	304	8.43	18.91	25.32	6.0	8.9	2.1	13.3	335.0	13.3	23.4	26.2	3.9	698.4	132.5
Gi	304	8.42	22.43	28.03	4.4	8.3	2.3	11.8	171.4	9.5	27.4	23.0	3.8	492.2	61.4
Lu	304	8.40	24.82	29.79	3.5	8.1	2.0	9.2	51.4	5.8	23.1	26.6	3.5	407.9	38.5
Ag	304	8.41	26.04	29.96	2.3	7.4	2.3	9.2	42.9	3.6	14.9	30.4	3.5	381.4	27.8
Se	304	8.35	22.01	29.98	3.5	7.9	1.9	12.4	156.2	8.5	21.3	23.7	4.0	462.1	83.1
Ot	304	8.38	18.12	25.31	2.8	8.6	2.0	14.6	365.8	12.9	35.3	27.7	6.5	638.2	141.0
No	304	8.30	13.09	26.17	3.8	8.6	2.1	12.4	469.7	17.8	41.9	28.0	8.7	759.3	93.7
Di	304	8.28	8.96	27.16	4.7	9.2	2.2	11.6	597.2	24.6	47.8	26.7	11.8	814.8	93.6
Ge	314	8.42	6.39	29.96	7.7	10.7	1.5	25.7	429.0	22.5	32.3	22.6	8.1	695.6	110.2
Fe	314	8.53	6.99	30.62	7.4	11.1	1.8	23.8	282.5	17.5	14.6	18.6	4.6	535.3	105.9
Ma	314	8.47	10.12	32.65	7.1	9.3	2.4	8.9	210.1	10.7	14.1	14.6	3.5	399.8	116.1
Ap	314	8.40	13.21	33.59	7.1	8.6	2.6	7.5	110.6	7.5	20.8	14.0	3.2	308.0	66.2
Ma	314	8.44	18.75	30.38	6.3	8.2	3.2	7.9	116.5	7.3	20.0	16.0	3.2	390.4	89.0
Gi	314	8.35	22.33	32.52	5.7	7.3	5.0	3.0	53.9	3.9	20.7	15.9	4.4	304.2	31.7
Lu	314	8.31	24.68	33.56	4.6	6.9	5.0	2.2	21.2	2.7	16.3	12.4	2.7	265.8	17.9
Ag	314	8.33	25.99	33.62	3.7	6.5	3.9	4.1	15.0	2.8	26.1	13.7	2.8	256.7	28.7
Se	314	8.29	22.07	33.74	5.1	7.3	2.4	5.4	43.9	4.5	16.1	15.5	2.6	272.4	37.6
Ot	314	8.35	18.49	31.02	4.0	7.7	2.9	9.3	149.3	9.1	19.7	15.9	3.3	400.3	70.4
No	314	8.31	13.23	29.20	5.5	8.5	2.3	11.0	309.3	14.3	25.3	19.5	7.0	578.9	79.1
Di	314	8.32	8.73	28.94	5.9	9.3	2.2	13.6	405.6	19.8	28.7	23.4	9.3	670.8	90.8
Ge	319	8.37	6.74	31.56	8.3	10.0	2.0	20.2	348.9	21.6	25.8	16.4	5.5	556.8	181.2
Fe	319	8.50	7.22	31.68	8.9	10.6	2.0	19.8	246.5	15.1	16.4	21.3	4.0	476.0	95.1
Ma	319	8.41	9.79	34.13	8.0	9.2	3.3	5.3	158.5	8.4	9.1	11.7	2.2	342.9	109.0
Ap	319	8.36	12.66	34.91	7.2	8.4	3.4	4.5	89.6	5.7	21.7	11.8	2.7	287.1	56.5
Ma	319	8.39	18.09	32.27	6.5	8.0	4.1	5.0	80.2	5.2	18.2	11.9	2.5	312.0	69.6
Gi	319	8.33	21.61	33.29	6.0	7.2	6.6	1.9	35.9	2.7	17.7	9.8	2.8	222.2	28.9
Lu	319	8.29	24.31	34.44	5.5	6.9	6.7	1.8	17.6	2.4	16.9	10.2	2.7	232.0	21.8
Ag	319	8.33	25.76	34.54	4.4	6.4	6.1	1.8	10.4	2.0	15.0	9.2	2.3	219.2	18.1
Se	319	8.27	22.04	34.86	5.3	6.9	3.5	4.0	33.9	4.1	17.6	12.5	2.5	248.2	29.3
Ot	319	8.32	18.66	33.08	5.0	7.4	3.7	6.3	94.9	8.3	18.7	13.2	3.4	306.4	44.5
No	319	8.30	13.72	30.41	6.0	8.2	2.3	11.0	281.3	14.7	24.3	18.2	5.3	508.2	97.6
Di	319	8.25	9.44	30.01	6.6	8.7	2.2	9.1	380.8	21.5	28.5	18.6	7.6	578.2	95.5

Tabella 1 – Valori medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2008 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 304), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) (tabella in alto) in confronto al valore medio climatologico dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori per mese rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002 (tabella in basso)

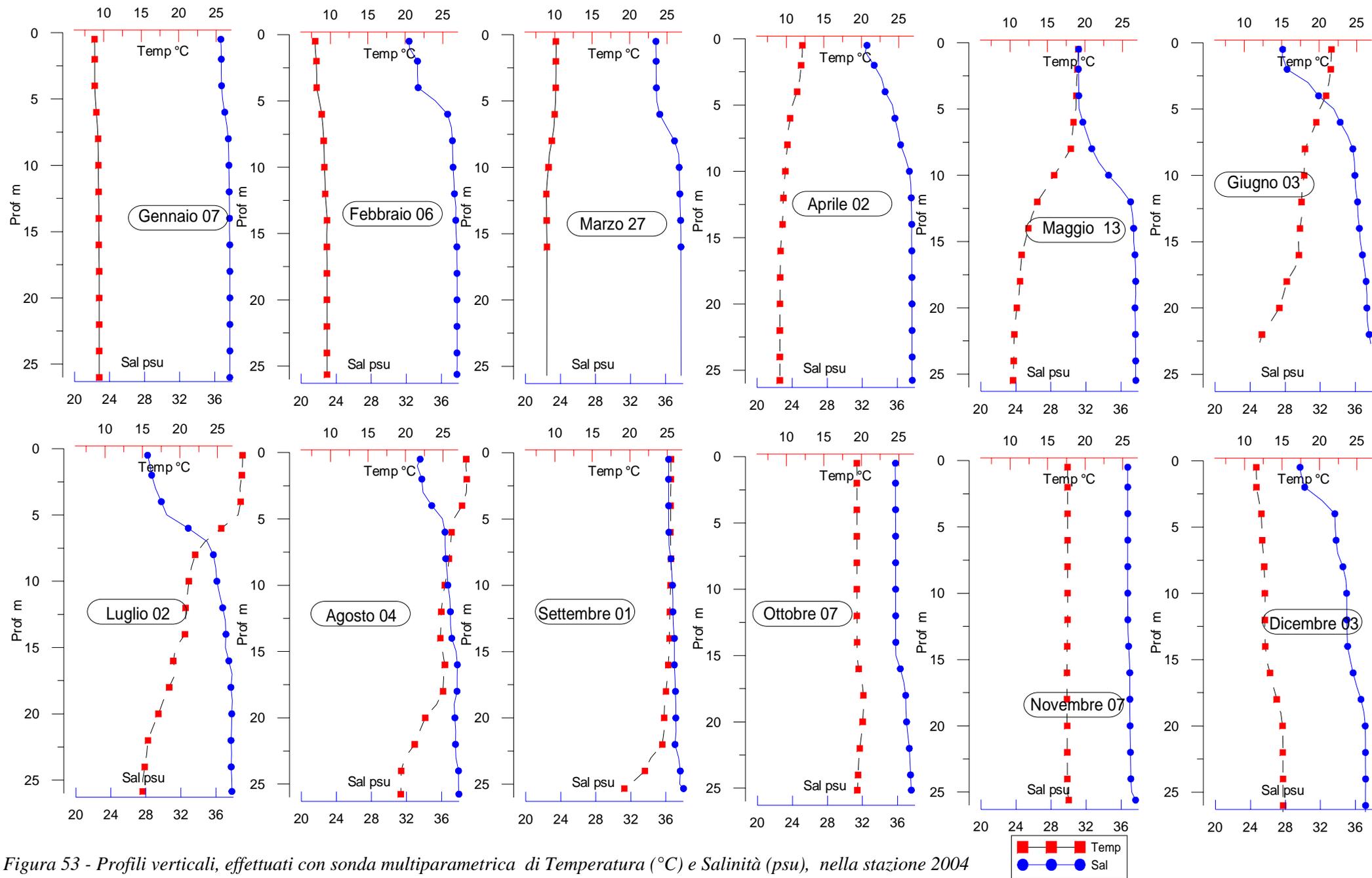


Figura 53 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e Salinità (psu), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2008 con riferimento al mese e giorno del profilo.

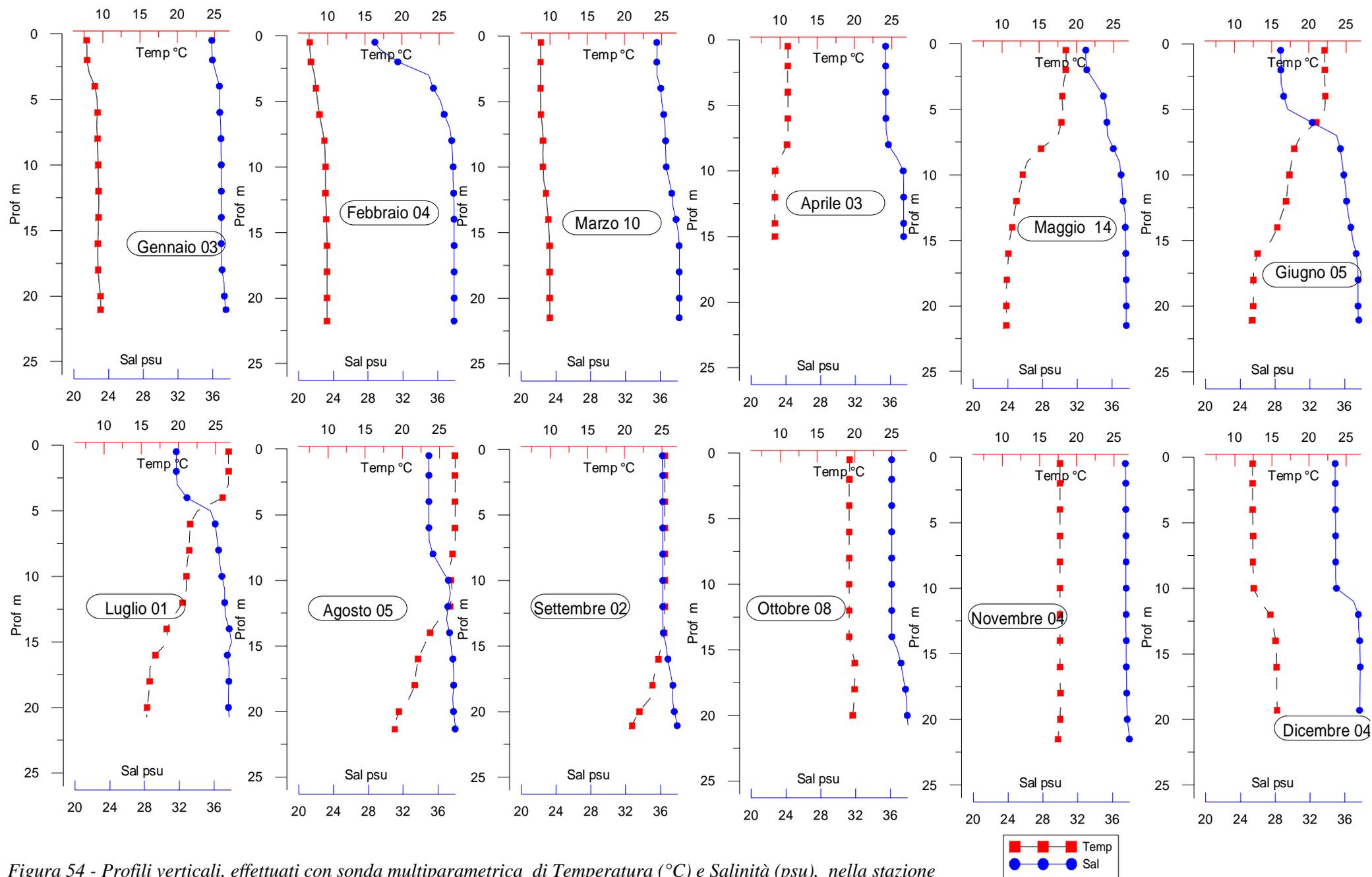


Figura 54 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Temperatura (°C) e Salinità (psu), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2008 con riferimento al mese e giorno del profilo.

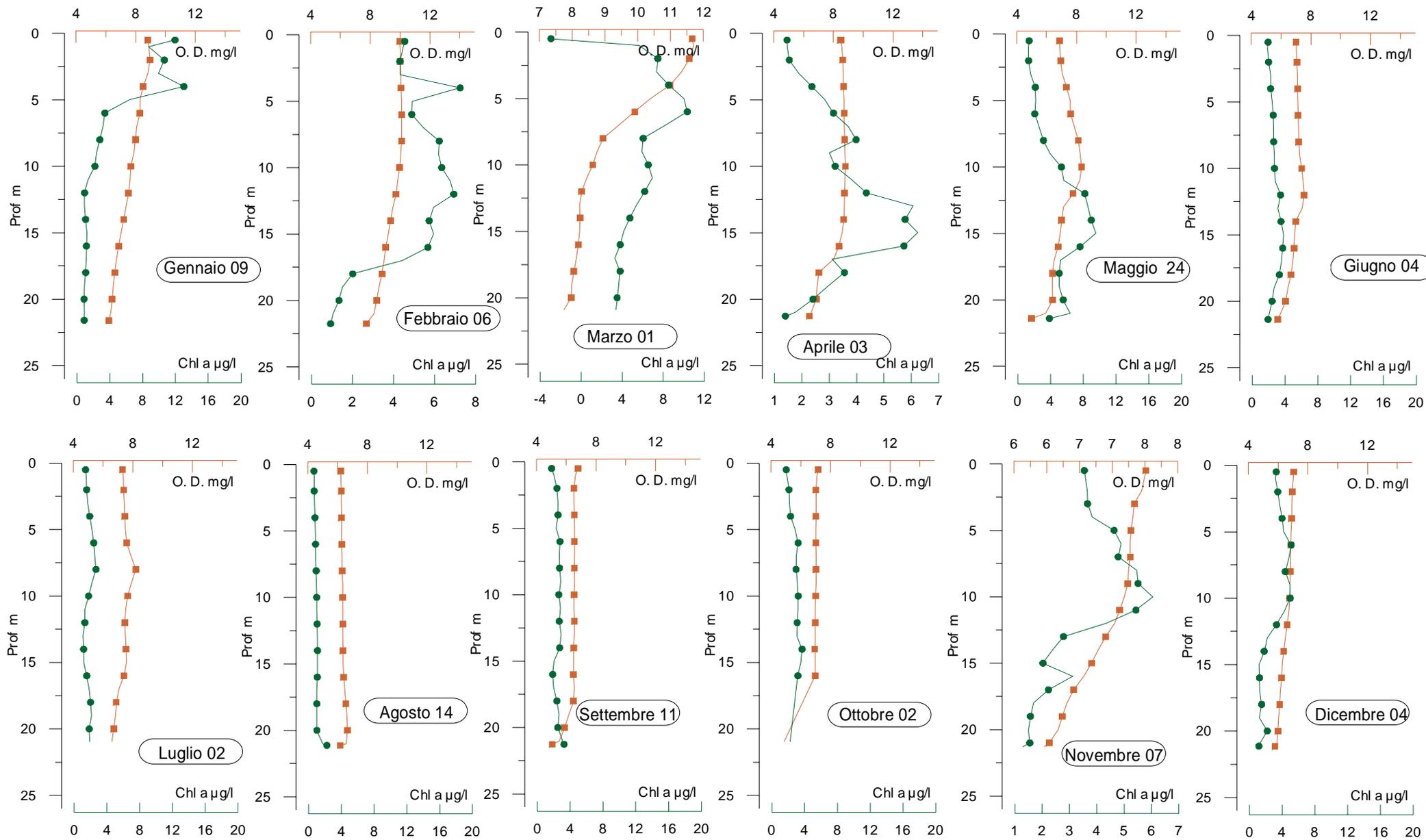
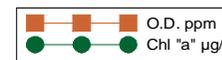


Figura 55 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2008 con riferimento al mese e giorno del profilo.



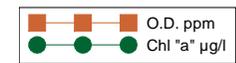
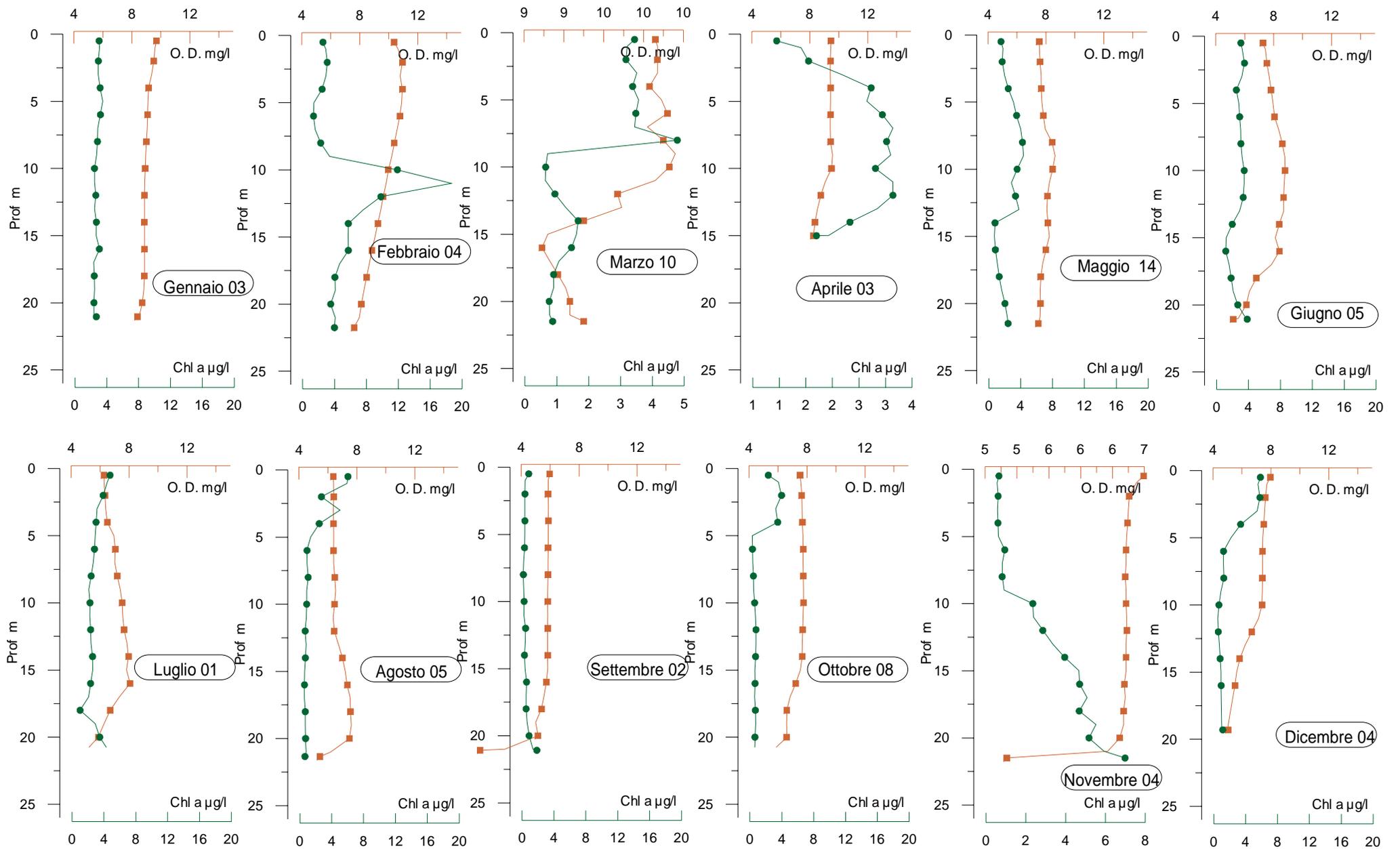


Figura 56 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2008 con riferimento al mese e giorno del profilo.

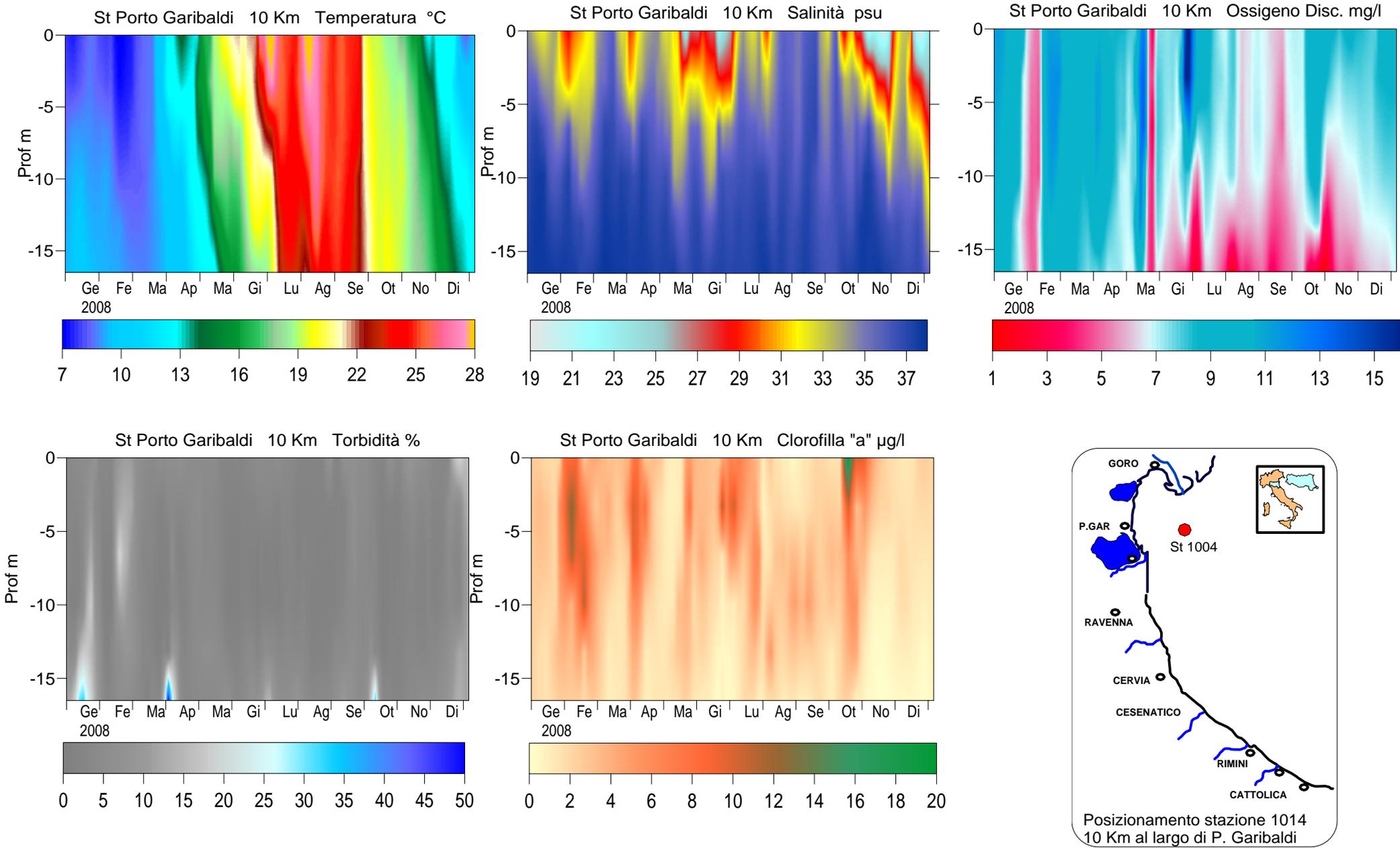


Figura 57 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Torbidità e Clorofilla "a" rilevate nei monitoraggi settimanali, nella stazione 1004 (10 Km al largo di Porto Garibaldi), dalla superficie al fondo.

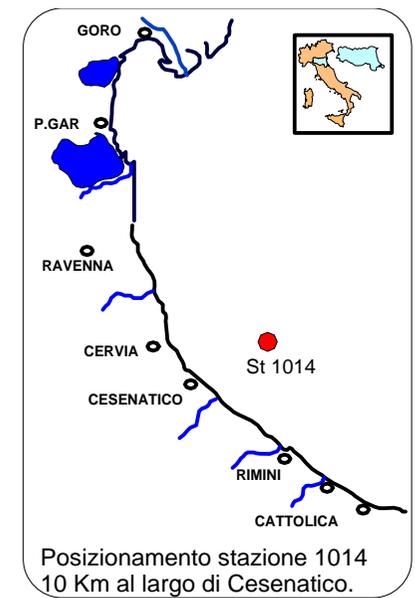
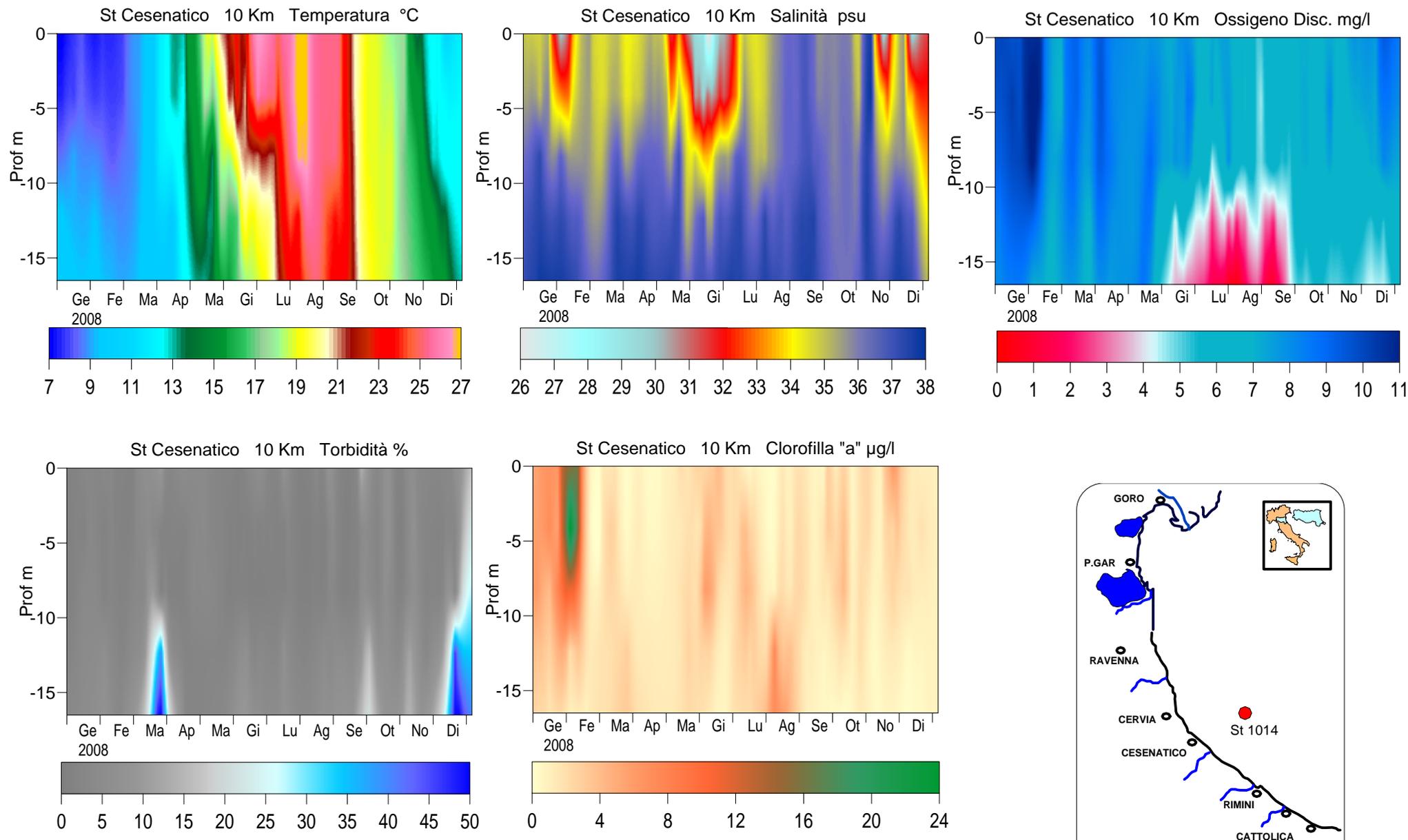


Figura 58 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Torbidità e Clorofilla "a" rilevate nei monitoraggi settimanali, nella stazione 1014 (10 Km al largo di Cesenatico), dalla superficie al fondo.

TEMPERATURA °C Sezione transetto Cesenatico 0-20 Km

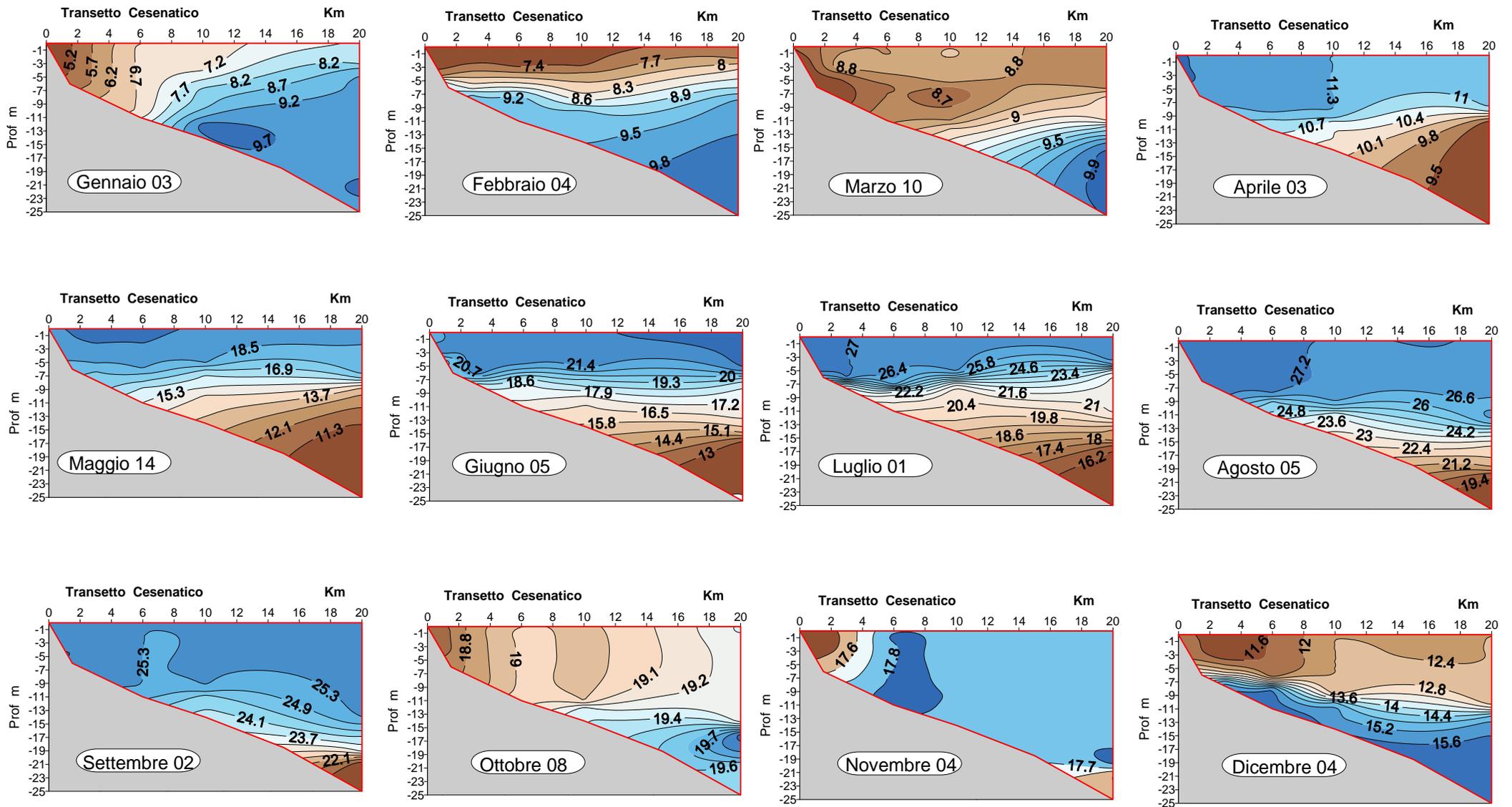


Figura 59 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

TEMPERATURA °C Sezione transetto Porto Garibaldi 0-20 Km

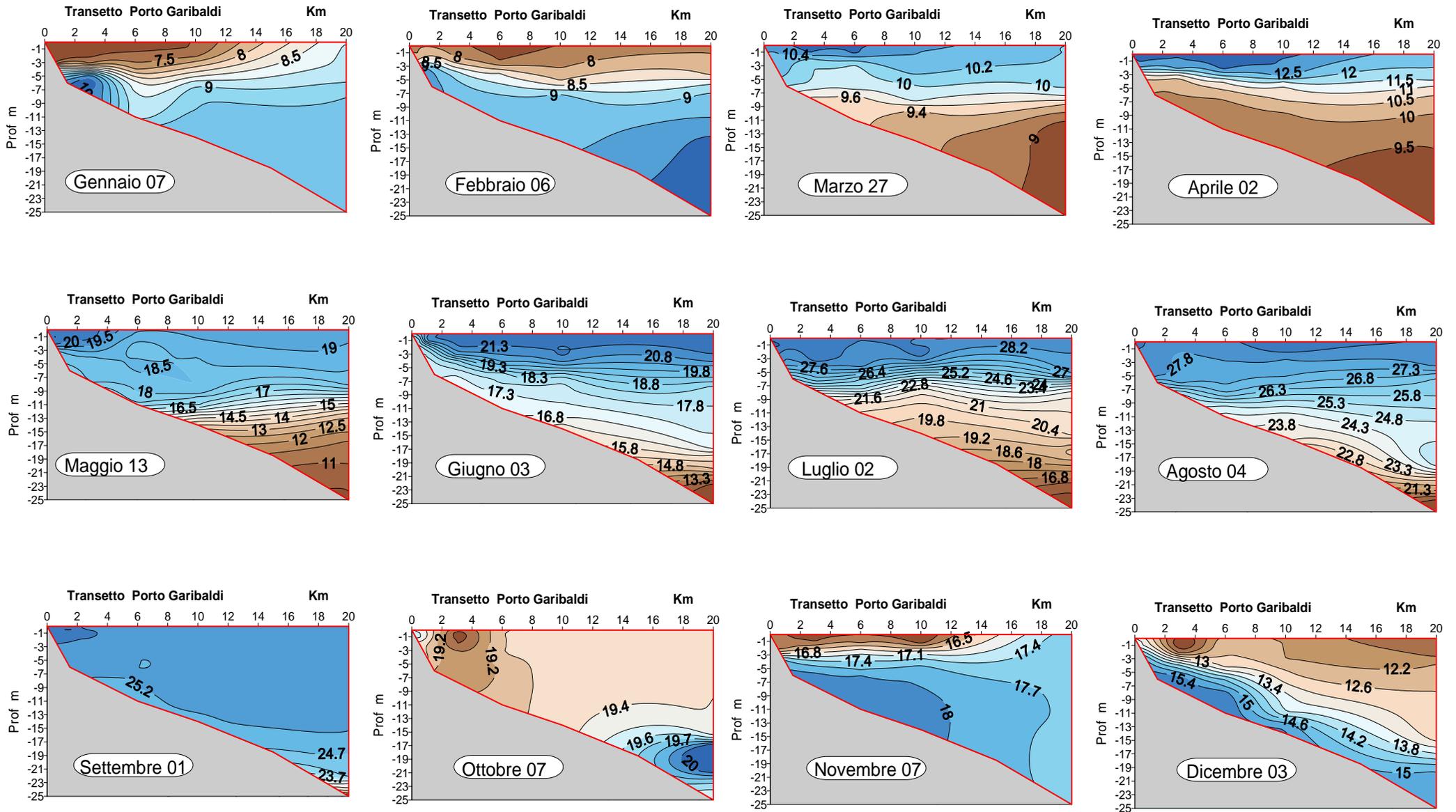


Figura 60 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

SALINITA' psu Sezione transetto Cesenatico 0-20 Km

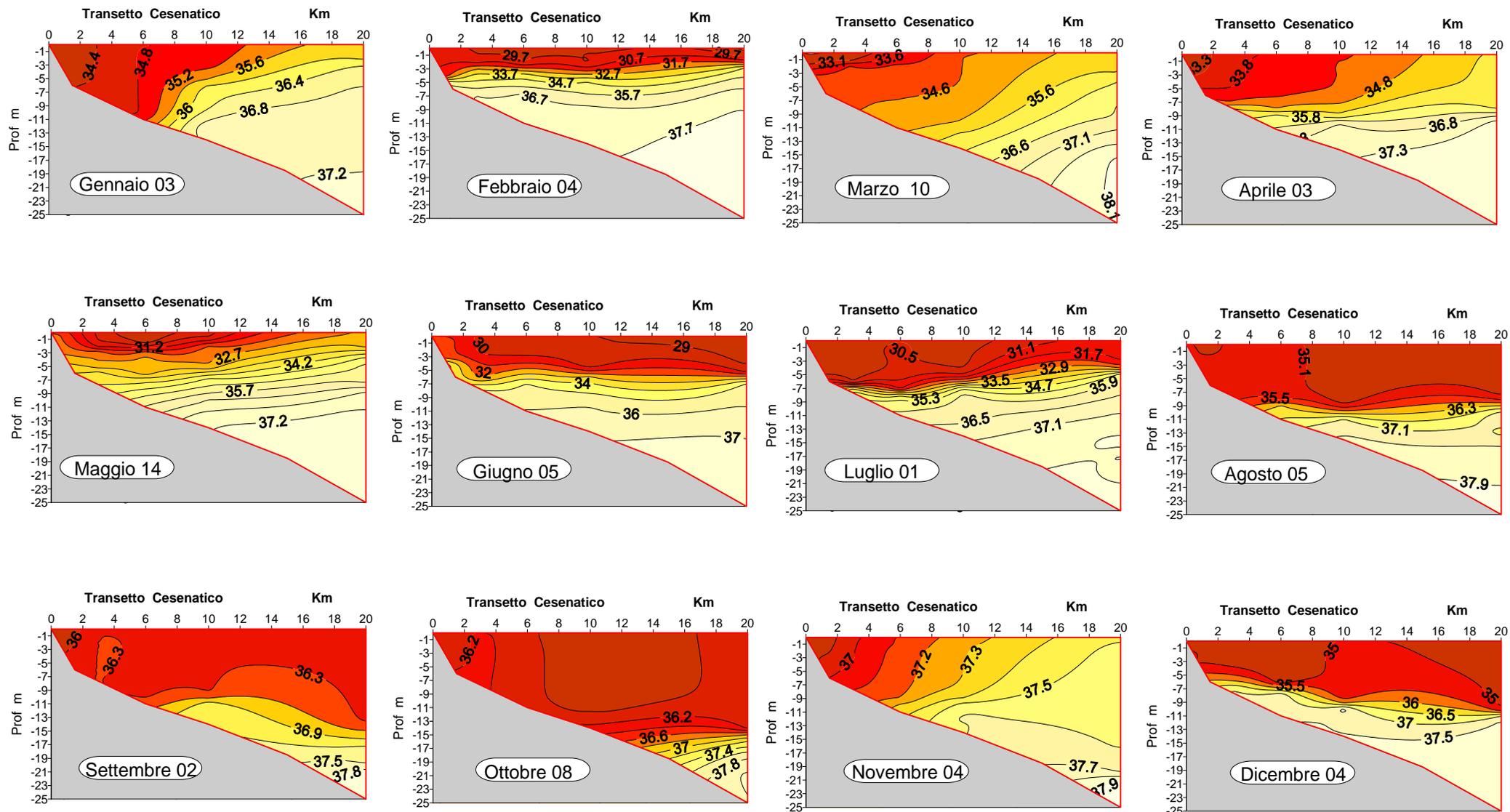


Figura 61 - Isolinee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

SALINITA' psu Sezione transetto Porto Garibaldi 0-20 Km

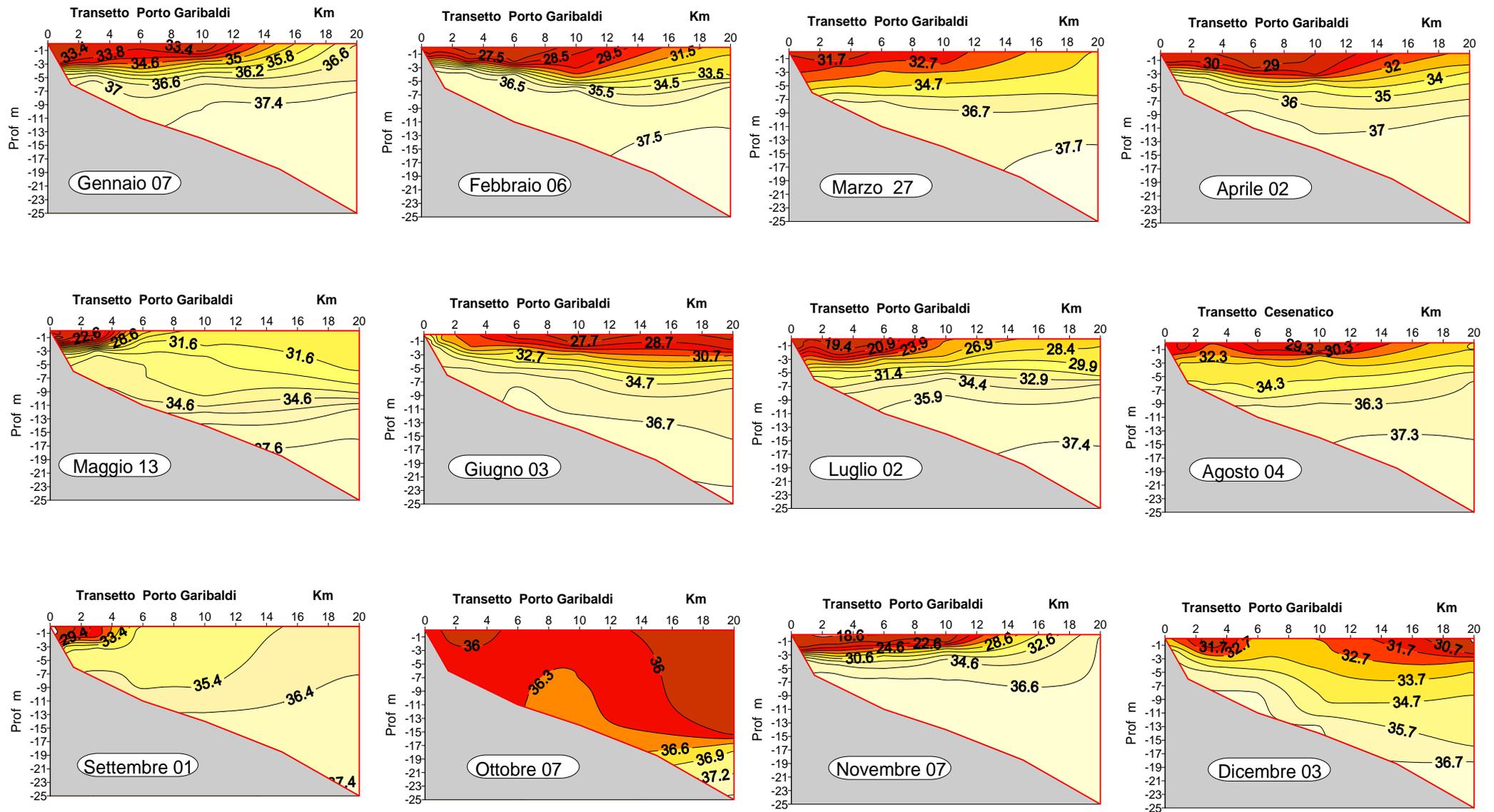


Figura 62 - Isolinee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

OSSIGENO ppm Sezione transetto Cesenatico 0-20 Km

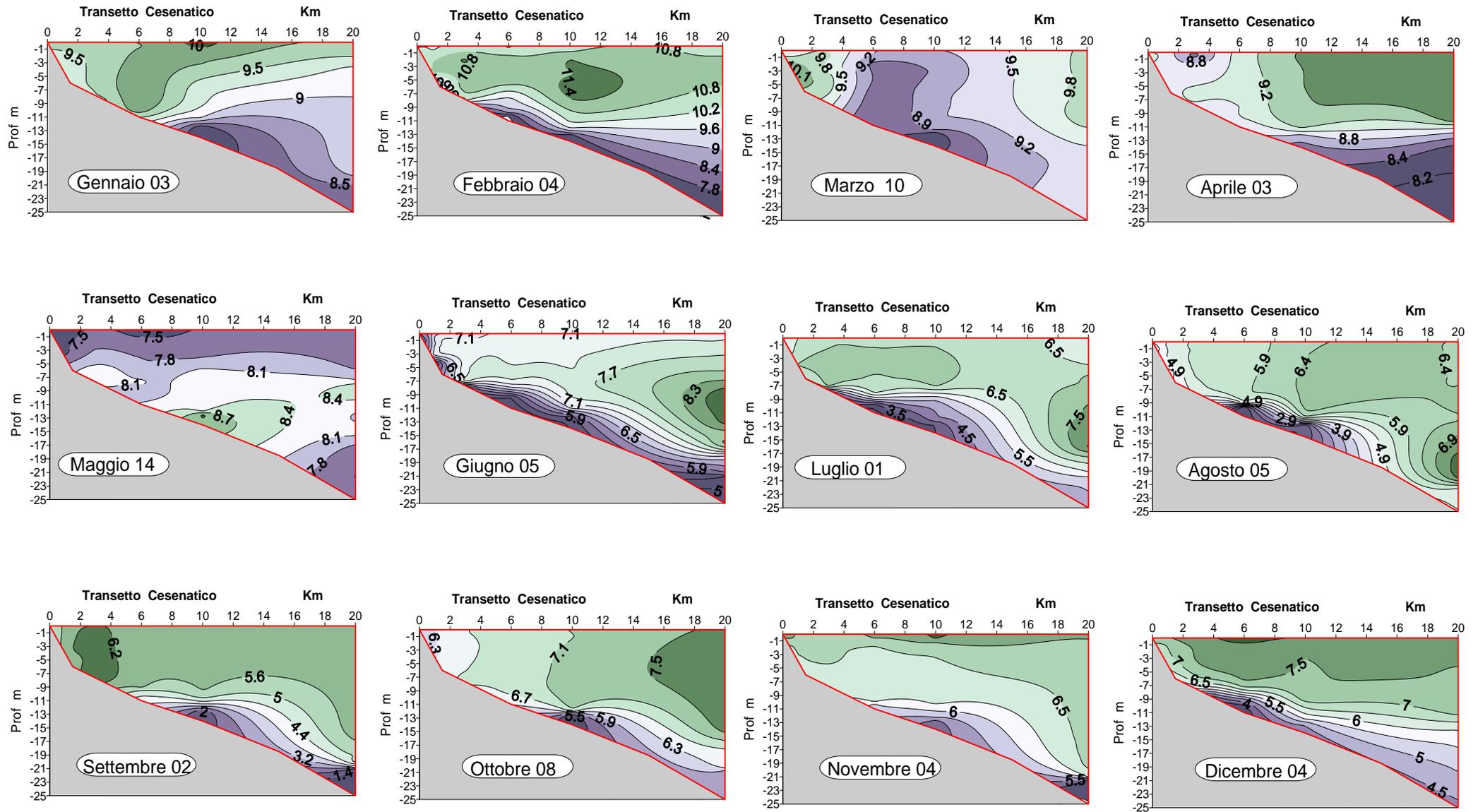


Figura 63 - Isolinee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

OSSIGENO ppm Sezione transetto Porto Garibaldi 0-20 Km

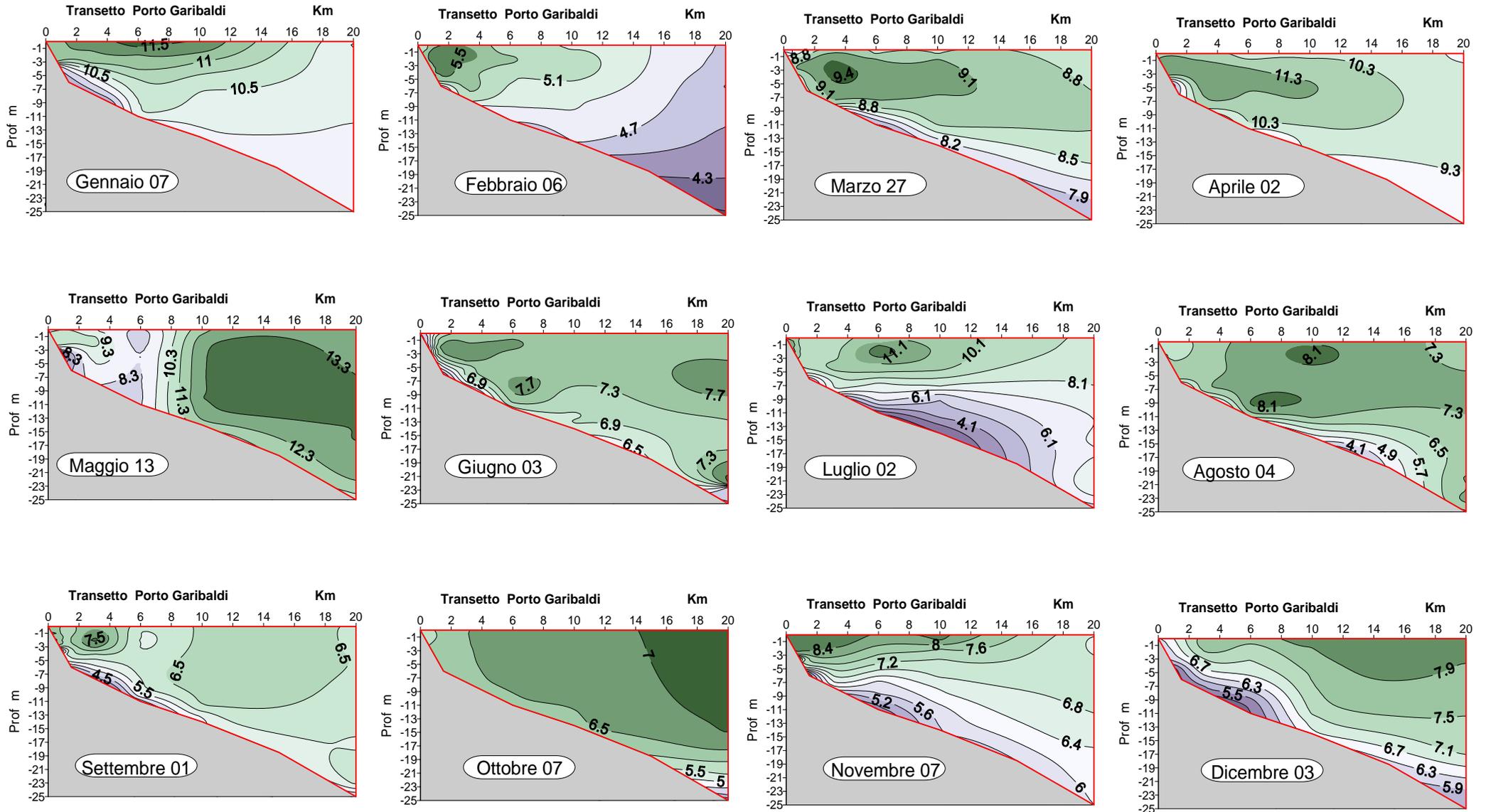


Figura 64 - Isolinee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.



Fase 1 Flocculi, Neve marina 0.1-3 cm



Fase 2 Filamenti 1-20 cm



Fase 3 Reticolo/Ragnatele 10- 150 cm

Fase 4 Nuvola 3-4 m



Fase 5 Affioramento, Strato cremoso

Figura 65 - Fasi evolutive degli stadi di aggregazione della mucillagine. Immagini da archivio della Struttura Oceanografica Daphne.

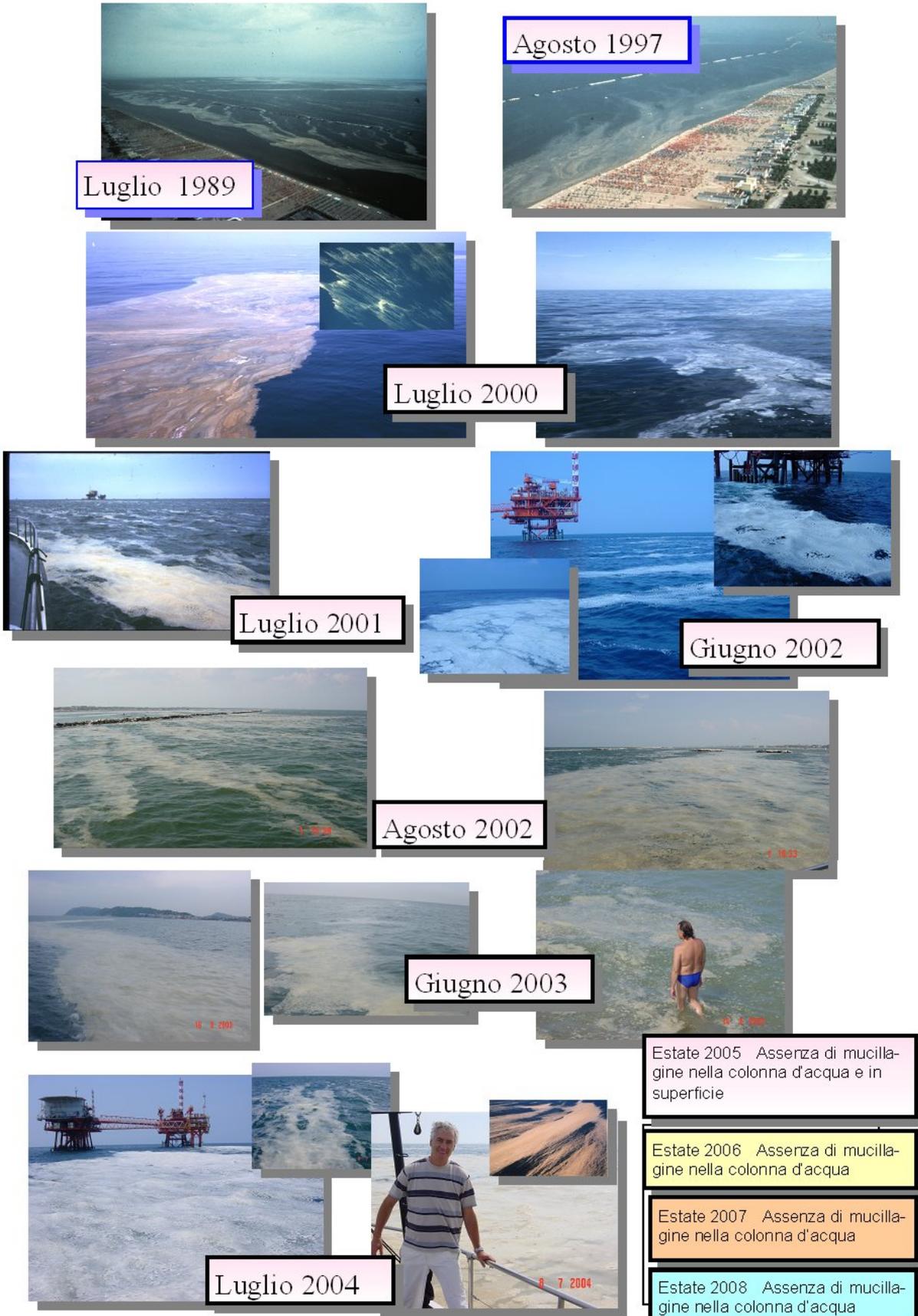
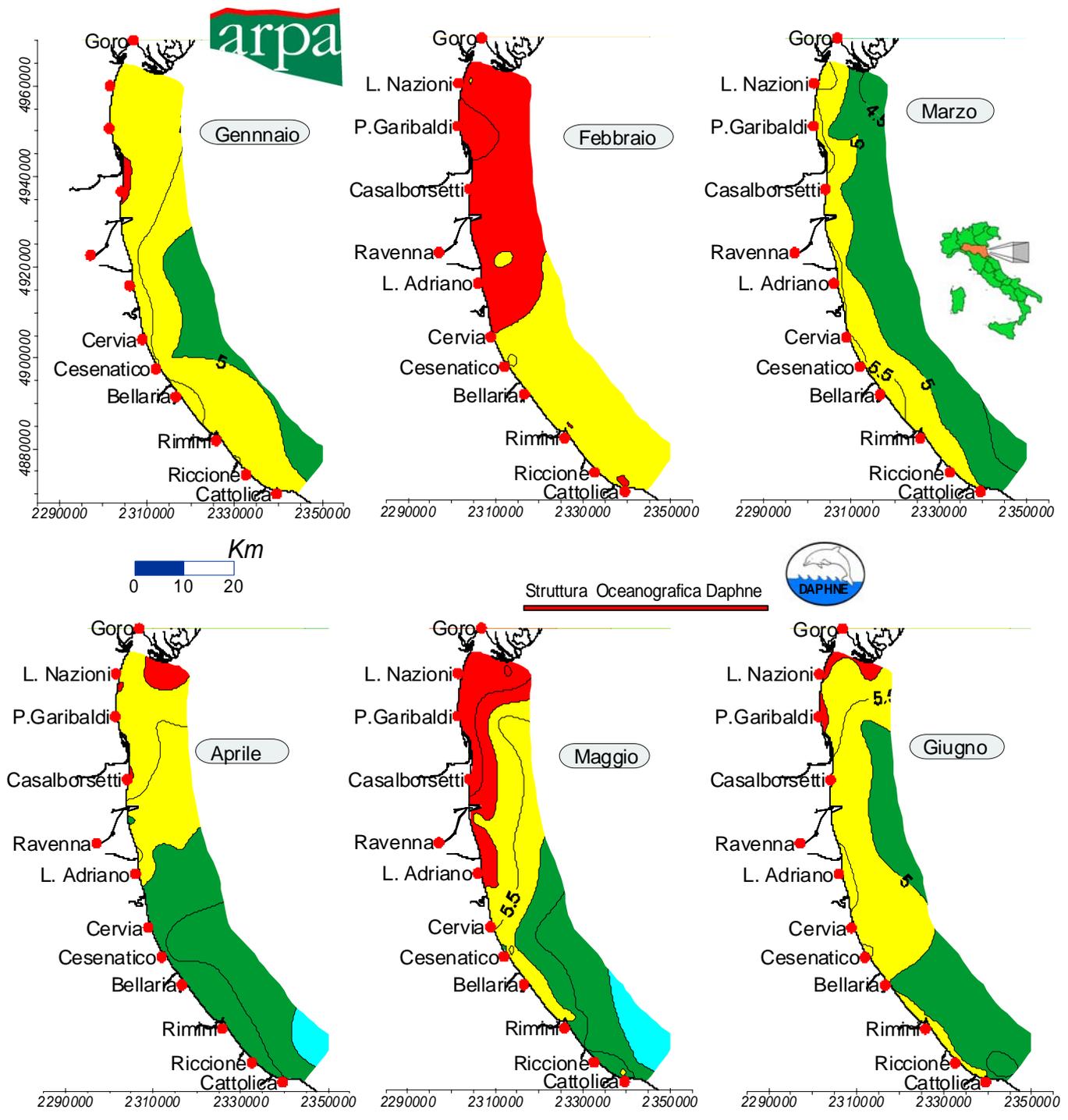
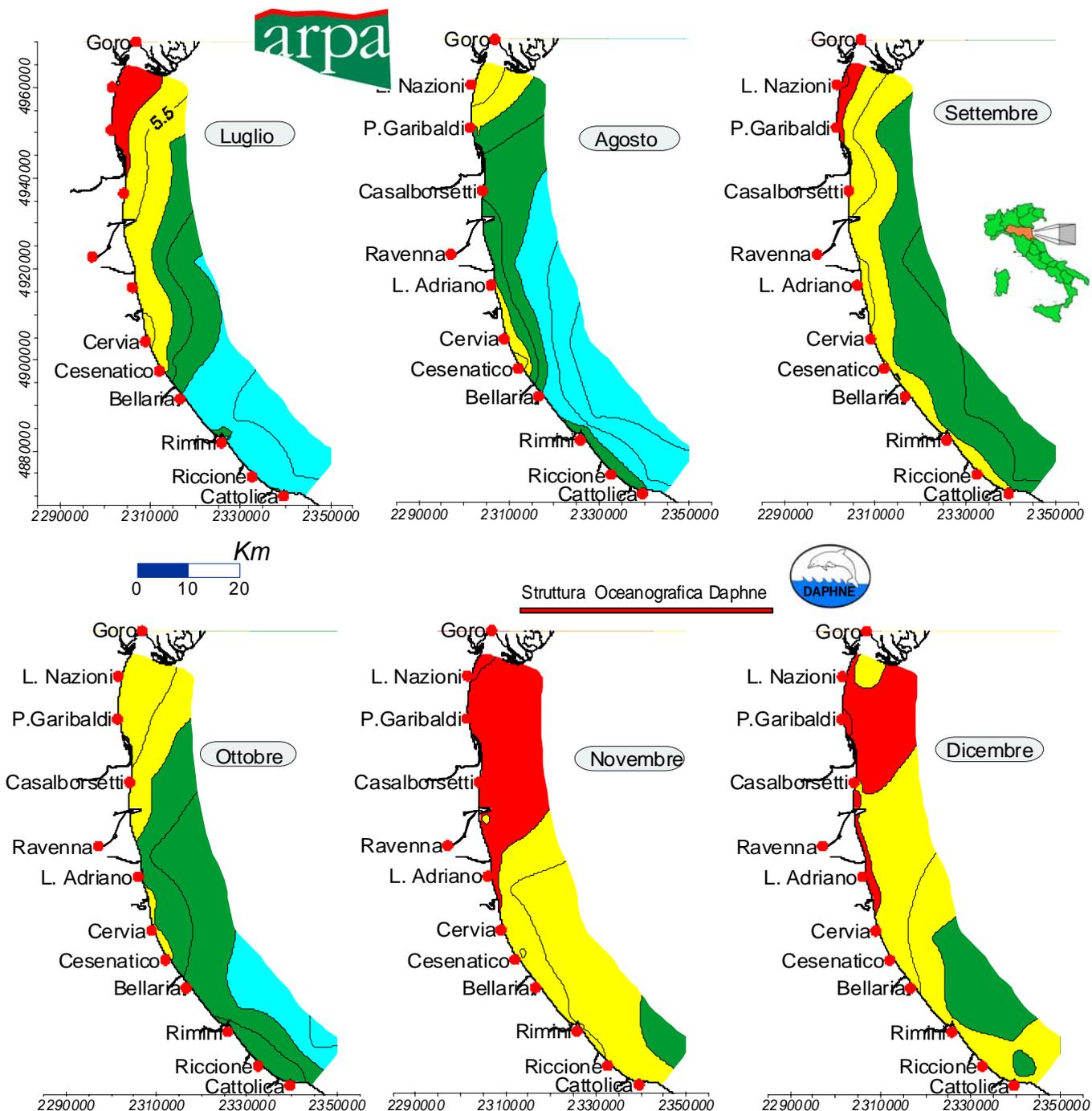


Figura 66 - Casi di affioramento di mucillagine lungo la costa dell'Emilia-Romagna dal 1989 al 2008. Immagini da archivio della Struttura Oceanografica Daphne.



SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI	SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI
2 - 4	ELEVATO	Acque scarsamente produttive. Livello di trofia basso. Buona trasparenza delle acque. Assenza di anomale colorazioni.	5 - 6	MEDIOCRE	Acque molto produttive. Livello di trofia elevato. Scarsa trasparenza delle acque. Anomale colorazioni. Ipossie e occasionali anossie sul fondo. Stati di sofferenza sul fondo.
4 - 5	BUONO	Acque moderatamente produttive. Livello di trofia medio. Buona trasparenza. Occasionalni intorbidamenti e colorazioni.	6 - 8	SCADENTE	Acque fortemente produttive. Livello di trofia molto elevato. Elevata torbidità delle acque. Diffuse e persistenti colorazioni. Diffuse e persistenti Ipossie/anossie sul fondo. Morie di organismi bentonici.

Figura 67 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dell'Indice Trofico nelle acque superficiali in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Valori medi mensili riferiti al 2008.



SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI	SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI
2 - 4	ELEVATO	Acque scarsamente produttive. Livello di trofia basso. Buona trasparenza delle acque. Assenza di anomale colorazioni.	5 - 6	MEDIOCRE	Acque molto produttive. Livello di trofia elevato. Scarsa trasparenza delle acque. Anomale colorazioni. Ipossie e occasionali anossie sul fondo. Stati di sofferenza sul fondo.
4 - 5	BUONO	Acque moderatamente produttive. Livello di trofia medio. Buona trasparenza. Occasionali intorbidamenti e colorazioni.	6 - 8	SCADENTE	Acque fortemente produttive. Livello di trofia molto elevato. Elevata torbidità delle acque. Diffuse e persistenti colorazioni. Diffuse e persistenti Ipossie/anossie sul fondo. Morie di organismi bentonici.

Figura 68 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dell'Indice Trofico nelle acque superficiali in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Valori medi mensili riferiti al 2008.

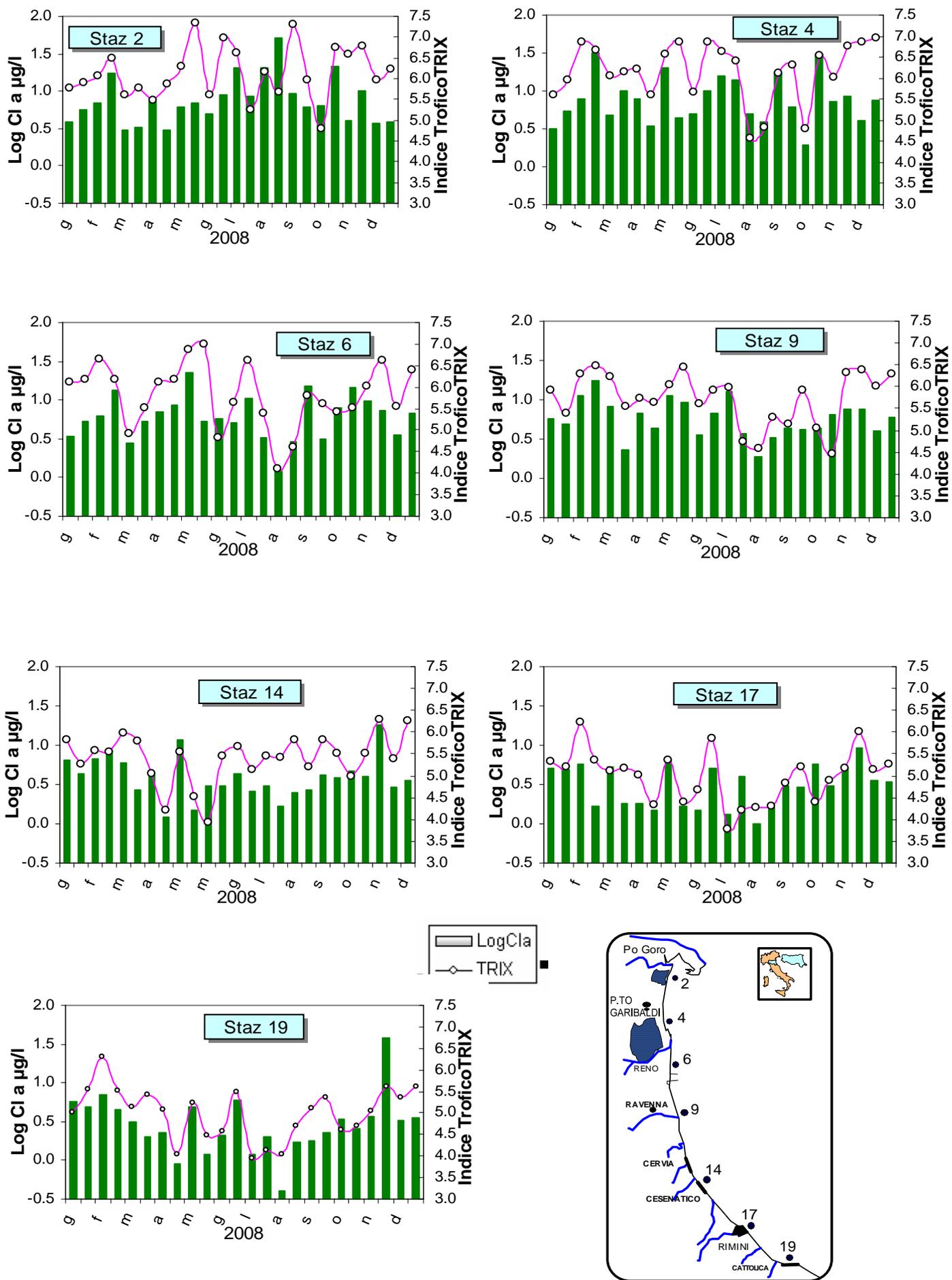


Figura 69 - Confronto tra gli andamenti temporali dell'Indice Trofico TRIX ed il logaritmo della Clorofilla "a" nelle stazioni campione costiere a 0.5 km (vedi mappa allegata).

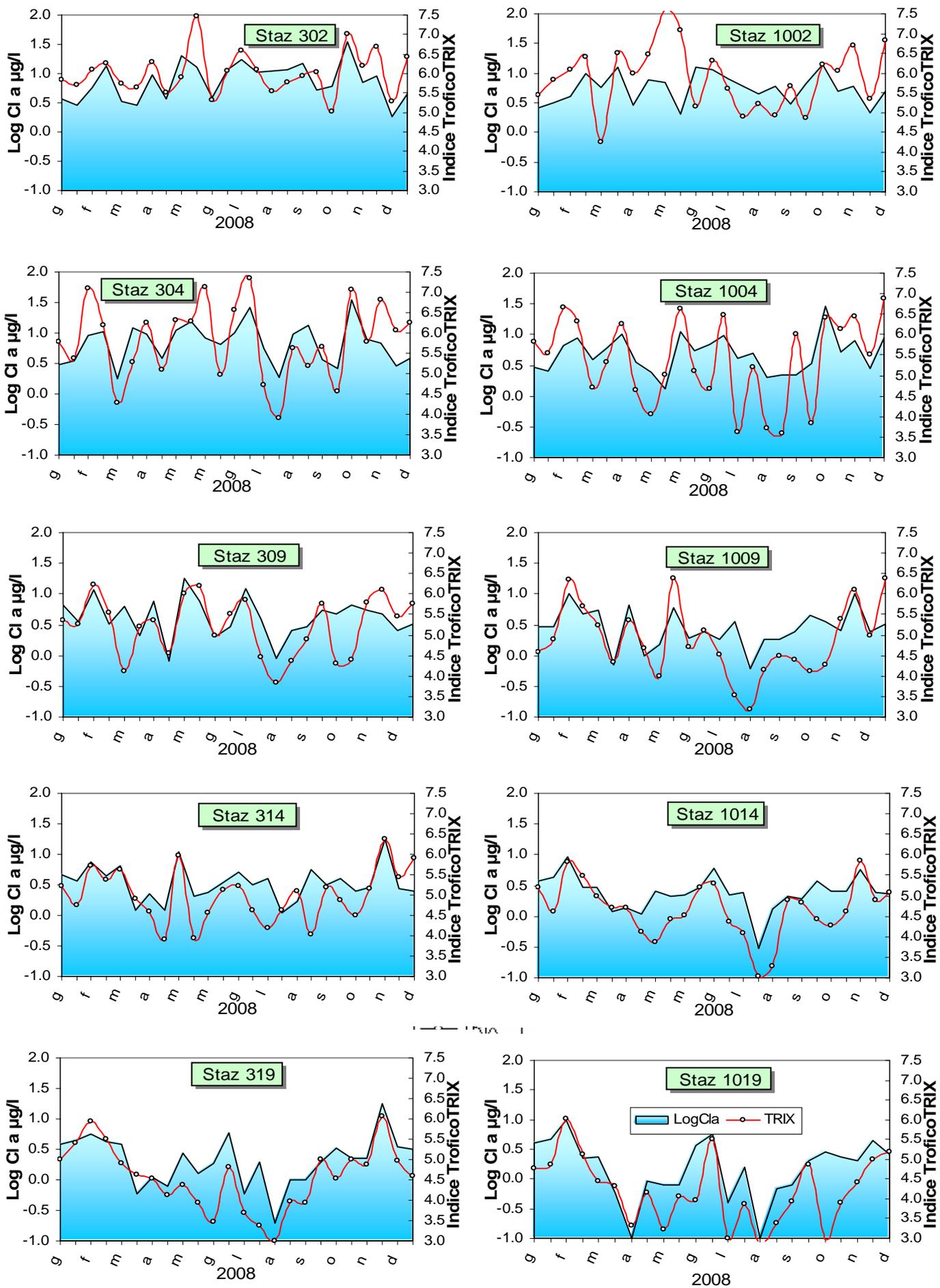
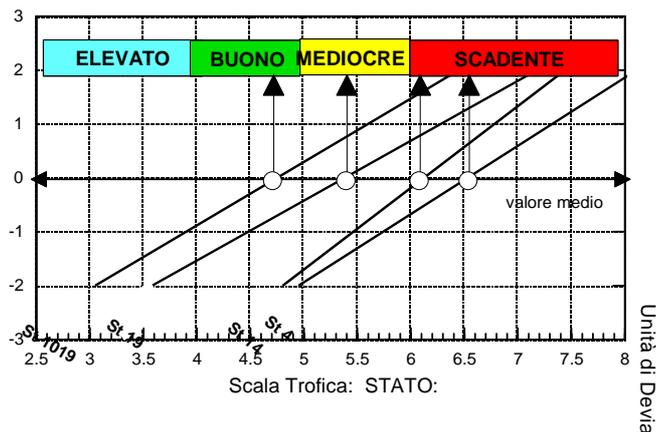


Figura 70 - Confronto tra gli andamenti temporali dell'Indice Trofico TRIX ed il logaritmo della Clorofilla "a" nelle stazioni campione costiere a 3 km e 10 km dalla costa

Distribuzione del TRIX 2002

Ordinamento delle stazioni secondo la scala trofica

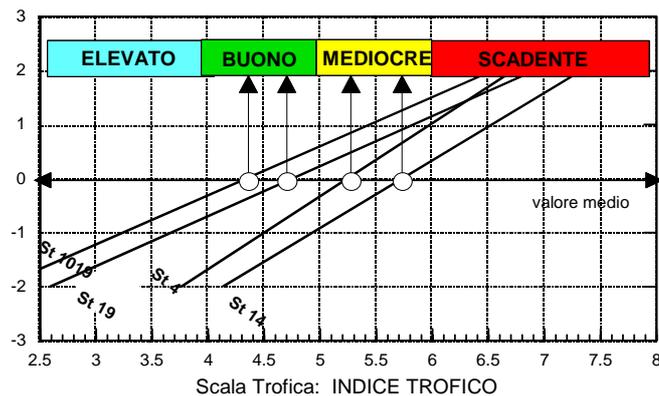
Unità di Deviazioni Standard



Distribuzione del TRIX 2006

Ordinamento delle stazioni secondo la scala trofica

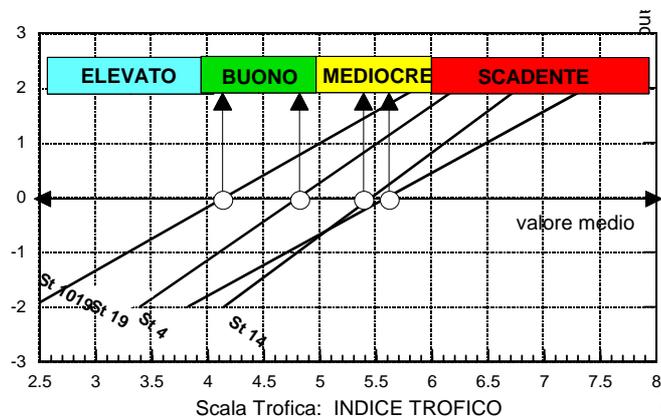
Unità di Devia



Distribuzione del TRIX 2007

Ordinamento delle stazioni secondo la scala trofica

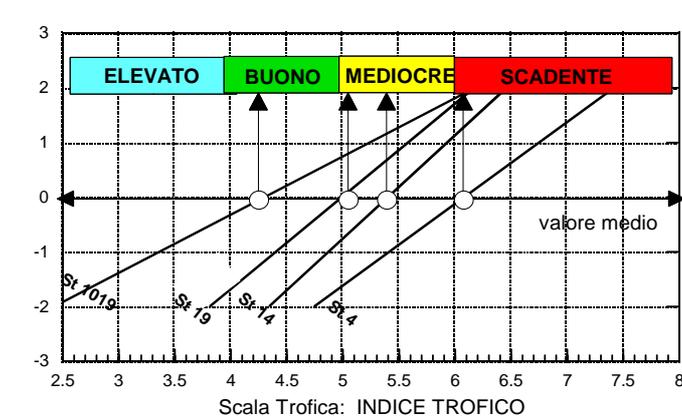
Unità di Dev



Distribuzione del TRIX 2008

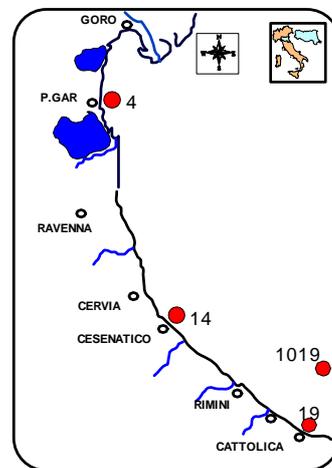
Ordinamento delle stazioni secondo la scala trofica

Unità di Dev



Statistica descrittiva dell'Indice Trofico TRIX nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (St 4), Lido Adriano (St 9), Cesenatico (St 14) e Cattolica 10 Km (St 1019).

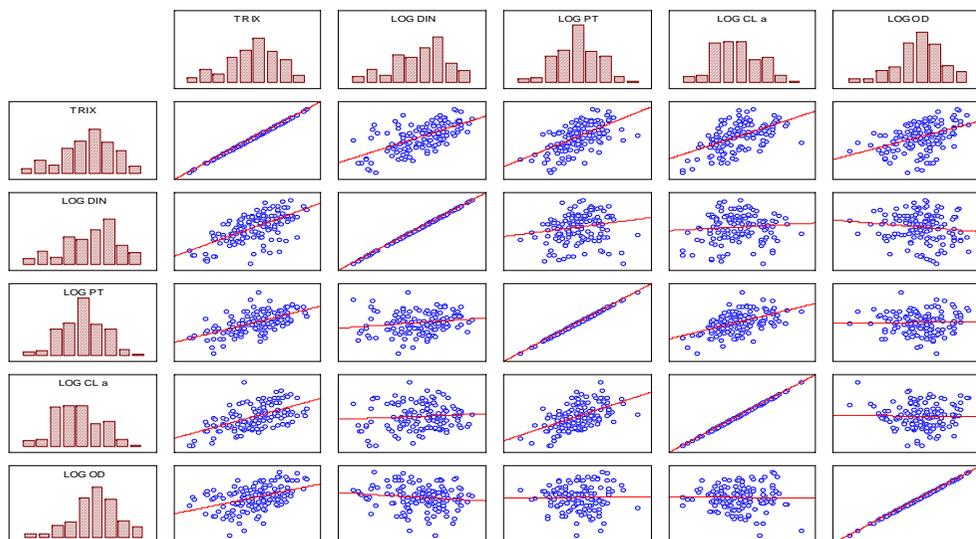
Cod. Staz.	N. Cam.	Media	Mediana	Dev. Stan.	Err. Stan.	MIN	Max	Range
4	24	6.08	6.17	0.67	0.14	4.58	6.87	2.30
14	25	5.40	5.53	0.53	0.11	3.93	6.21	2.28
19	24	4.99	5.07	0.59	0.12	3.95	6.30	2.36
1019	22	4.30	4.24	0.94	0.20	2.83	6.04	2.83



Distribuzione delle stazioni selezionate per il confronto dell'Indice Trofico TRIX.

Figura 71 - Ordinamento comparato della distribuzione del TRIX nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (St 4), Lido Adriano (St 9), Cesenatico (St 14) e Cattolica 10 Km (St 1019). Le 4 stazioni sono rappresentative di quattro zone di mare omogenee e caratterizzate da situazioni trofiche ben definite secondo un gradiente nord-sud e da costa verso il largo.

AREA A LIDO DI VOLANO-RAVENNA



AREA B RAVENNA-CESENATICO

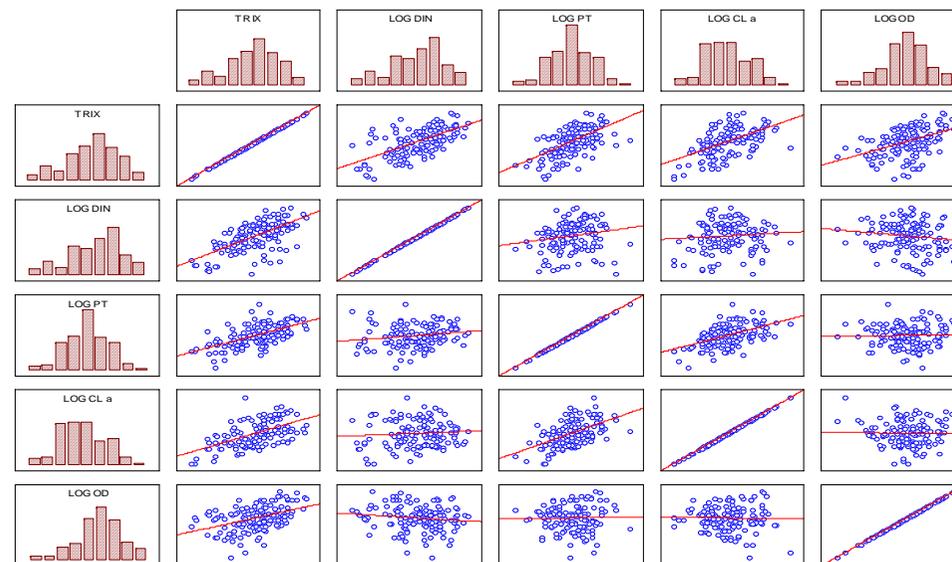
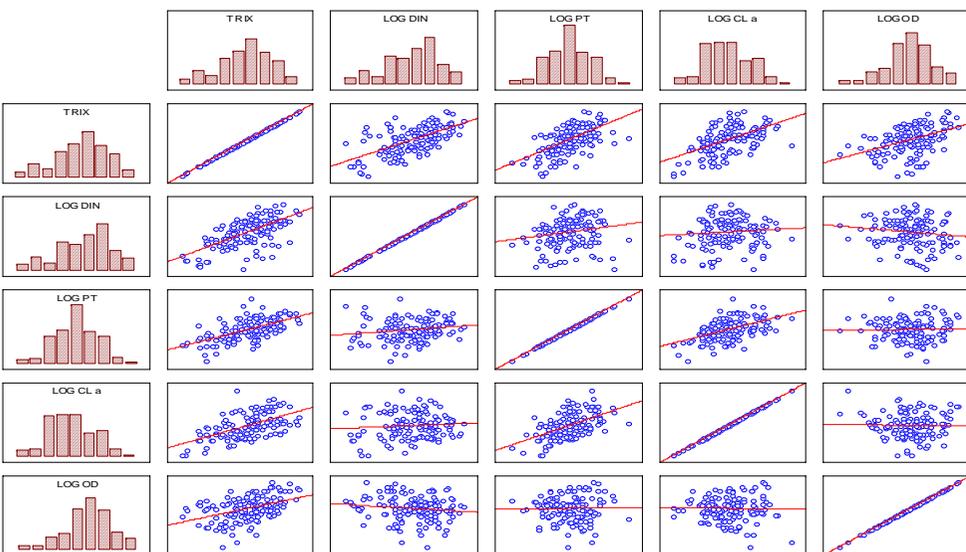


Figura 72 - Rette di regressione tra il TRIX e le variabili che concorrono a determinarlo (Log DIN, Log P-tot, Log Cl a, Log O.D.) nelle subaree "A", "B" e "C". Sono state prese in considerazione tutte le stazioni collocate a 0.5 Km dalla costa.



ZONA A	TRIX	Log DIN	Log P-tot	Log Cl a	Log OD
TRIX	1.00	0.64	0.60	0.56	0.44
Log DIN		1.00	0.18	0.08	-0.13
Log P-tot			1.00	0.53	0.02
Log Cl a				1.00	-0.02
Log OD					1.00
ZONA B	TRIX	Log DIN	Log P-tot	Log Cl a	Log OD
TRIX	1.00	0.61	0.74	0.67	0.29
Log DIN		1.00	0.32	0.24	-0.37
Log P-tot			1.00	0.58	0.07
Log Cl a				1.00	-0.08
Log OD					1.00
ZONA C	TRIX	Log DIN	Log P-tot	Log Cl a	Log OD
TRIX	1.00	0.62	0.64	0.68	0.54
Log DIN		1.00	0.26	0.35	-0.10
Log P-tot			1.00	0.56	0.15
Log Cl a				1.00	0.01
Log OD					1.00

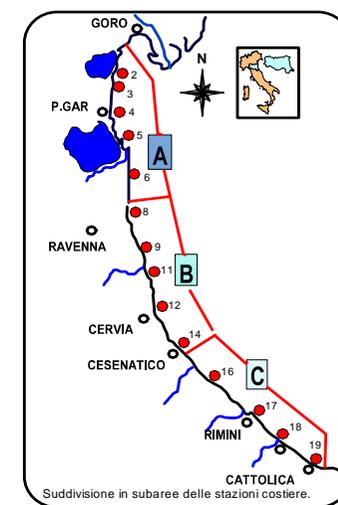
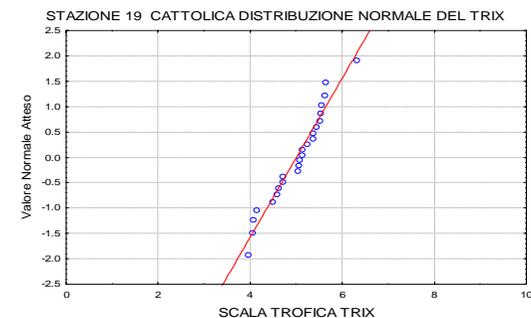
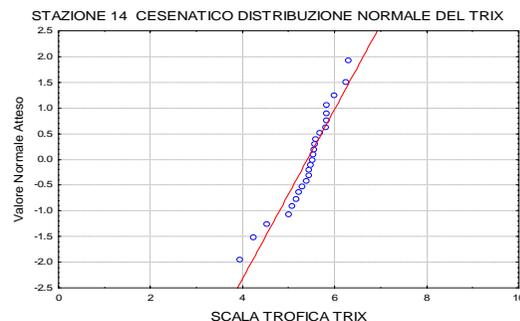
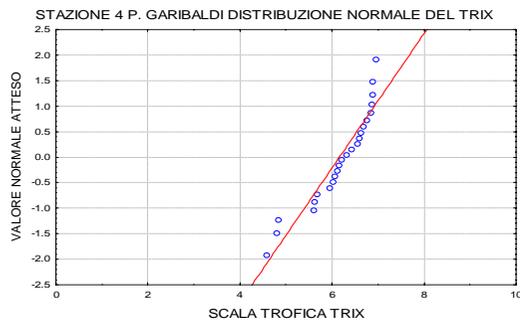
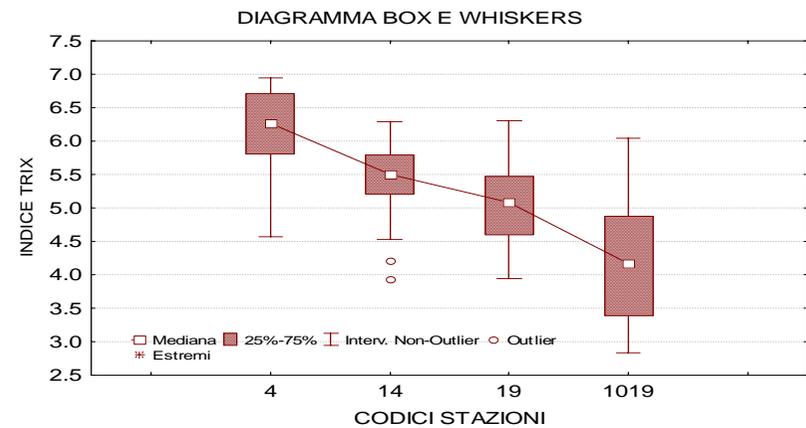
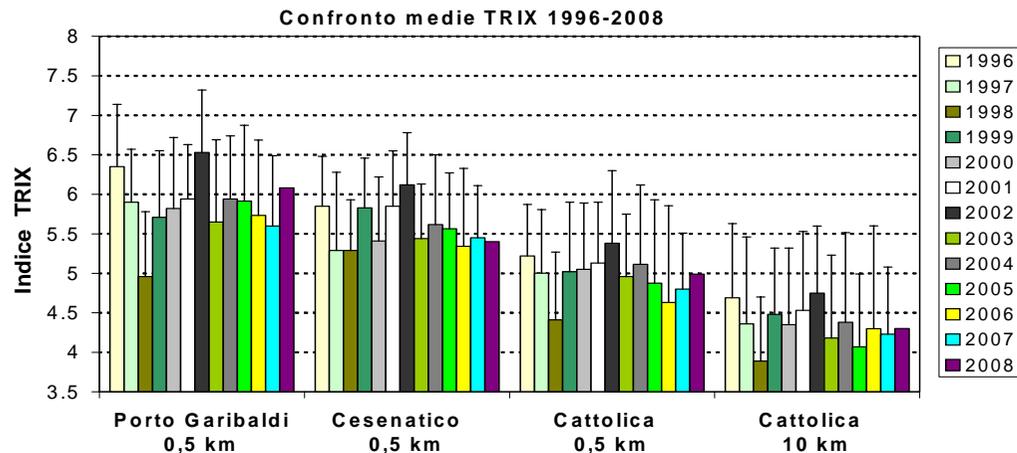


Figura 73 - Rette di regressione nella subarea "C" e coefficienti di correlazione tra il TRIX e le variabili che concorrono a determinarlo (Log DIN, Log P-tot, Log Cl a, Log O.D.) nelle tre subaree. Sono state prese in considerazione tutte le stazioni collocate a 0.5 Km dalla costa



Cod Staz	ΔX 02-05	t-Student	Sign.	ΔX 02-06	t-Student	Sign.	ΔX 02-07	t-Student	Sign.	ΔX 02-08	t-Student	Sign.	ΔX 06-08	t-Student	Sign.	ΔX 07-08	t-Student	Sign.
4	0.59	3.15	S	0.73	4.21	S	0.80	3.93	S	0.31	1.47	n.S	-0.45	1.89	n.S	-0.55	-2.46	S
14	0.64	4.82	S	0.88	5.80	S	0.66	4.01	S	0.71	4.44	S	-0.17	-0.88	n.S	0.04	0.27	n.S
19	0.65	3.86	S	0.73	3.73	S	0.58	2.70	S	0.38	1.83	n.S	-0.25	-1.05	n.S	0.20	-1.05	n.S
1019	0.30	1.7	n.S	0.50	2.82	S	0.52	2.7	S	0.52	2.32	S	0.12	0.42	n.S	0.01	0.05	n.S

Significatività $p (<0.05)$, delle differenze (ΔX) tra le medie di TRIX (Indice Trofico).

S=Significativo; **n. S=non Significativo**

Figura 74 - Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1996 al 2008 nelle stazioni costiere a 0.5 Km di Porto Garibaldi (st 4), Cesenatico (st 14), Cattolica (st 19) e nella stazione al largo 10 Km di Cattolica (st 1019) Nella tabella sono riportate, per ogni stazione le differenze di TRIX tra i valori medi e il t di Student del 2002 con quelli rilevati nel 2005, 2006, 2007, 2008 e le relative significatività (S= Significativo, n. S= non Significativo).

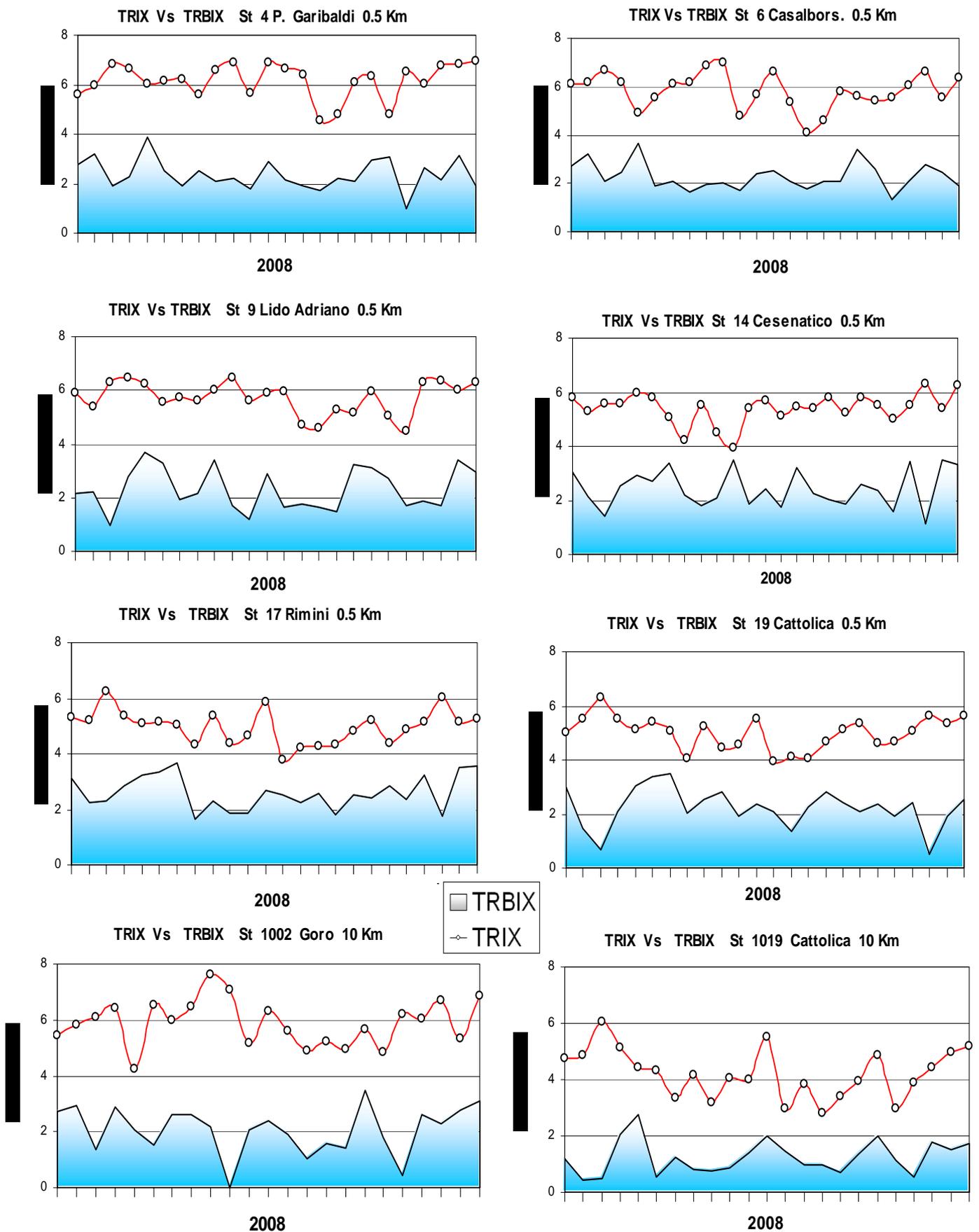
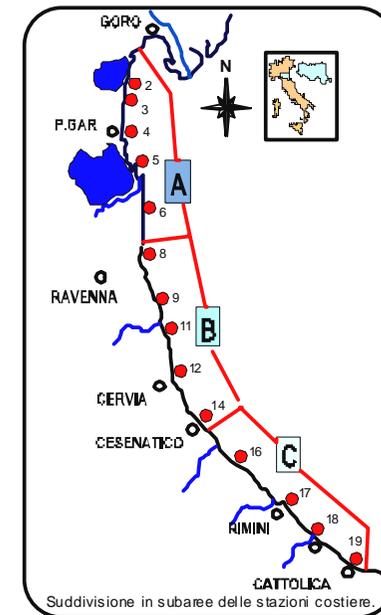
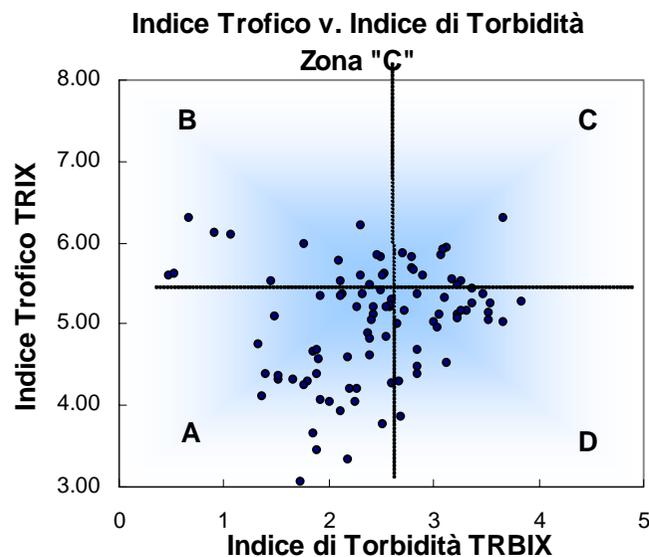
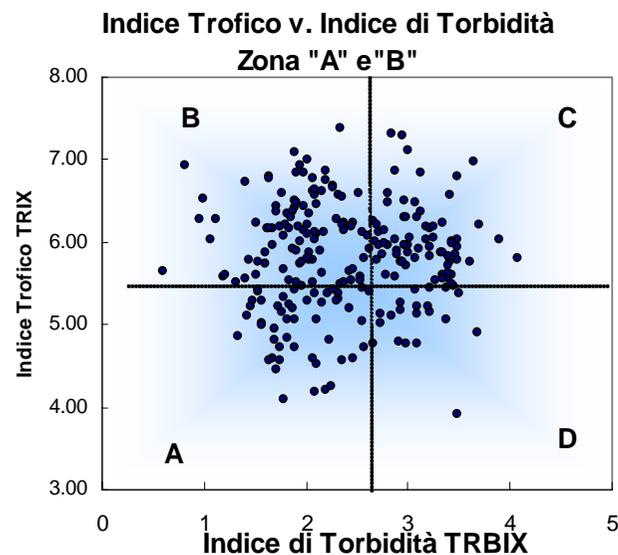


Figura 75 - Confronto tra l'andamento dell'Indice Trofico TRIX e l'Indice di Torbidità TRBIX nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (St 4), Casalborsetti (St 6), Lido Adriano (St 9), Cesenatico (St 14) Rimini (St 17), Cattolica (St 19) e 2 stazioni estreme della costa situate a 10 Km al largo (St 1002 Goro, St 1019 Cattolica).



**Schema di interpretazione dei quadranti derivati dalla combinazione del
TRIX vs. TRBIX**

<p>Quadrante B Acque colorate prevalentemente da fitoplancton; colore vegetale verdastro, brunastro o rossastro secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.</p>	<p>Quadrante C Acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale; colore limoso-fangoso associato ad una variazione cromatica verdastro, brunastro o rossastra secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.</p>
<p>Quadrante A Acque poco o scarsamente colorate da fitoplancton e presenza di torbidità minerale; colore poco limoso con tonalità verde-azzurro-blu marino. Trasparenza alta.</p>	<p>Quadrante D Acque prevalentemente colorate da torbidità di tipo minerale; colore limoso fangoso di tipo grigio brunastro. Trasparenza molto ridotta.</p>

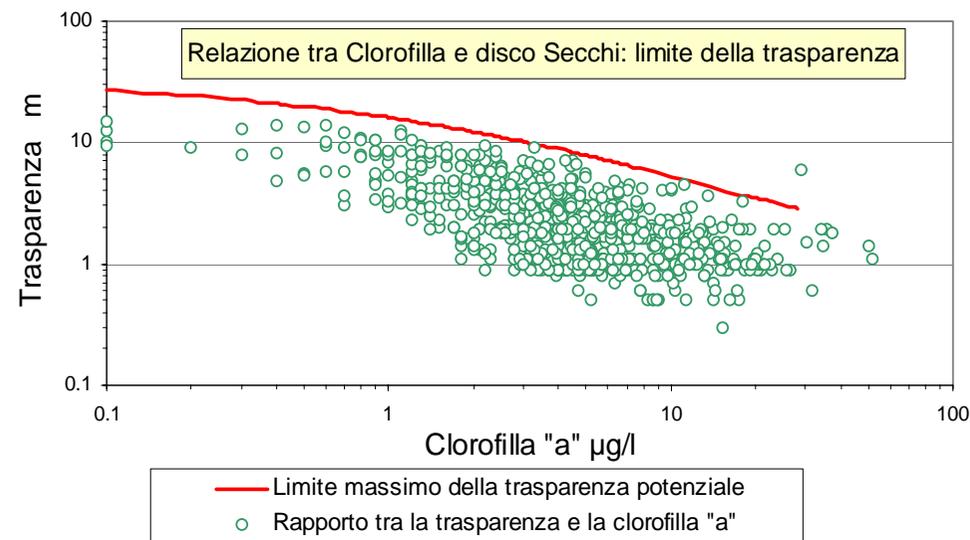


Figura 76 - Diagrammi di "Scatter plot" tra l'Indice di Torbidità TRBX e l'Indice Trofico TRIX. Individuazione dei quadranti e relativa tabella di interpretazione.

AREA GORO-CASALBORSETTI (0.5-3 Km)
Acque costiere marine. Variazione annuale dei parametri del sistema. Medie annuali

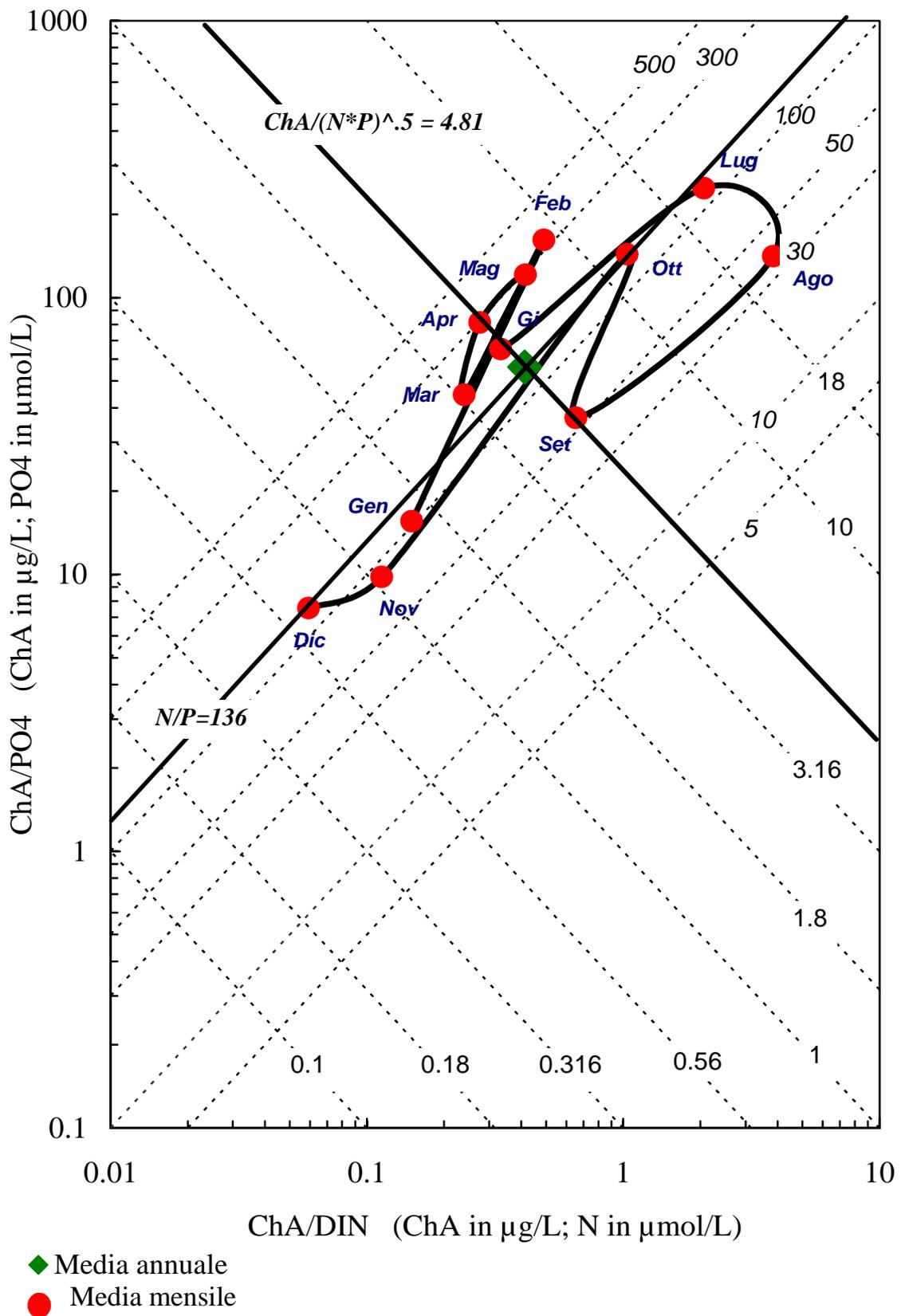
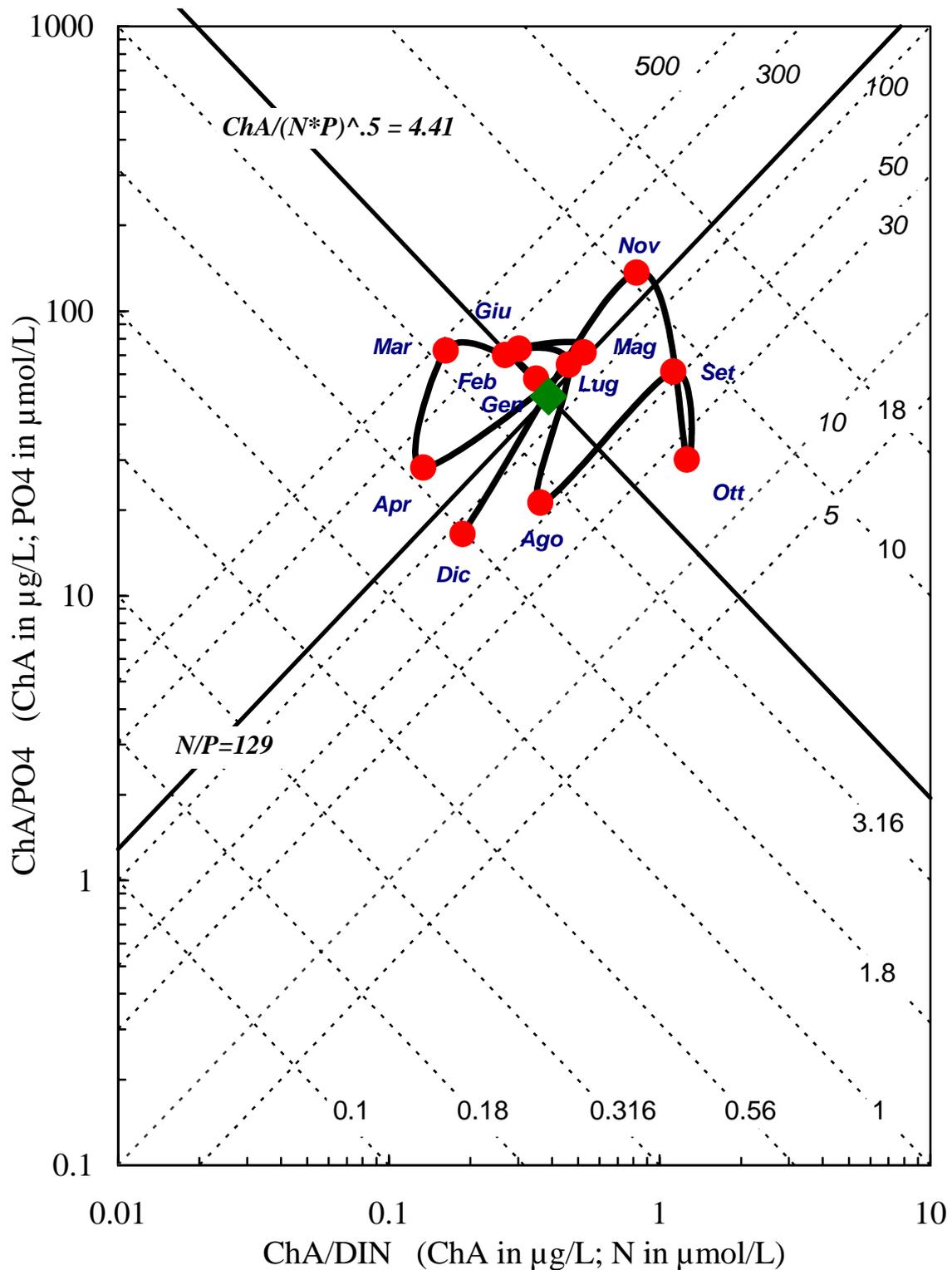


Figura 77 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema.

Nei grafici i rapporti N/P sono costanti lungo le linee punteggiate a 45° , viceversa i valori della quantità $ChA/(DIN \times PO4)^{1/2}$ sono costanti lungo le linee punteggiate a -45° . Il corrispondente valore della media annuale è rappresentato dall'intersezione delle rette in grassetto.

AREA RIMINI-CATTOLICA (0.5-3 Km)
Acque costiere marine. Variazione annuale dei parametri del sistema. Medie annuali



- ◆ Media annuale
- Media mensile

Figura 78 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema.

Nei grafici i rapporti N/P sono costanti lungo le linee punteggiate a 45°, viceversa i valori della quantità $ChA/(DIN \times PO4)^{1/2}$ sono costanti lungo le linee punteggiate a -45°. Il corrispondente valore della media annuale è rappresentato dall'intersezione delle rette in grassetto.

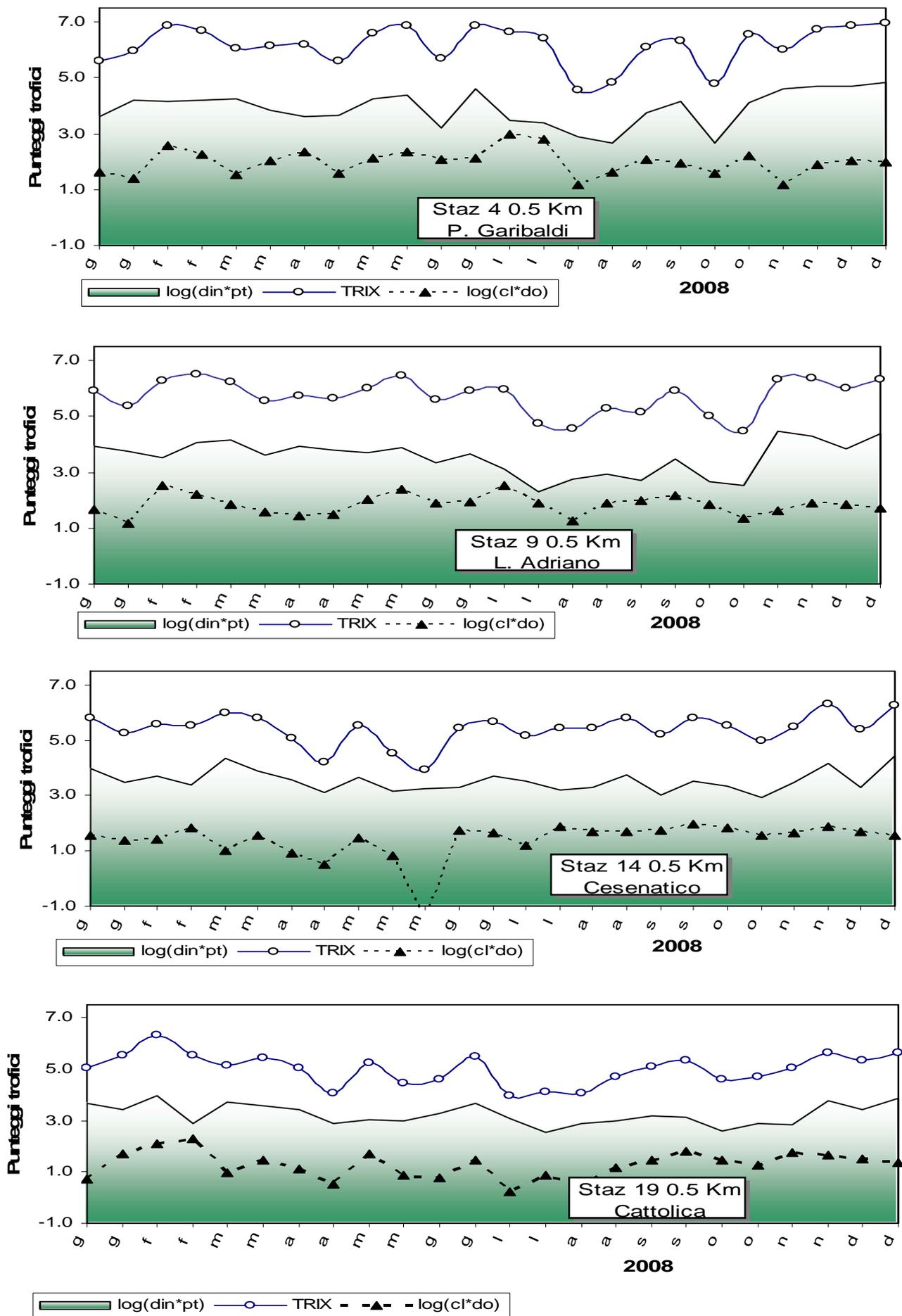


Figura 79 - Variazioni temporali e rapporti delle componenti che concorrono a determinare l'Indice Trofico TRIX nelle stazioni costiere. $\text{LOG}(\text{Chl} \times \text{D}\%0)$ = Indicatore di produttività reale o diretta. $\text{LOG}(\text{DIN} \times \text{PT})$ = Indicatore di produttività potenziale

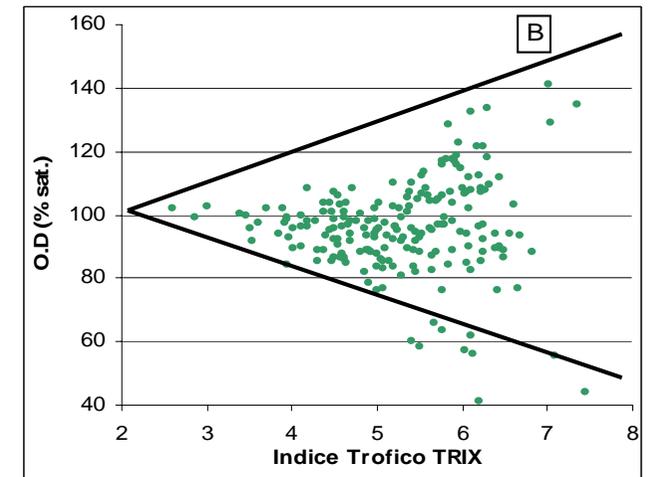
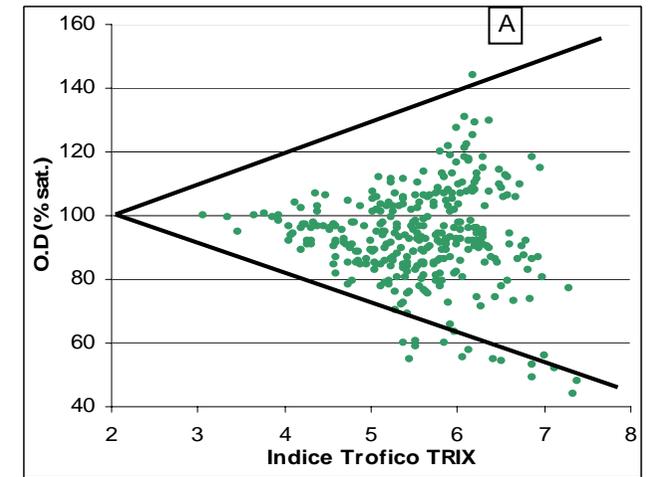
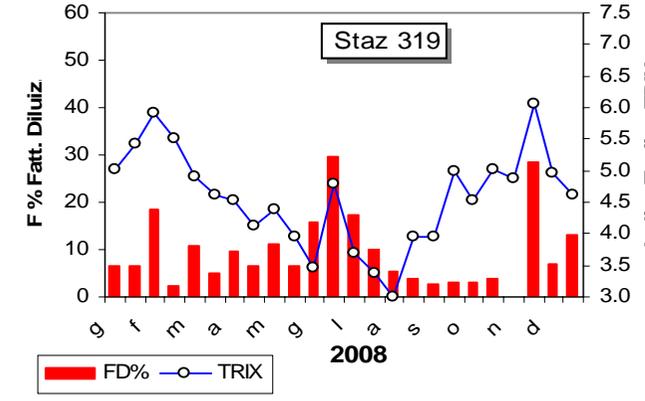
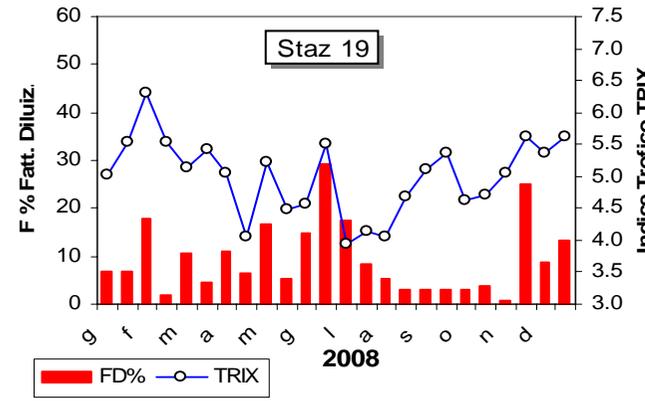
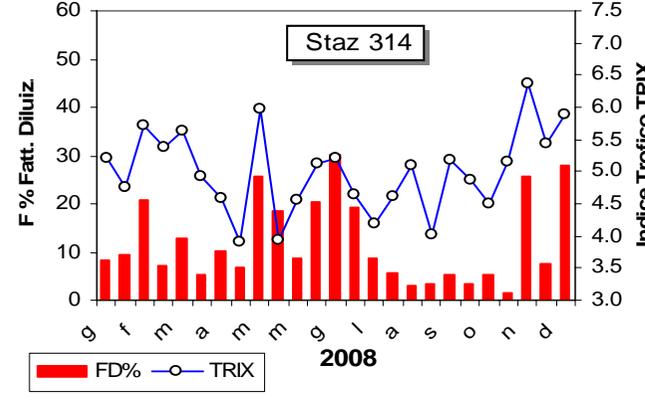
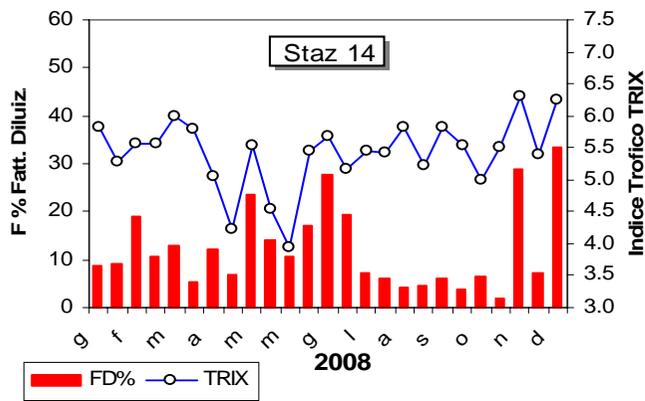
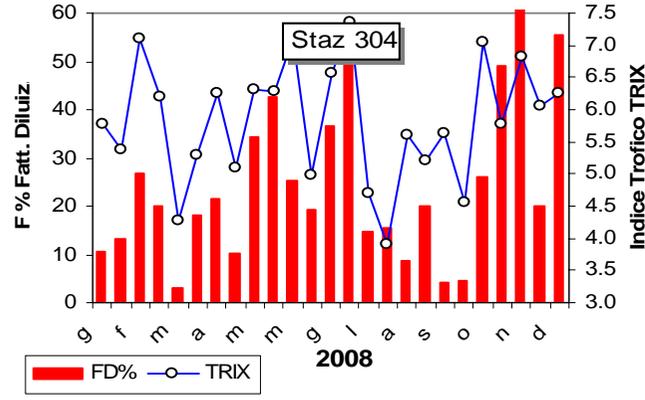
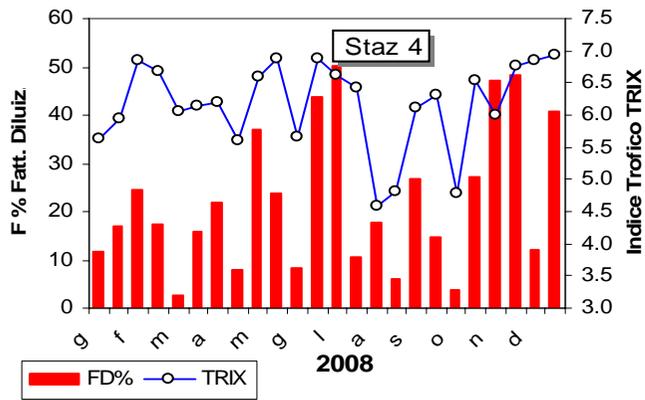


Figura 81 - Variazioni temporali nelle stazioni costiere (0.5 Km) e nelle stazioni a 3 Km dalla costa antistante P. Garibaldi, Cesenatico, Cattolica dell'Indice Trofico TRIX in rapporto al Fattore di diluizione F %.

Figura 80 - Scostamento dei dati puntuali della saturazione di ossigeno dal 100% rilevati nelle stazioni costiere a 0.5 Km (A), e nelle stazioni a 3 Km dalla costa (B), al crescere del valore di TRIX

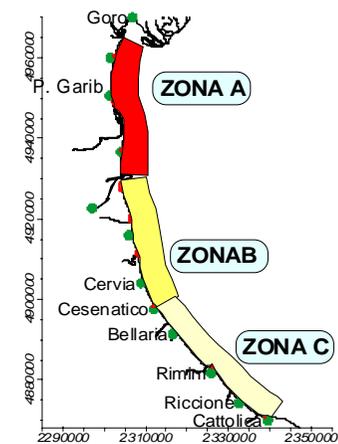
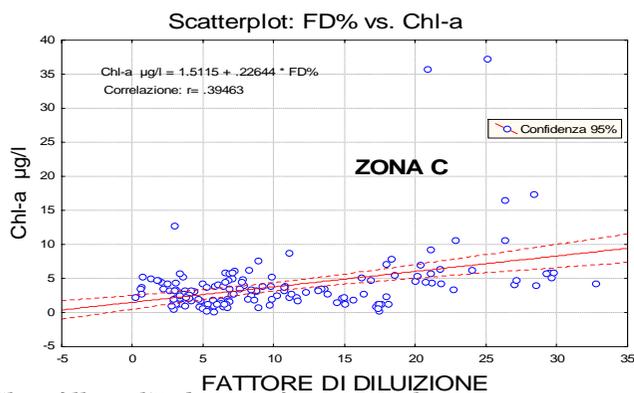
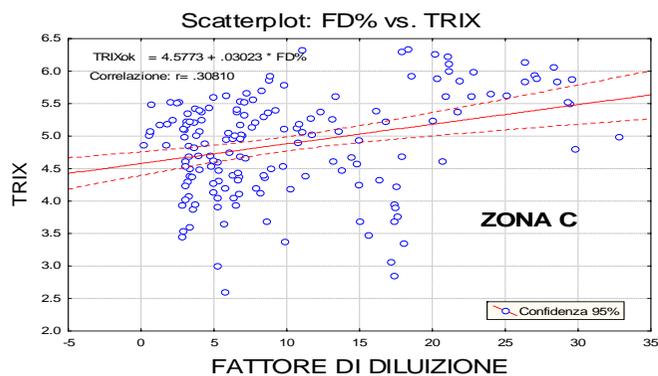
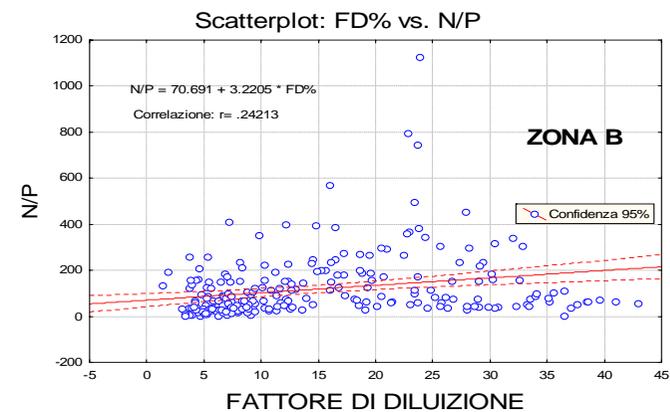
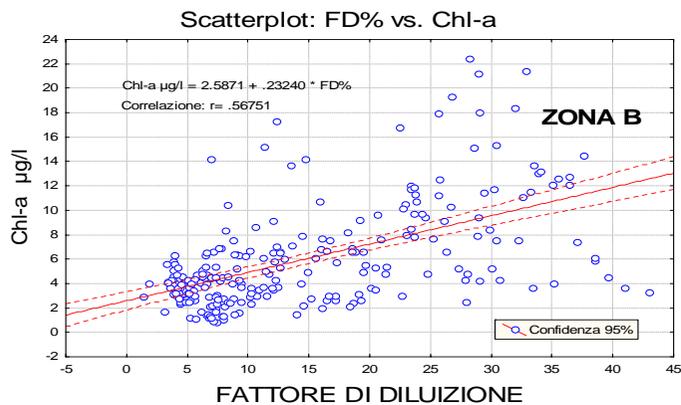
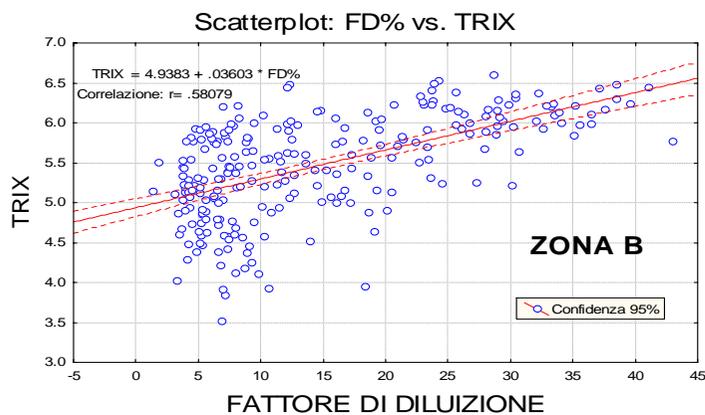
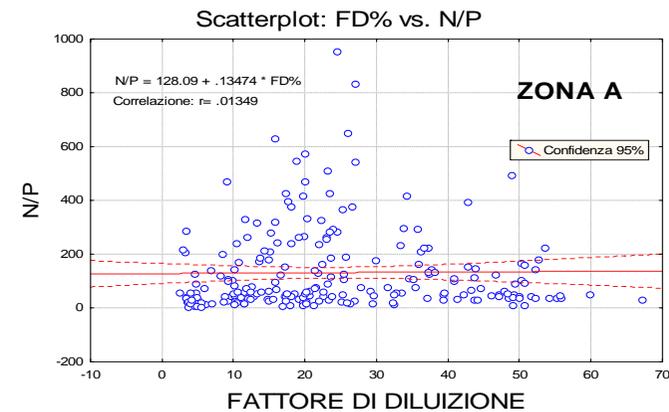
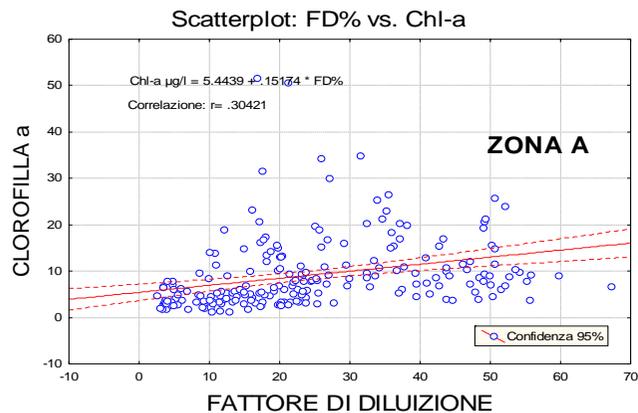
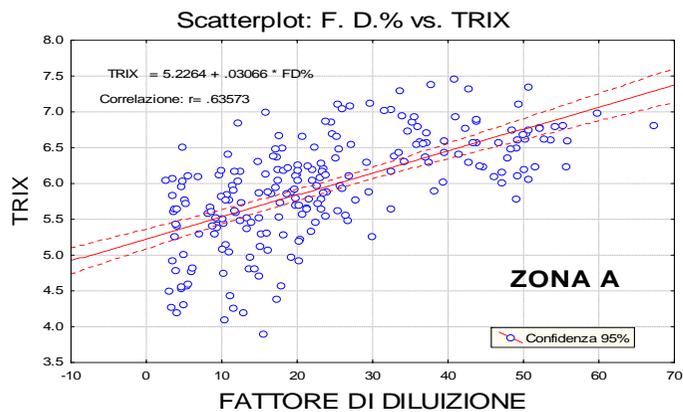


Figura 82 - Correlazione tra il Fattore di diluizione F % e la Clorofilla a, l'Indice Trofico TRIX, il rapporto Azoto/Fosforo (N/P) nelle tre subaree (Goro-Ravenna, Ravenna- Cesenatico, Cesenatico-Cattolica), collocate a 3 Km dalla costa.

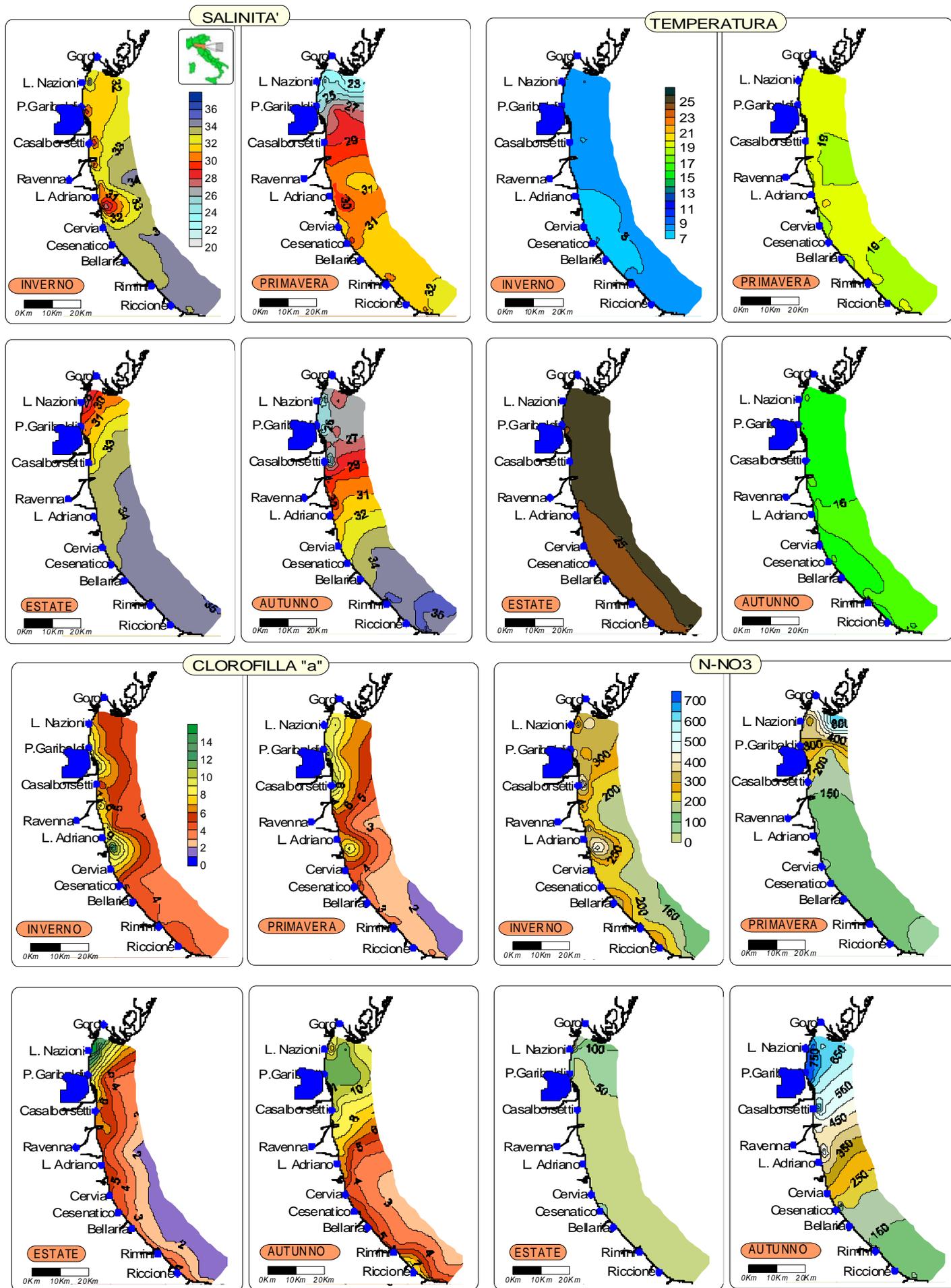


Figura 83 - Mappe di distribuzione di Salinità, Temperatura, Clorofilla "a" e Nitrati lungo la costa emiliano-romagnola da costa fino 10 Km al largo nel 2008: medie stagionali.

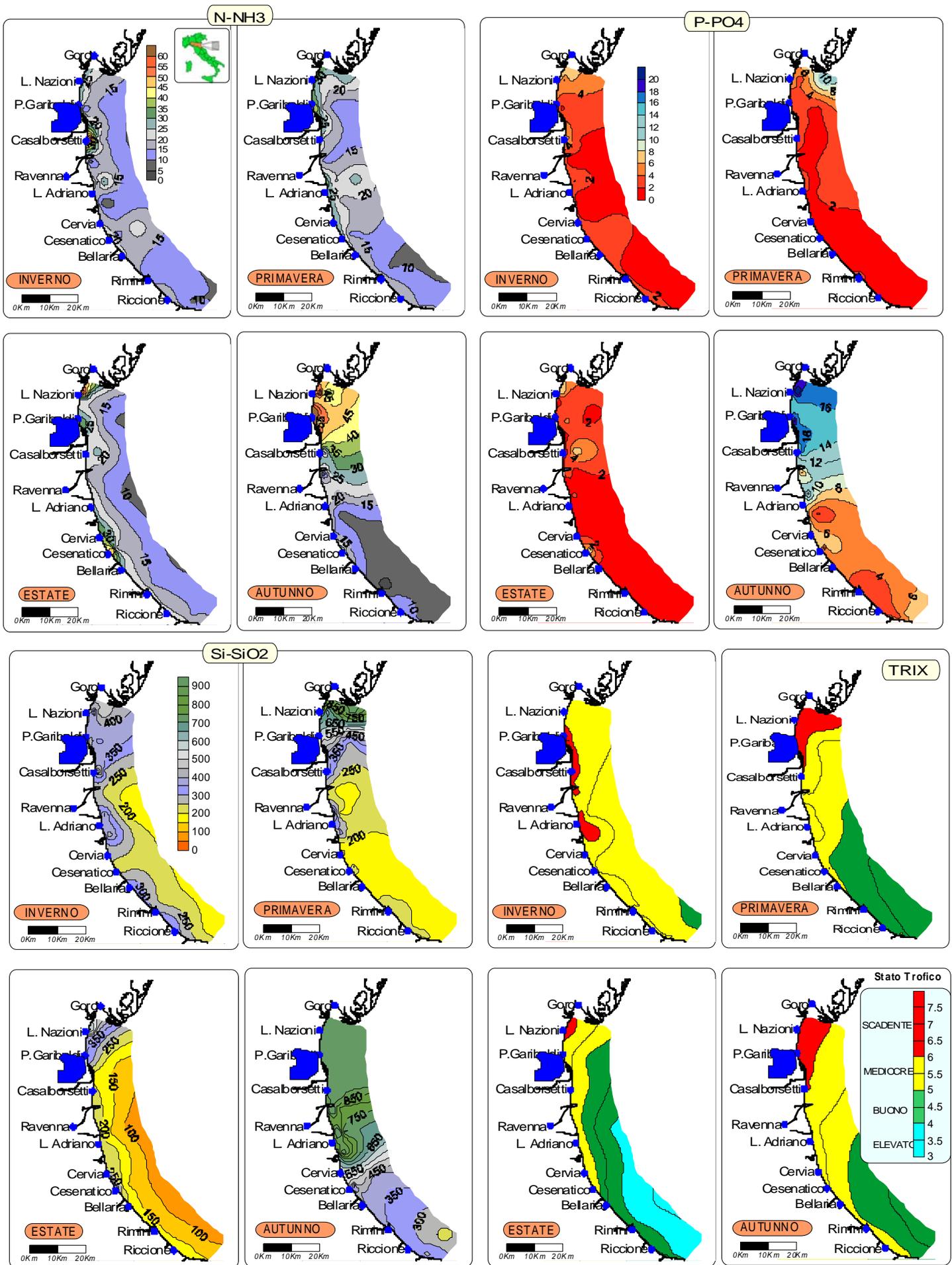


Figura 84 - Mappe di distribuzione di Ammoniaca, Fosfati, Silicati e Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 Km al largo nel 2008: medie stagionali.

SALINITA'

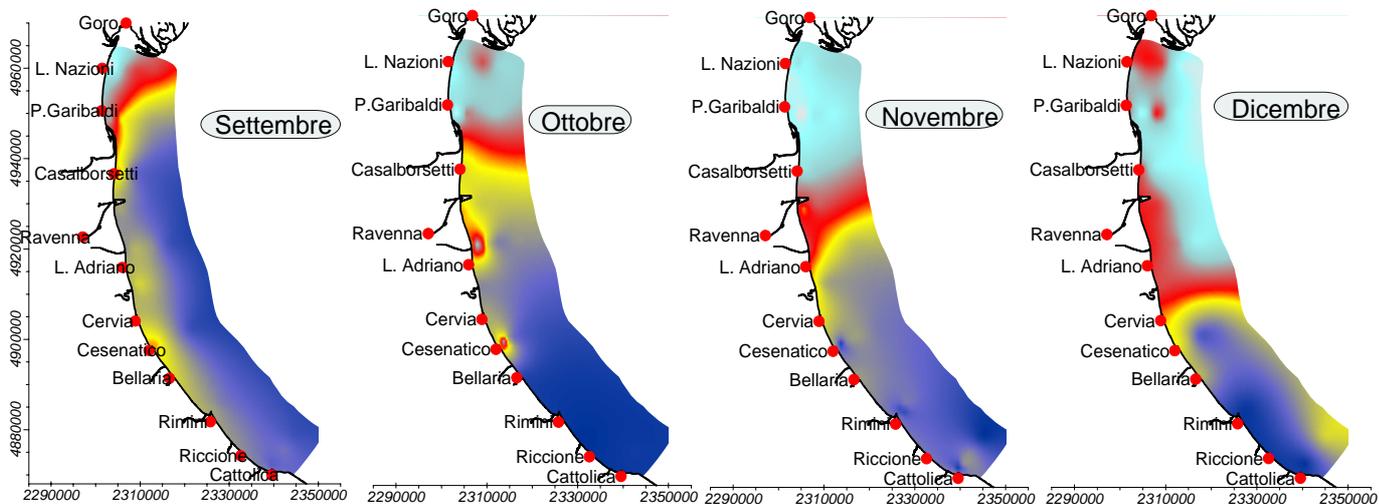
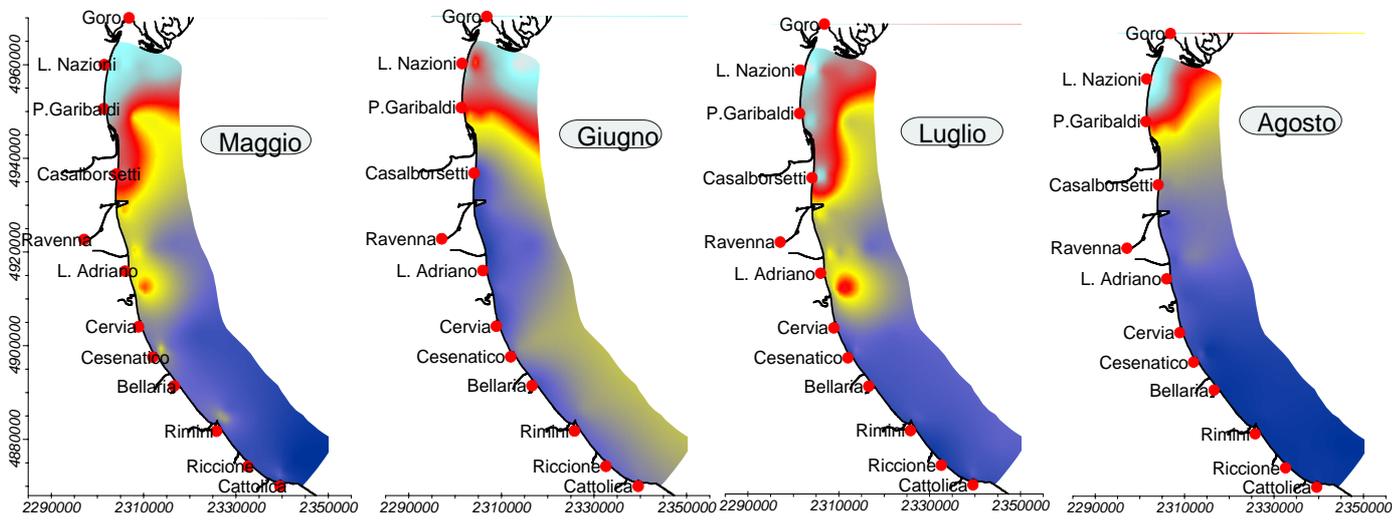
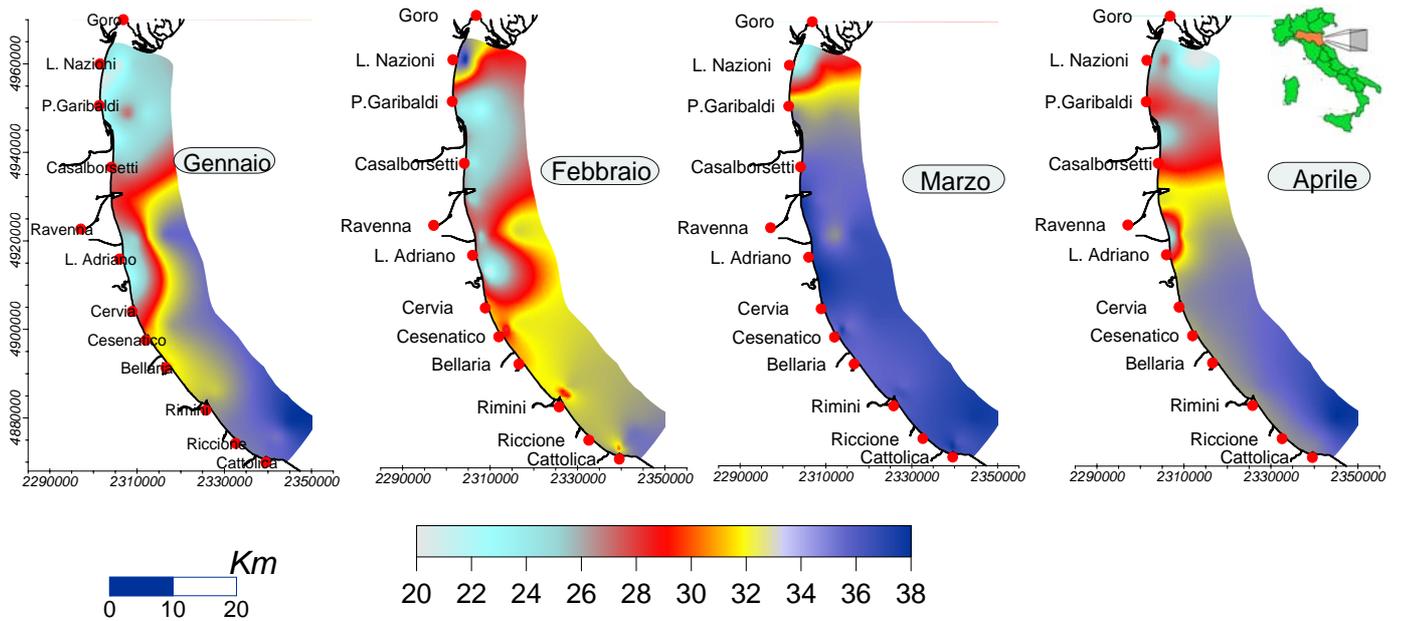


Figura 85 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, della Salinità nelle acque superficiali espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.

CLOROFILLA "a"

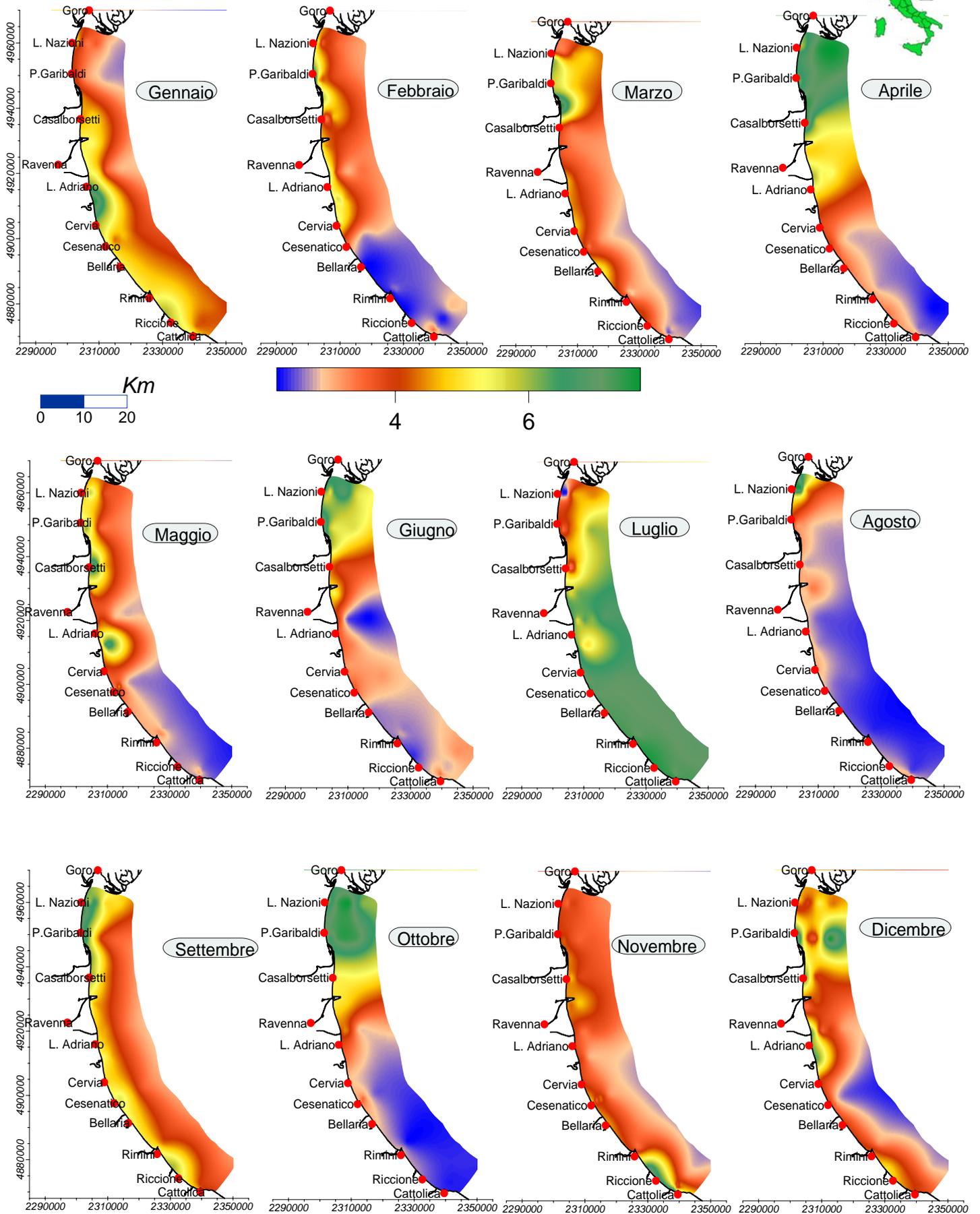


Figura 86 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, della Clorofilla "a" nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.

NITRATI N-NO3

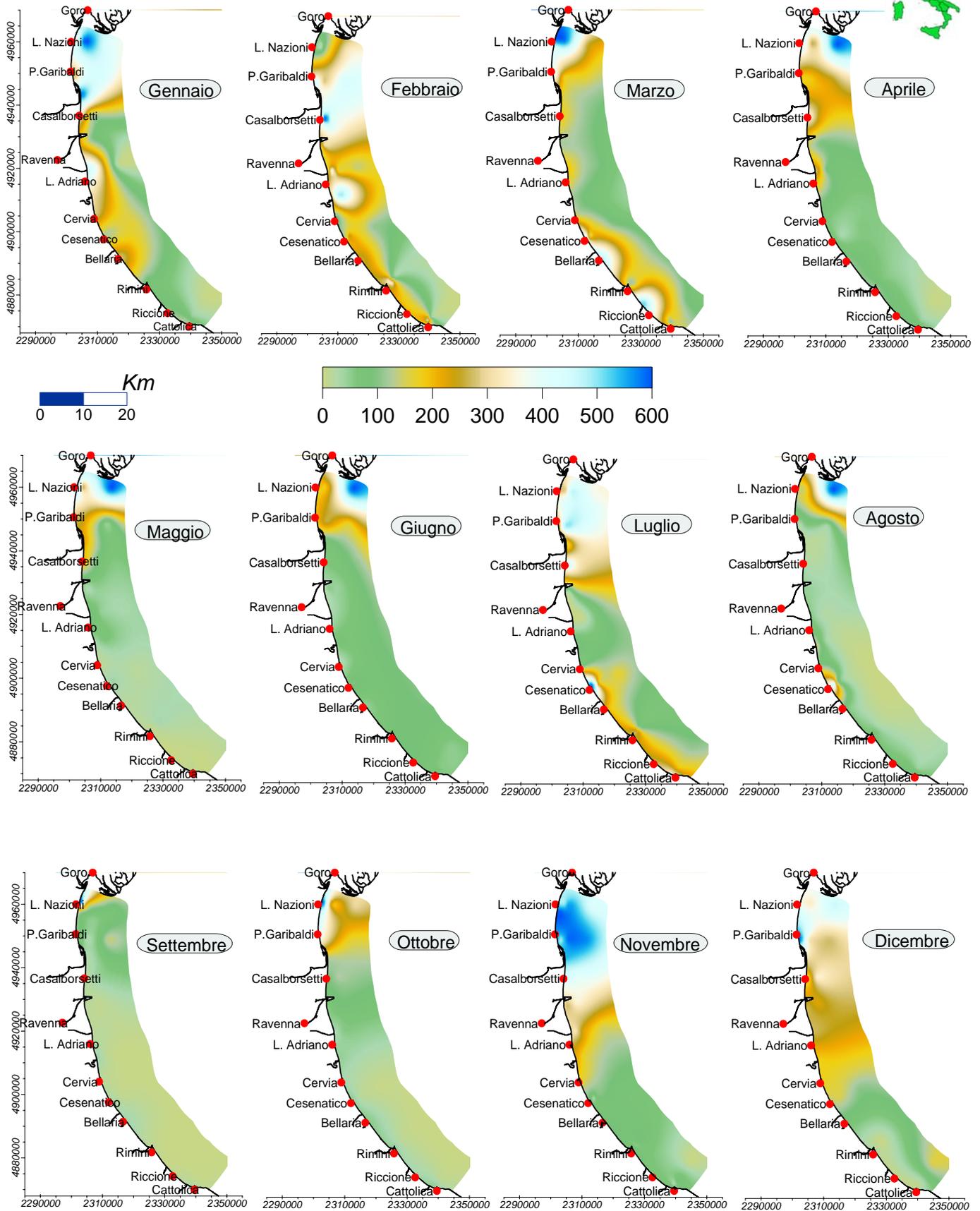


Figura 87 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dei Nitrati N-NO₃ nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.

AMMONIACA N-NH3

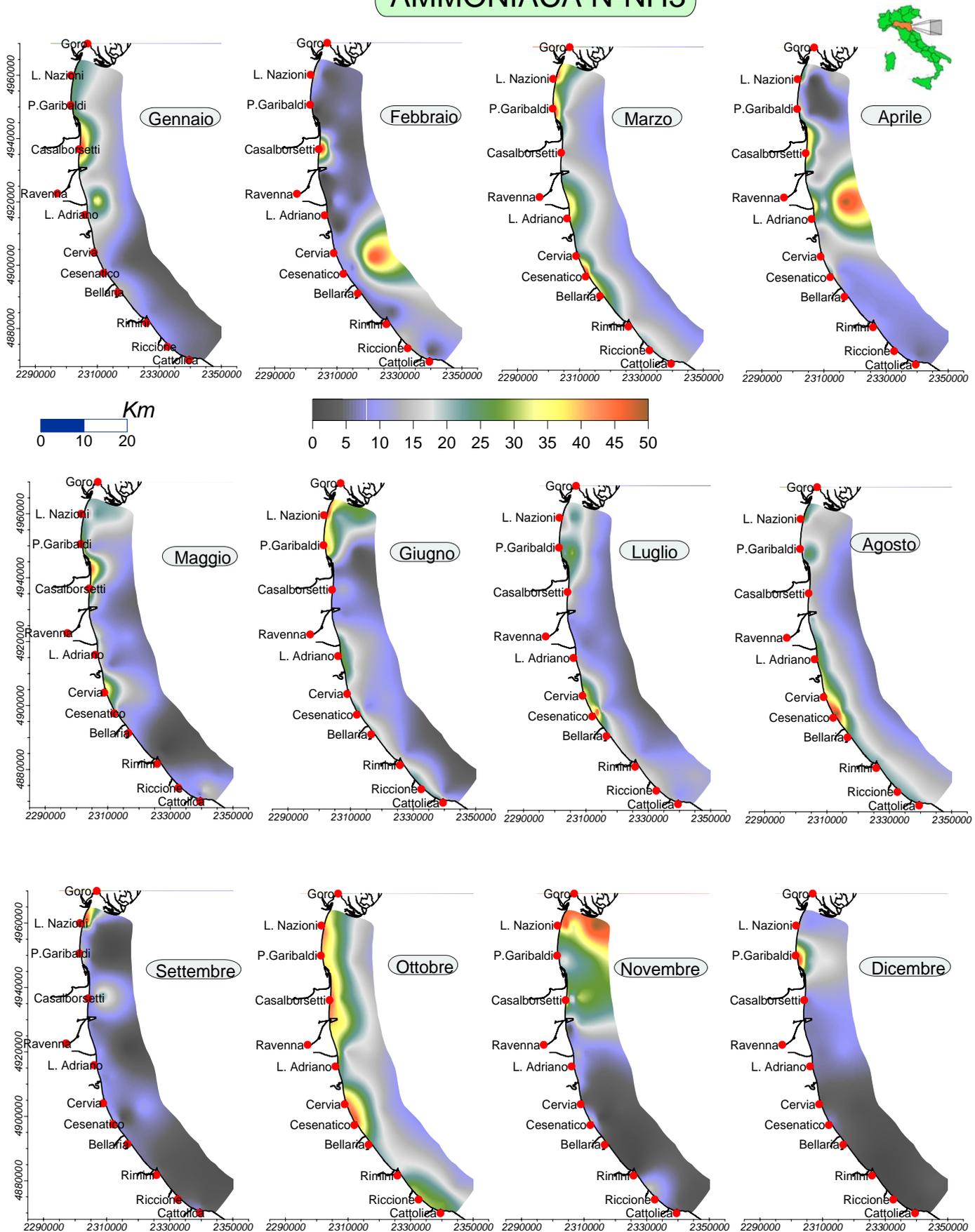


Figura 88 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, di Ammoniaca N-NH3 nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.

FOSFORO P-PO4

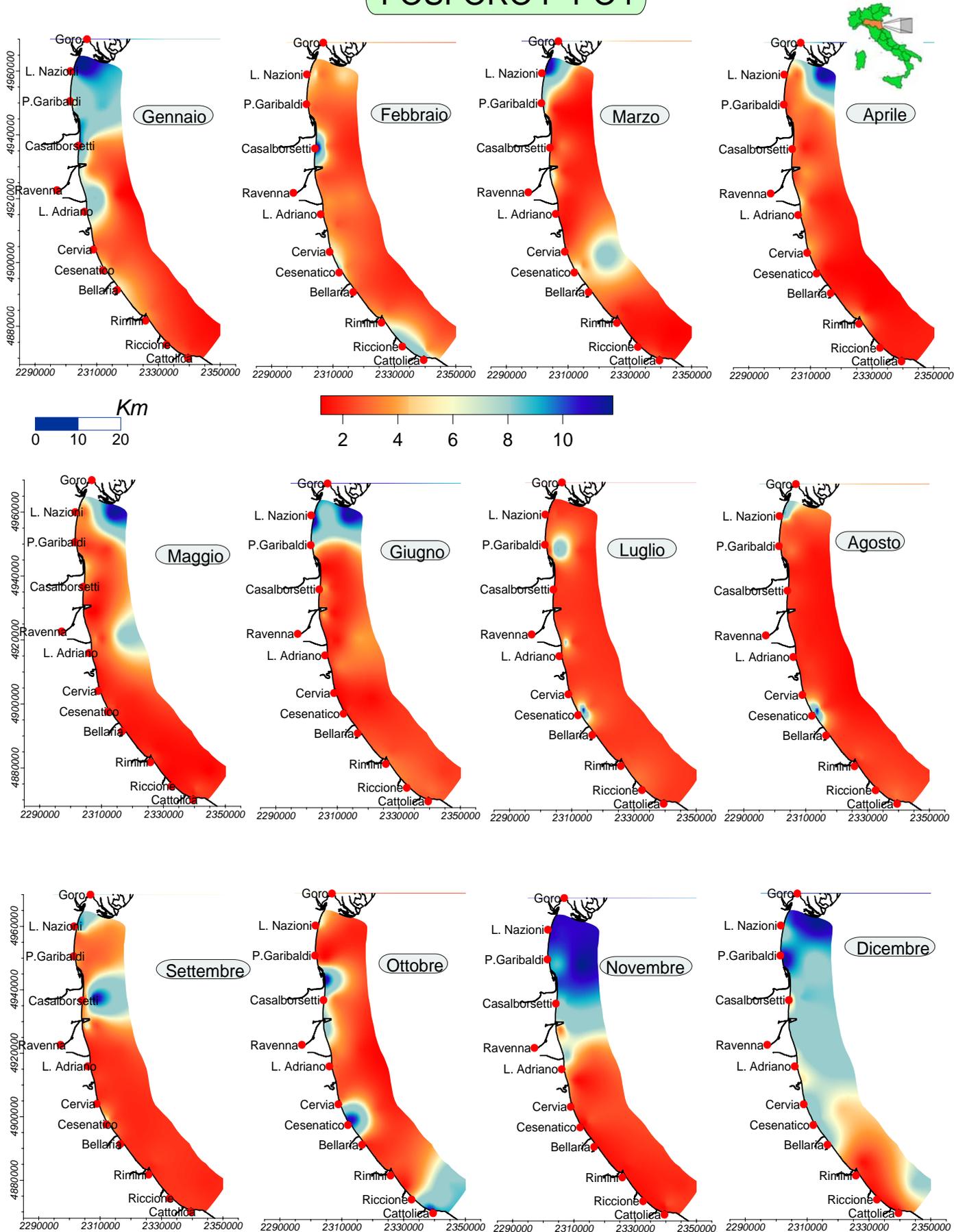


Figura 89 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, di Fosforo P-PO₄ nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.

SILICE Si-SiO₂

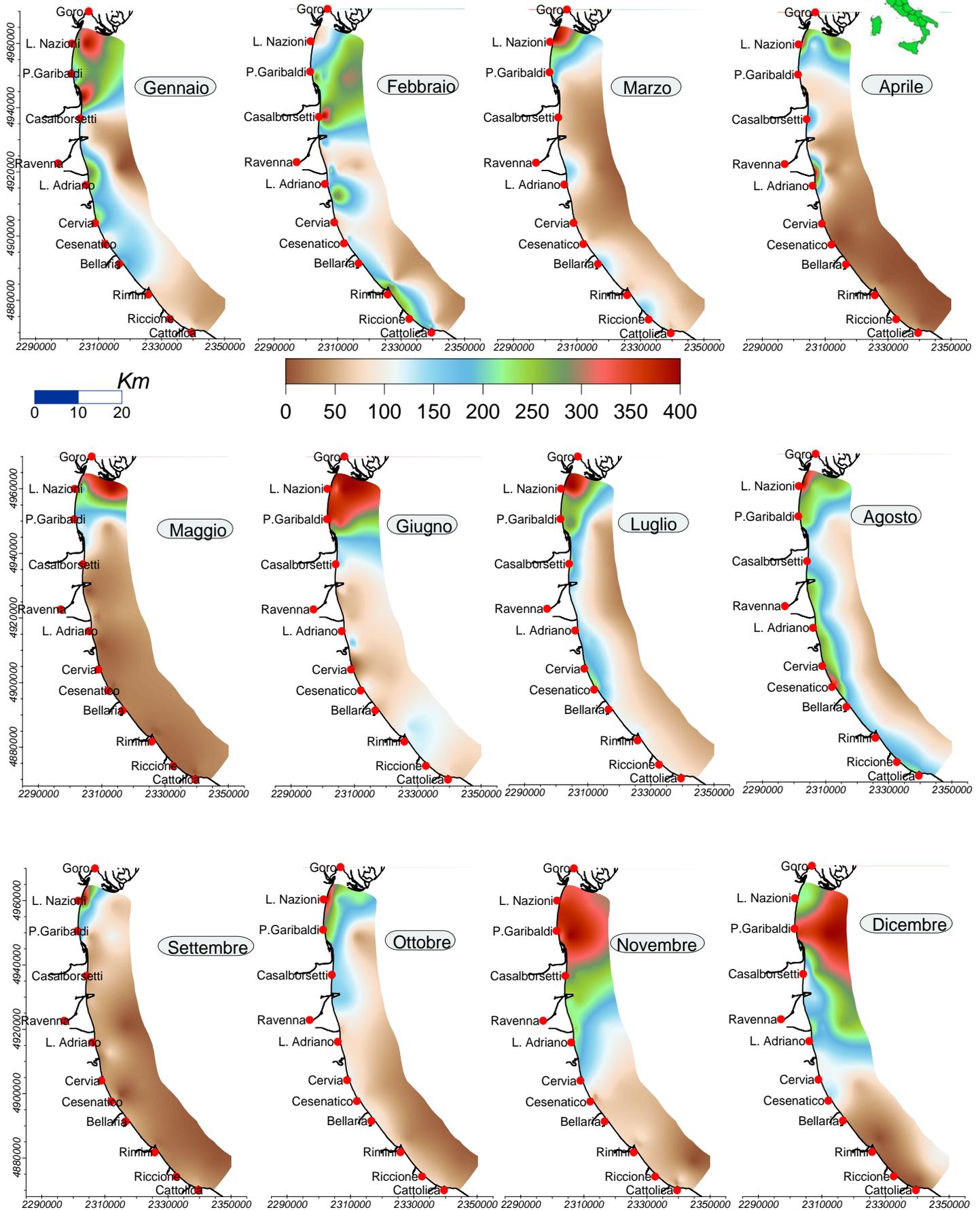
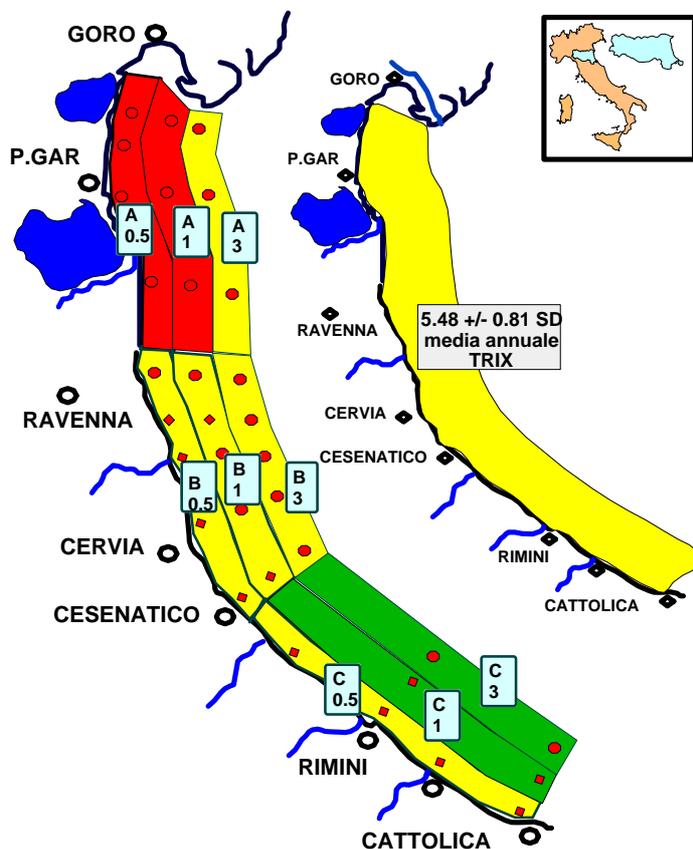


Figura 90 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, di Silice Si-SiO₂ nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.



AREA	Dist. costa	N. Dati	Media	Dev. St.
A 0.5	0.5 Km	117	6.04	0.7
B 0.5	0.5 Km	121	5.57	0.6
C 0.5	0.5 Km	96	5.04	0.7
A 1	1 Km	33	6	0.8
B 1	1 Km	45	5.53	0.6
C 1	1 Km	24	4.82	0.76
A 3	3 Km	78	5.8	0.8
B 3	3 Km	84	5.25	0.7
C 3	3 Km	48	4.61	0.8
AREA TOT.	0.5-3 Km	643	5.48	0.8

Valori di Indice Trofico TRIX mediato per subarea nel 2007. Per ciascuna delle nove zone sono riportati il numero dei dati utilizzati per il calcolo del TRIX, il valore medio annuale e la Deviazione Standard. Nell'ultima riga sono riportati gli stessi indici calcolati per l'intera zona costiera.

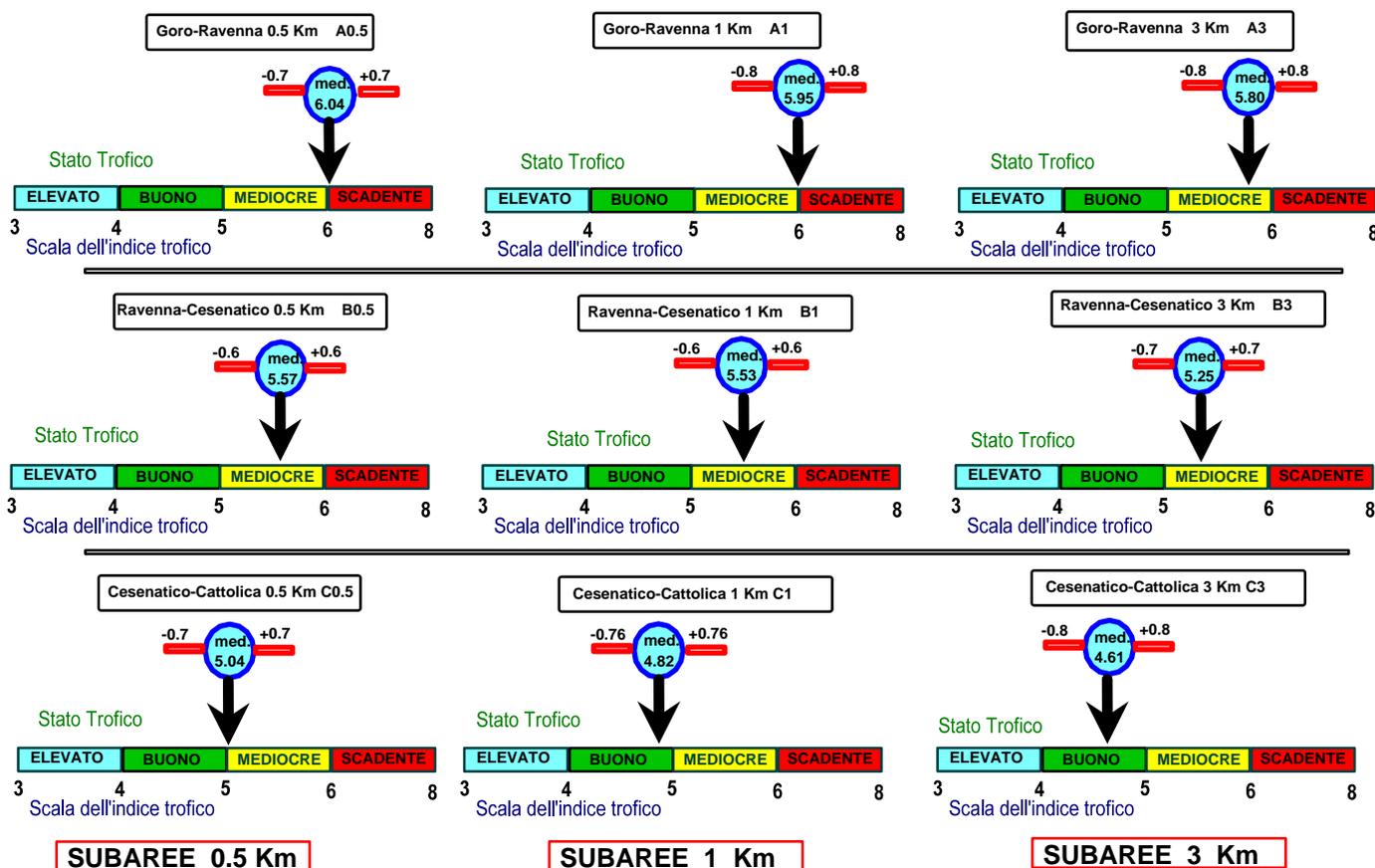


Figura 91 - Classificazione delle acque costiere marine dell'Emilia-Romagna in base all'Indice Trofico TRIX calcolato come media per subarea nel 2008.

Sono state individuate 3 aree a 0.5 Km (cod. A 0.5, B 0.5, C 0.5), 3 aree a 1 Km dalla costa (cod. A 1, B 1, C 1) e 3 aree a 3 Km dalla costa (cod. A 3, B 3, C 3). Per ciascuna area è stato calcolato il valore medio del TRIX che è stato associato allo stato trofico, posizionato sulla scala trofica.

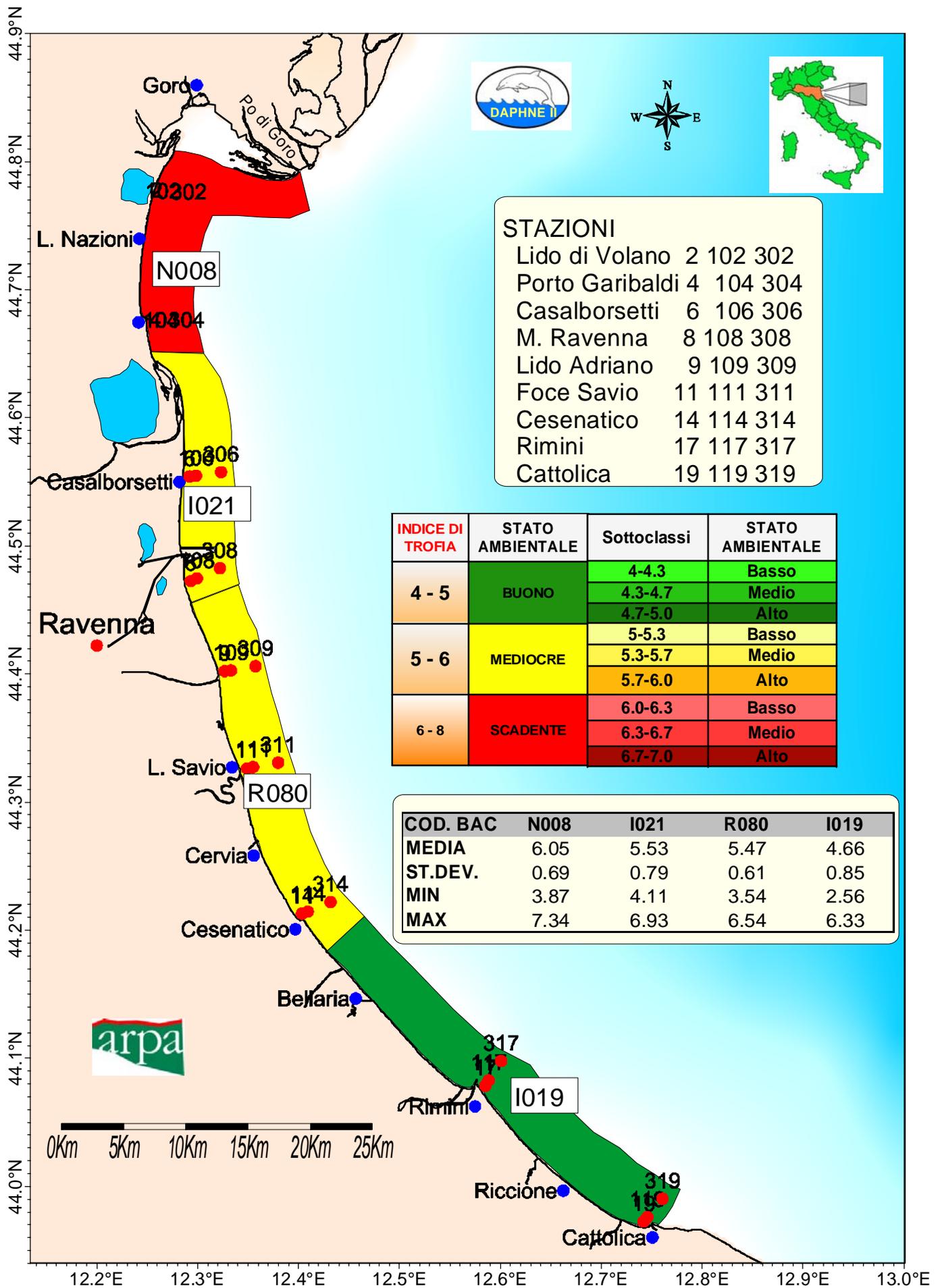
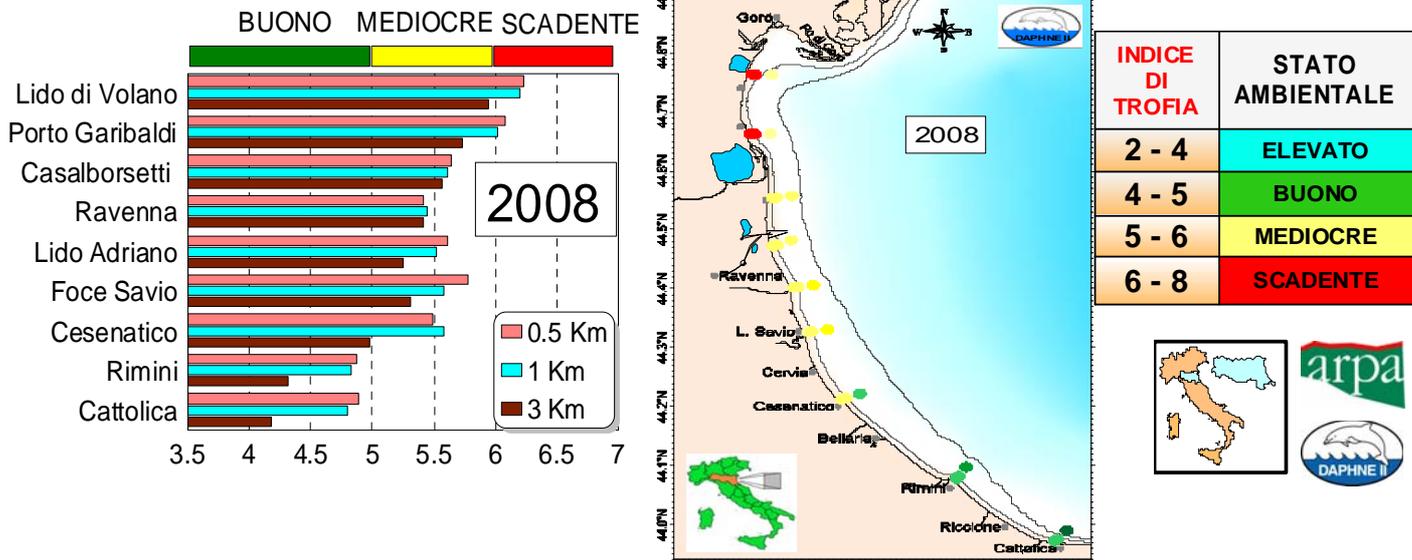
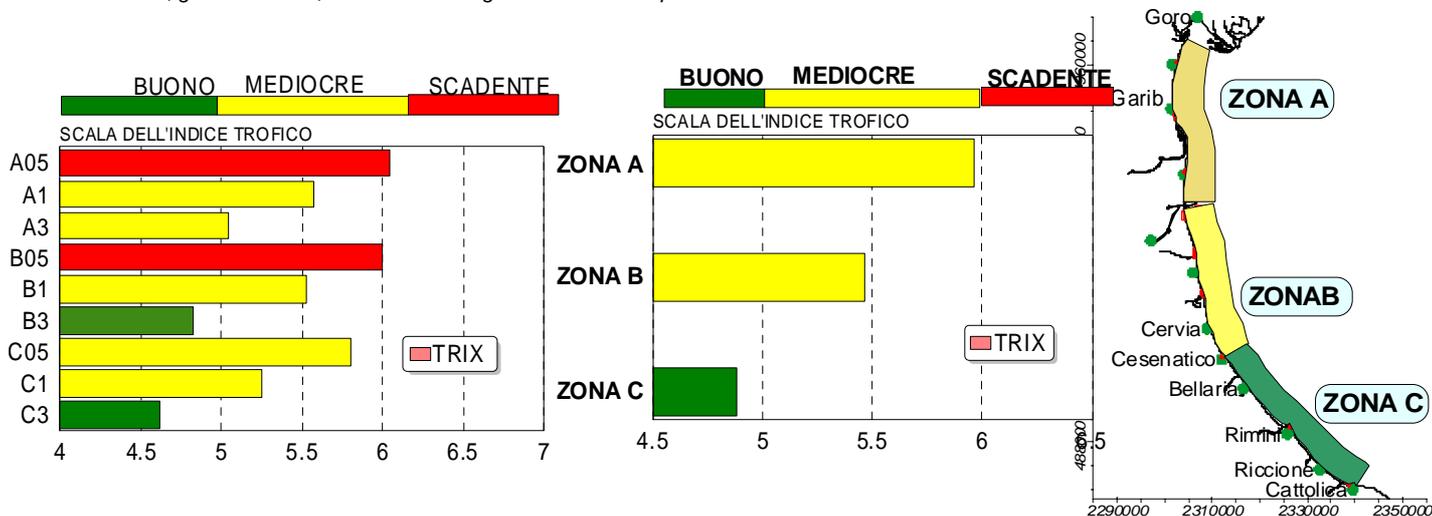


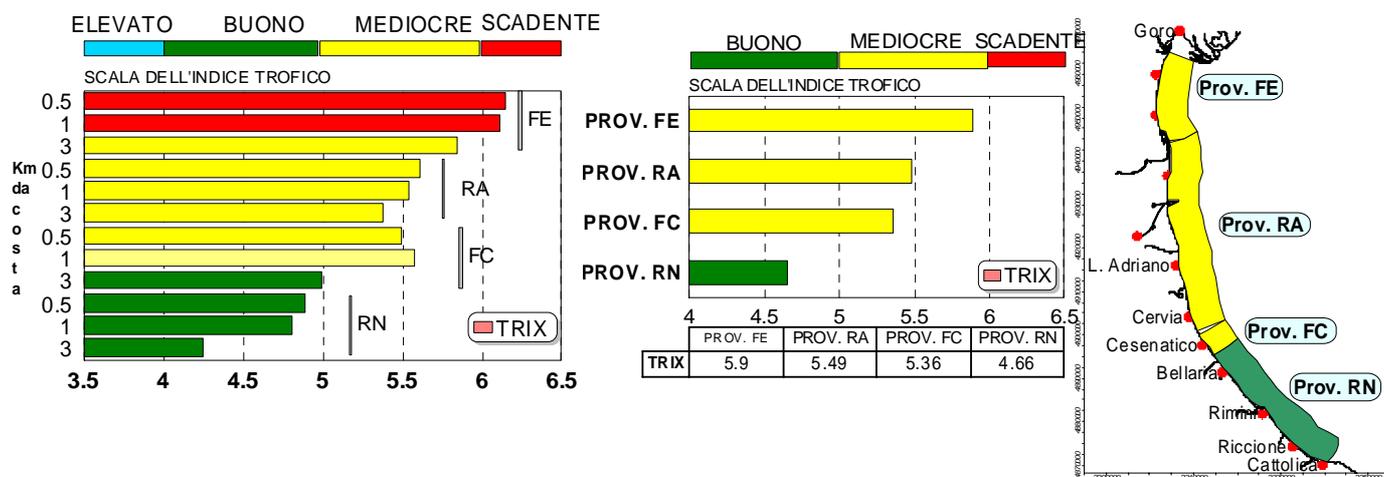
Figura 92 - Classificazione dello stato qualitativo della fascia costiera sulla base dell'Indice Trofico TRIX disaggregata in relazione all'influenza dei bacini costieri e padano.



Distribuzione del valore medio annuale dell'Indice Trofico TRIX da nord verso sud nelle stazioni a 0,5, 1,0 e 3,0 Km dalla costa, della rete di monitoraggio (n 27) prevista dall'All. N 1 del D. Lgs 152/99. N 11 campionamenti per anno. Nel grafico di centro sono riportate le singole stazioni monitorate, georeferenziate, a cui è stato assegnato il colore corrispondente allo stato ambientale che deriva dal valore medio annuale del TRIX



Distribuzione del valore medio annuale dell'Indice Trofico TRIX nelle 3 subaree disaggregate per le zone di 0,5, 1, e 3 Km dalla costa, (grafico a sinistra) e come valore medio complessivo di tutte le stazioni collocate nelle 3 subaree (grafico di centro). In questa distribuzione sono stati utilizzati i dati di Indice Trofico come media annuale, derivati dai monitoraggi effettuati a frequenza settimanale per il controllo dell'eutrofizzazione costiera. N 43 dati per stazione L. R. n 3/99.



Distribuzione del valore medio annuale dell'Indice Trofico TRIX da nord verso sud nelle stazioni a 0,5, 1,0 e 3,0 Km dalla costa, disaggregate per territorio provinciale (grafico a sinistra) e come valore medio annuale complessivo di tutte le stazioni ubicate nella zona antistante le singole province. Il colore delle barre orizzontali corrispondono alla scala dell'Indice Trofico ed al relativo stato ambientale. (D. Lgs 152/99 All. N 1).

Figura 93 - Rappresentazione dello stato di qualità ambientale delle acque costiere dell'Emilia-Romagna ottenuto mediante l'applicazione del valore medio annuale dell'Indice Trofico TRIX.

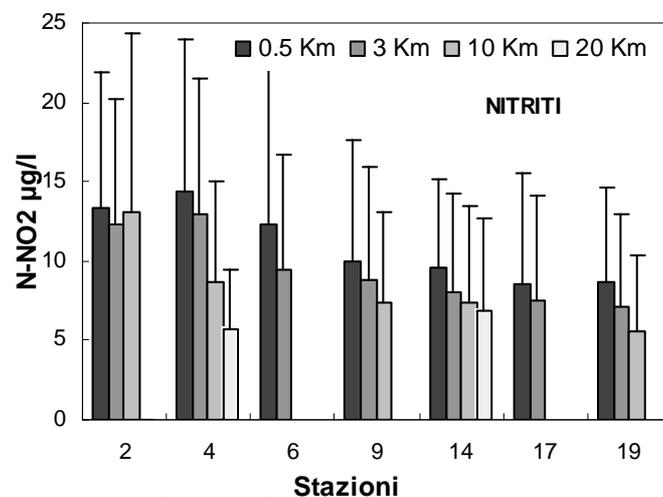
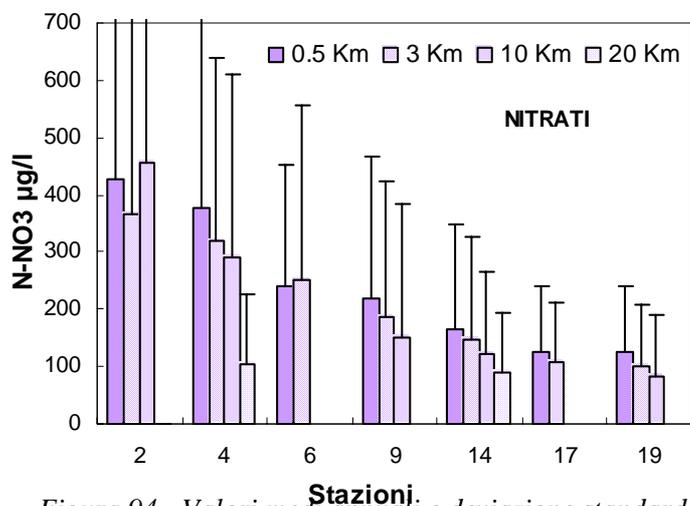
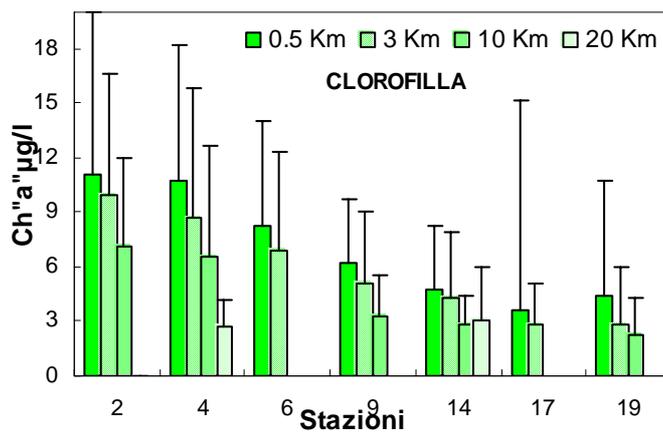
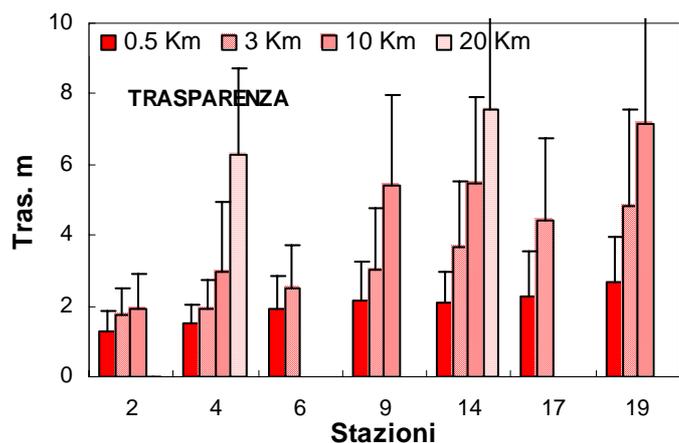
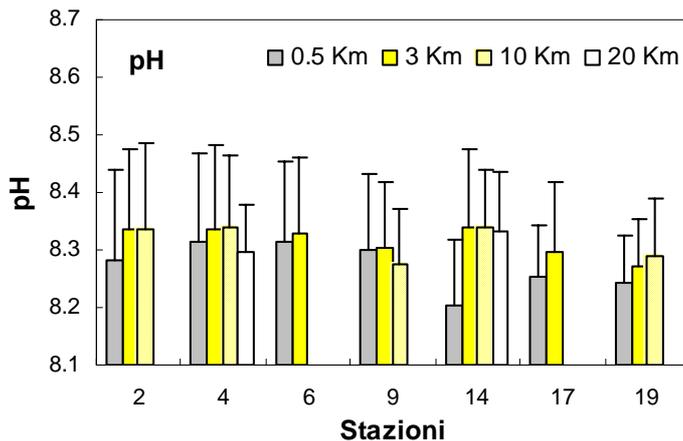
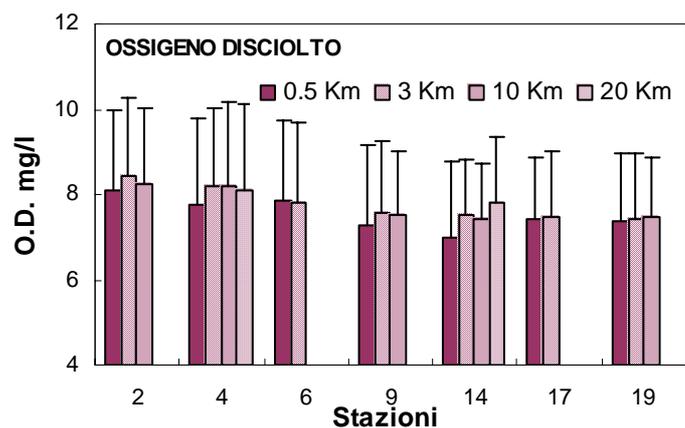
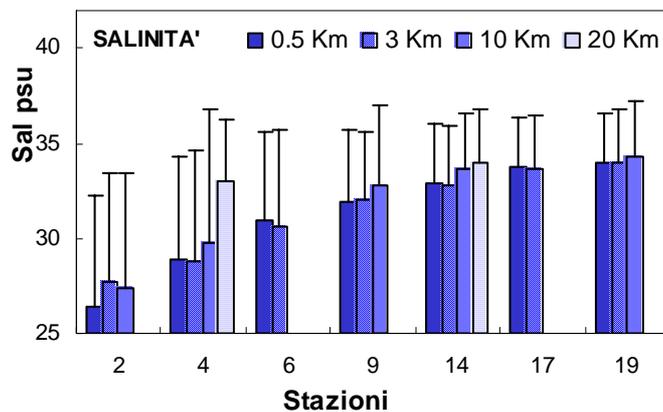
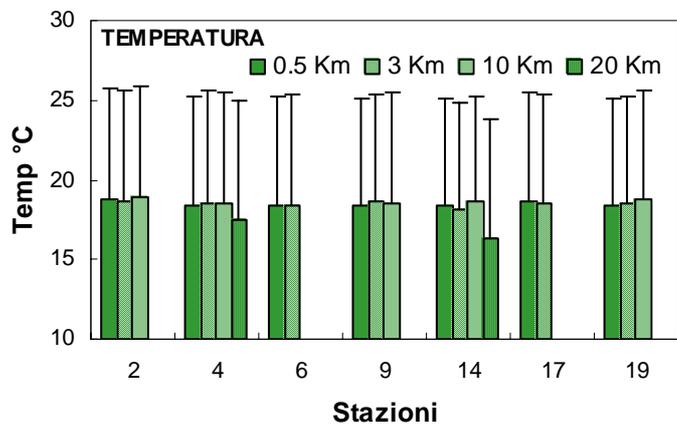


Figura 94 - Valori medi annuali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni campione a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa.

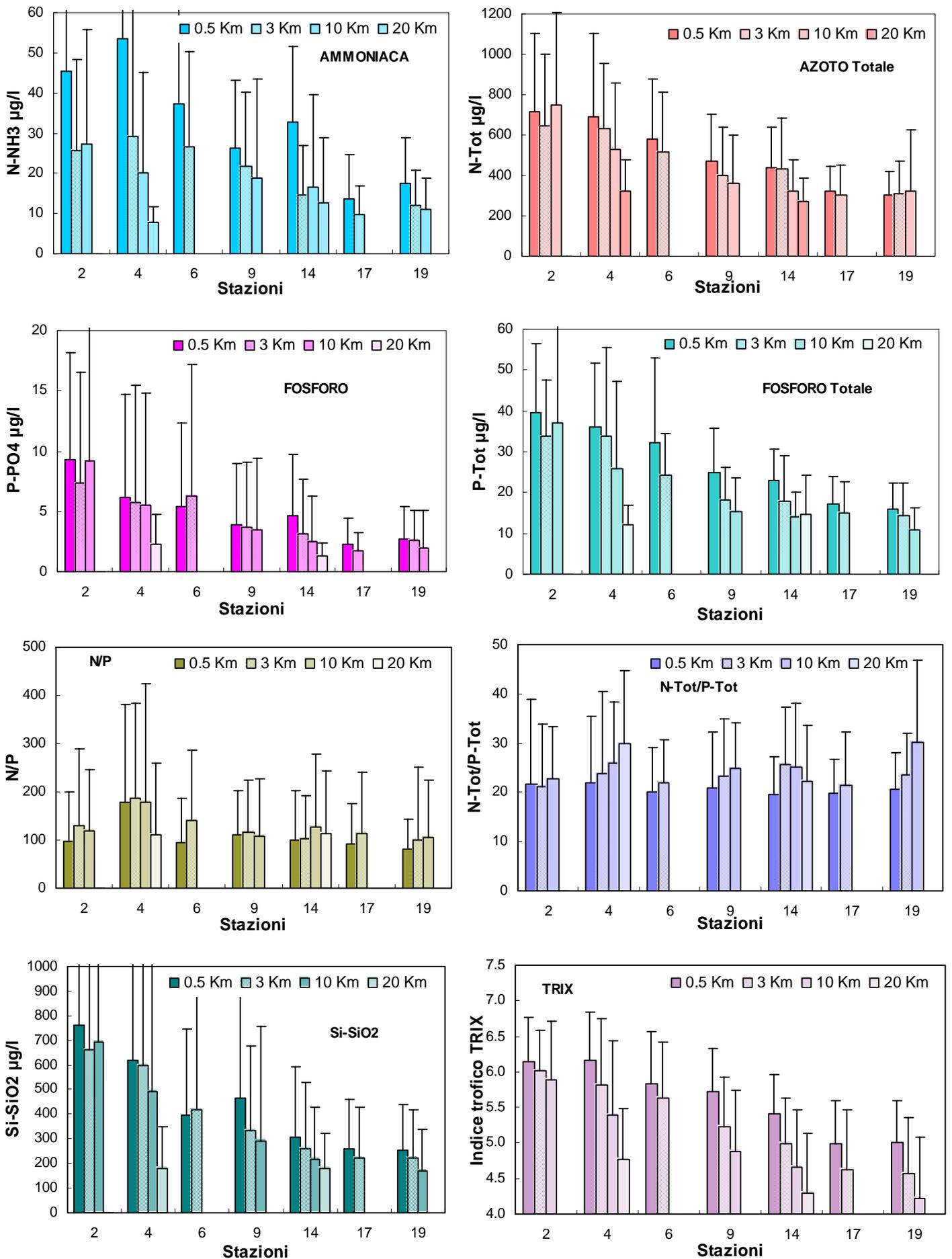


Figura 95 - Valori medi annuali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni campione a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

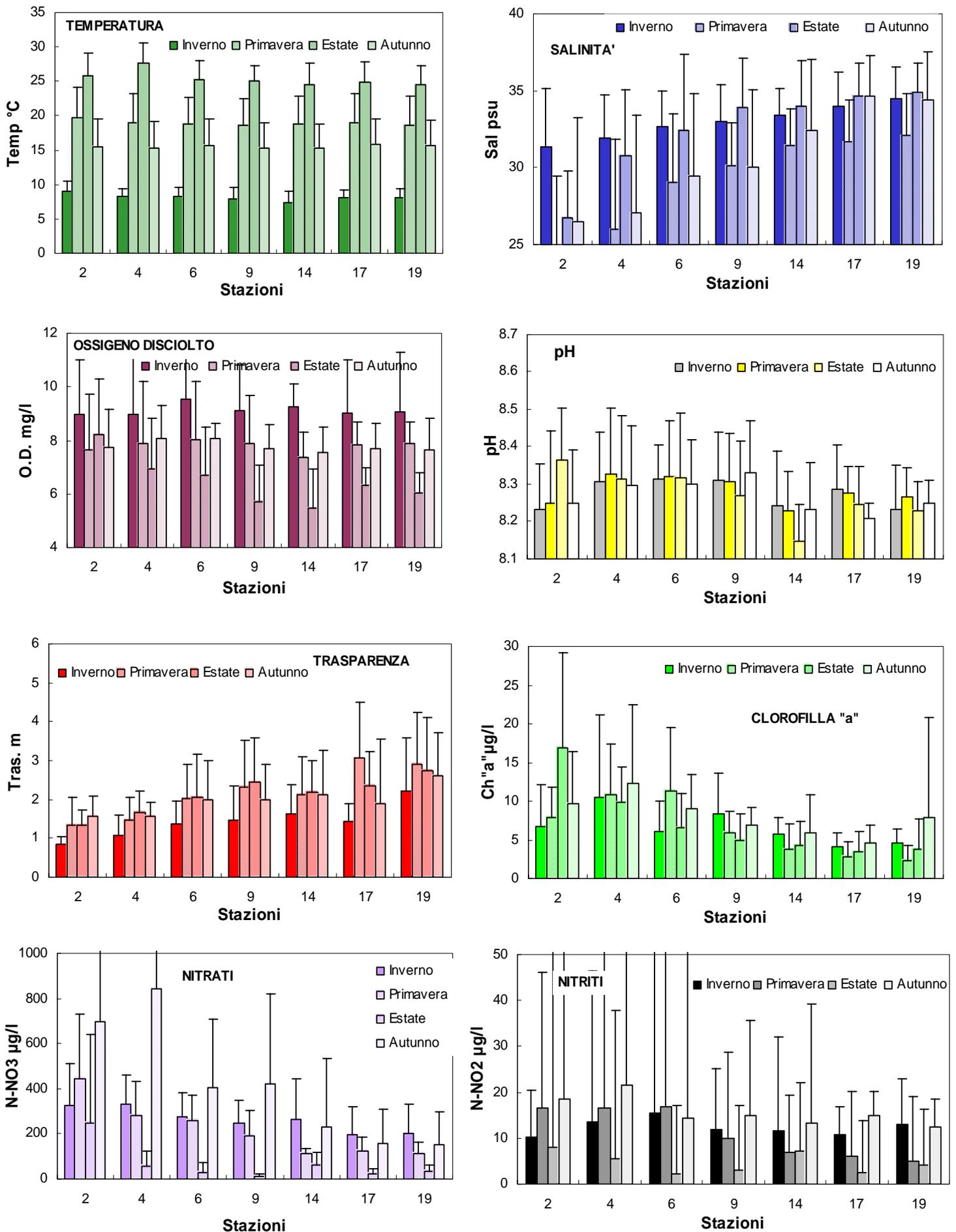


Figura 96 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni costiere campione.

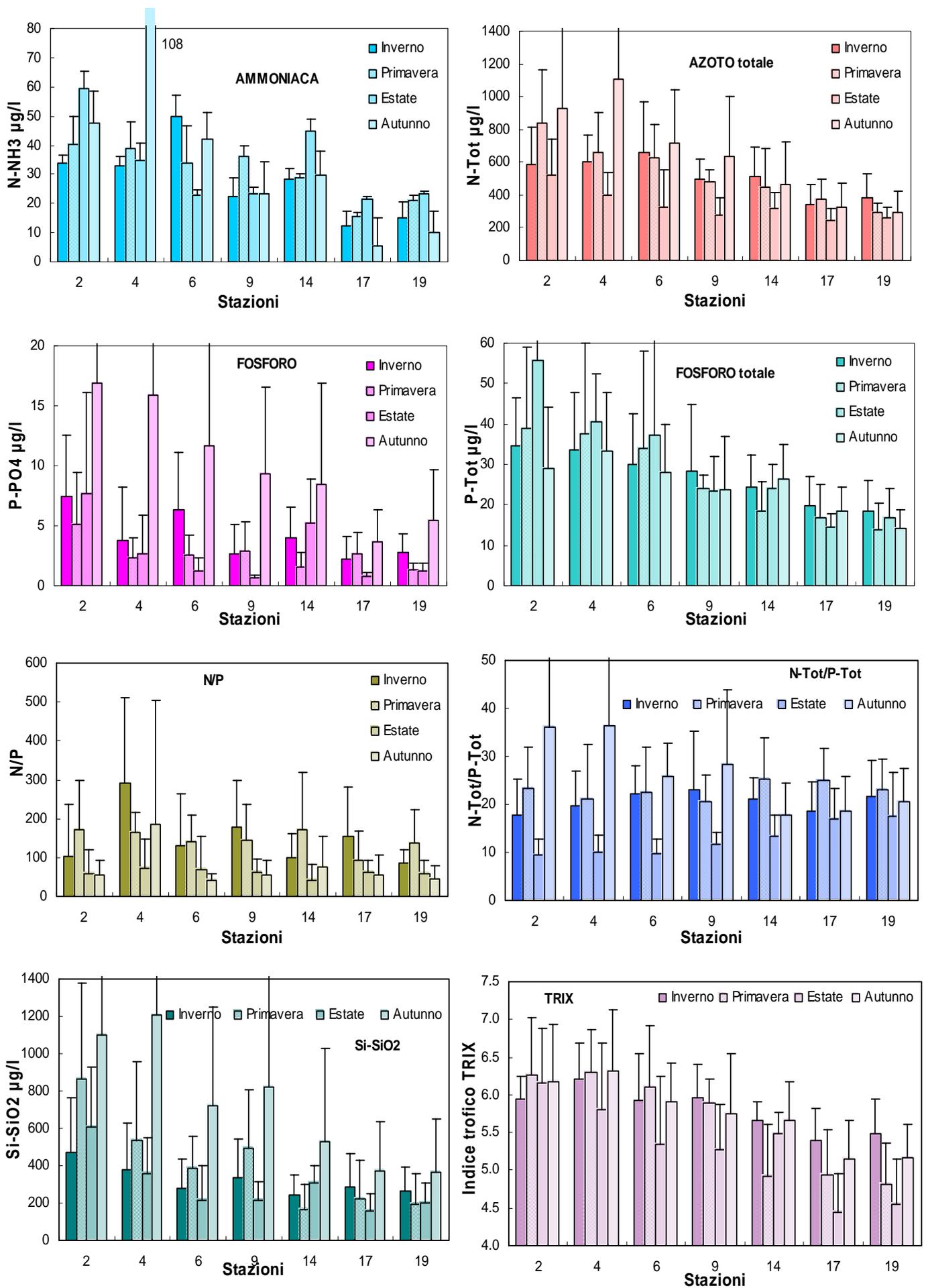


Figura 97 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali, calcolati per le stazioni costiere campione.

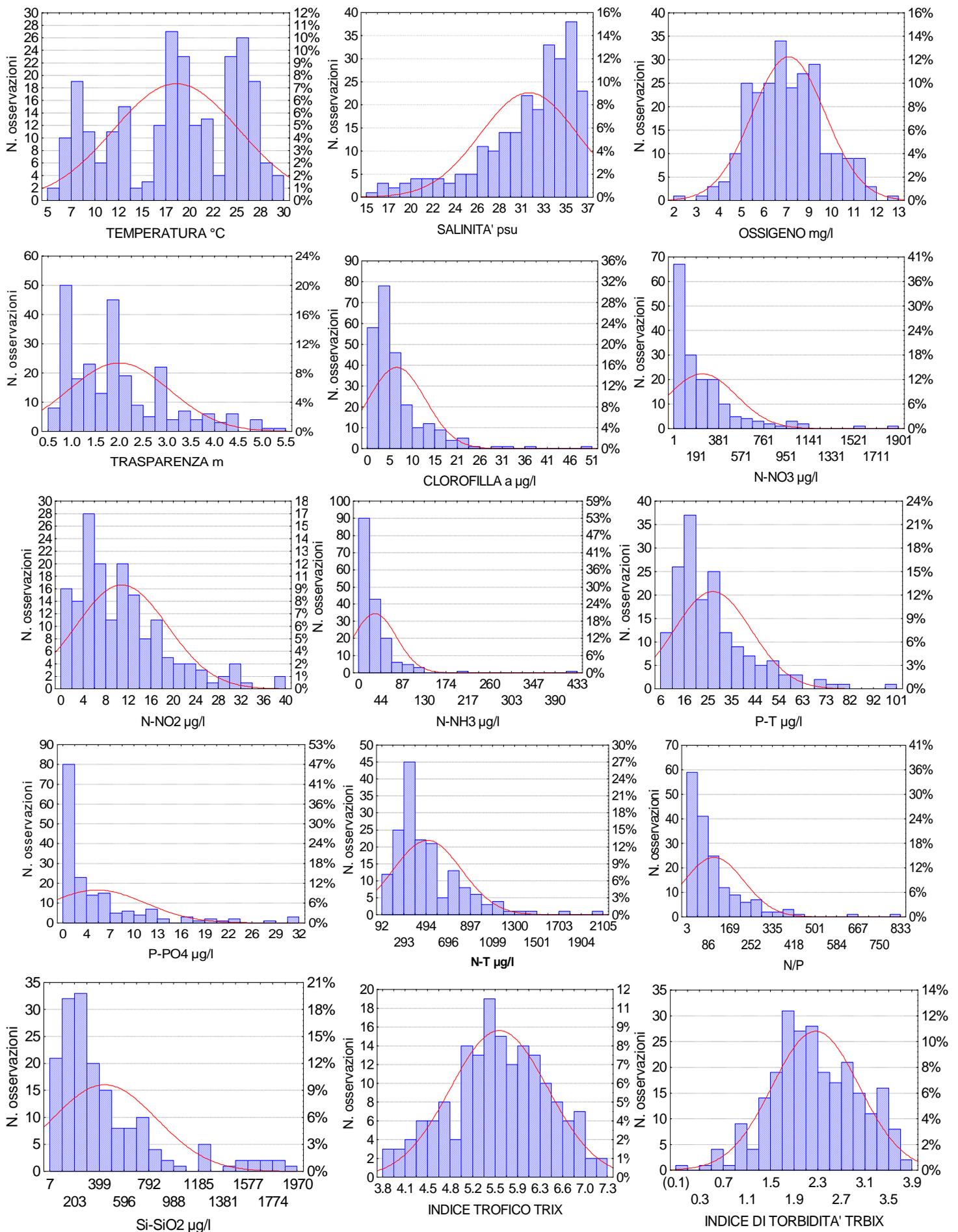


Figura 98 - Istogrammi delle classi di frequenza per parametro. L'analisi è riferita all'insieme dei dati rilevati nelle stazioni campione costiere (0.5 Km dalla costa). Sull'asse x, l'unità di misura suddivisa in classi, sull'asse y sinistro la frequenza in percentuale, sull'asse y destro il numero di eventi.

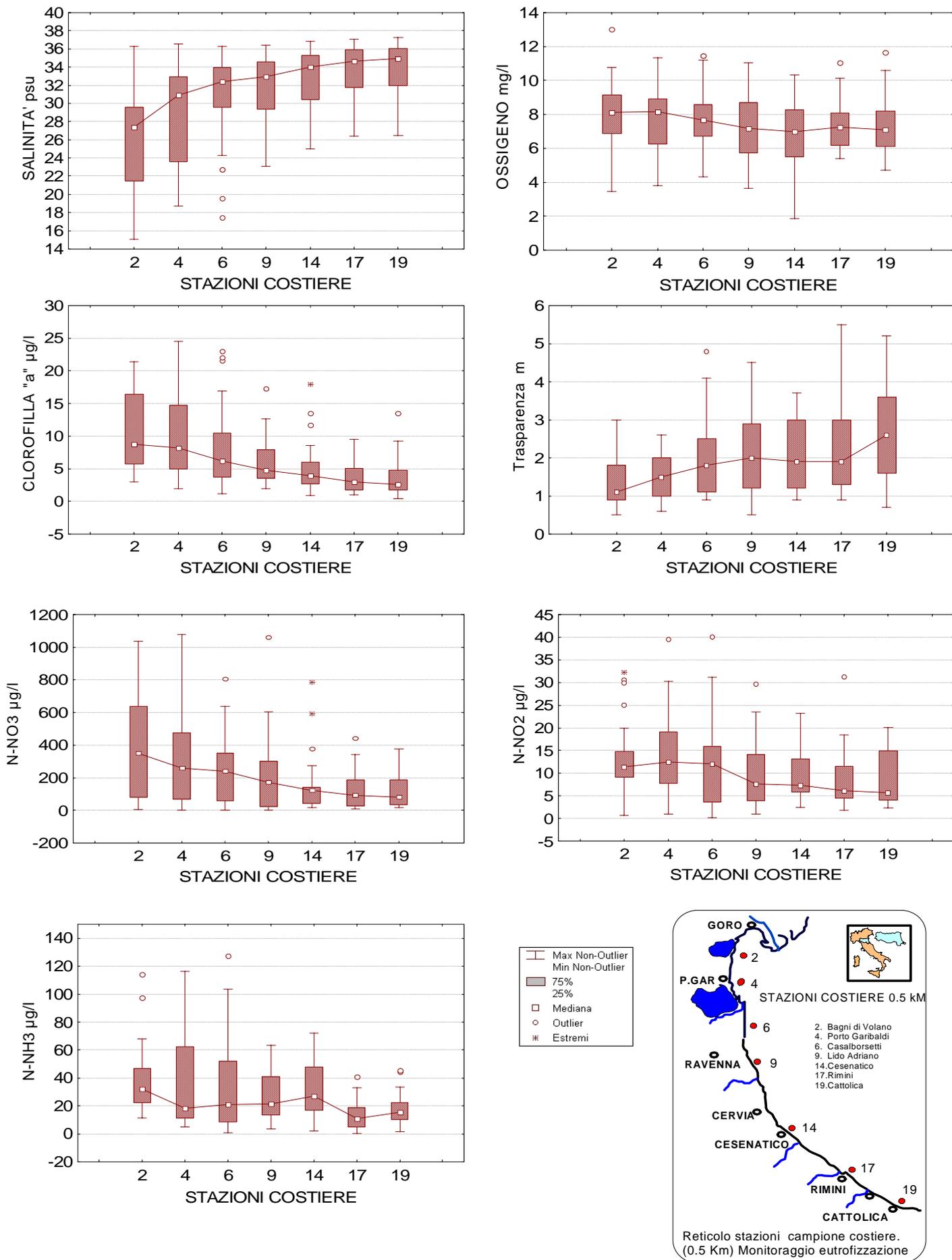


Figura 99 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers. Distribuzione comparata dei parametri chimico-fisici rilevati annualmente a frequenza settimanale nelle singole stazioni costiere (0.5 Km dalla costa)

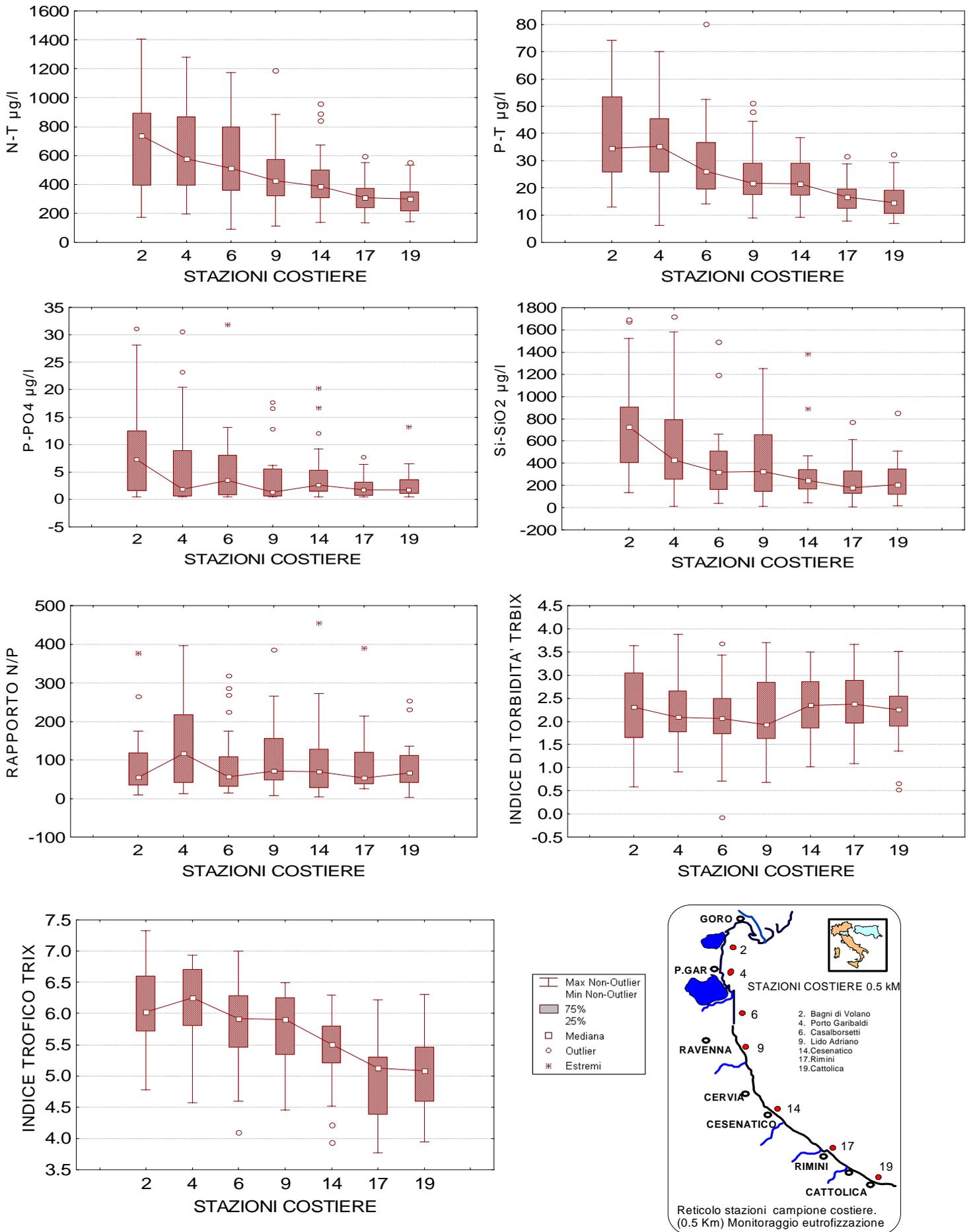
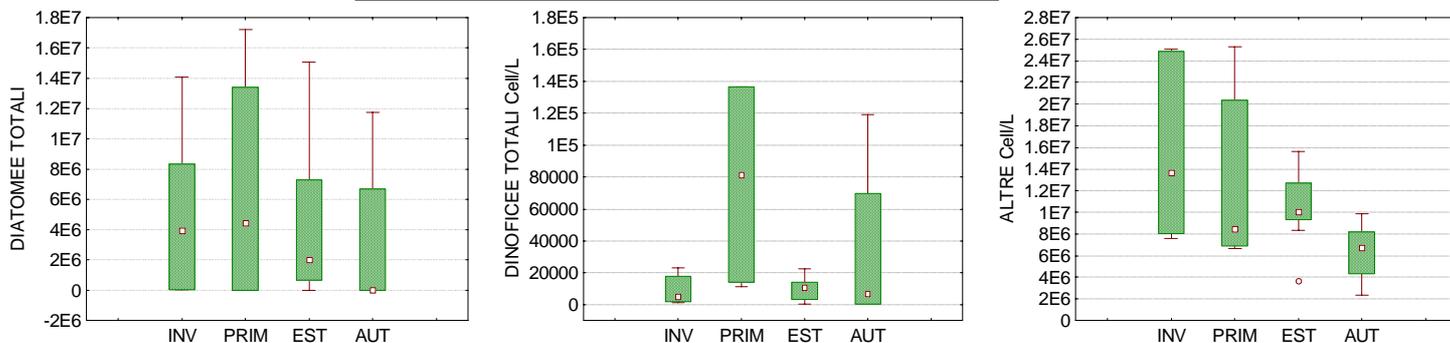
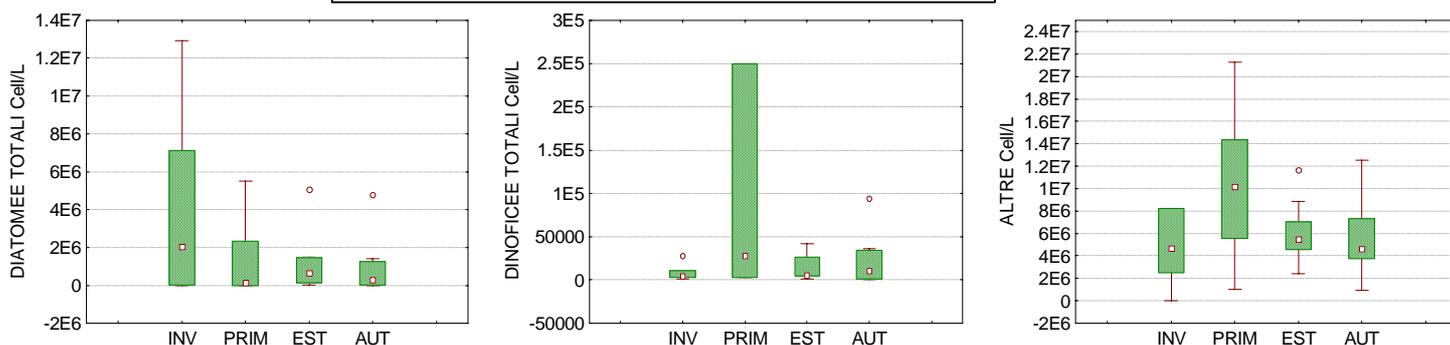


Figura 100 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers. Distribuzione comparata dei parametri chimico-fisici rilevati annualmente a frequenza settimanale nelle singole stazioni costiere (0.5 Km dalla costa)

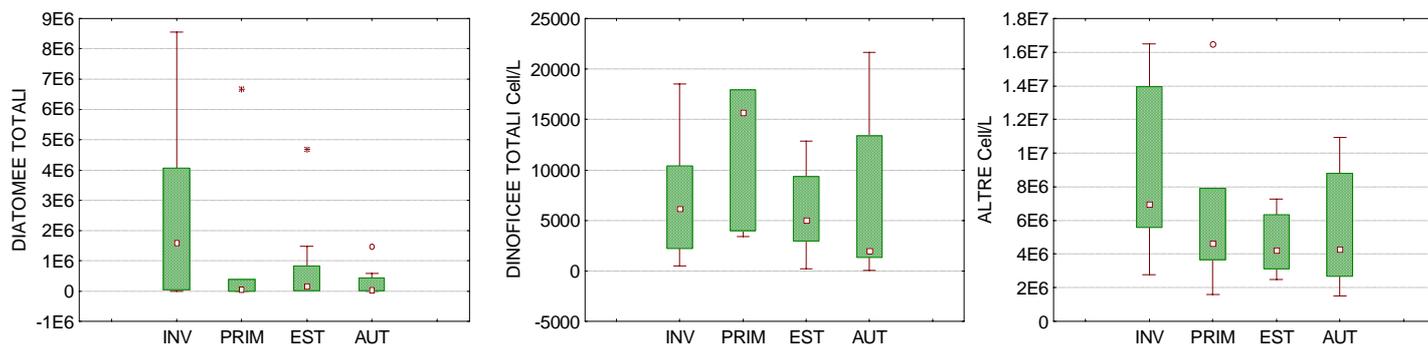
STAZIONE 4 P. GARIBALDI 0.5 Km



STAZIONE 9 LIDO ADRIANO 0.5 Km



STAZIONE 14 CESENATICO 0.5 Km



STAZIONE 19 CATTOLICA 0.5 Km

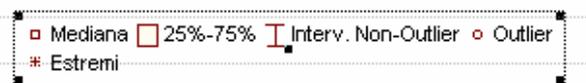
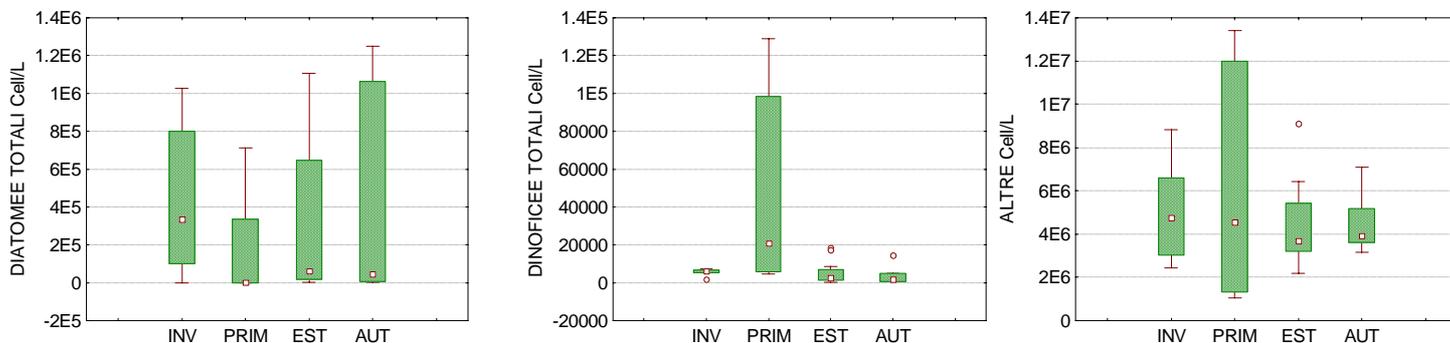


Figura 101 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers stagionali riferiti alle Diatomee totali, Dinoficce totali e Altre nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico e Cattolica.

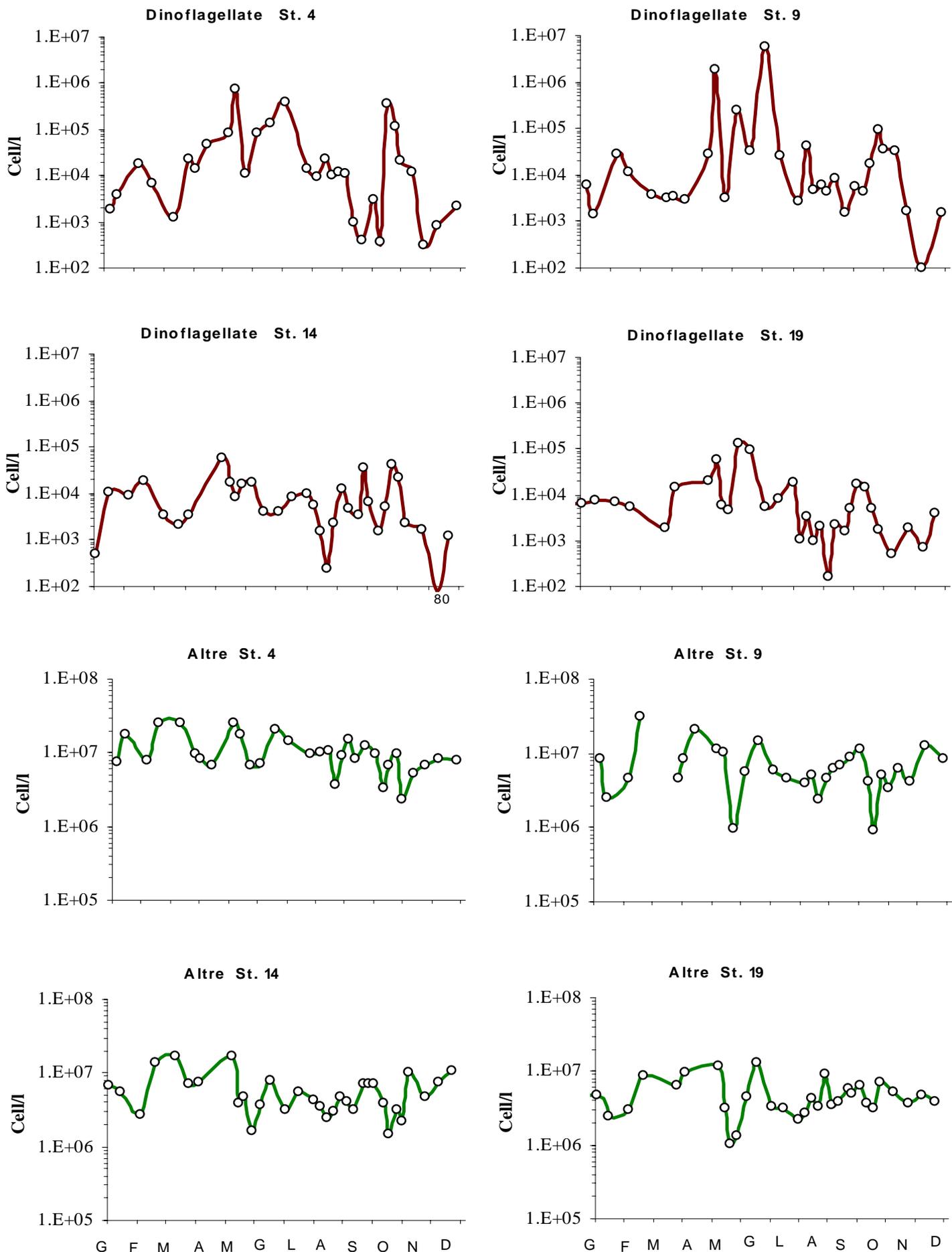


Figura 102 - Andamenti temporali delle Dinoflagellate e delle Altre nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (4), L. Adriano (9), Cesenatico (14), Cattolica (19).

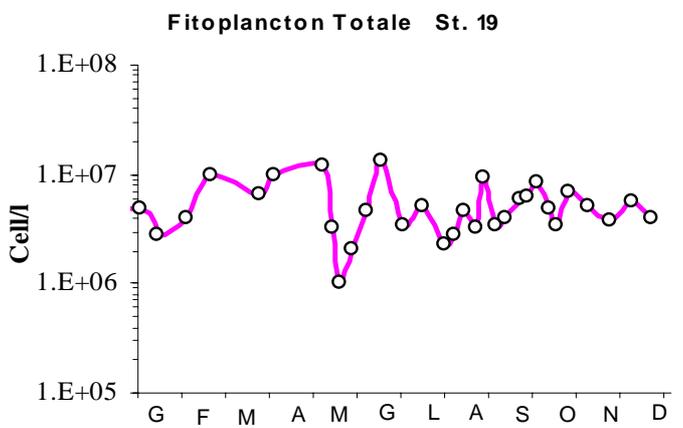
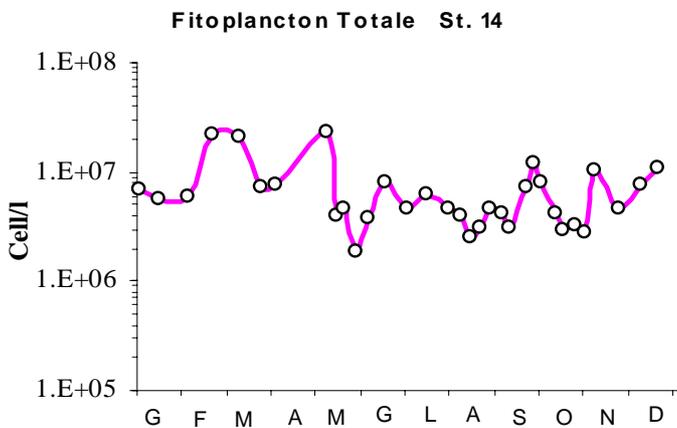
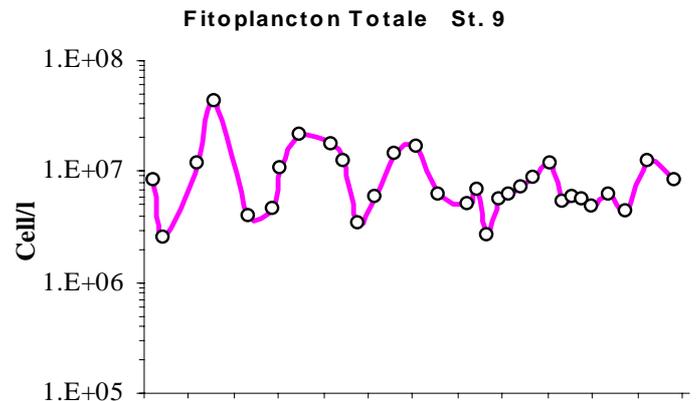
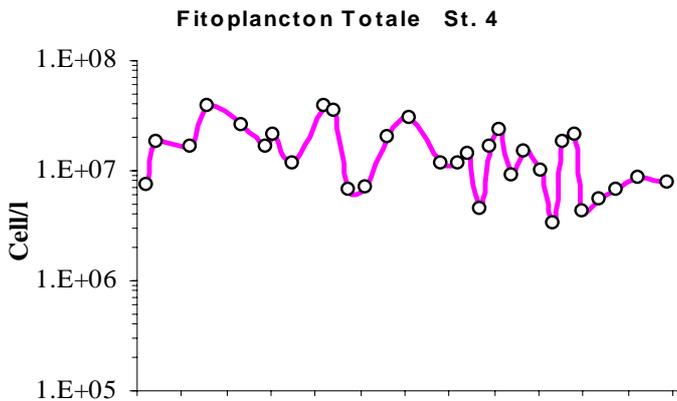
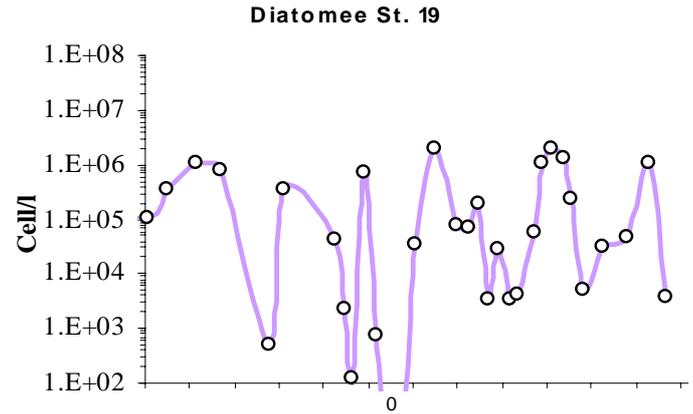
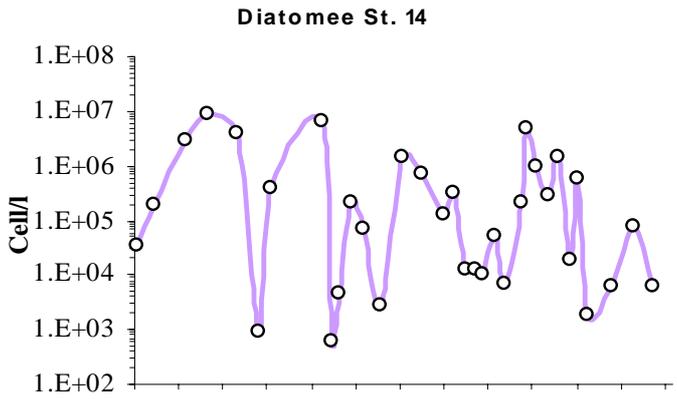
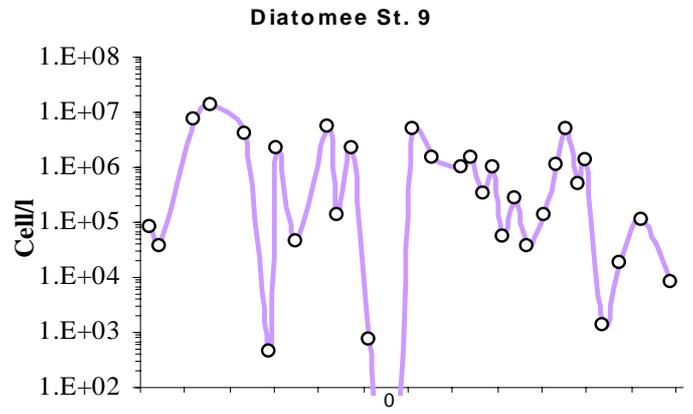
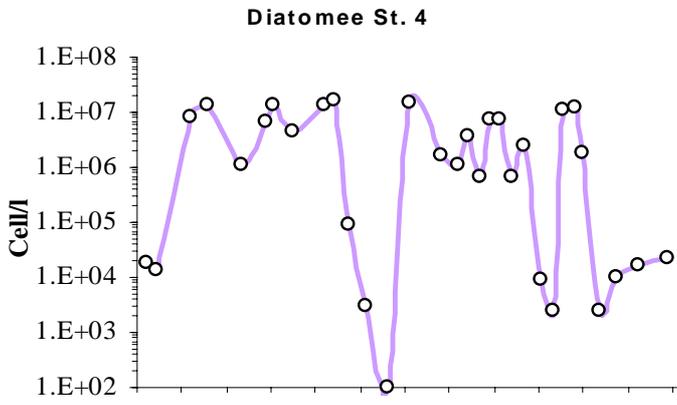


Figura 103 - Andamenti temporali delle Diatomee e del Fitoplancton Totale nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (4), L. Adriano (9), Cesenatico (14), Cattolica (19)

ZONA "A" (Goro - Ravenna 0.5 Km)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
<i>Skeletonema costatum</i>		██████████										
<i>Chaetoceros spp.</i>					██████		██████	██		██		
<i>Cyclotella sp</i>							■					
<i>Pseudonitzschia spp.</i>								██████				
<i>Thalassiosira sp.</i>								■	■			
<i>Asterionellopsis glacialis</i>										■		
<i>Prorocentrum minimum</i>					■	■				■		
<i>Heterocapsa sp.</i>									■			

ZONA "B" (Ravenna - Cesenatico 0.5 Km)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
<i>Skeletonema costatum</i>		██████████		■								
<i>Chaetoceros spp.</i>					■	■	██████		■	■		
<i>Pseudonitzschia spp.</i>								██████	■			
<i>Asterionellopsis glacialis</i>										██████		
<i>Prorocentrum minimum</i>					■							
<i>Prorocentrum micans</i>						■						
<i>Gymnodinium spp.</i>						■						

ZONA "C" (Cesenatico - Cattolica 0.5 Km)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
<i>Skeletonema costatum</i>		■	■									■
<i>Chaetoceros spp.</i>					■	■	■					
<i>Asterionellopsis glacialis</i>										██████		

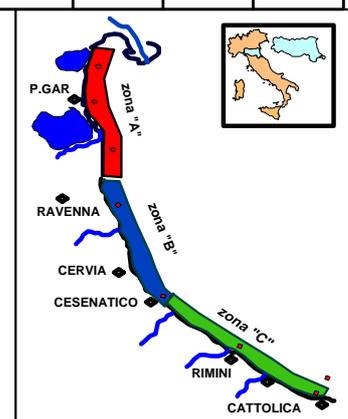


Figura 104 - Successione delle principali specie generi responsabili delle fioriture/abbondanze microalgali nelle 3 subaree a 0.5 Km dalla costa. (Diatomee $\geq 1.000.000$, Dinoflagellate ≥ 150.000 Cell/L).

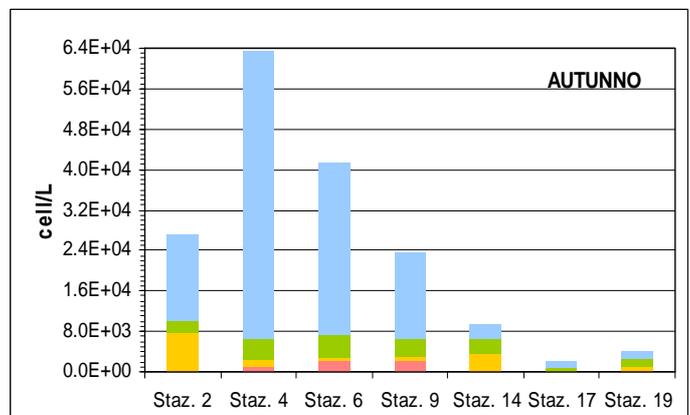
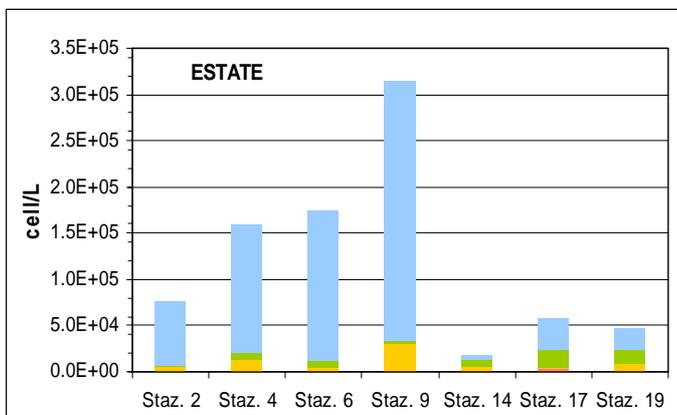
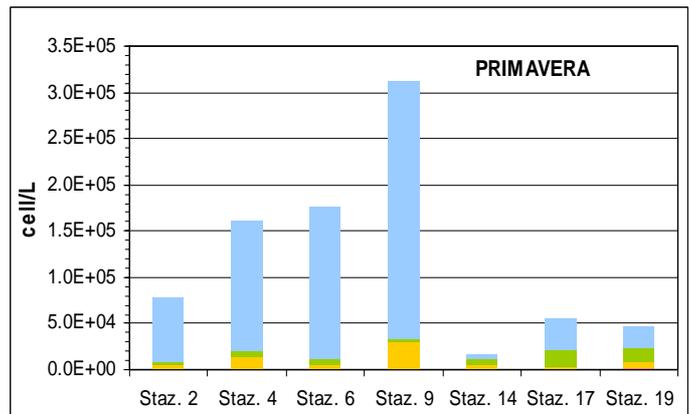
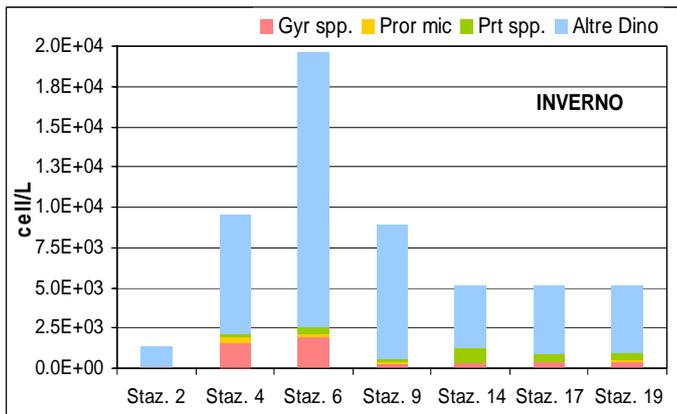
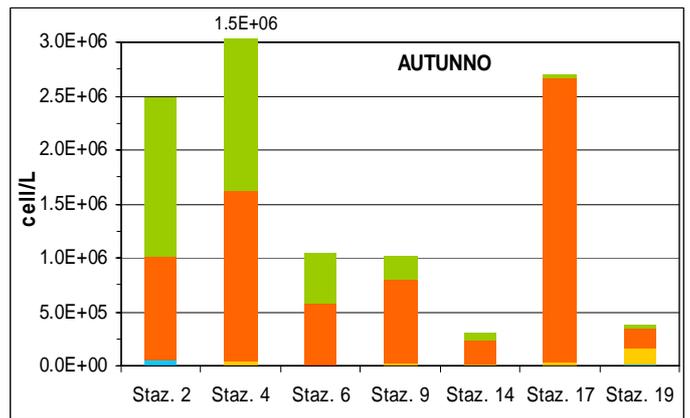
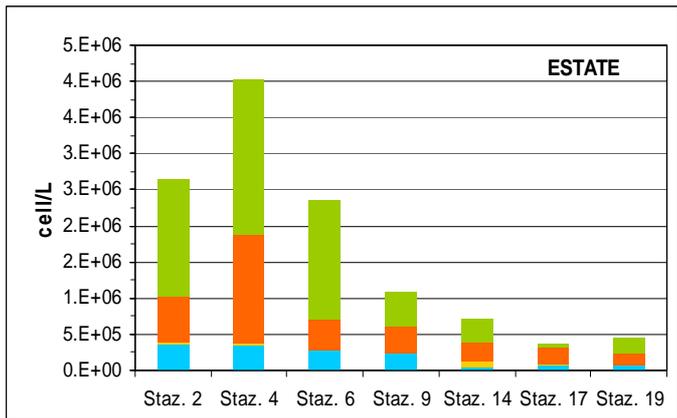
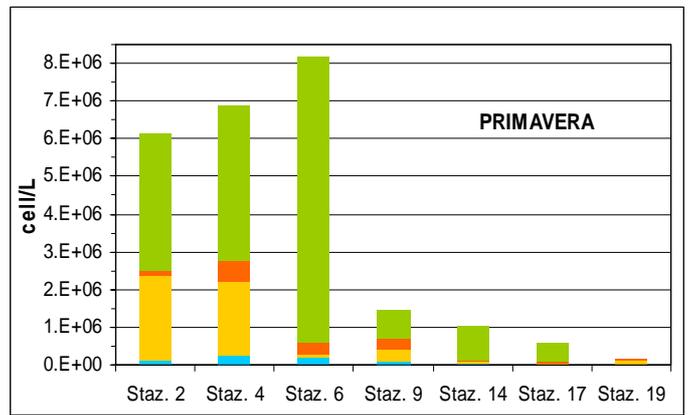
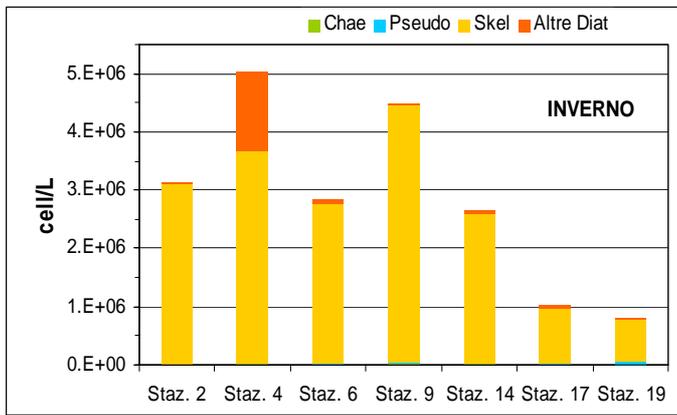
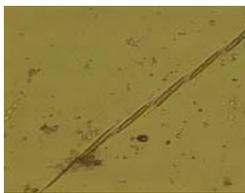


Figura 105 -Rapporto stagionale tra le specie di Diatomee e Dinoflagellate maggiormente rappresentate nelle stazioni costiere (0.5 Km) sul loro totale.



Fotografia al microscopio, della Diatomea Pseudonitzschia sp. (Agosto 2008).

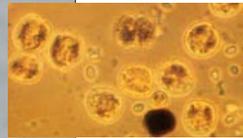
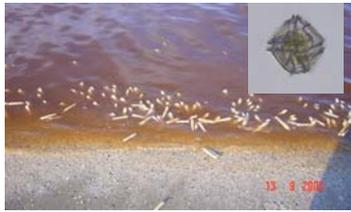
Fotografia al microscopio, della Diatomea Skeletonema costatum (Febbraio-Marzo-Aprile 2008)

Esempi di fioritura lungo la costa antistante Cesenatico e immagine al microscopio della Noctiluca scintillans (dimensioni 200-1000 μm)



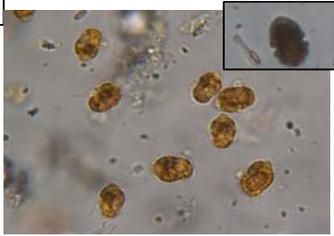
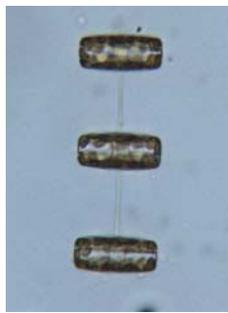
Marea rossa della Raphidoficea Fibrocapsa japonica 2007) e fotografia al microscopio, (dimensioni 20-30 μm (Cesenatico-Cervia Luglio 2008)

Fotografia al microscopio, della Diatomea Chaetoceros sp. dimensioni assi perivalvari 2-40 μm). Maggio-Luglio-Agosto 2008.



Marea rossa della Dinoflagellata Lingulodinium polyedrum e immagini al microscopio (Lidi ferraresi Settembre 2005)

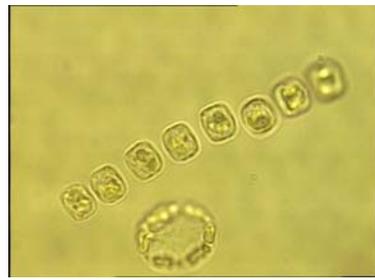
Fotografia al microscopio, Dinoflagellata Prorocentrum minimum dimensioni 10-18 μm (Maggio-Giugno-Ottobre 2008)



Fotografia al microscopio Cyclotella sp. Luglio 2008

Fotografia al microscopio, Dinoflagellata Prorocentrum micans (Giugno 2008)

Fotografia al microscopio Thalassiosira sp. Agosto-Settembre 2008



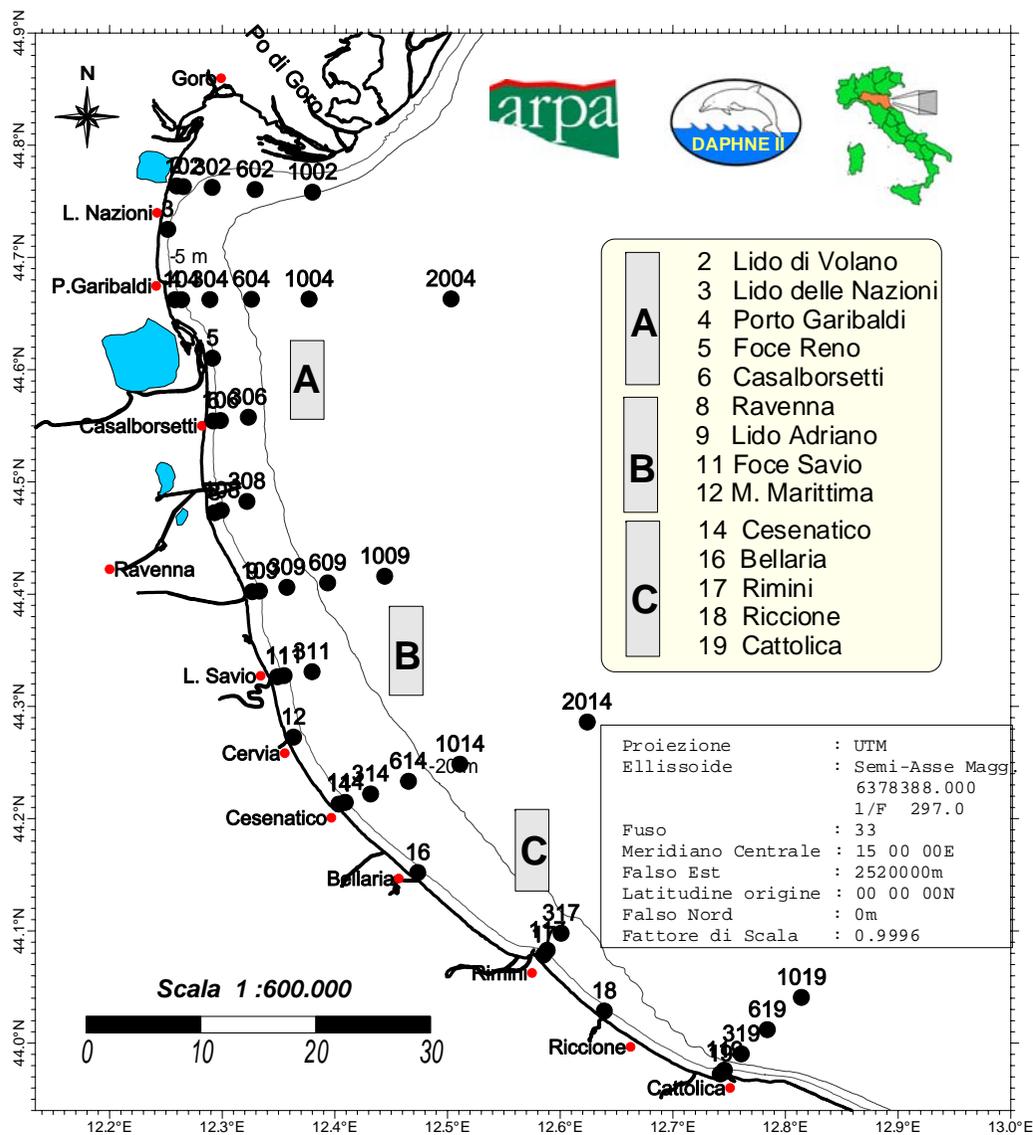
Fotografia al microscopio Asterionellopsis glacialis Ottobre 2008



Fotografia al microscopio Gymnodinium sp. Giugno 2008

Fotografia al microscopio Cyclotella sp. Luglio 2008

Figura 106 - Microalghe responsabili delle principali fioriture/abbondanze lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna durante il 2008. Sono riportate anche immagini di Red Tide del 2005.



LOCALITA' (codici)	0.5 Km	1 Km	3 Km	6 Km	10 Km	20 Km
LIDO DI VOLANO (2)	2	102	302	602	1002	
LIDO DELLE NAZIONI (3)	3					
PORTO GARIBALDI (4)	4	104	304	604	1004	2004
FOCE RENO (5)	5					
CASALBORSETTI (6)	6	106	306			
MARINA DI RAVENNA (8)	8	108	308			
LIDO ADRIANO (9)	9	109	309	609	1009	
FOCE SAVIO (11)	11	111	311			
MILANO MARITTIMA (12)	12					
CESENATICO (14)	14	114	314	614	1014	2014
BELLARIA (16)	16					
RIMINI (17)	17	117	317			
RICCIONE (18)	18					
CATTOLICA (19)	19	119	319	619	1019	

Tabella 2 - Località e codici delle stazioni di monitoraggio e relative distanze dalla costa.

Figura 107 - Cartografia georeferenziata della distribuzione della rete delle stazioni per il monitoraggio sull'eutrofizzazione effettuato a frequenza settimanale L.R 3/1999 e rete delle stazioni di controllo dello stato ambientale delle acque marino costiere (D.Lgs 152/99 e D. Lgs 258/00).

Cod. Staz.	Località	Prof. metri	Dist Km	metri Nord	metri Est	LON.	LAT.	LON	LAT	LAT	LON
						xx.xxx° ED50	xx.xxx° ED50	xx°xx.xx' ED50	xx°xx.xx' ED50	xx°xx.xx' WGS84	xx°xx.xx' WGS84
2	Lido di Volano	3.9	0,5	4960560	2303100	12,25933	44,76471	1215,56	4445,883	4445.77	1215.51
3	Lido Nazioni	5.1	0,5	4958140	2302470	12,25241	44,74276	1215,145	4444,566	4443.45	1215.03
4	Porto Garibaldi	3.7	0,5	4949250	2302380	12,25506	44,6628	1215,304	4439,768	4439.69	1215.42
5	Foce Reno	5.2	0,5	4943320	2304770	12,28765	44,6102	1217,259	4436,612	4436.56	1217.42
6	Casalborsetti	5.2	0,5	4937000	2304590	12,28803	44,55331	1217,282	4433,199	4433.20	1217.45
8	Marina di Ra	3.5	0,5	4927950	2304730	12,29357	44,47197	1217,614	4428,318	4428.30	1217.53
9	Lido Adriano	5.4	0,5	4920100	2307100	12,32655	44,40208	1219,593	4424,125	4424.08	1219.54
11	Lido di Savio	3.9	0,5	4911580	2308460	12,34708	44,32586	1220,825	4419,552	4419.53	1220.88
12	Cervia	3.5	0,5	4905640	2309530	12,36287	44,27275	1221,772	4416,365	4416.30	1221.73
14	Cesenatico	3.1	0,5	4898910	2312550	12,40334	44,21309	1224,2	4412,785	4412.72	1224.15
16	Bellaria	4.2	0,5	4891840	2317710	12,47059	44,15095	1228,235	4409,057	4409.06	1228.35
17	Rimini	4.3	0,5	4883640	2326610	12,58478	44,0796	1235,087	4404,776	4404.66	1235.05
18	Riccione	3.8	0,5	4877850	2330800	12,63913	44,02861	1238,348	4401,717	4401.66	1238.29
19	Cattolica	4.1	0,5	4871500	2338930	12,74267	43,97354	1244,56	4358,412	4358.30	1244.46
102	Lido di Volano	4.9	1	4960394	2304011	12.2709	44.7635	121615.2	444548.6	4445.73	1215.87
104	Porto Garibaldi	6.3	1	4949141	2303292	12.2666	44.6621	121559.8	443943.6	4439.68	1215.77
106	Casalborsetti	7.6	1	4926128	2305413	12.3029	44.5548	121810.4	443317.3	4433.23	1217.84
109	Lido Adriano	7.4	1	4920170	2308070	12.3387	44.403	122019.3	442410.8	4424.11	1219.92
114	Cesenatico	4.9	1	4899080	2313527	12.4155	44.2149	122455.8	441253.6	4412.81	1224.49
117	Rimini	8.1	1	4884513	2327150	12.5912	44.0876	123528.3	440515.4	4404.91	1235.25
119	Cattolica	5.9	1	4872258	2339507	12.7496	43.9805	124458.6	435849.8	4358.50	1244.68
302	Lido di Volano	6.7	3	4960290	2305780	12,29327	44,76309	1217,596	4445,785	4445.69	1217.40
304	Porto Garibaldi	9.1	3	4949162	2304930	12,28722	44,66278	1217,233	4439,767	4439.69	1217.28
306	Casalborsetti	10.2	3	4937310	2307850	12,3289	44,55776	1219,734	4433,466	4433.40	1219.33
308	Marina di Ra	8.1	3	4931030	2308040	12,3231	44,4865	1219,386	4429,19	4428.90	1219.25
309	Lido Adriano	9.4	3	4920376	2309532	12,35694	44,40528	1221,416	4424,317	4424.31	1221.38
314	Cesenatico	8.3	3	4899668	2314839	12,43167	44,22056	1225,9	4413,233	4413.26	1225.84
317	Rimini	9.9	3	4885650	2327920	12,6027	44,0974	1236,162	4405,844	4405.82	1235.99
319	Cattolica	11.0	3	4873160	2340634	12,76333	43,98889	1245,8	4359,333	4359.37	1245.58
602	Lido di Volano	7.8	6	4959940	2309130	12,33569	44,76094	1220,141	4445,656	4445.58	1219.68
604	Porto Garibaldi	12.0	6	4949063	2307925	12,325	44,66278	1219,5	4439,767	4439.71	1219.49
609	Lido Adriano	11.4	6	4920902	2312405	12,39278	44,41083	1223,567	4424,65	4424.55	1223.55
614	Cesenatico	10.2	6	4900880	2317564	12,46528	44,23222	1227,917	4413,933	4413.94	1227.86
619	Cattolica	12.1	6	4875612	2342461	12,78528	44,01139	1247,117	4400,683	4400.67	1246.97
1002	Lido di Volano	10.1	10	4959510	2313110	12,3861	44,75824	1223,166	4445,494	4445.44	1222.74
1004	Porto Garibaldi	14.8	10	4948933	2311933	12,37556	44,66278	1222,534	4439,767	4439.72	1222.56
1009	Lido Adriano	15.1	10	4921330	2316470	12,44361	44,41583	1226,617	4424,95	4424.90	1226.59
1014	Cesenatico	12.3	10	4902558	2321279	12,51111	44,24833	1230,667	4414,9	4414.86	1230.59
1019	Cattolica	13.6	10	4878852	2344820	12,81361	44,04111	1248,817	4402,467	4402.39	1248.79
2004	Porto Garibaldi	26.5	20	4948614	2322064	12,50333	44,66278	1230,2	4439,767	4439.73	1230.12
2014	Cesenatico	22.0	20	4906150	2329770	12,61606	44,28291	1236,964	4416,975	4417.11	1237.38

Tabella 3 - Coordinate geografiche e caratteristiche batimetriche delle stazioni della rete di monitoraggio

In colonna 5 la Latitudine è espressa come distanza in metri dall'equatore. In colonna 6 la Longitudine è espressa come distanza in metri dal meridiano centrale del fuso 33 con falso est di 2.520.000 metri (il meridiano centrale del fuso 33 ha una longitudine di 15°). Nelle colonne 7 e 8 la Latitudine e la Longitudine sono espresse in gradi e decimali di grado. Nelle colonne 9 e 10 la Latitudine e la Longitudine sono espresse in gradi, primi e decimali di primo in ED50. Nelle colonne 11 e 12 la Latitudine e la Longitudine sono espresse in gradi, primi e decimali di primo in WGS84.

Stazione cod. 2 Lido di Volano 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2008																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.24	17.57	27.43	8.01	1.16	10.72	360.82	12.64	43.24	668.01	40.54	7.49	680.91	105.12	19.00	6.11	2.62
Errore standard	0.04	1.55	1.21	0.47	0.12	2.38	65.67	1.76	9.61	63.02	3.66	1.61	91.88	23.72	2.20	0.14	0.18
Mediana	8.21	17.50	27.52	7.94	1.00	6.80	334.13	11.09	31.85	730.35	36.40	6.57	712.46	56.98	15.51	5.98	2.94
Moda				10.03	0.90	3.00											
Deviazione standard	0.17	7.12	5.56	2.14	0.55	10.92	300.92	8.04	44.06	288.79	16.77	7.36	421.06	108.71	10.10	0.66	0.84
Varianza campionaria	0.03	50.71	30.94	4.57	0.30	119.31	90555.50	64.72	1941.29	83401.88	281.24	54.22	177291.09	11817.66	101.91	0.43	0.71
Curtosi	0.75	-1.01	-0.17	0.68	5.75	8.86	-0.21	1.71	12.64	0.58	-0.72	2.04	0.56	2.18	-0.59	-0.23	-0.09
Asimmetria	0.72	0.18	-0.31	0.13	2.02	2.74	0.74	1.21	3.36	0.55	0.39	1.39	0.85	1.73	0.55	0.21	-0.87
Intervallo	0.71	23.00	21.16	9.55	2.50	47.70	998.82	31.65	204.60	1202.37	61.43	27.77	1537.84	367.01	37.07	2.55	3.04
Minimo	7.95	7.08	15.09	3.47	0.50	3.00	5.22	0.65	11.29	200.67	12.80	0.44	137.45	9.23	3.67	4.78	0.59
Massimo	8.67	30.08	36.26	13.02	3.00	50.70	1004.04	32.30	215.89	1403.04	74.23	28.21	1675.29	376.24	40.73	7.33	3.63
Conteggio	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.24	2.53	0.97	0.25	4.97	136.98	3.66	20.06	131.46	7.63	3.35	191.66	49.48	4.60	0.30	0.38

Stazione cod. 4 Porto Garibaldi 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2008																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.29	16.38	28.89	7.81	1.45	9.57	352.45	13.20	35.77	653.68	34.89	5.54	584.17	177.00	21.89	6.08	2.36
Errore standard	0.03	1.47	1.24	0.45	0.12	1.66	82.30	1.67	6.84	81.24	3.26	1.60	105.65	41.35	2.93	0.14	0.13
Mediana	8.23	16.61	30.88	7.88	1.55	6.65	250.30	11.98	17.53	563.08	32.02	1.84	423.27	116.44	18.70	6.17	2.23
Moda	8.19				1.80	10.00						0.44					
Deviazione standard	0.16	7.18	6.06	2.20	0.56	8.13	403.17	8.19	33.51	397.97	15.98	7.86	517.55	202.60	14.34	0.67	0.62
Varianza campionaria	0.03	51.59	36.67	4.85	0.32	66.16	162544.24	67.03	1123.22	158380.13	255.31	61.80	267862.19	41045.10	205.55	0.45	0.39
Curtosi	1.03	-1.13	-0.61	-0.78	-0.71	2.32	5.09	-0.05	-0.12	5.79	-0.28	5.67	1.37	4.44	3.47	0.03	0.64
Asimmetria	1.07	0.25	-0.76	-0.07	0.30	1.68	2.15	0.60	1.06	2.06	0.36	2.29	1.53	2.05	1.76	-0.90	0.30
Intervallo	0.67	22.33	19.98	7.55	2.00	29.70	1705.00	29.37	108.66	1856.72	63.90	32.35	1823.39	821.54	61.53	2.30	2.90
Minimo	8.06	6.99	16.59	3.78	0.60	1.90	2.95	0.92	4.98	195.48	6.19	0.44	13.45	11.65	5.38	4.58	0.98
Massimo	8.73	29.33	36.57	11.33	2.60	31.60	1707.95	30.29	113.64	2052.20	70.09	32.79	1836.84	833.19	66.91	6.87	3.88
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.03	2.56	0.93	0.24	3.43	170.24	3.46	14.15	168.05	6.75	3.32	218.54	85.55	6.05	0.28	0.26

Tabella 4 - Elementi di statistica descrittiva. Per tutti i parametri sono stati utilizzati lo stesso numero di dati rilevati a frequenza quindicinale. Stazione cod. 2 località Lido di Volano e stazione cod. 4 località Porto Garibaldi.

Stazione cod. 6 Casalborsetti 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2008																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.30	16.44	30.21	8.11	1.75	7.25	280.53	12.46	38.52	615.43	32.39	6.13	452.20	95.14	21.13	5.85	2.28
Errore standard	0.03	1.49	1.16	0.40	0.18	1.03	60.53	2.02	7.21	66.43	4.20	1.57	89.05	18.62	2.25	0.15	0.12
Mediana	8.25	16.67	32.00	8.12	1.65	5.60	241.72	12.43	21.04	561.52	24.87	3.48	322.94	56.47	20.25	6.04	2.08
Moda					0.90							0.44					
Deviazione standard	0.15	7.31	5.67	1.97	0.86	5.02	296.55	9.88	35.34	325.45	20.56	7.68	436.25	91.20	11.04	0.74	0.57
Varianza campionaria	0.02	53.41	32.11	3.87	0.74	25.22	87940.02	97.53	1248.74	105920.79	422.67	58.98	190316.88	8318.18	121.84	0.54	0.33
Curtosi	4.20	-1.27	0.50	-0.71	6.08	3.01	2.55	0.99	-0.12	-0.48	5.56	6.11	2.68	0.84	1.58	0.05	0.66
Asimmetria	1.84	0.23	-1.22	-0.05	1.98	1.61	1.61	0.89	0.98	0.50	2.29	2.24	1.75	1.40	1.05	-0.59	0.93
Intervallo	0.65	22.58	18.82	7.12	3.90	21.80	1119.42	39.87	119.67	1174.61	87.27	32.99	1708.57	304.67	46.25	2.90	2.36
Minimo	8.13	6.75	17.44	4.34	0.90	1.20	1.40	0.22	0.71	91.64	14.08	0.44	36.41	13.38	6.36	4.10	1.31
Massimo	8.78	29.33	36.25	11.46	4.80	23.00	1120.82	40.09	120.38	1266.25	101.35	33.43	1744.98	318.04	52.61	7.00	3.67
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.09	2.39	0.83	0.36	2.12	125.22	4.17	14.92	137.43	8.68	3.24	184.21	38.51	4.66	0.31	0.24

Stazione cod. 8 Marina di Ravenna 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2008																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.27	16.45	31.88	7.72	1.90	6.58	176.20	9.26	23.51	470.58	23.55	4.56	341.44	83.85	21.64	5.54	2.23
Errore standard	0.03	1.47	0.81	0.38	0.19	0.80	41.03	1.55	5.23	47.61	2.24	1.38	71.75	18.60	1.86	0.13	0.12
Mediana	8.25	17.26	33.45	7.67	1.90	5.95	115.86	6.90	16.94	443.79	21.79	1.75	219.75	52.99	20.56	5.49	2.27
Moda				7.22	1.20	6.70						0.44					
Deviazione standard	0.12	7.19	3.98	1.84	0.91	3.91	200.98	7.59	25.64	233.25	10.96	6.76	351.52	91.10	9.10	0.64	0.58
Varianza campionaria	0.02	51.74	15.87	3.39	0.83	15.26	40393.31	57.57	657.28	54404.40	120.23	45.76	123568	8299.46	82.84	0.41	0.34
Curtosi	2.42	-1.22	0.21	0.09	0.34	0.23	3.31	3.01	12.14	2.01	0.93	11.76	5.19	5.54	-0.20	-0.93	-0.66
Asimmetria	1.14	0.22	-1.03	0.36	0.88	0.93	1.81	1.67	3.16	1.34	1.01	3.13	2.23	2.29	0.58	-0.19	0.29
Intervallo	0.59	22.66	13.47	7.61	3.50	13.80	803.29	30.65	124.92	976.69	44.91	31.45	1474.73	389.59	33.09	2.35	2.18
Minimo	8.06	6.08	22.75	4.47	0.70	1.40	2.07	0.58	2.65	131.20	8.54	0.44	15.92	7.18	7.53	4.26	1.18
Massimo	8.65	28.74	36.21	12.08	4.20	15.20	805.36	31.23	127.57	1107.89	53.45	31.89	1490.65	396.77	40.62	6.61	3.36
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.04	1.68	0.78	0.38	1.65	84.87	3.20	10.83	98.49	4.63	2.86	148.43	38.47	3.84	0.27	0.25

Tabella 5 - Elementi di statistica descrittiva. Per tutti i parametri sono stati utilizzati lo stesso numero di dati rilevati a frequenza quindicinale. Stazione cod. 6 località Casalborsetti e stazione cod. 8 località Marina di Ravenna.

Stazione cod. 9 Lido Adriano 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2008																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.28	16.41	31.57	7.47	1.95	6.54	218.29	9.82	25.61	468.27	25.17	4.09	440.38	109.38	20.10	5.70	2.27
Errore standard	0.03	1.45	0.89	0.37	0.23	0.80	53.99	1.53	3.59	50.52	2.26	1.07	77.97	18.99	1.97	0.12	0.16
Mediana	8.25	16.89	32.97	7.48	1.85	5.30	173.44	7.66	21.65	415.10	22.95	1.25	328.15	71.41	19.29	5.82	2.05
Moda	8.25				1.90	4.30					16.17	0.44					
Deviazione standard	0.13	7.08	4.35	1.83	1.11	3.92	264.52	7.52	17.57	247.49	11.06	5.26	381.98	93.03	9.67	0.59	0.78
Varianza campionaria	0.02	50.13	18.95	3.35	1.23	15.40	69968.92	56.52	308.60	61253.41	122.35	27.63	145906	8655.05	93.57	0.35	0.60
Curtosi	0.29	-1.29	-0.65	-0.91	0.55	0.89	6.71	0.53	-0.57	3.79	0.41	2.58	0.58	2.07	0.54	-0.42	-1.07
Asimmetria	0.90	0.12	-0.84	0.23	0.97	1.11	2.30	0.98	0.67	1.58	1.02	1.77	1.16	1.46	0.82	-0.63	0.32
Intervallo	0.51	21.98	13.98	6.37	4.00	15.40	1171.71	28.79	61.54	1155.62	42.20	18.74	1350.97	378.09	39.26	2.03	2.74
Minimo	8.10	5.93	22.12	4.50	0.50	1.90	1.40	0.91	3.44	113.96	8.95	0.44	12.73	7.25	6.33	4.46	0.95
Massimo	8.61	27.91	36.10	10.87	4.50	17.30	1173.11	29.70	64.98	1269.58	51.15	19.18	1363.70	385.34	45.59	6.49	3.70
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	2.99	1.84	0.77	0.47	1.66	111.70	3.17	7.42	104.51	4.67	2.22	161.29	39.28	4.08	0.25	0.33

Stazione cod. 14 Cesenatico 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2008																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.19	16.20	32.84	7.44	2.00	4.30	173.96	9.56	30.98	438.88	22.47	4.86	300.10	95.73	20.13	5.40	2.47
Errore standard	0.03	1.41	0.66	0.33	0.19	0.49	38.51	1.03	3.48	44.66	1.38	0.95	47.07	20.51	1.67	0.11	0.12
Mediana	8.18	17.44	34.04	7.31	1.80	4.00	122.53	7.80	27.00	386.24	21.47	3.62	245.11	63.37	20.33	5.53	2.36
Moda	8.17			9.03	0.90	4.30						0.44					
Deviazione standard	0.13	7.03	3.28	1.64	0.97	2.43	192.57	5.13	17.41	223.30	6.88	4.73	235.35	102.55	8.35	0.53	0.62
Varianza campionaria	0.02	49.45	10.77	2.68	0.95	5.92	37083.37	26.34	303.09	49861.82	47.38	22.40	55391.81	10517.20	69.69	0.28	0.38
Curtosi	1.39	-1.22	0.70	-1.11	-1.48	2.40	5.45	0.53	-0.53	2.17	-0.66	0.46	3.65	5.36	0.38	1.85	-1.03
Asimmetria	-0.13	0.04	-1.18	-0.02	0.36	1.44	2.27	1.04	0.44	1.57	0.00	1.24	1.83	2.09	0.78	-1.33	0.19
Intervallo	0.59	22.73	12.49	5.83	2.70	10.50	817.47	20.70	66.55	916.33	26.17	16.24	954.66	450.84	31.61	2.28	2.07
Minimo	7.85	4.79	24.32	4.50	0.90	1.20	14.81	2.46	0.42	140.03	9.11	0.44	44.01	3.66	7.45	3.93	1.40
Massimo	8.44	27.52	36.81	10.33	3.60	11.70	832.28	23.16	66.97	1056.36	35.28	16.68	998.67	454.50	39.05	6.21	3.47
Conteggio	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	2.90	1.35	0.68	0.40	1.00	79.49	2.12	7.19	92.17	2.84	1.95	97.15	42.33	3.45	0.22	0.25

Tabella 6 - Elementi di statistica descrittiva. Per tutti i parametri sono stati utilizzati lo stesso numero di dati rilevati a frequenza quindicinale. Stazione cod. 9 località Lido Adriano e stazione cod. 14 località Cesenatico.

Stazione cod. 17 Rimini 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2008																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.27	16.55	33.47	7.77	2.12	3.88	132.05	8.23	15.24	345.41	18.10	2.85	265.68	88.40	20.05	5.02	2.51
Errore standard	0.02	1.44	0.65	0.33	0.23	0.65	27.08	1.36	2.31	37.59	1.53	0.71	43.14	17.11	1.56	0.13	0.13
Mediana	8.25	17.56	34.72	7.64	1.95	3.05	94.01	6.14	11.71	308.92	16.56	1.75	181.59	53.30	18.91	5.15	2.52
Moda					2.00	5.00						0.44					
Deviazione standard	0.12	7.07	3.19	1.61	1.13	3.19	132.67	6.64	11.31	184.14	7.48	3.46	211.36	83.82	7.64	0.64	0.62
Varianza campionaria	0.01	49.94	10.20	2.60	1.28	10.16	17600.44	44.13	127.93	33908	55.90	11.96	44672.66	7025.13	58.38	0.41	0.39
Curiosi	2.60	-1.41	-0.12	-0.86	0.33	10.63	1.96	5.43	-0.20	7.38	-0.69	5.56	0.43	6.55	0.08	-0.50	0.65
Asimmetria	1.29	0.13	-1.07	0.40	1.11	2.82	1.52	2.04	0.90	2.39	0.74	2.35	1.18	2.35	0.69	0.08	-0.49
Intervallo	0.55	21.67	10.62	5.61	3.90	15.50	483.26	29.64	39.52	887.23	25.23	13.73	778.22	373.85	30.67	2.46	2.76
Minimo	8.09	6.34	26.41	5.45	0.90	1.00	10.31	1.72	1.27	134.69	7.75	0.44	6.59	15.18	7.51	3.77	0.91
Massimo	8.64	28.00	37.03	11.06	4.80	16.50	493.57	31.36	40.79	1021.92	32.98	14.17	784.81	389.02	38.17	6.23	3.66
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	2.98	1.35	0.68	0.48	1.35	56.02	2.81	4.78	77.76	3.16	1.46	89.25	35.39	3.23	0.27	0.26

Stazione cod. 19 Cattolica 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2008																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL. "a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.24	16.46	34.03	7.74	2.51	4.48	122.80	8.46	17.09	306.52	16.06	2.69	247.76	81.74	20.59	4.99	2.31
Errore standard	0.02	1.40	0.55	0.34	0.27	1.41	21.95	1.16	2.39	23.03	1.33	0.56	33.55	12.42	1.49	0.12	0.16
Mediana	8.23	17.22	34.95	7.43	2.05	2.90	80.81	5.68	15.05	300.30	15.05	1.76	207.11	65.43	21.07	5.07	2.38
Moda	8.14				1.90	4.50						1.02					
Deviazione standard	0.08	6.86	2.69	1.69	1.30	6.89	107.53	5.66	11.70	112.83	6.52	2.75	164.34	60.83	7.32	0.59	0.78
Varianza campionaria	0.01	47.07	7.21	2.84	1.70	47.51	11562.17	32.04	136.98	12731.17	42.47	7.57	27008.22	3699.76	53.61	0.35	0.61
Curiosi	-0.35	-1.39	1.16	-0.20	-0.69	20.68	-0.14	-0.99	1.04	-0.29	0.56	8.90	0.48	2.47	-1.34	-0.24	0.40
Asimmetria	0.45	0.08	-1.19	0.48	0.69	4.41	0.99	0.78	1.04	0.59	0.98	2.70	0.84	1.50	0.02	-0.10	-0.70
Intervallo	0.32	20.78	10.81	6.59	4.20	35.40	362.85	16.63	45.24	408.27	25.39	12.73	662.34	249.41	22.75	2.36	3.03
Minimo	8.11	6.11	26.47	5.04	1.00	0.40	14.90	2.35	0.42	143.38	6.96	0.44	17.42	3.04	9.71	3.95	0.48
Massimo	8.44	26.89	37.28	11.63	5.20	35.80	377.75	18.98	45.66	551.65	32.35	13.17	679.76	252.45	32.46	6.30	3.51
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.04	2.90	1.13	0.71	0.55	2.91	45.40	2.39	4.94	47.64	2.75	1.16	69.40	25.68	3.09	0.25	0.33

Tabella 7 - Elementi di statistica descrittiva. Per tutti i parametri sono stati utilizzati lo stesso numero di dati rilevati a frequenza quindicinale. Stazione cod. 17 località Rimini e stazione cod. 19 località Cattolica.

SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI
2 - 4	Elevato	Acque scarsamente produttive Livello di trofia basso Buona trasparenza delle acque Assenza di anomale colorazioni delle acque Assenza di sottosaturazione di ossigeno disciolto nelle acque bentiche
4 - 5	Buono	Acque moderatamente produttive Livello di trofia medio Occasionali intorbidimenti delle acque Occasionali anomale colorazioni delle acque Occasionali ipossie nelle acque bentiche
5 - 6	Mediocre	Acque molto produttive Livello di trofia elevato Scarsa trasparenza delle acque Anomale colorazioni delle acque Ipossie e occasionali anossie delle acque bentiche Stati di sofferenza a livello di ecosistema bentonico
6 - 8	Scadente	Acque fortemente produttive Livello di trofia molto elevato Elevata torbidità delle acque Diffuse e persistenti anomalie nella colorazione delle acque Diffuse e persistenti ipossie/anossie nelle acque bentiche Morie di organismi bentonici Alterazione/semplificazione delle comunità bentoniche Danni economici nei settori del turismo, pesca ed acquacoltura

Tabella 8 - Suddivisione della Scala Trofica riferita all'Indice Trofico TRIX in relazione allo Stato ed alle Condizioni dell'ecosistema.

Una prima classificazione delle acque marine costiere viene condotta attraverso l'applicazione dell'Indice Trofico TRIX, riportato in tabella, tenendo conto di ogni elemento utile a definire il grado di allontanamento dalla naturalità delle acque costiere. Questa classificazione trofica sarà integrata dal giudizio emergente dalle indagini sul biota e su sedimenti allorchè sarà disponibile il criterio di classificazione dello stato ambientale complessivo che dovrà essere definito con apposito Decreto Ministeriale (D. Lgs 152/99 e 258/00, All. N 1 paragrafo 2.1.2) su proposta dell'ANPA (oggi ISPRA).

Ai fini della classificazione dovrà essere considerato il valore medio dell'Indice Trofico derivato dai valori delle singole misure durante il complessivo periodo di indagine.

I risultati derivanti dall'applicazione dell'Indice di Trofia TRIX determineranno l'attribuzione dello stato ambientale secondo la tabella di cui sopra, valutato anche alla luce delle condizioni indicate nella stessa tabella.

Ai sensi di quanto disposto dall'art. 5 del D. Lgs 152/99 per il tratto costiero compreso tra la foce del fiume Adige ed il confine meridionale del comune di Pesaro, viene considerato obiettivo-trofico "intermedio, da raggiungere entro il 2008, un valore medio annuale dell'Indice Trofico TRIX non superiore a 5.

Stazione Codice	Località	Distanza costa Km	n. dati	TRIX		Giudizio	Coeff. Efficienza		Componente reale		Componente potenziale		% Componente "produttività reale"
				media	STD		media	STD	media	STD	media	STD	
2	Lido di Volano	0.5	24	6.14	0.76	Scadente	-2.21	0.85	1.83	0.60	4.04	0.53	31.19
3	Lido delle Nazioni	0.5	24	6.12	0.83	Scadente	-2.09	0.74	1.88	0.56	3.97	0.51	32.13
4	Porto Garibaldi	0.5	24	6.16	0.89	Scadente	-1.93	0.75	1.98	0.46	3.91	0.64	33.62
5	Foce Reno	0.5	24	5.97	1.03	Mediocre	-1.87	0.80	1.90	0.50	3.77	0.62	33.55
6	Casalborsetti	0.5	24	5.83	0.87	Mediocre	-1.87	0.65	1.81	0.49	3.69	0.60	32.96
8	Marina di Ravenna:	0.5	24	5.53	0.78	Mediocre	-1.67	0.73	1.73	0.48	3.41	0.56	33.73
9	Lido Adriano	0.5	24	5.72	0.63	Mediocre	-1.68	0.70	1.84	0.36	3.53	0.61	34.32
11	Lido di Savio	0.5	24	5.68	0.60	Mediocre	-1.71	0.52	1.80	0.31	3.52	0.46	33.91
12	Cervia	0.5	24	5.53	0.63	Mediocre	-1.66	0.63	1.74	0.36	3.40	0.46	33.83
14	Cesenatico	0.5	24	5.41	0.66	Mediocre	-2.15	0.76	1.39	0.70	3.54	0.40	28.14
16	Bellaria	0.5	24	5.13	0.82	Mediocre	-2.00	0.59	1.35	0.57	3.34	0.56	28.71
17	Rimini	0.5	24	4.98	0.74	Buono	-2.02	0.60	1.22	0.50	3.24	0.45	27.37
18	Riccione	0.5	24	5.02	0.66	Mediocre	-2.04	0.89	1.22	0.79	3.26	0.52	27.21
19	Cattolica	0.5	24	5.00	0.71	Mediocre	-1.95	0.59	1.28	0.52	3.23	0.41	28.38
102	Lido di Volano	1	11	6.22	0.72	Scadente	-1.61	0.97	2.18	0.53	3.79	0.64	36.52
104	Porto Garibaldi	1	11	6.02	0.91	Scadente	-1.75	0.71	1.99	0.48	3.74	0.59	34.71
106	Casalborsetti	1	11	5.60	0.88	Mediocre	-1.62	0.86	1.81	0.64	3.43	0.74	34.57
108	Marina di Ravenna:	1	11	5.45	0.70	Mediocre	-1.45	0.72	1.80	0.50	3.25	0.52	35.66
109	Lido Adriano	1	11	5.53	0.72	Mediocre	-1.44	0.66	1.86	0.43	3.29	0.59	36.05
111	Lido di Savio	1	11	5.59	0.81	Mediocre	-1.62	0.59	1.80	0.36	3.42	0.54	34.48
114	Cesenatico	1	11	5.56	0.60	Mediocre	-1.88	0.54	1.65	0.39	3.53	0.35	31.85
117	Rimini	1	11	4.84	0.70	Buono	-1.87	0.73	1.23	0.67	3.10	0.50	28.38
119	Cattolica	1	11	4.80	0.55	Buono	-1.83	0.46	1.22	0.55	3.05	0.48	28.54
302	Lido di Volano	3	24	6.02	0.77	Scadente	-1.99	0.90	1.89	0.61	3.88	0.52	32.73
304	Porto Garibaldi	3	24	5.82	0.96	Mediocre	-2.01	0.83	1.74	0.69	3.75	0.70	31.70
306	Casalborsetti	3	24	5.63	0.93	Mediocre	-1.85	0.70	1.70	0.51	3.55	0.65	32.42
308	Marina di Ravenna:	3	24	5.52	0.79	Mediocre	-1.74	0.65	1.70	0.45	3.44	0.58	33.10
309	Lido Adriano	3	24	5.22	0.88	Mediocre	-1.82	0.98	1.47	0.63	3.30	0.66	30.88
311	Lido di Savio	3	24	5.32	1.08	Mediocre	-1.37	0.64	1.76	0.53	3.13	0.65	36.03
314	Cesenatico	3	24	5.00	0.78	Mediocre	-1.91	0.57	1.30	0.44	3.22	0.51	28.82
317	Rimini	3	24	4.62	0.93	Buono	-2.05	0.76	1.00	0.69	3.05	0.57	24.70
319	Cattolica	3	24	4.57	0.92	Buono	-2.04	0.79	0.97	0.69	3.01	0.52	24.39

Tabella 9 - Acque marino costiere dell'Emilia-Romagna (0.5-3 Km dalla costa) anno 2008. Classificazione Trofica basata sulle medie di TRIX e valori medi degli altri indici derivati per stazione di misura.

Il coefficiente di efficienza è inteso come stima del grado di utilizzo dei nutrienti (Fosforo totale e Azoto disciolto) a carico del sistema costiero per produrre nuova biomassa fitoplanctonica. Scomponendo i parametri che entrano nella formulazione dell'Indice Trofico in due classi di indicatori quali: 1) indicatori di produttività diretta/attuale/reale $\text{Log}(\text{Clax}|\text{OD}\%)$; 2) indicatori di produttività potenziale, $\text{Log}(\text{DIN}\times\text{Pt})$, la loro differenza o meglio il Logaritmo del rapporto $\text{Log}([\text{Clax}|\text{OD}\%]/[\text{DIN}\times\text{Pt}])$, fornisce una misura del rendimento dell'utilizzo dei nutrienti. In tale coefficiente viene pertanto sintetizzata tutta l'informazione in relazione alla capacità di produzione in funzione dei nutrienti disponibili. Esso presenta di norma valori negativi: nelle aree costiere dei mari italiani può variare da valori puntuali minimi (<-4), che denotano un rendimento molto basso (ad esempio -4.48 registrato nel mare Ionio,) a valori puntuali massimi attorno allo zero o addirittura superiori ad esso ad indicare un rendimento molto elevato come ad es. lungo la costa dell'Emilia-Romagna.

	GRUPPI DI STAZIONI	INDICE TROFICO TRIX		NUMERO DATI	NUMERO DEI CASI IN % DI SUPERAMENTO DEI LIMITI INFERIORI DI STATO:	
		media	STD		Mediocre (>5) %	Scadente >(6) %
ZONA "A"	2-3-4-5-6-102-104-106-302-304-306	5.96	0.73	225	83.0	39.0
ZONA "B"	8-9-11-12-14-108-109-111-114-308-309-311-314	5.46	0.63	250	69.0	27.0
ZONA "C"	16-17-18-19-117-119-317-319	4.88	0.76	168	39.0	13.0

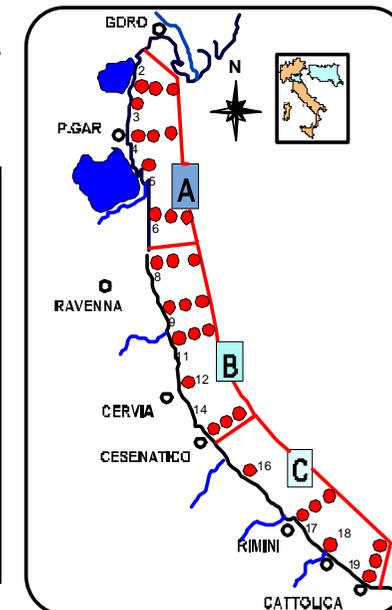


Tabella 10 - Acque costiere dell'Emilia-Romagna. Valutazione del rischio eutrofico. Anno 2008. Organizzazione dei dati di TRIX in Zone omogenee (0.5 - 3 Km) per medie e STD

Si ritiene che ai fini degli obiettivi di un Piano regionale di Tutela delle acque, siano necessarie informazioni più adeguate sul reale stato delle acque costiere, che non la semplice appartenenza a questo o a quello stato di trofia. Il giudizio di stato trofico è stato perciò integrato e completato dalla valutazione del Rischio Eutrofico a cui un sistema costiero può essere esposto.

Valutazione del rischio.

La definizione di rischio eutrofico che è stata adottata è la seguente (F. Giovanardi. Relazione Completamento quadro conoscitivo ecosistema marino):

note la media X_i e la STD S_i di una distribuzione campionaria di TRIX per una data area costiera, si intende per Rischio Eutrofico la probabilità di superamento dei limiti inferiori di stato mediocre e scadente. In pratica, anche quando la media di una distribuzione campionaria di dati di TRIX è compresa tra le 4 e 5 unità della scala trofica (stato buono), singoli valori puntuali possono superare i limiti inferiori di stato posti a valle dello stato buono. Più alta è la percentuale dei casi in cui si verifica questo superamento, più alto risulterà il rischio.

La valutazione di questo indicatore in termini quantitativi deriva direttamente dall'ipotesi di normalità delle distribuzioni di TRIX e molto semplicemente viene calcolata nel modo seguente: con $z = L - X_i > 0$, la Probabilità associata al rischio eutrofico è: $P = 100(1-\beta)$;

Si

con $z = L - X_i < 0$, la Probabilità risulterà: $P = 100\beta$.

Si

Nelle formule, β rappresenta il valore della funzione della distribuzione normale cumulata e può essere letta per ciascun valore di $|z|$ assegnato, sulle tavole riportate sui manuali. Il termine L vale 5 unità nel caso di superamento del limite inferiore dello stato Mediocre, oppure 6 unità nel caso di superamento del limite inferiore dello stato Scadente.

Nella Tab.9 sono riportati i risultati di questa procedura. Per ciascuna delle 3 subaree ritenute omogenee per media e STD di TRIX (Goro-Ravenna, Ravenna-Cesenatico, Cesenatico-Cattolica) vengono forniti i valori espressi in percentuale dei casi di superamento dei limiti inferiori di stato.

ARPA - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna

STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

V.le Vespucci, 2 - 47042 CESENATICO (FO)

Tel. 0547 83941 Fax 0547 82136

E-mail: daphne@arpa.emr.it

