

**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 2006**



Finito di stampare nel mese di dicembre 2007

*presso il Centro Stampa della Giunta Regionale*



# INDICE

## Rapporto sullo stato di eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia-Romagna nel 2006

### PARTECIPANTI ALL'INDAGINE

<b>SOMMARIO .....</b>	<b>3</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Introduzione e finalità.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Materiali e metodi .....</b>	<b>7</b>
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
<b>3 Condizioni meteo-marine.....</b>	<b>11</b>
<b>4 Risultati .....</b>	<b>11</b>
4.1 Temperatura.....	13
4.2 Salinità.....	14
4.3 Ossigeno disciolto.....	15
4.4 pH .....	15
4.5 Trasparenza (disco Secchi).....	16
4.6 Clorofilla "a" .....	16
4.7 Fitoplancton.....	17
4.7.1 Diatomee .....	17
4.7.2 Dinoflagellate .....	18
4.7.3 Altre Fitoflagellate .....	19
4.8 Azoto nitrico.....	19
4.9 Azoto nitroso .....	20
4.10 Azoto ammoniacale.....	21
4.11 Azoto totale .....	21
4.12 Fosforo ortofosfato .....	22
4.13 Fosforo totale.....	22
4.14 Silice reattiva .....	23
4.15 Rapporto N/P (frazione solubile).....	24
4.16 Rapporto Ntot/Ptot.....	26
4.17 Rapporto Ntot sol/Ptot sol .....	27
4.18 Indice Trofico ( TRIX ).....	27
4.19 Indice di Torbidità ( TRBIX ).....	35
<b>5 Evoluzione dei processi trofici nel 2006.....</b>	<b>39</b>
5.1 Eutrofizzazione.....	39
5.1.1 Evoluzione dei processi eutrofici nel 2006. Sintesi riassuntiva .....	49
5.2 Aggregati mucilluginosi.....	53
5.3 Macroalghe.....	53
5.4 Meduse .....	53
<b>6 Conclusioni.....</b>	<b>55</b>
<b>Figure e Tabelle.....</b>	<b>59</b>

### ALLEGATO: Programma annuale delle attività 2007





# INDICE delle TABELLE

Tabella 1 – Valori medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2006 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), 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) .....	109
Tabella 2 - Località e codici delle stazioni di monitoraggio e relative distanze dalla costa. ....	162
Tabella 3 - Coordinate geografiche e caratteristiche batimetriche delle stazioni della rete di monitoraggio.....	163
Tabella 4 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 2 località Bagni di Volano e stazione cod. 4 località Porto Garibaldi. ....	164
Tabella 5 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 6 località Casalborsetti e stazione cod. 8 località Marina di Ravenna. ....	165
Tabella 6 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 9 località Lido Adriano e stazione cod. 14 località Cesenatico. ....	166
Tabella 7 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 17 località Rimini e stazione cod. 19 località Cattolica. ....	167
Tabella 8 - Suddivisione della Scala Trofica riferita all'Indice Trofico TRIx in relazione allo Stato ed alle Condizioni dell'ecosistema. ....	168
Tabella 9 - Acque marino costiere dell'Emilia-Romagna (0.5-3 Km dalla costa) anno 2006. Classificazione Trofica basata sulle medie di TRIx e valori medi degli altri indici derivati per stazione di misura. .	169
Tabella 10 - Acque costiere dell'Emilia-Romagna. Valutazione del rischio eutrofico. Anno 2006. Organizzazione dei dati di TRIx in Zone omogenee (0.5 - 3 Km) per medie e STD.....	170



# 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. ....	61
Figura 2 - Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) .....	62
Figura 3 - Valori medi annuali portate fiume Po. Periodo 1917-2006.....	62
Figura 4 - Precipitazioni atmosferiche rilevate a Cesenatico .....	62
Figura 5 - Altezza onda rilevata nelle piattaforme metanifere AGIP "Garibaldi C/Cervia B" .....	62
Figura 6 - Andamenti temporali della Temperatura (linea continua) e della Salinità (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa .....	63
Figura 7 - Andamenti temporali dell'Ossigeno Disciolto (linea tratteggiata) e del pH (linea continua) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa .....	64
Figura 8 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" (linea continua) e della trasparenza (barre verticali) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa .....	65
Figura 9 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO <sub>3</sub> (linea continua) e del Nitrito N-NO <sub>2</sub> (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa. ....	66
Figura 10 - Andamenti temporali dell' Azoto Ammoniacale N-NH <sub>3</sub> (linea continua) e della Silice Si-SiO <sub>2</sub> (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.....	67
Figura 11 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO <sub>4</sub> (linea continua) e del fosforo totale P-TOT (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.....	68
Figura 12 - Andamenti temporali dell' Azoto totale N-TOT in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa. ....	69
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.....	70
Figura 14 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	71
Figura 15 - Andamenti temporali della Salinità in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	72
Figura 16 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	73
Figura 17 - Andamenti temporali del pH in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	74
Figura 18 - Andamenti temporali della Trasparenza nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa .....	75
Figura 19 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	76
Figura 20 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO <sub>3</sub> in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	77
Figura 21 - Andamenti temporali del Nitrito N-NO <sub>2</sub> in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	78
Figura 22 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH <sub>3</sub> in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	79
Figura 23 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	80
Figura 24 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO <sub>4</sub> in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	81
Figura 25 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	82
Figura 26 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. ....	83
Figura 27 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	84
Figura 28 - Andamenti temporali della Silice in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.....	85
Figura 29 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	86
Figura 30 - Andamenti temporali della Salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	87
Figura 31 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	88

Figura 32 - Andamenti temporali del pH in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	89
Figura 33 - Andamenti temporali della trasparenza nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	90
Figura 34 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico. ....	91
Figura 35 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO <sub>3</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	92
Figura 36 - Andamenti temporali del Nitrito N-NO <sub>2</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	93
Figura 37 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH <sub>3</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico. ....	94
Figura 38 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	95
Figura 39 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO <sub>4</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	96
Figura 40 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	97
Figura 41 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico. ....	98
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. ....	99
Figura 43 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale solubile/Fosforo totale solubile in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.....	100
Figura 44 - Andamenti temporali della Silice in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico .....	101
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 .....	102
Figura 46 - Portate Po e valori medi di Clorofilla "a" nelle tre subzone. La linea nera rappresenta il valore medio annuale del 2006 .....	103
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 2006, dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo.....	103
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. ....	104
Figura 49 - Medie climatologiche calcolate nelle stazioni a 3 Km agli estremi della costaa (Porto Garibaldi e Cattolica). Sono rappresentati i valori medi mensili e la deviazione standard delle principali variabili chimico-fisiche calcolate nel periodo 1993-2002. ....	105
Figura 50 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2006 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. ....	106
Figura 51 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2006 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. ....	107
Figura 52 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2006 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. ....	108
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 2006 .....	110
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 2006.....	111
Figura 55 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" (µg/l), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2006.....	112

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 2006.....	113
Figura 57 - Iso linee 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.....	114
Figura 58 - Iso linee 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.....	115
Figura 59 - Iso linee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	116
Figura 60 - Iso linee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	117
Figura 61 - Iso linee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	118
Figura 62 - Iso linee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	119
Figura 63 - Iso linee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	120
Figura 64 - Iso linee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.....	121
Figura 65 - Fasi evolutive degli stadi di aggregazione della mucillagine .....	122
Figura 66 - Casi di affioramento di mucillagine lungo la costa dell'Emilia-Romagna dal 1989 al 2006.....	123
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 .....	124
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 .....	125
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). .....	126
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 .....	127
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.....	128
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.....	129
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.....	129
Figura 74 - Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 2000 al 2006 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 del 2002 con quelli rilevati nel 2004 2005 2006 e le relative significatività (S= Significativo, n. S= non Significativo).....	130
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), Casalborgorsetti (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). .....	131
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. ....	132
Figura 77 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema. ....	133

Figura 78 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema. ....	134
Figura 79 - Variazioni temporali e rapporti delle componenti che concorrono a determinare l'Indice Trofico TRIX nelle stazioni costiere. $\text{LOG}(\text{Chl} \times \text{D}\% \text{O}) = \text{Indicatore di produttività reale o diretta.}$ $\text{LOG}(\text{DIN} \times \text{PT}) = \text{Indicatore di produttività potenziale}.....$	135
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 .....	136
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 % . .....	136
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.....	137
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 2006: medie stagionali. ....	138
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 2006: medie stagionali. ....	139
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.....	140
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.....	141
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 <sub>3</sub> nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale. ....	142
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 <sub>3</sub> nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale.....	143
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 <sub>4</sub> nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale. ....	144
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 <sub>2</sub> nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale. ....	145
Figura 91 - Classificazione delle acque costiere marine dell'Emilia-Romagna in base all'Indice Trofico TRIX calcolato come media per subarea nel 2006.....	146
Figura 92 - Classificazione dello stato qualitativo della fascia costiera sulla base dell'Indice Trofico TRIX disagregata in relazione all'influenza dei bacini costieri e padano. ....	147
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. ....	148
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. ....	149
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.....	150
Figura 96 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni costiere campione. ....	151
Figura 97 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali, calcolati per le stazioni costiere campione. ....	152
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.....	153
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) .....	154
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) ...	155

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. ....	156
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).....	157
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).....	158
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).....	159
Figura 105 -R apporto stagionale tra le specie di Diatomee e Dinoflagellate maggiormente rappresentate nelle stazioni costiere (0.5 Km) sul loro totale. ....	160
Figura 106 - Microalghe responsabili delle principali fioriture/abbondanze lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna durante il 2005-2006.....	161
Figura 107 - Cartografia georeferenziata della distribuzione della rete delle stazioni per il monitoraggio sull'eutrofizzazione effettuato a frequenza settimanale L.R 3/2000 e rete delle stazioni di controllo dello stato ambientale delle acque marino costiere (D.Lgs 152/99 e D. Lgs 258/00).....	162





## **PARTECIPANTI ALL'INDAGINE**

### **Parametri chimico-fisici delle acque:**

Giuseppe Montanari (gmontanari@arpa.emr.it)

Cristina Mazziotti (cmazziotti@arpa.emr.it)

Stefano Serra (sserra@arpa.emr.it)

Margherita Benzi (mbenzi@arpa.emr.it)

### **Determinazione della biomassa fitoplanctonica:**

Cristina Mazziotti (cmazziotti@arpa.emr.it)

Margherita Benzi (mbenzi@arpa.emr.it)

Claudio Silvestri (csilvestri@arpa.emr.it)

### **Analisi dei nutrienti:**

Carla Rita Ferrari (cferrari@arpa.emr.it)

Paola Martini (pmartini@arpa.emr.it)

Sandro Tarlazzi (starlazzi@arpa.emr.it)

### **Editing, elaborazione grafica e statistica:**

Giuseppe Montanari (gmontanari@arpa.emr.it)

Stefano Serra (sserra@arpa.emr.it)

Margherita Benzi (mbenzi@arpa.emr.it)

Patricia Santini (psantini@arpa.emr.it)

### **Stesura del testo**

Giuseppe Montanari (gmontanari@arpa.emr.it)

Attilio Rinaldi (arinaldi@arpa.emr.it)

Cristina Mazziotti (cmazziotti@arpa.emr.it)

Carla Rita Ferrari (cferrari@arpa.emr.it)

### **Coordinamento e segreteria organizzativa:**

Alessandra Tinti (atinti@arpa.emr.it)

### ***Struttura Oceanografica Daphne***

### ***ARPA - Emilia-Romagna***

### ***V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC***

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



## **PRESENTAZIONE**

Le attività di studio e di monitoraggio dell'ambiente marino prospiciente la costa dell'Emilia-Romagna assumono una significativa rilevanza nel comprendere dinamiche complesse che, per molti aspetti, vanno oltre il controllo dei fenomeni di eutrofizzazione. Monitorare il mare ed i suoi immissari fluviali costituisce infatti un elemento propedeutico alla valutazione dei cambiamenti climatici e delle loro dirette conseguenze in termini di innalzamento delle temperature medie, riduzione delle precipitazioni e processi di natura biologica che, con un lessico recente, sono detti *tropicalizzazione e meridionalizzazione*.

Nel rapporto annuale del 2006 si propone una dettagliata rassegna dei risultati acquisiti attraverso lo studio realizzato dagli operatori della Struttura Oceanografica Daphne. Dalla loro analisi emerge una condizione trofica che non supera per manifestazioni ed effetti quelle degli anni precedenti. I fenomeni di eutrofizzazione sono stati rilevati, nella maggior parte dei casi, nella sola area più prossima al delta del fiume Po. Un solo caso di “marea rossa” si è verificato nel Riccionese. Gli stessi effetti secondari, quali le anossie delle acque di fondo, non hanno assunto un carattere esteso ed in genere sono stati di breve durata. Non si sono avuti affioramenti di aggregati mucillaginosi.

Se dal quadro complessivo sullo stato ambientale emerge una condizione soddisfacente, si evidenzia nel contempo una preoccupante riduzione delle portate del fiume Po, che negli ultimi anni ha praticamente dimezzato i suoi apporti. Non si tratta più di “anomalie”, ma di vere e proprie “tendenze”, che aprono nuovi fronti di criticità in termini di reperimento della risorsa idrica necessaria a soddisfare sia le esigenze civili che quelle produttive e ambientali.

Da queste sottolineature si evince l'importante ruolo della Struttura Oceanografica Daphne dell'ARPA Emilia-Romagna, che sin dalle sue origini opera in stretta sinergia con il Centro Ricerche Marine di Cesenatico. Desidero rilevare, anche in questa occasione, l'importanza di aver concentrato in una unica sede competenze e professionalità che sono in grado di fornire sorveglianza e diagnosi di elevato valore scientifico. Il Centro Ricerche Marine, con la sua specializzazione nel settore delle biotossine algali e più in generale sulle condizioni igienico-sanitarie dei prodotti della pesca, l'Università di Bologna con l'attività di ricerca nel campo dell'ittiopatologia e dell'acquacoltura, la Daphne per la copertura analitica ed esplorativa nel settore della oceanografia applicata, apportano nel loro insieme un contributo straordinario e forniscono all'Amministrazione Regionale una solida garanzia di conoscenza, in prospettiva, dello stato ambientale e sanitario del nostro mare.

**Lino Zanichelli**

Assessore all'Ambiente e Sviluppo Sostenibile  
Regione Emilia-Romagna



## SOMMARIO

Da un punto di vista meteo-climatico, soprattutto in riferimento agli apporti sversati dal bacino padano, il 2006 ha presentato significative anomalie. Le portate del fiume Po nel periodo estivo sono state scarse con valori generalmente inferiori a 350 mc/sec. La portata media annuale (796 mc/sec) è risultata infatti inferiore a quella registrata lo scorso anno e di circa la metà più bassa rispetto al dato medio poliennale.

Anche il periodo invernale e primaverile è stato caratterizzato da basse portate del Po che nei mesi invernali non hanno quasi mai superato i 1000 mc/sec.

Nella terza decade di luglio nel tratto di mare antistante Riccione si è sviluppato un intenso processo eutrofico determinato dalla Raphidophyceae denominata *Fibrocapsa japonica* manifestandosi con colorazione rosso-marrone delle acque ed intensità elevate di biomassa.

Nella prima decade di settembre si è sviluppato un processo di ipossia/anossia delle acque bentiche. Mentre la condizione anossica interessava la fascia costiera da Ravenna, fino a Cesenatico, lo stato di carenza di ossigeno (ipossia) investiva un'area ben più vasta che si estendeva fino al delta padano.

Gli aggregati mucillaginosi nel 2006 non sono comparsi nel periodo estivo ma sono stati riscontrati per la prima volta in novembre e dicembre. Lo stato di aggregazione del materiale mucillaginoso a forma di reticoli e filamenti ha interessato soprattutto la colonna d'acqua mentre gli affioramenti sono stati sporadici e di limitate dimensioni. L'impatto del fenomeno si è manifestato soprattutto nel settore della pesca, particolarmente nelle zone centrali e meridionali dell'Adriatico. Come negli eventi degli anni scorsi è stata riscontrata la presenza della Dinoflagellata *Gonyaulax fragilis* quale elemento causale principale della produzione di essudati mucosi e lo stato di aggregazione è stato favorito dalla stabilità meteo-marina del periodo.

Dal rapporto azoto/fosforo si riconferma anche per il 2006 il ruolo del fosforo quale fattore limitante la crescita delle microalghe per la maggior parte delle stazioni monitorate sia in costa sia al largo. Durante il periodo estivo tale rapporto N/P tende ad abbassarsi fino a configurare condizioni di azoto limitazione particolarmente nella zona costiera.

Con riferimento al D. Lgs. 152/99 è stata effettuata la classificazione dello stato qualitativo ambientale delle acque costiere applicando l'Indice Trofico TRIX. Rispetto al 2005 è emerso un ulteriore miglioramento dello stato qualitativo ambientale avvicinandosi così alla condizione di stato "Buono" dell'ecosistema marino che rappresenta l'obiettivo da perseguire entro il 2008.

## SUMMARY

The year 2006 presented significant anomalies regarding the Po river-loads; during the Summer the Po river-flows were lower than  $350\text{m}^3/\text{sec}$ . The average annual flow ( $796\text{m}^3/\text{sec}$ ) was inferior.

Also in the Winter and in the Spring values higher than  $1000\text{m}^3/\text{sec}$  were never reached. The average annual flow was  $796\text{m}^3/\text{sec}$  half as much as the average climatological measurement.

At the end of July, the marine area facing Riccione showed a high intensity eutrophication event, with high concentration of biomass and red-brownish coloured waters, caused by the Raphidophyceae *Fibrocapsa japonica*.

Around the 15<sup>th</sup> of September occurrence of hypoxic conditions were evidenced in benthic sea-bed.

While the anoxic conditions were evidenced in the coastal zone from Ravenna to Cesenatico, an hypoxic area interested a wider zone as far as the river Po delta.

The mucilaginous material in summer 2006 did not happen, but for the first time it were apperared in November and in December; these appereances have been sporadic and confined to water column with small stringers. The consequence impact was on fishing activity, in particular in southern and central part of the Adriatic sea. The concomitant presence of the Dinoflagellate *Gonyaulax fragilis* and mucilaginous formations was respected.

As in the four previous years in 2006, on the basis of the N/P ratio, Phosphorous was the limiting factor in microalgal growth. During the Summer the N/P ratio decreased bringing to conditions of Nitrogen limitation in coastal zone.

Taking into account the D.Lgs.152/99, we classified the qualitative environmental state of coastal waters by the application of Trophic index (TRIX): if compared to the previous year, 2005 shows a statistically significant improvement, bringing near the “Good” qualitative state (target to obtain within the 2008).

# 1 INTRODUZIONE E FINALITÀ

Nel ritenere utile documentare e divulgare quanto emerso dalle attività di studio e monitoraggio sul decorso annuale dello stato di eutrofia di una parte significativa dell'Adriatico Nord-occidentale, si ripropone anche per l'anno 2006 il presente rapporto. 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 Km<sup>2</sup>;
- determinazione e conteggio delle specie fitoplanctoniche che sostengono le fioriture;
- 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 della concentrazione dei nutrienti (fosforo, azoto e silicati) e loro andamenti temporali e spaziali;
- determinazione dei principali parametri fisico-chimici delle acque (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla "a" e trasparenza), loro andamenti temporali e spaziali in relazione agli eventi meteorologici 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);
- 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 2006 sono state 145.





## **2 MATERIALI E METODI**

Il programma di monitoraggio condotto nel 2006 ha mantenuto gli stessi obiettivi e la stessa configurazione territoriale degli anni precedenti. E' 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, a -0,5 m dalla superficie, campioni di acqua 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 Sanità 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 (Fulgor 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. Oltre al dato pluviometrico vengono determinati la direzione e la velocità del vento.

L'altezza dell'onda (Figura 5) viene rilevata nelle piattaforme AGIP "Garibaldi C/Cervia A" collocata a 12 miglia ad Est di Ravenna (dati gentilmente concessi dall'ENI Exploration & Production di Ravenna).

Le portate del fiume Po (Figura 2) sono state fornite dal Servizio IdroMeteorologico 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 borico 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 borico 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, 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 il software applicativo Microsoft Excel e Surfer di Golden Software.

### **3 CONDIZIONI METEO-MARINE**

E' noto che l'apporto di acque fluviali rappresenta un fattore molto importante che, oltre ad influenzare lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero, gioca un ruolo fondamentale nel definire la struttura della colonna d'acqua e rappresenta un elemento forzante nella circolazione delle correnti costiere.

Le portate del fiume Po nel 2006 hanno registrato un andamento caratterizzato da modesti picchi di portata in autunno ed inverno. A tal riguardo va evidenziato che il valore medio annuale di portata è straordinariamente basso con solo 796 mc/sec (Figura 2), molto inferiore al valore medio annuale di 1472 mc/sec calcolato sul periodo 1917-2005 (Figura 3). Il picco massimo di portata si è avuto il 19 settembre con 4.041 mc/sec, il più basso il 22 luglio con 191 mc/sec. Dopo la magra estiva si è registrato uno sciame di picchi che hanno interessato il periodo compreso tra settembre e dicembre.

Le precipitazioni atmosferiche rilevate nella stazione meteorologica di Cesenatico (Figura 4) presentano i valori più rilevanti in aprile e nella prima parte dell'autunno. Il valore totale delle precipitazioni nel 2006 nella stazione di Cesenatico è stato pari a 614 mm.

I dati dell'altezza dell'onda (Figura 5), che forniscono una stima delle mareggiate, mostrano una maggiore frequenza di mare mosso nel periodo autunnale ed in quello primaverile con picchi massimi di 12 piedi di altezza dell'onda. Scarse e di modesta entità la mareggiate nel periodo invernale.

### **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 2005.

In Figura 48 sono rappresentati i diagrammi T-S riportati per 3 periodi dell'anno (marzo, maggio, settembre 2005) 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 illustrate con istogrammi di frequenza per parametro (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

Il decorso termico delle condizioni meteo-climatiche, come è noto, influisce 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). Valori del parametro al di sotto della media stagionale si evidenziano nel periodo fine febbraio inizio di marzo. Si è ripresentato, al contrario, un significativo riscaldamento delle acque superficiali con valori al di sopra della norma nei mesi compresi tra aprile e settembre. Una condizione che si sta riproponendo da alcuni anni, tendenze che mostrano stabilità nella stagione invernale e primaverile con un evidente e significativo incremento termico nel periodo estivo ed autunnale. 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 settembre ed ottobre. Si ha in tutti i casi una escursione annuale più contenuta rispetto a quella normalmente rilevata nelle acque superficiali.

I valori più alti riscontrati nelle stazioni settentrionali nella stagione estiva sono in relazione alla concomitanza di più fattori: l'apporto di acque fluviali più calde di quelle del corpo idrico ricevente, l'insistenza di focolai eutrofici che incrementano la torbidità dell'acqua determinando un maggior assorbimento della radiazione solare ed un maggiore ristagno conseguente al vortice orario che si genera nelle aree poste a Sud del delta del Po.

Il valore di temperatura più elevato è stato registrato l'1 agosto '06 con 28,7 °C nella stazione di Casalborgorsetti, il più basso è stato rilevato nella stazione di Cattolica il 27 gennaio '06 con 3,9 °C (vedi la statistica descrittiva di Tabella 5 e Tabella 7).

Il riscaldamento delle acque superficiali contribuisce nella formazione di termoclini più o meno marcati nelle stazioni off-shore (a 20 km da costa). Si rileva nel 2006 una minore stratificazione termica rispetto all'anno precedente. Sono comunque evidenti nel periodo compreso tra aprile e settembre. Le più evidenti condizioni di omeotermia si hanno nei mesi invernali (Figura 53 e Figura 54; Figura 59 e Figura 60).

I valori medi annuali (Figura 94) di temperatura delle acque superficiali presentano un lieve decremento costa-largo nel transetto 2, 4 e 6. Andamento inverso, tendente quindi all'aumento, si rileva negli altri transetti. I valori medi stagionali (Figura 96)

evidenziano un significativo decremento primaverile nei valori di temperatura passando da Nord a Sud. Una discreta omogeneità si rileva nelle restanti stagioni.

## **4.2 Salinità**

I valori di salinità nell'area costiera 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. Le stazioni più settentrionali, prossime agli apporti provenienti dal bacino padano, 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 86), 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 lineari 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 58 e Figura 59) si evidenziano scarse stratificazioni aline nel periodo estivo. Va comunque detto che la cronica riduzione degli apporti fluviali si è riproposta anche nel 2006 con effetti inconsueti per questa parte dell'Adraitico: i valori di salinità tendono ad alzarsi rispetto alle medie calcolate sul lungo periodo. Gli stessi aloclino risultano molto più attenuati rispetto alle normali condizioni strutturali (fisiche) di quest'area.

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, i valori più bassi nel periodo invernale in coincidenza con gli aumenti di portata del fiume Po (Figura 96) e con la particolare condizione idrodinamica che tende a diffondere lungo la fascia costiera la plume di acque dolci in uscita dal fiume.



### **4.3 Ossigeno disciolto**

Le concentrazioni dell'ossigeno disciolto nelle acque superficiali sono fortemente influenzate dalla 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 risonanza 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 ed 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) o spostamenti di acque di fondo meno ossigenate. Nelle acque di fondo i valori tendenti alla sottosaturazione sono per lo più dovuti alla domanda di ossigeno nei processi ossidativi e respiratori. Anche nel 2006 i casi di ipossia-anossia sono stati abbastanza circoscritti e limitati nel tempo. Detti eventi si sono manifestati in settembre nella sola area settentrionale ed in ottobre in maniera più estesa nella parte settentrionale e centrale (vedi Figura 47, Figura 57 e Figura 58).

Il valore più alto rilevato nelle acque di superficie è stato di 12,3 mg/l (stazione di Rimini il 10 ottobre '06), quello più basso è di 2,4 mg/l registrato a Cesenatico il 3 marzo '06 (vedi Tabella 4 e Tabella 7 di statistica descrittiva).

I valori medi annuali nelle acque superficiali (Figura 94) nelle stazioni distribuite sui transetti mostrano i valori più elevati nei transetti 2 e 4, significativamente più bassi ed omogenei i restanti transetti. Le medie stagionali delle acque superficiali confermano in tutte le stazioni i valori più elevati in inverno, i minimi in estate (Figura 94). Tale condizione è influenzata principalmente (ma non solo) dalla temperatura delle acque, in quanto nelle acque fredde aumenta la solubilità dell'ossigeno atmosferico nei confronti dell'acqua.

### **4.4 pH**

Variabilità del parametro piuttosto accentuata nelle stazioni settentrionali ove, tra l'altro, si hanno in genere i valori più elevati (Figura 7, Figura 17 e Figura 32). Il pH è in buona risonanza con l'ossigeno disciolto e con la clorofilla "a". Una maggiore stabilità del parametro nelle acque superficiali si ha nella stagione estiva. Sulla verticale

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 delle acque di fondo. 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 Cesenatico il 3 ottobre '06 con un valore di 8.06, quello più alto a Cattolica il 17 febbraio '06 con 8,88. I valori medi annuali (Figura 94) mostrano in genere una tendenza all'aumento passando dalle stazioni costiere verso quelle poste al largo. Le medie stagionali mostrano i massimi in inverno ed in autunno i minimi in primavera ed in estate (Figura 96).

#### **4.5 Trasparenza (disco Secchi)**

Nell'Adriatico Nord-occidentale si registrano valori di trasparenza delle acque molto variabili. Tale condizione è dovuta a molteplici fattori: apporti fluviali veicolanti a mare, detrito organico ed inorganico, incrementi di biomassa fitoplanctonica e processi di risospensione del particolato fine del sedimento generato dal moto ondoso. Gli andamenti temporali (vedi Figura 8, Figura 18 e Figura 33) mostrano, e riconfermano per l'ennesima volta, una maggiore torbidità delle acque nelle stazioni settentrionali in quanto più soggette ad apporti fluviali e ad aumenti della biomassa fitoplanctonica. Le più elevate trasparenze si osservano nella stagione estiva.

Trattandosi di stazioni costiere con fondali non particolarmente profondi in più casi la lettura del Disco di Secchi corrisponde al fondale. In casi estremi, caratterizzati da blooms microalgali, 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, i valori più elevati si sono avuti in autunno e primavera (Figura 96).

#### **4.6 Clorofilla "a"**

Come di norma avviene gli andamenti di questo parametro riconfermano una maggiore variabilità e valori più elevati nell'area settentrionale (Figura 8, Figura 19, Figura 34 e 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. I profili verticali (Figura 55-Figura 56), relativi alle stazioni 2004 e 2014, evidenziano incrementi del parametro

nei mesi di febbraio, marzo, aprile, ottobre e novembre. Stabilità si osserva in dicembre, gennaio e nei mesi estivi.

Il valore più elevato si è registrato il 16 ottobre '06 nella stazione costiera di Porto Garibaldi con 62.3 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 hanno in inverno nelle stazioni 9, 14, 17 e 19, le più basse in estate ed in autunno (Figura 96).

## **4.7 Fitoplancton**

L'analisi quali-quantitativa del fitoplancton ha contemplato i principali gruppi tassonomici che sono responsabili di "fioriture" nelle acque costiere regionali, quali Diatomee e Dinoflagellate. Sono state inoltre prese in considerazione sotto la voce "Altre" le fitoflagellate minori appartenenti alle classi delle Cloroficee, Euglenoficee, Criptoficee, Crisoficee, Rafidoficee, Prasinoficee, Primmesioficee, 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 porti canale.

### **4.7.1 Diatomee**

Rispetto all'anno passato le Diatomee hanno fatto registrare concentrazioni nettamente inferiori (un ordine di grandezza) durante tutto l'anno ed in tutte le stazioni. In inverno, come risulta evidente dalle medie stagionali (Figura 101), i quantitativi di Diatomee, sono pressoché simili tra le varie stazioni monitorate e non si sono registrate notevoli variazioni da nord a sud se non per valori lievemente superiori nelle stazioni meridionali. La specie *Skeletonema costatum*, anche quest'anno ha dominato la comunità dall'inizio dell'anno alla prima metà di aprile. Questa specie ha conferito alle acque una colorazione tipica giallo-marrone (Figura 106). Il massimo valore è stato registrato nella st. 6 durante la campagna del 22 marzo (47207504 cell/L). In primavera le quantità di Diatomee hanno subito un drastico calo. In questa stagione *Skeletonema costatum* ed il genere *Pseudonitzschia* si sono contese il primato del taxon più rappresentato. Il massimo annuale si è attestato a 10391082 cell/L il 13 giugno nella st. 2. Degno di nota è risultato essere anche il contributo di *Chaetoceros* spp limitatamente alla zona settentrionale, anche se il massimo annuale è stato registrato il 10 ottobre nella st. 14 con 9087592 cell/L. In questo periodo dell'anno si è instaurato un gradiente negativo nord sud che si è mantenuto fino alla fine di autunno; ha fatto eccezione la stazione 6 per la quale si sono registrati valori superiori a quelli della stazione a monte

(st. 4) in primavera ed estate e, in autunno, se pur di poco, i valori hanno superato quelli della stazione 2. Sia in primavera che in estate la zona settentrionale si è distinta dalle zone centrale e meridionale per i quantitativi nettamente più alti di Diatomee. In estate si sono mantenute basse le concentrazioni anche se, rispetto alla primavera le stazioni 2, 6, 9 hanno fatto registrare un lieve aumento. In autunno le concentrazioni sono diminuite ulteriormente nella zona settentrionale; i valori di *Skeletonema costatum* e di *Pseudonitzschia* spp. sono fortemente diminuiti e sono stati sostituiti da *Chaetoceros* spp. che ha dominato la comunità di Diatomee per tutta la stagione da nord a sud. Il minimo assoluto annuale di Diatomee totali è stato registrato il 21 agosto nella stazione 19 con un valore di 240 cell/L mentre il valore massimo assoluto lo si è registrato il 22 marzo con 47816182 cell/L nella stazione 6.

#### **4.7.2 Dinoflagellate**

Come avviene per le Diatomee le concentrazioni di Dinoflagellate sono risultate inferiori di un ordine di grandezza rispetto a quelle del 2005. I valori più bassi erano riferiti al periodo invernale mentre i valori più alti in autunno. Occorre però precisare che in alcune stazioni i valori totali stagionali sono da ricondurre ad eventi di abbondanza che si sono alternati ad altri di scarsa importanza. Analogamente all'anno precedente, questa tendenza è risultata evidente nella st. 4 nel periodo compreso tra la fine di aprile e la fine ottobre. Solamente in cinque delle venti campagne effettuate in questo intervallo di tempo si sono registrati valori abbondanti (Figura 101). Tali concentrazioni vanno da un minimo di 110936 cell/L del 4 settembre ad un massimo di 239406 cell/L del 29 settembre, concentrazioni totali non certo elevate ma di media entità.

In primavera si è registrato un aumento generalizzato in tutte le stazioni; tra queste la 2 e la 4 si sono distinte per i valori medi stagionali più elevati. In generale non si è osservata in questa stagione, e durante tutto il resto dell'anno, un gradiente geografico. In estate, nelle zone centrale e meridionale, le concentrazioni sono diminuite mentre nella zona settentrionale sono rimaste pressoché stabili fatta eccezione per la stazione 6 in cui si è osservato un aumento. Come già accennato sopra, in autunno si sono osservate le concentrazioni medie più alte. L'aumento ha interessato principalmente le stazioni meridionali; tra queste la stazione 14 si è distinta per i valori medi stagionali più elevati. Tra le specie più importanti dal punto quantitativo ricordiamo *Prorocentrum*

*minimum* che ha dominato la comunità nella stazione 2 in primavera ed estate; il massimo registrato è stato di 181700 cell/L il 29 settembre nella stazione 4.

In autunno prevalgono rappresentanti del genere *Gymnodinium* (in particolare st. 9, st. 14) con un massimo di 219554 cell/L del 29 settembre nella stazione 14, *Protoperidinium* con un massimo di 32706 cell/L del 28 settembre nella stazione 19 e *Gonyaulax* di cui *Gonyaulax polygramma* risulta essere il più rappresentativo con un massimo di 27626 cell/L registrato il 5 dicembre nella stazione 17. Il quantitativo massimo di Dinoflagellate totali (248205 cell/L) si è registrato nella stazione 9 il 29 settembre mentre il minimo è stato di 80 cell/L il 26 gennaio nella stazione 6.

#### **4.7.3 Altre Fitoflagellate**

Le concentrazioni minori si registrano tra maggio e giugno e tra novembre e dicembre ad eccezione della stazione 4 dove i minimi interessano i mesi di gennaio e novembre. Il valore minimo è stato registrato il 4 dicembre nella stazione 9 con 631314 cell/L. Le concentrazioni massime si sono registrate a cavallo tra l'autunno e l'inverno, con l'eccezione della stazione 14 dove i massimi si sono registrati tra gennaio e marzo. Il massimo registrato risale al 29 settembre nella stazione 2 con 111454720 cell/L. Andando a considerare i totali annuali si vede come la stazione 14 sia quella che ha mostrato la maggior persistenza e quantità di Altre fitoflagellate contravvenendo alla tendenza dell'anno passato in cui la predilezione da parte di questo gruppo spettava a zone più settentrionali. In generale si osserva come in tutte le stazioni i quantitativi registrati nel 2006 siano stati nettamente inferiori a quelli dell'anno precedente soprattutto per quanto riguarda gli episodi di massimi relativi e assoluti. Per quanto riguarda le fioriture della Rafidoficea *Fibrocapsa japonica* verificatesi nel 2006 in alcuni tratti strettamente costieri, si rimanda al paragrafo 5 dove è riportata la descrizione degli eventi accaduti.

#### **4.8 Azoto nitrico**

Questo parametro presenta concentrazioni il cui andamento è in genere ben correlato con le portate fluviali, del Po in particolare (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, 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 Casalborsetti l'11 maggio '06 con 1.710,61  $\mu\text{g/l}$  (vedi Tabella 4). Negli istogrammi delle classi di frequenza (Figura 98) il più elevato numero di valori, circa il 44% dei casi, è compreso tra 1 e 86  $\mu\text{g/l}$ . Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 99) viene evidenziata l'ampia variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali, in particolare nella stazione 6 quella di Casalborsetti.

#### **4.9 Azoto nitroso**

L'azoto nitroso presenta fluttuazioni temporali simili a quelle dell'azoto nitrico e con picchi ben correlati alle 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 più basse ad eccezione di alcuni casi (soprattutto nella stagione estiva ed autunnale) in cui i valori superano quelli rilevati in superficie. In queste circostanze si risente dei processi di rilascio conseguenti a stati di ipossia/anossia. Accentuata la variabilità del parametro nelle acque superficiali costiere delle stazioni settentrionali e centrali, condizione evidenziata nella Figura 99 dei diagrammi multipli di Box e Whiskers. Il valore massimo è stato registrato a Porto Garibaldi il 2 maggio '06 con 96,55  $\mu\text{g/l}$  (vedi Tabella 5). I valori medi annuali (Figura 94) mostrano i dati 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 (Figura 96) presentano le concentrazioni più elevate in inverno e autunno, i più bassi in estate. Le deviazioni standard sono ampie in tutte le stagioni. Negli istogrammi delle classi di frequenza (di Figura 98) si osserva come il 61% dei valori sono compresi tra 0 e 10  $\mu\text{g/l}$ .

#### **4.10 Azoto ammoniacale**

L'azoto ammoniacale presente nelle acque superficiali è prevalentemente di derivazione fluviale e dagli 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 rilevano nel periodo primaverile ed autunnale. Nelle acque superficiali la concentrazione più elevata è stata rilevata a Goro il 2 maggio '06 con 956,19 µg/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 i picchi più elevati in primavera, i più bassi in estate. Nel grafico relativo agli istogrammi di frequenza (Figura 98) si evidenzia come il 91 % delle determinazioni presenta concentrazioni comprese tra 0 e 48 µg/l. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 99) si nota una maggiore variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali.

#### **4.11 Azoto totale**

Il suo andamento ha una forte analogia con le altre componenti azotate. Mostra una forte variabilità ed una spiccata correlazione con le portate fluviali (Figura 12, Figura 23, Figura 38 e Figura 2). I valori più elevati si rilevano nel periodo invernale-primaverile. Dopo la pausa estiva, caratterizzata da una significativa flessione, si assiste ad un discreto incremento nelle concentrazioni nel periodo autunnale. Le massime concentrazioni di azoto totale si rilevano nelle stazioni collocate sui transetti più settentrionali in quanto maggiormente influenzati dagli apporti padani. Nelle acque di fondo il parametro evidenzia in genere valori più bassi ed uniformi. Il valore più elevato di 8.379.34 µg/l è stato rilevato il 2 maggio '06 a Casalborsetti.

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 standard in inverno-primavera, i più bassi in estate. Dagli istogrammi di frequenza (Figura 98) si può osservare come nel 67 % dei casi le concentrazioni sono comprese tra 99 e 414 µg/l. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 100) viene mostrata la maggiore variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali che tende a diminuire ed uniformarsi nelle stazioni meridionali.

#### **4.12 Fosforo ortofosfato**

L'ortofosfato (Figura 11, Figura 24 e Figura 39) mostra un'elevata variabilità nelle stazioni costiere. Condizione attribuibile all'alternarsi del regime di marea sui reflui costieri. Nelle stazioni più al largo l'ortofosfato tende ad uniformarsi su valori più bassi. Nelle acque di fondo le concentrazioni sono sugli stessi 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 Rimini il 9 marzo '06 con 75,97 µg/l (vedi Tabella 4). Le concentrazioni di questo parametro hanno mostrato, a partire dalla fine degli anni '80, una progressiva diminuzione in accordo con la diminuzione dei carichi generati. Ne è prova il fatto (vedi classi di frequenza in Figura 98) che su circa l'81% dei casi la concentrazione è compresa tra 0 e 4 µg/l. Va inoltre ricordato che trattandosi di elemento limitante la crescita algale è di norma quello che viene assimilato nella quasi totalità. I valori medi annuali (Figura 95) mostrano le maggiori concentrazioni nelle stazioni costiere, tendono a diminuire in quelle al largo. L'anomalia relativa alle stazioni 2 e 4 sono da attribuire alla plume del Po più prossima alle stazioni a 10 Km. I valori medi annuali tendono a decrescere da nord a sud e da costa verso il largo. Fanno eccezione le stazioni settentrionali in quanto direttamente interessate dalla plume del Po. Le concentrazioni medie stagionali nelle stazioni costiere settentrionali mostrano i valori più elevati nel periodo autunnale ed invernale (Figura 97), in primavera nelle stazioni centrali. Nei diagrammi di Box e Whiskers (Figura 100), il parametro evidenzia le più alte variabilità nelle stazioni settentrionali, più contenute e con una ridotta variabilità le stazioni meridionali.

#### **4.13 Fosforo totale**

Parametro con 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 è stata di 233,26 µg/l rilevata a Marina di Ravenna il 2 maggio '06.

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 inverno. Negli istogrammi di frequenza (Figura 98) si può notare come nel 61% dei casi



le concentrazioni del parametro sono comprese tra 0 e 24  $\mu\text{g/l}$ . Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 100), oltre ad evidenziare una spiccata tendenza alla diminuzione dei parametri statistici considerati da Nord a Sud, vengono mostrate distinte classi areali di concentrazione e variabilità, la prima con valori più elevati, comprende le stazioni 2, 4 e 6, la seconda con valori intermedi nelle stazioni 9 e 14, la terza con valori mediamente più bassi nell'area meridionale (stt. 17 e 19).

#### **4.14 Silice reattiva**

Le concentrazioni di questo elemento sono strettamente correlate alle 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. Spazialmente si nota come alte concentrazioni di silicati possono interessare vaste aree della fascia di mare costiera (vedi in Figura 90 i casi corrispondenti all'autunno ed all'inverno), tale distribuzione è correlata con i flussi di portata del Po. Il valore più elevato è stato rilevato a Marina di Ravenna il 27 marzo '06 con una concentrazione di 1.674,48  $\mu\text{g/l}$  (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 (vedi sua posizione in Figura 1). Stagionalmente si rilevano le maggiori concentrazioni in inverno ed in autunno (Figura 97), le più basse in estate. Le classi di frequenza riportate in Figura 98 evidenziano come il 56 % dei valori è compreso tra 0 e 168  $\mu\text{g/l}$ . 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 periodo estivo. I valori medi annuali del rapporto N/P e le relative deviazioni standard nelle acque superficiali (Figura 95) presentano valori che tendono a diminuire progressivamente passando da Nord a Sud e da costa verso il largo. Le medie stagionali (Figura 97) presentano i valori più elevati in inverno-primavera in quelle settentrionali, in inverno-autunno nelle centro-meridionali. Negli istogrammi di frequenza (Figura 98) viene evidenziato che nell' 81 % dei casi il valore N/P è compreso tra 1 e 212. I dati riportati nei diagrammi Box e Whiskers (Figura 100) mostrano come le maggiori variabilità si trovino nelle stazioni 2, 4 e 17.

Dall'analisi delle distribuzioni normali bi-variate dei rapporti Clorofilla/Nutrienti <sup>(i)</sup>, 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  $Log(ChA/PO_4)$  e  $Log(ChA/DIN)$  risulteranno molto prossime alla normalità. Se la pendenza della retta di regressione ortogonale:

$$Log(ChA/PO_4) = Log b + k Log(ChA/DIN),$$

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

---

<sup>i</sup> 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  $-45^\circ$  (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.

L'esame dei diagrammi che descrivono il ciclo annuale dei rapporti elementari Clorofilla su Azoto e Clorofilla su Fosforo, ci porta ad una prima constatazione: relativamente al parametro "Efficienza", l'anno 2006 è caratterizzato da un valore medio annuo che supera nettamente i corrispondenti valori registrati negli anni precedenti. Sia nell'area a ridosso del delta padano (Area Goro-CasalBorsetti), sia nell'area posta più a sud (Area Rimini-Cattolica), il rapporto  $(ChA/(N \times P)^{0.5})$ , scelto a rappresentare l'efficienza del sistema costiero a produrre biomassa sulla base dei nutrienti bio-disponibili, ha raggiunto valori di 5.45 e 5.71 rispettivamente, (negli anni precedenti, questa efficienza era contrassegnata da valori più ridotti, intorno alle 3 unità, specialmente nell'area più lontana dal delta). È evidente dunque la capacità del sistema Adriatico di adattarsi al regime idrologico imposto dal fiume Po. Il 2005 è stato infatti un anno caratterizzato da minimi storici di portata, con una media annuale di soli 807 mc/sec, la più bassa mai registrata a partire dal 1917. Questa tendenza si è poi accentuata nell'anno successivo, il 2006, con una portata media annuale ancora più bassa, di soli 796 mc/sec. Le ridotte portate medie si riflettono verosimilmente su una diminuzione complessiva dei carichi di nutrienti affluiti a mare; il sistema perciò risponde aumentando il rendimento di utilizzo dei nutrienti, per mantenere in ogni caso elevati i livelli trofici.

La seconda constatazione riguarda un'altra anomalia che contraddistingue l'anno 2006: la evidente differenziazione tra le due aree costiere prese in considerazione, relativamente al percorso mensile compiuto dalle oscillazioni del sistema. In pratica, nell'area di Rimini-Cattolica, sia la Clorofilla (intorno a 15  $\mu g/L$ ), sia l'Efficienza (intorno a 50 unità) presentano i massimi valori proprio all'inizio del ciclo annuale, nel mese di Gennaio. In questo caso si può proprio dire che l'elevata produttività espressa dal sistema coincide anche con il suo massimo rendimento. Al riguardo occorre sottolineare che il rapporto N/P in questo mese, ha assunto valori massimi (circa 500) e che le concentrazioni di fosforo ortofosfato disponibile nella colonna d'acqua, sono

state estremamente basse (prossime al limite di rilevabilità analitica), come sempre accade in Adriatico, in occasione di estese fioriture algali.

Solitamente il sistema Po-Adriatico “riprende attività” a partire dalla fine di febbraio e/o nelle prime settimane di marzo. Così infatti è avvenuto negli anni precedenti e così avviene anche nel 2006 nell’area Nord (Goro-Casalborsetti), dove l’avvio dei cicli algali si verifica in Febbraio-Marzo, con elevate concentrazioni di Clorofilla, mentre il picco di Efficienza si manifesta addirittura in Aprile.

La chiave di lettura basata sull’andamento del regime idrologico padano nell’anno precedente (2005), può rendere conto anche di questi diversi comportamenti. Gli ultimi tre mesi del 2005 hanno visto infatti succedersi eventi di piena di una certa entità (con massimi di portata comunque non superiori ai 3000 mc/sec), che hanno ricostituito il pool di nutrienti disponibili, lungo tutta la fascia costiera emiliano-romagnola. Il mese di Gennaio 2006 è stato invece un mese di bassi apporti padani (con portate intorno ai 700 mc/sec), con una scarsa influenza quindi sugli andamenti delle salinità nell’area Nord (più o meno uniformemente intorno a 35-36 psu), mentre più a Sud, nella fascia sottocosta localizzata nell’area di Rimini-Cattolica, permangono masse d’acqua con salinità inferiori (tra 32 e 34 psu). È in questa fascia che riprendono in anticipo, ma anche con massimo vigore, i cicli algali, che si estenderanno nei due mesi successivi all’intera fascia costiera emiliano-romagnola.

#### **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 e una modesta distribuzione sinusoidale. 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 calcolate sulle stazioni dei transetti (Figura 95) presentano i più bassi valori nelle stazioni costiere, tendono ad un lieve aumento in quelle al largo. Stagionalmente (Figura 97) le medie presentano i più alti valori in primavera, 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 marine 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"  $\text{mg/m}^3$
- 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 ( $\text{Log}_{10}$ ), 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 elaborazioni riportate relative alla distribuzione temporale e spaziale 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. Ad esempio durante il periodo invernale (gennaio, marzo) l'Indice Trofico si presenta in uno stato "Mediocre/Scadente" su tutta la fascia costiera.

L'analisi più dettagliata delle distribuzioni spaziali del TRIX mostra che mentre in gennaio la zona centro-settentrionale della costa presenta un Indice Trofico che identifica una condizione "Mediocre", la zona meridionale evidenzia una condizione "Scadente". In febbraio la situazione peggiora 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, riducendosi in marzo nell'area (3-6 Km). Inoltre 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 uniformare, su un vasto territorio, gli elementi che concorrono alla definizione dell'Indice Trofico.

Nel periodo primaverile (aprile-maggio) invece 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 “Mediocre” tra il delta del Po e i Lidi Ferraresi; “Buono” da Ravenna fino a Cattolica e “Elevato” nell’area che si estende da Cesenatico a Cattolica nelle zone verso il largo con Indice Trofico inferiore a 4.

In giugno si osserva un progressivo ed evidente miglioramento dello stato ambientale che si presenta nella condizione di stato “Elevato” in tutta la fascia costiera. Questa condizione favorevole ed in miglioramento rispetto all’anno precedente, è stata determinata dalla forte riduzione degli apporti a mare di fattori eutrofizzanti generati sia nei bacini costieri che in quello padano.

Nel periodo estivo le condizioni di stato trofico tendono a mantenersi stabili soprattutto in luglio ed agosto e, sebbene in agosto persista una condizione “Mediocre” confinata a ridosso del delta Po, la maggior parte dell’area mostra una situazione “Buono/Elevato” che sottende condizioni di acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, elevata trasparenza delle acque ed assenza di anomale colorazioni. Analogamente a quanto rilevato nel 2003, 2004 e 2005 sulla base dell'Indice Trofico e delle relative condizioni di stato qualitativo ambientale si può affermare che il periodo estivo 2006 è da annoverare tra i migliori degli ultimi 30 anni.

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" che, nel mese di novembre-dicembre, in concomitanza con un processo di eutrofizzazione che ha interessato tutta la fascia costiera caratterizzata da apporti consistenti e prolungati del fiume Po, si osserva che oltre il 95% del territorio monitorato si colloca in una posizione di stato trofico “Mediocre” con Indice Trofico compreso tra 5 e 6. Negli ultimi 3 mesi dell’anno si registra un peggioramento in confronto allo stesso periodo del 2005.

In linea generale l’andamento del TRIx è ben correlato con quello della Clorofilla “a”; bassi valori di Indice Trofico corrispondono basse concentrazioni di biomassa microalgale (Figura 69, Figura 70). Fanno eccezione a questo andamento alcuni casi limitati temporalmente nel periodo invernale e autunnale, nelle stazioni costiere della parte settentrionale, soggetta a maggiore variabilità, ove si riscontrano valori medio/alti di TRIx (superiori a 6.5 unità) in corrispondenza di basse concentrazioni di clorofilla “a” rilevando quindi il contributo di elevate quantità di nutrienti disciolti, in particolare dell’azoto inorganico disciolto (DIN), che concorrono a mantenere alto l’Indice TRIx.

In sintesi, rispetto lo scorso anno si evince un incremento del TRIx particolarmente nel periodo invernale mentre in autunno si registra una riduzione dell’Indice Trofico ed una situazione di stabilità nel periodo estivo caratterizzato da una condizione ambientale “Buono/Elevato”.



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 (47 % dei casi), stato trofico "Scadente", per la stazione 2 (0.5 Km Goro) e maggiore di 5, stato trofico "Mediocre", (82 % dei casi) per la stazione 4 (0.5 Km P. Garibaldi), valori leggermente inferiori rispetto la frequenza dei casi riscontrati nel 2005 ma di molto superiori se comparati con la situazione del 2003.

Nelle predette stazioni le oscillazioni di TRIX sono abbastanza accentuate e in più occasioni nei mesi di luglio/agosto nella zona costiera settentrionale, si è riscontrata una significativa diminuzione del TRIX con valori che si posizionano nella classe di stato "Buono" ed anche "Elevato".

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 od occasionale presenza di colorazione, confermando la medesima situazione rilevata negli anni precedenti. In quest'ultima parte della costa, l'andamento del TRIX mostra una più marcata stagionalità con incrementi del TRIX 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 succ.

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). Si può osservare a conferma di quanto rilevato gli anni precedenti, in tutte le tre zone considerate, una significativa correlazione tra il TRIX ed il LogN, LogP, LogCla, Log|OD%|, con coefficienti di correlazione che variano tra 0.33 e 0.88. 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 0.80 (Staz. 4 P. Garibaldi) e 1.11 (Staz 1019, 10 Km Cattolica), valori ancora una volta simili a quelli riscontrati negli anni precedenti.

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 1.68 nella stazione 1019 ad un massimo di 7.11 nella stazione 19 (0.5 Km da Cattolica) con un range di variazione di 5.4 unità di TRIX. Da notare che valori minimi inferiori a 2 di TRIX rilevati nella zona antistante Cattolica non erano mai stati osservati negli ultimi 10 anni.

Confrontando la posizione del valore medio del TRIX nelle quattro stazioni ottenuta nel 2006 con la stessa situazione riferita al 2002, 2003, 2004 e 2005 si osserva che mentre l'area a sud della costa rappresentata dalle stazioni 19 e 1019 rispettivamente antistanti 0.5 e 10 Km da Cattolica si mantiene invariata collocandosi nello stato "Buono" con un miglioramento dell'indice nella stazione 19, i punti di indagine che rappresentano la zona centrale e settentrionale della costa subiscono una riduzione dello stato trofico che, pur mantenendosi nella classe "Mediocre" si posizionano nella zona centrale della scala dimostrando un miglioramento della situazione rispetto lo scorso anno. Scomponendo i parametri che entrano nella formulazione dell'Indice Trofico in due classi di indicatori quali: 1) indicatori di produttività diretta o reale ( $\text{Log}(\text{CI}^{\text{a}} \times \text{OD}\%)$ ); 2) indicatori di produttività potenziale, ( $\text{Log}(\text{DIN} \times \text{Pt})$ ), 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 2006 il peso equivalente delle due componenti nella determinazione dell'Indice Trofico nelle acque costiere Emilia-Romagna.

Comparando i valori medi annuali di TRIX riscontrati nel 2006 con quelli rilevati dal 2000 al 2005 (Figura 74), si evince innanzitutto un gradiente in diminuzione dell'Indice Trofico da nord verso sud; una riduzione e quindi un miglioramento nelle tre stazioni costiere rispetto al 2005 ed un incremento nella stazione a 10 Km al largo di Cattolica. I valori medi annuali nelle tre stazioni costiere sono i più bassi degli ultimi 7 anni; però mentre nella zona settentrionale e centrale della costa sono ancora superiori a 5 (condizione "Mediocre"), nella parte meridionale si attestano nella classe di stato "Buono" con valori inferiori a 5, dimostrando un miglioramento della situazione.

In un quadro di sintesi spazio-temporale, si è voluto rappresentare la distribuzione dell'Indice Trofico nel territorio monitorato (1200 Km<sup>2</sup>) e mediato per stagione nelle singole stazioni della rete di controllo sull'eutrofizzazione (Figura 84).

In inverno tutte le acque marine della costa presentano condizioni qualitative assimilabili alla classe "Mediocre/Scadente" in peggioramento rispetto al 2005. In primavera la costa, si presenta simile a quella riscontrata nel 2005 caratterizzata da una zona centro-settentrionale "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 tangibile diminuzione dei valori del TRIX e tutta la fascia costiera si attesta in una condizione di stato ambientale "Buono/Elevato" con acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, elevata trasparenza, e assenza di anomale colorazioni, in ulteriore sensibile miglioramento rispetto al periodo estivo del 2005.

Nei mesi autunnali, a seguito dell'aumento delle portate del fiume Po e del relativo carico eutrofico, si evidenzia che la costa risulta ancora divisa in tre parti: "Scadente" nella zona settentrionale a ridosso del delta Po, "Mediocre" lungo la fascia costiera tra Ravenna a Cattolica e "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:

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

dove *S-mare aperto* (37.5 psu) rappresenta la salinità delle acque al largo, mentre *S<sub>i</sub>* 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  $r=0.77$  per la zona "A" (Goro-Ravenna).

Per una prima 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 "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento...", 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, 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 succ. 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  $5.12 \pm 1.12$  di Dev. Stand.; però mentre nella subarea settentrionale ci si trova vicino alla condizione "Mediocre" (TRIX medio=5.8), nella parte meridionale (Cesenatico-Cattolica) ci si colloca all'interno dello stato "Buono" (4.5).

Tutta la fascia costiera mostra un trend in diminuzione di questo Indice di stato Trofico in tutte le subaree rispetto l'anno precedente ad eccezione della parte centrale della

costa. Da rilevare che nella subarea meridionale le condizioni ambientali medie tendono ulteriormente a migliorare attestandosi nella classe “Buono” nelle zone di 0.5, 1 e 3 Km con TRIX rispettivamente di 4.8, 4.6 e 4.5.

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 43 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 (sono stati utilizzati 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” con un miglioramento rispetto al 2005. L’ulteriore disaggregazione dei dati per territorio provinciale mette in evidenza che la Provincia di Ferrara presenta TRIX medio di 5.19 che equivale ad uno stato ambientale “Mediocre”, quelle di Ravenna, Forlì/Cesena e Rimini mostrando un TRIX medio rispettivamente di 4.58, 4.63 e 4.22 posizionandosi nella stessa classe nella condizione di stato “Buono” con un tangibile miglioramento rispetto al 2005.

#### **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 come 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. 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/m<sup>3</sup>

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 biosature 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 dalla 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 della subarea 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 buona parte dei valori, si distribuiscono sui quadranti A e B che identificano, in termini di TRBIX, una zona prevalentemente colorata da sviluppo di fitoplancton ed una bassa trasparenza con presenza di torbidità dovuta anche alla componente minerale.

Diminuiscono rispetto lo scorso anno i valori che si posizionano nel quadrante C e D ad indicare una riduzione della componente minerale nella determinazione della trasparenza per questa zona.

Nell'area più meridionale "Zona C", i vettori si distribuiscono più o meno uniformemente nei 4 quadranti con un aumento rispetto all'anno precedente dei valori del quadrante A e D, indicando una diminuzione dell'effetto della presenza della biomassa microalgale nella determinazione della trasparenza nella zona, quindi la torbidità 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 come componenti di un vettore, dovrebbero 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 2006**

### **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 dell'Emilia-Romagna nel 2006

##### **Bollettino N 1 del 10 - 12 Gennaio 2006**

La fascia costiera monitorata che si estende dal delta Po a Cattolica è interessata da una fioritura di Diatomee del genere *Skeletonema* e *Thalassiosira*. Lo sviluppo della biomassa microalgale si manifesta più intensa ed estesa nella zona meridionale rispetto a quella settentrionale con valori che superano di 3-4 volte il limite della condizione di eutrofia. I venti di maestrale unitamente alle scarse portate del fiume Po (630 mc/sec in questo periodo risultano meno della metà della media annuale), determinano un generale livellamento su tutta la costa delle condizioni idrologiche che si mantengono attorno ai valori medi del periodo. Soltanto la temperatura risulta di 2-3 °C inferiore rispetto al dato climatologico. Lungo la zona costiera la trasparenza è ancora bassa soprattutto nelle aree soggette al processo eutrofico e tende a migliorare nelle stazioni verso il largo e nella parte settentrionale della costa.

##### **Bollettino N 2 del 26 - 27 Gennaio 2006**

L'intensa e prolungata mareggiata che nei giorni scorsi ha interessato la costa emiliano-romagnola, ha determinato da un lato un completo ricambio e miscelamento delle masse d'acqua e dall'altro ha dissolto e disperso i processi di eutrofizzazione riscontrati nella prima decade di gennaio. Sebbene in diminuzione permane nell'area centro-meridionale una condizione di alta produttività con indici di biomassa microalgale medio/alti. L'elevata torbidità (inferiore al metro) è causata dalla risospensione del materiale sedimentario fine. Da segnalare le basse temperature registrate, comprese tra 4 e 6 °C, che risultano inferiori di circa 2°C rispetto la climatologia decennale. Tutte le altre variabili idrologiche monitorate nella colonna d'acqua rientrano nella variabilità media del periodo.

##### **Bollettino N 3 del 07 - 08 Febbraio 2006**

Permane lungo la fascia costiera emiliano romagnola una condizione di medio/alta eutrofizzazione estesa anche nelle zone verso il largo (6-10 km dalla costa). Gli elevati livelli di biomassa microalghe sostenuti da Diatomee, determinano una colorazione verde-bruna delle acque superficiali ed una bassa trasparenza. Il processo eutrofico alimentato dagli apporti di nutrienti sversati dai bacini costieri e padano, si mantiene ancora attivo nonostante il mare mosso dei giorni scorsi e si presenta più intenso e accentuato nella zona centro-meridionale della costa con valori medi due volte superiori il limite della condizione di eutrofizzazione. A parte la stratificazione dovuta alle acque dolci, nella zona costiera settentrionale in generale, la colonna d'acqua è ben rimescolata ed i parametri idrologici risultano omogenei dalla superficie al fondo. Da segnalare le basse temperature superficiali che oscillano tra 4.6 e 6 °C risultando inferiori di circa 2°C rispetto alla media climatologica del periodo.

**Bollettino N 4 del 21 Febbraio – 01 Marzo 2006**

Lungo la fascia costiera emiliano-romagnola è ancora in atto un processo di eutrofizzazione che si estende fino a circa 6 Km dalla costa. Lo sviluppo microalgale è sempre sostenuto da Diatomee che conferiscono una colorazione verdastra alle acque superficiali e provocano una forte riduzione della trasparenza che varia da 0.5 a 1 m. Tale condizione si mantiene da diversi giorni nonostante le frequenti mareggiate del periodo. A testimonianza dei cospicui apporti di acque dolci sversate sia dai bacini costieri che da quello padano è la sensibile riduzione della salinità nello strato superficiale (2-3 metri) che si attesta, nell'area settentrionale a circa il 30 % in meno rispetto al valore medio della zona, determinando una stratificazione della colonna d'acqua, inusuale per questo periodo. Non si rilevano anomalie nella distribuzione dell'ossigeno disciolto che nella maggior parte dei casi risulta in sovrasaturazione in superficie e nella norma a livello del fondale. Da segnalare infine le basse temperature di superficie che oscillano tra 5.5 e 7.5 °C risultando inferiori di 2-3 °C rispetto al valore medio del periodo.

**Bollettino N 5 del 15-16 Marzo 2006**

La parte centro-settentrionale della fascia costiera emiliano-romagnola non è interessata da processi di eutrofizzazione. I livelli di biomassa microalgale riscontrati sono medio/bassi. Nella zona meridionale invece si osserva un incremento del livello trofico assimilabile ad una condizione di eutrofia. La prima decade di marzo è stata caratterizzata da mare mosso che, da un lato ha dissolto e disperso i fenomeni eutrofici registrati in febbraio, dall'altro ha attivato forti correnti costiere determinando un significativo ricambio delle masse d'acqua. Anche la colonna d'acqua risulta omogenea dalla superficie al fondo; tutti i parametri idrologici (temperatura, salinità, densità, ossigeno, pH) risultano omogenei dalla superficie al fondo. Su tutta l'area si rileva una elevata torbidità (la trasparenza oscilla tra 0.5 e 1.0 m), causata essenzialmente dalla risospensione del sedimento fine. In corrispondenza dei fiumi costieri si osserva il cospicuo sversamento di acque dolci limacciose, separate nettamente dalle acque salate. La temperatura di superficie, variando tra 7.0 e 7.5 °C, presenta valori ancora inferiori di 2-3 °C rispetto alla media del periodo.

**Bollettino N 6 del 21-22 Marzo 2006**

Lo stato qualitativo delle acque costiere evidenzia un peggioramento rispetto la scorsa settimana. Gli indici trofici sono in generale aumento configurando una condizione generalizzata di eutrofizzazione su tutta la fascia costiera dell'Emilia-Romagna, estesa anche nelle stazioni verso il largo (6-10 Km). La fioritura microalgale, determinata essenzialmente da Diatomee, provoca una colorazione verdastra delle acque superficiali ed in generale determina una sensibile riduzione della trasparenza delle acque che oscilla attorno al metro. Il processo eutrofico in atto è favorito da un lato da condizioni meteo marine stabili, dall'altro da apporti di nutrienti sversati sia dai bacini costieri che da quello padano, come dimostrato dalla forte riduzione della salinità.

**Bollettino N 7 del 27-28 Marzo 2006**

Nella zona monitorata continua a persistere una condizione generalizzata di eutrofia caratterizzata da forti sversamenti di acque dolci di origine padana con bassi valori di salinità. Lo sviluppo della biomassa microalgale si manifesta in maniera più intensa nella zona centrale e meridionale; in particolare nella zona sud al largo si registra un incremento del livello trofico dovuto al rientro della corrente discendente. Non si rilevano anomalie dell'ossigeno che nella maggior parte dei casi risulta in sovrasaturazione in

superficie e nella norma a livello del fondale. I valori di temperatura di superficie sono in leggero aumento (1-2 gradi) rispetto a quelli della settimana scorsa .

#### **Bollettino N 8 del 10-12 Aprile 2006**

La forte variabilità meteo-marina che ha caratterizzato la fascia costiera nella scorsa settimana ha determinato un sostanziale ricambio e miscelamento delle acque e, conseguentemente, ha ridotto lo stato di eutrofia riscontrata nel precedente monitoraggio. Gli indicatori di stato trofico risultano bassi con valori medi compresi tra 3 e 4 µg/L di clorofilla "a", la colonna d'acqua è instabile con i parametri idrologici che si dispongono in modo uniforme dalla superficie al fondo. La salinità mostra valori medio-alti indicando un impatto limitato degli apporti sversati dai bacini costieri e da quello padano. Permane tuttavia una elevata torbidità causata dalla risospensione del sedimento che riduce la trasparenza a circa 1 m. La temperatura di superficie è di 2°C inferiore alla media del periodo.

#### **Bollettino N 9 del 18-20 Aprile 2006**

I controlli sullo stato ambientale della fascia costiera evidenziano una diversificazione tra la zona meridionale e quella centro-settentrionale. Nell'area che si estende da Cesenatico a Cattolica si registrano bassi valori di biomassa microalgale ed elevata trasparenza. Questa situazione è in gran parte favorita dalla modificazione della circolazione delle masse d'acqua che in questo periodo tendono a spostarsi dal largo verso costa. Nella parte centro-settentrionale si osserva un incremento della componente microalgale, al limite della condizione di eutrofia, con un peggioramento rispetto il precedente monitoraggio. In quest'ultima sub-area si evidenzia anche una riduzione della salinità a conferma della consistenza degli apporti dai fiumi costieri che alimentano lo sviluppo microalgale in atto e riducono la trasparenza attorno al metro di visibilità. In linea con l'andamento medio del periodo risultano le altre variabili idrologiche acquisite senza evidenziare particolari anomalie.

#### **Bollettino N 10 del 26-27 Aprile 2006**

La fascia costiera che si estende da Ravenna a Cattolica non è interessata da fioriture microalgali. Quest'area è caratterizzata da elevata trasparenza, bassi valori di biomassa microalgale ed alta salinità. Permane invece la condizione di eutrofizzazione (Diatomee dominanti) nella zona compresa tra Ravenna ed il delta Po. Detto stato è favorito dagli apporti di nutrienti sversati dal bacino padano e dal fiume Reno, come dimostrano la diminuzione della salinità, la colorazione delle acque e la riduzione della trasparenza nella zona. Le temperature delle acque costiere sono in aumento ed in linea con i valori medi del periodo. Entro la norma risultano le restanti variabili idrologiche acquisite.

#### **Bollettino N 11 del 02-03 Maggio 2006**

La zona costiera monitorata compresa tra Bagni di Volano e Marina di Ravenna è caratterizzata da bassi valori di salinità ed elevati valori di clorofilla, anche nelle stazioni al largo. Gli alti valori di biomassa microalgale sono sostenuti principalmente dalla presenza di Diatomee e di fitoflagellati di origine fluviale. I continui apporti fluviali dal bacino padano e dai bacini costieri determinano un'elevata torbidità in tutta l'area costiera. Anche la zona meridionale risulta interessata da salinità bassa presentando un valore medio intorno ai 32 psu. Nella norma i valori dell'ossigeno disciolto sia in superficie che sul fondo. Le temperature delle acque superficiali si mantengono stabili rispetto a quelle rilevate la settimana precedente.

**Bollettino N 12 del 10-11 Maggio 2006**

I controlli sullo stato qualitativo dell'ecosistema costiero evidenziano un miglioramento rispetto la scorsa settimana. Permane nell'area localizzata tra Casalborsetti ed il delta Po una rilevante presenza di biomassa microalgale favorita dall'apporto di acque fluviali. Sebbene in questa zona non si raggiungano i limiti dello stato di eutrofia, le acque superficiali presentano un'alta torbidità, dovuta agli apporti limacciosi sversati dai fiumi, ed una colorazione verde per lo sviluppo del fitoplancton. La zona centro-meridionale della costa mostra elevata salinità, buona trasparenza ed assenza di processi eutrofici in atto. La temperatura delle acque superficiali è di circa 2 °C inferiore rispetto l'area settentrionale.

**Bollettino N 13 del 15-16 Maggio 2006**

La fascia costiera monitorata che si estende da Goro a Cattolica non è interessata da fioriture microalgali. Se si esclude la zona prossima al delta del fiume Po, dove si registra un lieve incremento della biomassa fitoplanctonica, in diminuzione rispetto la scorsa settimana, la restante area che va dai Lidi Ferraresi fino a Cattolica è caratterizzata da salinità elevata, bassi valori di clorofilla e buona trasparenza. Il buono stato ambientale è determinato da un lato dagli scarsi apporti dei fiumi costieri ma soprattutto dalla peculiare circolazione idrodinamica che favorisce il trasporto delle masse d'acqua dal largo verso costa. La colonna d'acqua inizia a stratificarsi con la formazione di un termoclino posizionato a 4-5 metri di profondità con temperature nella parte superficiale comprese tra 16 e 17 °C ed uno strato profondo con valori termici attorno ai 13 °C. Da segnalare, nella parte centro-meridionale della costa la eccezionale trasparenza delle acque che, nelle stazioni a 10 Km verso il largo, raggiunge i 12-13 metri.

**Bollettino N 14 del 22-26 Maggio 2006**

L'attività di monitoraggio lungo la costa emilano-romagnola ha rilevato un aumento significativo della temperatura delle acque superficiali con valori medi intorno ai 20° C. L'area costiera più settentrionale (P. Garibaldi – Bagni di Volano) risente degli apporti fluviali e presenta valori di salinità bassi e un aumento della biomassa microalgale sostenuta principalmente da Diatomee (*Skeletonema* spp). La zona più meridionale della costa (Cesenatico-Cattolica) presenta, al contrario, valori di clorofilla bassi e trasparenza alta, attestando una condizione qualitativa buona delle acque.

L'ossigeno disciolto si presenta con valori nella norma lungo tutta la colonna d'acqua.

**Bollettino N 15 del 13-14 Giugno 2006**

Lo stato qualitativo delle acque costiere presenta, in generale, una condizione ambientale “buona” caratterizzata da livelli medio-bassi di biomassa microalgale; i valori più alti di clorofilla si registrano lungo il transetto di Goro, raggiungendo comunque concentrazioni non significative. La salinità si presenta alta lungo tutta la costa ed il recente moto ondoso ha determinato miscelamento delle acque con conseguente riduzione dei termoclini. I valori di concentrazione di ossigeno disciolto rientrano nella norma, salvo isolati casi tendenti all'ipossia nella zona più settentrionale della costa nel tratto compreso tra 1 e 10 Km. La temperatura delle acque superficiali è in modesto aumento (circa 1 grado) rispetto la scorsa settimana.

**Bollettino N 16 del 19-20 Giugno 2006**

Si mantengono buone le condizioni qualitative dell'ecosistema marino costiero dell'Emilia-Romagna. La zona settentrionale presenta bassi, un notevole aumento dei valori di salinità che attestano scarsità negli apporti di acque dolci dai bacini costieri e dal bacino padano. I valori di salinità sono in aumento anche

nella zona centrale e meridionale della costa monitorata. La temperatura delle acque superficiali è in aumento soprattutto nella zona più a nord dove raggiunge valori medi di 23°C. Lungo la fascia costiera si registra una elevata trasparenza delle acque. I valori di ossigeno disciolto non presentano anomalie, rientrano tutti nella norma sia in superficie che sul fondo.

#### **Bollettino N 17 del 26-27 Giugno 2006**

Permane buona la qualità dell'ambiente marino lungo la costa dell' Emilia Romagna fino a 10 km al largo (Bagni di Volano - Cattolica). Il perdurare di una condizione meteo-marina stabile ha determinato l'aumento della temperatura delle acque superficiali e la formazione di marcate stratificazioni nella colonna d'acqua a circa 3-4 metri di profondità. La elevata trasparenza è favorita dai bassi livelli di biomassa microalgale in sospensione. Valori un pò più alti si registrano solamente nell'area più a nord. L'ossigeno disciolto si presenta in concentrazioni normali sia in superficie che sul fondo. I valori di salinità si mantengono elevati sia nella zona settentrionale che nelle zone centro-meridionali.

#### **Bollettino N 18 del 05-06 Luglio 2006**

L'area costiera antistante l'Emilia-Romagna presenta una situazione sostanzialmente invariata rispetto ai controlli delle settimane precedenti. Si registrano temperature in leggero aumento nella zona centro-meridionale, mentre nella zona più a nord la temperatura media è di 26,5 °C, inferiore di circa un grado rispetto alla scorsa settimana. Nell'area compresa tra Porto Garibaldi e Bagni di Volano gli indicatori di trofia risultano più elevati (da costa fino ai 3 Km al largo). In diminuzione la trasparenza dell'acque. Le restanti aree presentano valori bassi di clorofilla. Non si registrano anomalie per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, attestando una buona ossigenazione dell'intera colonna d'acqua. Nella norma anche i valori di salinità che insieme a tutti gli altri parametri conferiscono, in generale, all'ecosistema marino una qualità ambientale "buona".

#### **Bollettino N 19 del 10-11 Luglio 2006**

L'area costiera monitorata da Bagni di Volano a Cattolica rivela buone condizioni qualitative in linea con quelle rilevate nelle settimane precedenti. Sono stati rilevati bassi indici di biomassa microalgale, elevate trasparenze e valori di salinità medio-alti. I controlli dell'ossigeno disciolto registrano una condizione di ipossia nella zona localizzata a ridosso del delta del Po, mentre nell'area restante non si registrano anomalie. In leggero incremento le temperature delle acque superficiali nella zona centro-settentrionale.

#### **Bollettino N 20 del 19-20 Luglio 2006**

Si continua a registrare una buona qualità dell'ambiente marino antistante la costa dell'Emilia-Romagna. Lungo tutta l'area monitorata, che si estenda da Bagni di Volano a Cattolica, si registrano bassi valori di biomassa microalgale e una buona trasparenza delle acque soprattutto nella zona più meridionale da costa fino a 10 Km al largo. I valori di salinità tendono ad aumentare lungo tutta la costa, questa tendenza sottolinea la scarsità di apporti di acque dolci immesse dai bacini costieri. Rispetto alla settimana scorsa i valori di concentrazione di ossigeno disciolto in superficie si mantengono nella norma in tutta l'area monitorata, mentre quelli misurati sul fondo, indicano una condizione tendente all'ipossia localizzata tendenzialmente nella zona più a nord della costa (Goro-Porto Garibaldi). La temperatura delle acque superficiali si mantiene elevata; si registra la formazione di evidenti termoclini nelle stazioni localizzate più al largo. Si segnala la presenza di cubomeduse (*Carybdea marsupialis*) nei primi tratti costieri.

**Bollettino N 21 del 24-26 Luglio 2006**

Causa avaria alla strumentazione analitica di bordo la zona monitorata comprende le sole aree "B" e "C", le attività riprenderanno normalmente dal prossimo lunedì. Dai dati rilevati emergono alti valori di salinità, buone trasparenze delle acque e valori di temperatura superiori alla media del periodo di 1-2 °C. Le concentrazioni dell'ossigeno disciolto rientrano nella norma sia nelle acque di superficie che di fondo. Si segnala una limitata fioritura microalgale determinata dalla flagellata *Fibrocapsa japonica* nell'area del riccionese, detto fenomeno provoca torbidità ed una colorazione bruna delle acque.

**Bollettino N 22 del 01-03 Agosto 2006**

La bassa concentrazione degli indicatori di stato trofico attesta l'assenza di processi eutrofici in atto, una trasparenza medio/alta ed in generale una salinità al di sopra del valore medio climatologico a seguito degli scarsi apporti sversati sia dal fiume Po che dai bacini costieri. Limitatamente ad alcune zone della parte centrale della costa si evidenziano casi di lieve sottosaturazione dell'ossigeno disciolto. La colonna d'acqua risulta in gran parte omogenea. Ancora elevate le temperature delle acque superficiali che si mostrano al di sopra di 2 °C rispetto la media poliennale del periodo attestandosi attorno ai 28,5 °C.

**Bollettino N 23 del 07-09 Agosto 2006**

Le condizioni meteo-marine favorevoli, il mare mosso e soprattutto la peculiare circolazione delle masse d'acqua, hanno apportato un ulteriore miglioramento della situazione ambientale rispetto la scorsa settimana. In particolare il richiamo delle acque di fondo verso costa per effetto dei venti di libeccio/ponente hanno determinato una riduzione della temperatura di circa 3°C, un innalzamento della salinità su valori inusuali per le acque costiere, una riduzione della biomassa microalgale, un completo rimescolamento della colonna d'acqua ed un incremento della trasparenza. Per tutta la fascia costiera sono assenti i fenomeni eutrofici, ed anche gli isolati casi di ipossia della scorsa settimana sono stati risolti.

**Bollettino N 24 del 14-16 Agosto 2006**

La fascia costiera monitorata si presenta con buone condizioni. Il continuo spirare dei venti dai quadranti meridionali mantiene lo stato ambientale dell'ecosistema marino-costiero in condizioni buone. Rispetto settimana scorsa è da registrare un incremento dei valori di clorofilla nella subarea a nord di Ravenna (Diatomee dominanti). Le concentrazioni dell'ossigeno disciolto rientrano nella norma sia nelle acque di superficie che di fondo. In diminuzione di un paio di gradi la temperatura delle acque superficiali.

**Bollettino N 25 del 21-22 Agosto 2006**

La zona monitorata che si estende da Goro a Cattolica continua a presentare una qualità dell'ambiente marino costiero "buona". In leggero aumento la temperatura delle acque superficiali nell'area settentrionale della costa. Nella stessa zona, rispetto la scorsa settimana, si registra un leggero aumento del valore medio di clorofilla "a" dovuto a maggiori concentrazioni di biomassa microalgale soprattutto nell'area compresa tra Porto Garibaldi e Goro da costa fino a 10 Km al largo. Lungo la colonna d'acqua il valore di ossigeno disciolto si presenta nella norma. I valori di salinità si mantengono in generale elevati in tutte le stazioni.

**Bollettino N 26 del 28 Agosto-01 Settembre 2006**

L'incremento degli apporti fluviali costieri e dal Po hanno determinato nella zona settentrionale della costa (dal delta Po fino a Ravenna) una condizione di eutrofizzazione innescata da Diatomee. Per la loro alta concentrazione le acque presentano una colorazione verde-marrone. Associata a questa situazione si osserva una riduzione generale della trasparenza e della salinità. In aree localizzate e limitate in corrispondenza del delta padano si rileva uno stato di ipossia/anossia nelle acque di fondo. Nella parte centro-meridionale della costa lo stato ambientale migliora sensibilmente con assenza di processi eutrofici ed un aumento della trasparenza.

**Bollettino N 27 del 04 - 06 Settembre 2006**

La zona monitorata (Bagni di Volano – Cattolica ) presenta una limitata condizione di eutrofia nella sola area a ridosso del delta del fiume Po. I valori di clorofilla "a" in quell'area sono comunque più bassi rispetto a quelli misurati la precedente settimana. Medio alti i valori di salinità dell'intera fascia marina costiera. La temperatura delle acque superficiali è leggermente al di sopra del valore medio del periodo. Limitati casi di ipossia nelle acque di fondo sono stati rilevati nell'area prossima al delta del Po. In genere buona la trasparenza delle acque.

**Bollettino N 28 del 11 - 12 Settembre 2006**

Lungo l'area costiera emiliano-romagnola si registra un incremento della biomassa microalgale rispetto la settimana scorsa, soprattutto nelle zone centro-settentrionali. Alti valori di clorofilla indicano uno elevato stato di trofia delle acque che si estende fino ai 3 Km al largo in particolar modo nell'area compresa tra Marina di Ravenna e Lido delle Nazioni. I valori di salinità tendono a diminuire lungo tutta la costa in concomitanza di apporti di acque dolci provenienti dai bacini costieri. Bassa trasparenza delle acque. Non si evidenziano eventi anossici nelle acque di fondo, permane comunque una situazione tendente all'ipossia nell'area compresa tra Marina di Ravenna e Lido delle Nazioni da costa fino ai 10 Km al largo.

**Bollettino N 29 del 19 - 20 Settembre 2006**

Nella zona costiera monitorata (Bagni di Volano - Cattolica) si continua a registrare una situazione di eutrofizzazione dell'ecosistema marino costiero, soprattutto nella zona centro-settentrionale. I valori di clorofilla "a", nonostante siano più bassi rispetto la settimana scorsa, attestano un discreto stato di trofia delle acque anche lungo la colonna d'acqua e da costa fino ai 10 Km al largo. La salinità presenta valori bassi nella zona settentrionale per i recenti e cospicui sversamenti provenienti dal bacino Padano; nelle altre zone il parametro si mantiene su valori di 34/35,5 psu. La presenza di detrito nelle acque sia in costa che al largo determina una bassa trasparenza. I valori di ossigeno disciolto registrati non evidenziano situazioni di anossia sul fondo anche se, come la settimana scorsa, rimangono alcune zone tendenti all'ipossia.

**Bollettino N 30 del 28 - 29 Settembre 2006**

Lungo la fascia costiera emiliano-romagnola è in atto un processo di eutrofizzazione più intenso nella zona centro-settentrionale da Ravenna al delta Po. La fioritura microalgale, determinata da Diatomee, che si manifesta con una colorazione verde-marrone delle acque superficiali, è conseguente ai cospicui apporti di nutrienti sversati dal Po e dai bacini costieri. La riduzione della salinità di superficie (compresa tra 26 e 28 psu) testimonia gli sversamenti di acque dolci, particolarmente abbondanti nei giorni scorsi,

ed interessa tutta l'area costiera. Nelle zone ove si riscontra lo stato eutrofico, a livello del fondale, l'ossigeno disciolto tende a diminuire di circa 2/3 rispetto la superficie, configurando una condizione di ipossia che in zone limitate a ridosso del delta Po si approssima alla anossia. Le temperature di superficie sono ancora elevate, variabili da 21.5 a 22.5 °C e superiori di circa 2 °C rispetto la media del periodo. Scarsa la trasparenza delle acque, attorno al metro di visibilità, sia per lo sviluppo di fitoplancton che per la risospensione del sedimento fine.

#### **Bollettino N 31 del 02 - 03 Ottobre 2006**

Il processo di eutrofizzazione riscontrato la scorsa settimana nella zona centro-settentrionale della costa è in diminuzione. Al momento si rileva nella sola fascia prettamente costiera a ridosso del delta padano (Goro-L.Nazioni). La biomassa microalgale, depositatasi a livello del fondale ha determinato il consumo di ossigeno nelle acque di fondo provocando una generalizzata condizione di bassa ossigenazione delle acque di fondo. L'estensione delle aree prive di ossigeno, che nel precedente monitoraggio erano limitate nelle zone attorno alla foce del Po, ha interessato anche l'area compresa tra Ravenna e Cervia con probabile moria di organismi che vivono sul fondale e alterazione degli equilibri ambientali. Le condizioni critiche del fondale in dette aree sono favorite dalle alte temperature dell'acqua (21-23 °C), dalla salinità medio-bassa e soprattutto dalle condizioni di prolungata stabilità meteo-marina. Nella zona meridionale della costa invece i bassi indici di biomassa microalgale attestano una condizione nella norma.

#### **Bollettino N 32 del 09 - 10 Ottobre 2006**

Permangono stabili, rispetto la scorsa settimana, le condizioni dello stato qualitativo delle acque costiere, caratterizzate da valori medio/bassi di biomassa microalgale in riduzione soprattutto nella zona che si estende da Ravenna al delta padano. Nella parte centro-settentrionale della costa si osserva una riduzione della salinità in confronto al precedente monitoraggio che attesta sversamenti di acque dolci dai bacini costieri e padano mantenendo elevata la potenzialità trofica. Le temperature di superficie sono livellate su tutta la costa mediamente attorno a 19 °C in linea con le medie climatologiche del periodo. Lungo la colonna d'acqua nelle stazioni a maggiore profondità, superiori a 8 metri di fondale, si osserva l'inversione termica con le acque di superficie che risultano più fredde rispetto a quelle di fondo. Sebbene nella zona centro-settentrionale si riscontrino vaste aree di ipossia, l'estensione della condizione anossica rilevata la scorsa settimana si è ridotta per il rimescolamento delle acque e attualmente risulta localizzata solo nella fascia costiera a ridosso del delta del fiume Po.

#### **Bollettino N 33 del 16 - 18 Ottobre 2006**

È in atto, lungo tutta la fascia costiera dell'Emilia Romagna, un intenso fenomeno eutrofico che si estende da costa fino ai 10 Km al largo nella zona centro-settentrionale, mentre rimane circoscritta nei primi chilometri antistanti la costa nella zona più meridionale. L'intesa fioritura microalgale sostenuta da Diatomee appartenenti al genere *Chaetoceros* spp. determina una intensa colorazione verde-bruno delle acque e di conseguenza una bassa trasparenza. I valori di ossigeno disciolto risultano elevati in superficie mentre diminuiscono lungo la colonna d'acqua senza però registrare situazioni particolarmente critiche ad esclusione dell'area più settentrionale (Bagni di Volano) dove si evidenzia sul fondo una condizione tendente all'ipossia. I valori di salinità rispetto la settimana scorsa risultano più bassi; continuano a scendere le temperature medie delle acque superficiali registrando nella zona centro-settentrionale un valore di 18.30 °C e nella zona più a sud un valore di 17.66 °C.



**Bollettino N 34 del 23 - 26 Ottobre 2006**

Permane elevato lo stato di eutrofizzazione che interessa la fascia costiera centro-settentrionale che si estende da Cesenatico al delta Po e da costa fino a 3-6 Km verso il largo. Lo sviluppo microalgale (Diatomee prevalenti) si manifesta con una colorazione marrone delle acque superficiali, interessa anche uno strato intermedio della colonna d'acqua di 3-4 m. detta manifestazione si presenta più intensa nella zona antistante i lidi ferraresi e tende a diminuire procedendo da nord verso sud e da costa verso il largo. Le condizioni meteo-marine stabili del periodo, l'irraggiamento solare, le temperature medio-alte delle acque, ma soprattutto il continuo apporto di nutrienti sversati dal bacino padano e da quelli costieri, alimentano e mantengono il processo di eutrofizzazione in atto. Scarsa la trasparenza delle acque. La crescita della biomassa microalgale e la conseguente degradazione a livello del fondale provoca una condizione di anossia in estensione rispetto la scorsa settimana. Al momento interessa la zona compresa tra Ravenna ed il delta del Po e da costa fino a circa 3 Km verso il largo. Nelle aree offshore l'ossigeno sul fondo diminuisce configurando una situazione di scarsa ossigenazione (ipossia).

**Bollettino N 35 del 06 - 08 Novembre 2006**

Il processo di eutrofizzazione che caratterizzava le acque costiere nell'ultima decade di ottobre si è completamente dissolto. Lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero presenta generalmente una condizione ambientale nella norma con bassi livelli di biomassa microalgale, alta trasparenza e temperatura e salinità delle acque superficiali che rientrano nella variazione media del periodo. Il miscelamento della colonna d'acqua, la riduzione della temperatura che si attesta sui 15 °C, le condizioni meteo-marine perturbate della scorsa settimana e le basse portate fluviali in particolare del Po, che registra una portata inferiore del 50% rispetto alla media annuale, sono stati gli elementi che hanno portato ad un sensibile miglioramento delle condizioni ambientali. Soltanto nella zona a ridosso del delta padano lungo il transetto di Goro fino a 10 Km dalla costa si registra una condizione di anossia delle acque prossime al fondale che, sebbene localizzata, permane da diverse settimane.

**Bollettino N 36 del 16 Novembre 2006**

La zona controllata (Cesenatico-Cattolica) non presenta condizioni ascrivibili ad uno stato di eutrofizzazione sebbene i valori di biomassa microalgale mostrino concentrazioni medio/alte, in incremento rispetto la scorsa settimana e favorite dalla stabilità meteo-marina del periodo. Le variabili idrologiche rientrano in un quadro di normalità, con assenza di stratificazioni significative. Nell'area meridionale della costa si osservano evidenti aggregazioni di materiale mucillaginoso in strisce sporadiche in superficie; a livello del fondale le immagini registrate evidenziano ammassi di natura globosa/reticolare che si depositano a "macchia di leopardo" sul sedimento. L'analisi preliminare effettuata al microscopio di un campione di acqua prelevato nei pressi di detti essudati conferma la presenza della microalga *Gonyaulax fragilis* quale elemento causale della formazione di mucillagine in atto.

**Bollettino N 37 del 23 - 24 Novembre 2006**

Le condizioni meteo-marine perturbate del periodo hanno favorito il ricambio delle masse d'acqua lungo la fascia costiera determinando di fatto un miglioramento dello stato qualitativo dell'ecosistema marino. Lungo la costa i livelli di biomassa microalgale sono generalmente bassi, ancora in diminuzione rispetto al precedente monitoraggio, attestando l'assenza di processi eutrofici. Il miscelamento della colonna d'acqua ha reso omogenei i parametri idrologici che risultano allineati alla variazione media del periodo.

Nella zona centro-settentrionale della costa si osserva una scarsa trasparenza delle acque, compresa tra 1 e 2 m, dovuta da una lato alla risospensione di materiale sedimentario, dall'altro all'apporto di detrito trasportato dai fiumi. In dissolvimento gli aggregati di natura mucillaginosa riscontrati la scorsa settimana.

#### **Bollettino N 38 del 28 - 29 Novembre 2006**

Dai risultati del monitoraggio sullo stato qualitativo dell'ecosistema marino lungo la costa emiliano-romagnola emerge un incremento generalizzato del livello di biomassa microalgale, più accentuato nella parte centro-settentrionale. L'aumento della produttività primaria è favorito dalle condizioni meteo-marine al contorno favorevoli, caratterizzate da un periodo di mare calmo e debole circolazione delle acque, nonché dalla disponibilità di elementi eutrofizzanti. Tutti i parametri idrologici rientrano nella variazione media del periodo, si registra un incremento della trasparenza che risulta compresa tra 2,5 e 4,5 metri. Nella zona a ridosso del delta padano, a differenza di quanto rilevato normalmente, si evidenzia un aumento della salinità che mostra la risalita di acque di fondo provenienti dal largo, verso costa e verso la superficie con associato un aumento della temperatura delle acque superficiali nella zona. Nell'area centro-settentrionale della costa le indagini effettuate con telecamera subacquea registrano la presenza di materiale di natura mucillaginosa allo stato di filamenti di dimensioni fino a 10 cm.

#### **Bollettino N 39 del 04 - 05 Dicembre 2006**

Permangono generalmente invariate, rispetto la scorsa settimana, le condizioni di stato trofico riscontrate lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna caratterizzate da una regressione dei livelli di biomassa microalgale nella zona centro-settentrionale della costa e soprattutto dall'allineamento dei valori termici delle acque superficiali al dato medio del periodo. La diminuzione della salinità sia nelle stazioni costiere che in quelle verso il largo, nella zona a sud di Ravenna causa una stratificazione salina che limita gli scambi lungo la colonna d'acqua; infatti anche per effetto della stabilità meteo-marina e l'assenza di mare mosso, l'ossigeno a livello del fondale tende a diminuire di oltre il 50% rispetto la superficie, configurando, in alcune stazioni, una condizione di ipossia. La scarsa presenza di microalghe del gruppo delle Diatomee da un lato, i limitati apporti di acque dolci dai bacini costieri dall'altro, nonché l'assenza di materiale fine risospeso, determinano una trasparenza medio-alta delle acque che nelle stazioni costiere raggiunge il fondale e nelle zone al largo arriva a 6-7 m di profondità. Nella parte settentrionale e centrale della costa antistante Porto Garibaldi e Cesenatico si intensifica lo stato di aggregazione del materiale mucillaginoso che passa dallo stadio di filamenti a grossi reticoli/ragnatele che si concentrano soprattutto nella colonna d'acqua tra i 2 e i 4 m di profondità.

#### **Bollettino N 40 del 18 - 21 Dicembre 2006**

Le condizioni meteo-marine perturbate del periodo non hanno consentito di completare il monitoraggio costiero. Rimane scoperta la parte meridionale compresa tra Cesenatico e Cattolica. La zona centro-settentrionale è ancora interessata da un livello di biomassa microalgale medio/alto nonostante il mare mosso e la sostenuta circolazione costiera. Lo sviluppo del fitoplancton è alimentato dall'apporto dei fiumi come risulta dalla riduzione dei valori di salinità. Tutta la colonna d'acqua è instabile, i parametri idrologici si distribuiscono uniformemente dalla superficie al fondo e rientrano nella variazione media del periodo.

### **5.1.1 Evoluzione dei processi eutrofici nel 2006. Sintesi riassuntiva**

#### **Gennaio – Febbraio 2006**

I primi monitoraggi del 2006 evidenziano una condizione di eutrofizzazione che interessa tutta l'area antistante la costa emiliano-romagnola da Bagni di Volano a Cattolica. Lo sviluppo abnorme di biomassa microlgale sostenuta prevalentemente da Diatomee appartenenti al genere *Skeletonema* e *Thalassiosira*, determina, in gran parte del periodo, una colorazione verde-marrone delle acque e contribuisce inoltre ad una forte riduzione della trasparenza. La condizione generalizzata di stato qualitativo "MEDIOCRE/SCADENTE" dell'ecosistema costiero si mantiene anche in occasione di eventi di mareggiata tipici del periodo a causa di continui apporti di nutrienti (azoto e fosforo) di origine fluviale sversati dai bacini costieri e dal bacino padano che alimentano la componente algale nel sistema costiero. Le temperature registrate a gennaio e a febbraio risultano essere inferiori di circa 2°C rispetto la climatologia decennale del periodo. Tutte le altre variabili idrologiche, monitorate lungo la colonna d'acqua, non registrano variazioni rispetto l'andamento medio della stagione; da segnalare a fine febbraio, causa cospicui apporti di acque dolci, una stratificazione delle acque marine con forte riduzione della salinità nei primi 2-3 metri di profondità.

#### **Marzo – Aprile 2006**

Il monitoraggio effettuato a metà marzo evidenzia una diminuzione del fenomeno eutrofico specialmente nell'area centro-settentrionale della costa emiliano-romagnola come conseguenza di moti ondosi frequenti che hanno disperso il fenomeno ed hanno determinato un significativo ricambio delle masse d'acqua. Valori più elevati di clorofilla "a" si registrano nella zona meridionale dove si mantiene una condizione di maggiore trofia dell'ambiente marino. Lo stato qualitativo delle acque costiere evidenzia, durante i successivi monitoraggi effettuati nel mese di marzo, un peggioramento delle condizioni dell'ecosistema marino costiero, configurando una situazione generalizzata di elevata trofia che interessa tutta la fascia costiera dell'Emilia Romagna. Valori alti di clorofilla, come conseguenza di fioriture microalgali in atto appartenenti alle Diatomee, determinano una colorazione verde-marrone delle acque superficiali manifestando inoltre una sensibile riduzione della trasparenza. I valori di ossigeno lungo la colonna d'acqua si mantengono sempre su valori che rientrano nella norma. All'inizio di aprile una forte variabilità meteo-marina determina un sostanziale ricambio e rimescolamento delle masse d'acqua producendo un netto miglioramento dello stato qualitativo dell'ecosistema marino. Lungo la costa e specialmente nella zona compresa tra Ravenna e Cattolica, permane una condizione qualitativa

“BUONA/ELEVATA” dell’ambiente marino per tutto il mese di aprile caratterizzata da bassi valori di clorofilla ed elevata trasparenza e salinità. La zona più settentrionale, a ridosso del delta del Po, risulta risentire dell’influenza degli apporti di origine padana con acque superficiali caratterizzate da bassa salinità, riduzione della trasparenza e valori alti di clorofilla che rilevano presenze elevate di biomassa microalgale (Diatomee). Anche l’inizio di maggio è caratterizzato da una situazione diversa tra la zona più a nord lungo la costa emiliano-romagnola e la zona centro-meridionale, in questa ultima le acque superficiali presentano valori medio-alti di salinità, buona trasparenza, bassi livelli di clorofilla “a” e una buona ossigenazione lungo tutta la colonna d’acqua. La zona più a ridosso del delta padano presenta sempre una condizioni di maggiore trofia dell’ecosistema marino con abbondanze elevate di fitoplancton (*Skeletonema* spp.) e si registrano acque superficiali caratterizzate da basse salinità e torbidità elevate.

### **Maggio – Giugno 2006**

Lo stato generale dell’ecosistema marino costiero, sulla base dell’Indice Trofico, si presenta con uno stato qualitativo ambientale “BUONO/ELEVATO” a partire dal monitoraggio del 10-11 maggio, evidenziando acque scarsamente produttive, elevate trasparenze e completa ossigenazione lungo tutta la colonna d’acqua. Favorevole la peculiare circolazione idrodinamica delle acque che favorisce il trasporto delle acque dal largo verso costa determinando un ricambio completo delle masse d’acqua. Nell’area localizzata più a nord lungo la costa si registrano valori bassi di salinità nelle acque superficiali, maggior torbidità e valori alti di clorofilla “a” che si estendono fino a 10 Km al largo. A fine mese l’attività di monitoraggio registra un aumento significativo della temperatura delle acque superficiali con valori medi intorno ai 20°C. Tutto il mese di giugno è caratterizzato da una buona condizione ambientale dell’ecosistema marino lungo tutta la costa dell’Emilia Romagna, con valori bassi di biomassa microalgale, valori di salinità nella norma e una buona trasparenza delle acque. In aumento le temperature delle acque superficiali e formazione di una stratificazione della colonna d’acqua (termoclino) a circa 3-4 metri di profondità come conseguenza anche di condizioni meteo marine particolarmente stabili. L’ossigeno disciolto si presenta in concentrazioni normali sia in superficie che sul fondo in tutti i monitoraggi, fa eccezione il monitoraggio del 13 giugno che registra isolati casi tendenti all’ipossia nella zona più settentrionale della costa nel tratto compreso tra 1 e 10 Km.

### **Luglio – Agosto 2006**

L'area costiera monitorata da Bagni di Volano a Cattolica per tutto il mese di luglio presenta condizioni ambientali buone con bassi valori di indice trofico e valori di salinità medio-alti che sottolineano la scarsità di apporti di acque dolci da parte dei bacini costieri. I controlli sull'ossigeno disciolto registrano condizioni critiche nella zona localizzata a ridosso del delta del Po (Bagni di Volano – Porto Garibaldi) con valori sul fondo tendenti all'ipossia; questa situazione si mantiene fino al 20 luglio mentre i valori di ossigeno, nelle altre aree, rientrano nella norma sia in superficie che sul fondo. Si mantengono elevate le temperature delle acque superficiali con formazione di marcati termoclini nelle stazioni localizzate più al largo. Da segnalare la presenza di Cubomeduse appartenenti alla specie *Carybdea marsupialis* nei primi tratti costieri durante il monitoraggio del 19-20 luglio e di limitate fioriture microalgali sostenute dalla flagellata *Fibrocapsa japonica* nell'area riccionese nell'ultima settimana del mese. Questo ultimo fenomeno si presenta in un tratto limitato della battigia (100-200 metri dalla costa) determinando una colorazione rosso-bruno delle acque e una forte riduzione della trasparenza. Si mantengono buone le condizioni ambientali lungo tutta l'area costiera anche durante il mese di agosto con temperature elevate delle acque superficiali, buona ossigenazione lungo tutta la colonna, bassi i valori di clorofilla e alti valori di salinità determinanti da condizioni meteo marine favorevoli e circolazione delle masse d'acqua che hanno determinato un completo miscelamento della colonna d'acqua ed un incremento della trasparenza.

### **Settembre – Ottobre 2006**

Le intense precipitazioni di fine agosto hanno incrementato gli apporti dei fiumi costieri e del fiume Po innescando all'inizio di settembre, con l'immissione di elevate concentrazioni di nutrienti, una condizione di eutrofizzazione in particolare nella zona settentrionale tra Bagni di Volano e Ravenna. Questa condizione di elevata trofia si manifesta con alti valori di clorofilla, acque superficiali che assumono una colorazione verde-marrone intensa e una generale riduzione della trasparenza e della salinità che configurano uno stato qualitativo "MEDIocre" dell'ecosistema marino. In aree localizzate e limitate in corrispondenza del delta padano si sono rilevati condizioni di ipossia/anossia nelle acque di fondo. Questa situazione di elevata produttività delle acque marino costiere si mantiene per tutto il mese di settembre interessando in maniera minore l'area meridionale della costa; tale condizione è sostenuta da continui apporti di nutrienti dai bacini costieri e dal bacino padano che contribuiscono inoltre ad abbassare la salinità superficiale delle acque ed aumentare la torbidità delle acque. Perdurano anche all'inizio di ottobre, con tendenza ad estendersi, situazioni di ipossia nelle acque

di fondo; la biomassa microalgale, depositatasi a livello del fondale favorisce il consumo di ossigeno determinando una scarsa qualità ambientale con possibili ripercussioni sugli organismi bentonici di fondo. Situazioni critiche di anossia si registrano nell'area compresa tra Ravenna e Cervia. Permangono buone le condizioni qualitative delle acque nell'area meridionale della costa anche se a fine mese tendono ad aumentare i livelli di clorofilla "a" nei primi metri antistanti la costa. Le condizioni meteo-marine stabili degli ultimi giorni di ottobre, le temperature medio-alte delle acque superficiali e soprattutto il continuo apporto di nutrienti provenienti dal bacino padano e dai bacini costieri mantengono attivo il processo eutrofico in atto che conferisce alle acque marino costiere uno stato ambientale "MEDIOCRE/SCADENTE", determinando situazioni di scarsa ossigenazione delle acque di fondo lungo soprattutto la zona settentrionale della costa che si estende fino ai 3 Km al largo.

#### **Novembre – Dicembre 2006**

Condizioni meteo-marine perturbate di inizio novembre e la riduzione notevole delle portate fluviali determinano un generale dissolvimento del fenomeno eutrofico lungo tutta la costa dell'Emilia Romagna, attestando uno stato qualitativo ambientale "BUONO/ELEVATO" con bassi livelli di biomassa microalgale, elevata trasparenza sia in costa che al largo e valori di salinità che rientrano nella variazione media del periodo. Valori di ossigeno nella norma ad eccezione della zona a ridosso del delta del Po, lungo il transetto antistante Goro dove continua a registrarsi una situazione di criticità delle acque prossime al fondale. Valori di biomassa microalgale si registrano in crescita verso fine novembre aumentando la produttività del sistema, favorita da condizioni favorevoli di mare calmo, debole circolazione delle acque e buona disponibilità di elementi eutrofizzanti quali fosfati e nitrati. Stessa situazione si presenta anche durante il mese di dicembre che si conclude con un ultimo monitoraggio non completato per condizioni meteo marine sfavorevoli, che contribuiscono a rendere omogenei tutti i parametri idrologici lungo la colonna d'acqua. Da segnalare, in questi ultimi due mesi del 2006, la presenza di aggregati di materiale mucillagginoso lungo la colonna d'acqua osservati tramite la telecamera subacqua, materiale che durante il monitoraggio del 04/05 dicembre nella parte settentrionale della costa antistante Porto Garibaldi e Cesenatico si intensifica passando dallo stadio di filamenti a grossi reticoli/ragnatele concentrati soprattutto nella colonna d'acqua tra i 2 e i 4 m di profondità.

## 5.2 Aggregati mucillaginosi

Gli aggregati mucillaginosi nel 2006 non sono comparsi nel periodo estivo ma sono stati riscontrati per la prima volta in novembre e dicembre. Lo stato di aggregazione del materiale mucillaginoso a forma di reticoli e filamenti ha interessato soprattutto la colonna d'acqua mentre gli affioramenti sono stati sporadici e di limitate dimensioni. L'impatto del fenomeno si è manifestato soprattutto nel settore della pesca, particolarmente nelle zone centrali e meridionali dell'Adriatico. Come negli eventi degli anni scorsi è stata riscontrata la presenza della Dinoflagellata *Gonyaulax fragilis* quale elemento causale principale della produzione di essudati mucosi e lo stato di aggregazione è stato favorito dalla stabilità meteo-marina del periodo. Non sono comparse le fioriture di *Noctiluca scintillans* che solitamente si manifestavano nel periodo primaverile in vaste aree dell'alto e medio Adriatico.

## 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*) 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. 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, sono necessitando di periodiche raccolte attraverso rastrellamenti operati dai servizi comunali.

## 5.4 Meduse

Si è riproposta anche nell'estate 2006 la presenza invasiva 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. Scarse e localizzate sono state le osservazioni di altre specie. La specie

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



## 6 CONCLUSIONI

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

Le portate del fiume Po nel periodo estivo sono state scarse con valori generalmente inferiori a 350 mc/sec. La portata media annuale (796 mc/sec) è risultata inferiore a quella registrata lo scorso anno e di circa la metà più bassa rispetto al dato medio poliennale (1472 mc/sec).

Anche il periodo invernale/primaverile è stato caratterizzato da basse portate del Po che non hanno superato il limite di 1000 mc/sec ad eccezione di due picchi di portata nel mese di marzo.

Come noto le acque costiere marine antistanti la costa emiliano-romagnola presentano un elevato grado di efficienza, rispetto agli altri mari italiani, nel trasformare in nuova biomassa microalgale, e quindi in nuova produttività primaria, gli elementi nutritivi.

Le fioriture invernali che periodicamente si sono verificate nel 2006 sono comparse verso la prima decade di gennaio, sostenute dalle Diatomee *Skeletonema costatum* e *Thalassiosira sp.*, microalghe che si sviluppano preferibilmente in condizioni di medio bassa salinità e basse temperature (attorno ai 6-10 °C). I livelli di biomassa microalgale raggiunti hanno superato di 2-3 volte la condizione di eutrofia e i fenomeni si sono manifestati con una colorazione verde-marrone delle acque, scarsa trasparenza (inferiore al metro) ed hanno interessato un vasto areale (oltre 10 Km al largo). Questa fioritura microalgale si è mantenuta fino alla metà di marzo quando l'avvento di una mareggiata ha provocato il completo ricambio delle masse d'acqua determinando un sensibile miglioramento delle condizioni ambientali.

Ad inizio del mese di aprile è stata registrata una netta diversificazione delle condizioni ambientali lungo la fascia costiera. La modificazione della circolazione costiera influenzata in gran parte dai forzanti di deriva (venti di Scirocco che spirano da Sud-Est), piuttosto che di gradiente, ha determinato la divisione della costa in 2 aree che si sono diversificate in funzione della concentrazione della biomassa microalgale. La prima zona che si estende dal delta Po a circa Ravenna presentava un livello di eutrofia maggiore in quanto interessata dagli apporti del bacino padano che risultavano incrementati in questo periodo; mentre l'area centro-meridionale era caratterizzata da bassi livelli di Clorofilla "a". Questa situazione si è mantenuta inalterata per tutto il periodo estivo con un progressivo miglioramento dello stato trofico anche nella zona settentrionale.

Infatti si sono riscontrati soltanto nella zona immediatamente a ridosso del delta Po incrementi di biomassa microalgale, sebbene sempre inferiori al limite della condizione

di eutrofia, sostenuti dagli apporti, seppur limitati, sversati dal bacino padano. Nel predetto periodo le acque su tutta la costa, ma soprattutto quelle verso il largo, mostravano una elevata trasparenza, alta salinità ed in generale una buona ossigenazione anche degli strati prossimi al fondale.

Nella terza decade di luglio nel tratto di mare antistante Riccione si è sviluppato un processo eutrofico determinato da una particolare microalga appartenente alla classe delle Raphidophyceae denominata *Fibrocapsa japonica*.

La fioritura microalgale si è manifestata con colorazione rosso-marrone delle acque raggiungendo intensità elevate di biomassa, con concentrazioni di cellule per litro pari a diverse decine di milioni.

Una fioritura microalgale dello stesso tipo era stata riscontrata verso la fine di agosto nella zona di Cesenatico nel 1998, nell'area antistante Riccione nel 2000 e 2003, nell'area tra Riccione e Ravenna nell'agosto del 2004, e nella zona costiera tra Cesenatico e Cervia nel 2005. Anche in questi casi il loro andamento spaziale non superava i 200-400 m dalla battigia con acque a temperature elevate (26° - 28 °C).

Visto la localizzazione del "Red tide", gli elementi causali probabili dello sviluppo della fioritura sono imputabili oltre che a determinati microelementi specifici per l'alga in oggetto, all'azione sinergica di condizioni al contorno favorevoli quali mare calmo, alte temperature, irraggiamento, ed all'apporto di nutrienti (azoto-fosforo), anche in quantità limitate e non necessariamente concomitanti, veicolati dai fiumi costieri o dai porto canali adiacenti.

Il processo ipertrofico predetto non ha determinato condizioni di anossia sul fondale, anzi si è verificato uno stato di sovrasaturazione dell'ossigeno; con scarsi effetti sull'ecosistema.

Da segnalare verso gli inizi di agosto un sensibile aumento della temperatura superficiale che si attestava attorno ai 28.5 °C risultando di circa 2°C superiore rispetto alla media climatologica del periodo. Un altro elemento anomalo che ha caratterizzato la fascia costiera nel corso del 2006 è stato l'incremento della salinità in superficie (>2-3 psu) rispetto alla media climatologica calcolata su un periodo decennale.

Nella prima decade di settembre si è sviluppato un processo di ipossia/anossia delle acque bentiche. Mentre la condizione anossica interessava la fascia costiera da Ravenna, fino a Cesenatico, lo stato di carenza di ossigeno (ipossia) investiva un'area ben più vasta che si estendeva fino al delta padano.

Verso la fine di ottobre un periodo prolungato di stabilità meteo marina associato ad un incremento di apporti fluviali hanno provocato una condizione generalizzata di eutrofizzazione sostenuta da Diatomee, più intenso nella parte settentrionale e centrale della costa, che ha conferito una colorazione marrone delle acque.

Gli aggregati mucillaginosi nel 2006 non sono comparsi nel periodo estivo ma sono stati riscontrati, per la prima volta, in novembre e dicembre. Lo stato di aggregazione del materiale mucillaginoso a forma di reticoli e filamenti ha interessato soprattutto la colonna d'acqua mentre gli affioramenti sono stati sporadici e di limitate dimensioni. L'impatto del fenomeno si è manifestato soprattutto nel settore della pesca, particolarmente nelle zone centrali e meridionali dell'Adriatico. Come negli eventi degli anni scorsi è stata riscontrata la presenza di Dinoflagellate del genere *Gonyaulax spp.* quale elemento causale principale della produzione di essudati mucosi e lo stato di aggregazione è stato favorito dalla stabilità meteo-marina del periodo. Non sono comparse le fioriture di *Noctiluca scintillans* che solitamente si manifestavano nel periodo primaverile in vaste aree dell'alto e medio Adriatico.

Tra gli altri eventi degni di nota si ricorda la presenza nel periodo compreso tra luglio e settembre della medusa *Carybdea marsupialis*. Si tratta di una specie con potere urticante medio che predilige le acque strettamente costiere.

Dal rapporto azoto/fosforo si riconferma anche per il 2006 il ruolo del fosforo quale fattore limitante la crescita algale per la maggior parte delle stazioni monitorate sia in costa che al largo.

Come già rilevato nelle indagini degli anni precedenti, durante il periodo estivo il rapporto N/P tende ad abbassarsi notevolmente configurando condizioni di azoto-limitazione.

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

Lo stato dell'ecosistema marino migliora leggermente 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. Rispetto al 2005, nel 2006 si osserva un ulteriore miglioramento delle condizioni riferite all'Indice Trofico nel periodo estivo-autunnale; in estate si stabilizza nella condizione di "Buono" nella fascia costiera (1 Km) ed

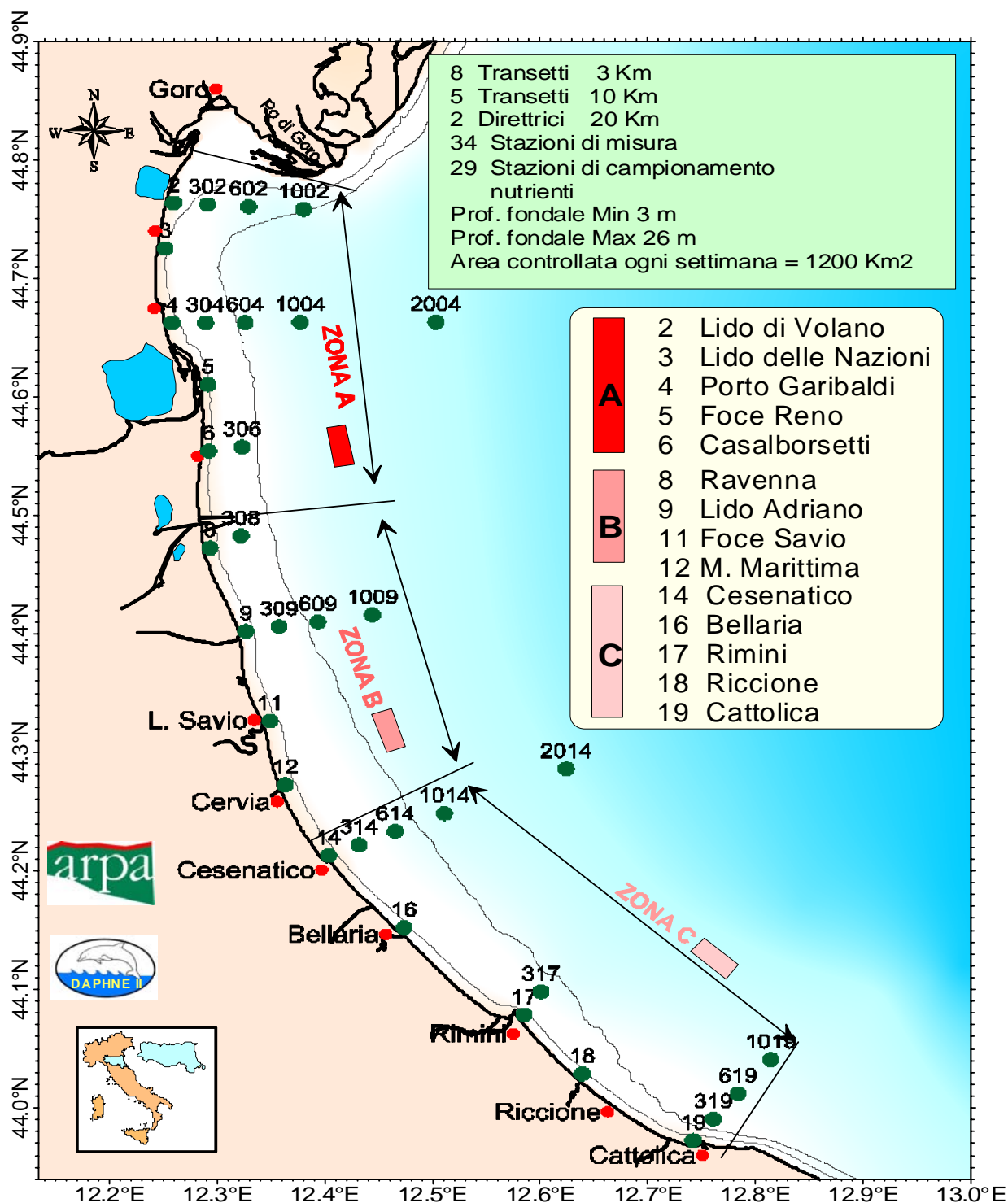
“Elevato” su tutta l’area monitorata che si estende dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 Km verso il largo.

Ai fini della classificazione dello stato qualitativo ambientale determinato dal predetto Indice Trofico rispetto agli anni 2002 e 2003 si registra un miglioramento, statisticamente significativo, dello stato dell’ecosistema marino. Inoltre nel corso del 2006 emerge ancora un miglioramento dell’attribuzione dello stato qualitativo ambientale che rientra nella condizione di stato trofico “Buono” e si attesta nella condizione “Mediocre” solo nell’area centro-settentrionale.

In sintesi il 2006 ha presentato indicatori di qualità trofica buoni, con un ulteriore miglioramento rispetto al 2005. I limitati casi di ipossia nelle acque di fondo di ottobre risultano, in termini di estensione e permanenza, localizzati con limitati effetti sull’ecosistema ed in riduzione rispetto al 2005.

# **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.

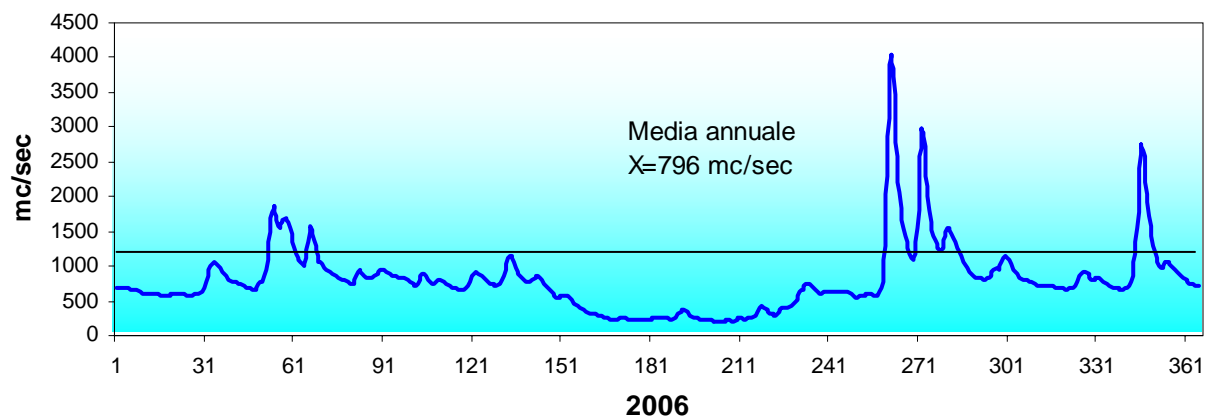


Figura 2 - Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE)

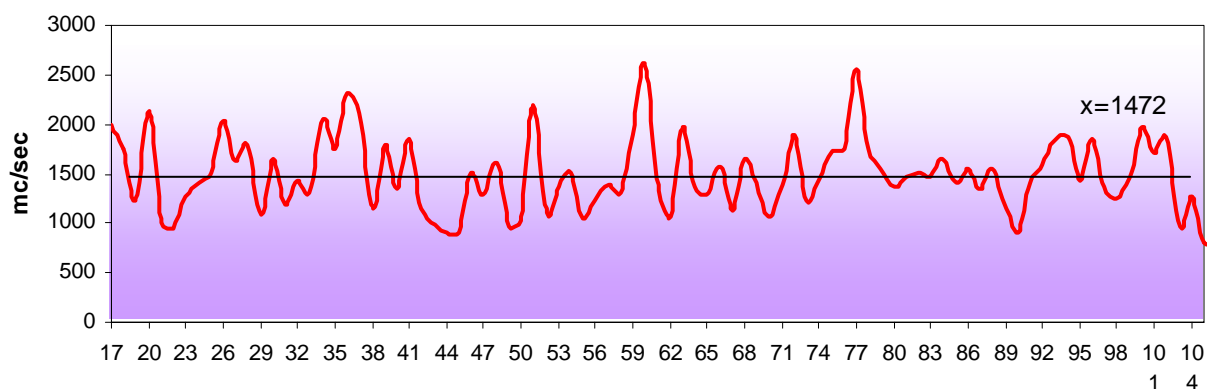


Figura 3 - Valori medi annuali portate fiume Po. Periodo 1917-2006

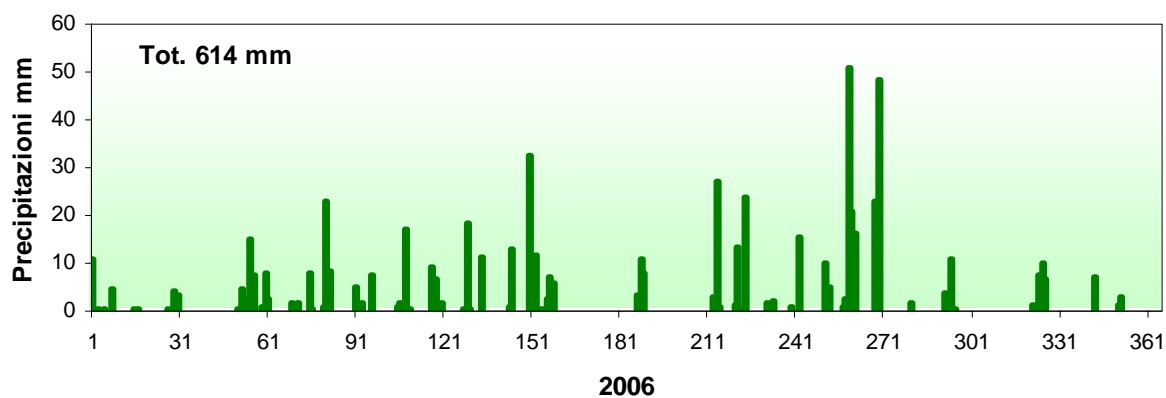


Figura 4 - Precipitazioni atmosferiche rilevate a Cesenatico

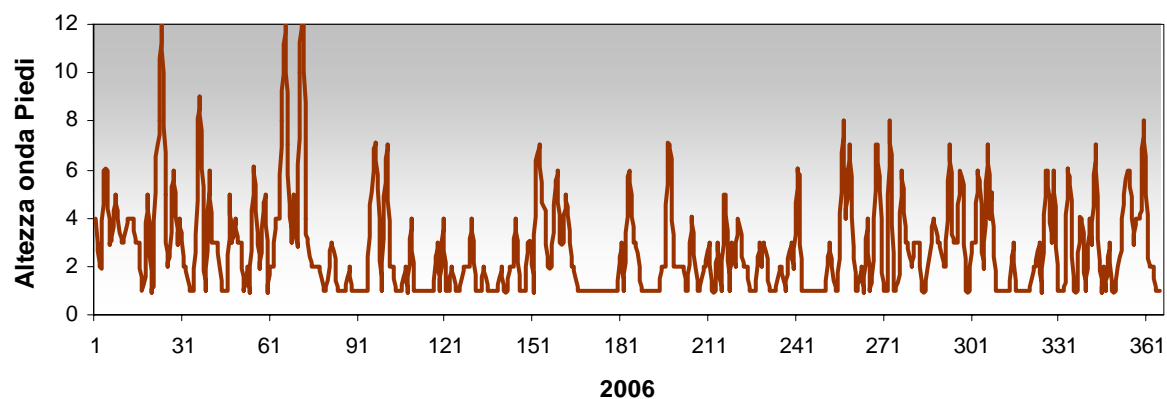


Figura 5 - Altezza onda rilevata nelle piattaforme metanifere AGIP "Garibaldi C/Cervia B"



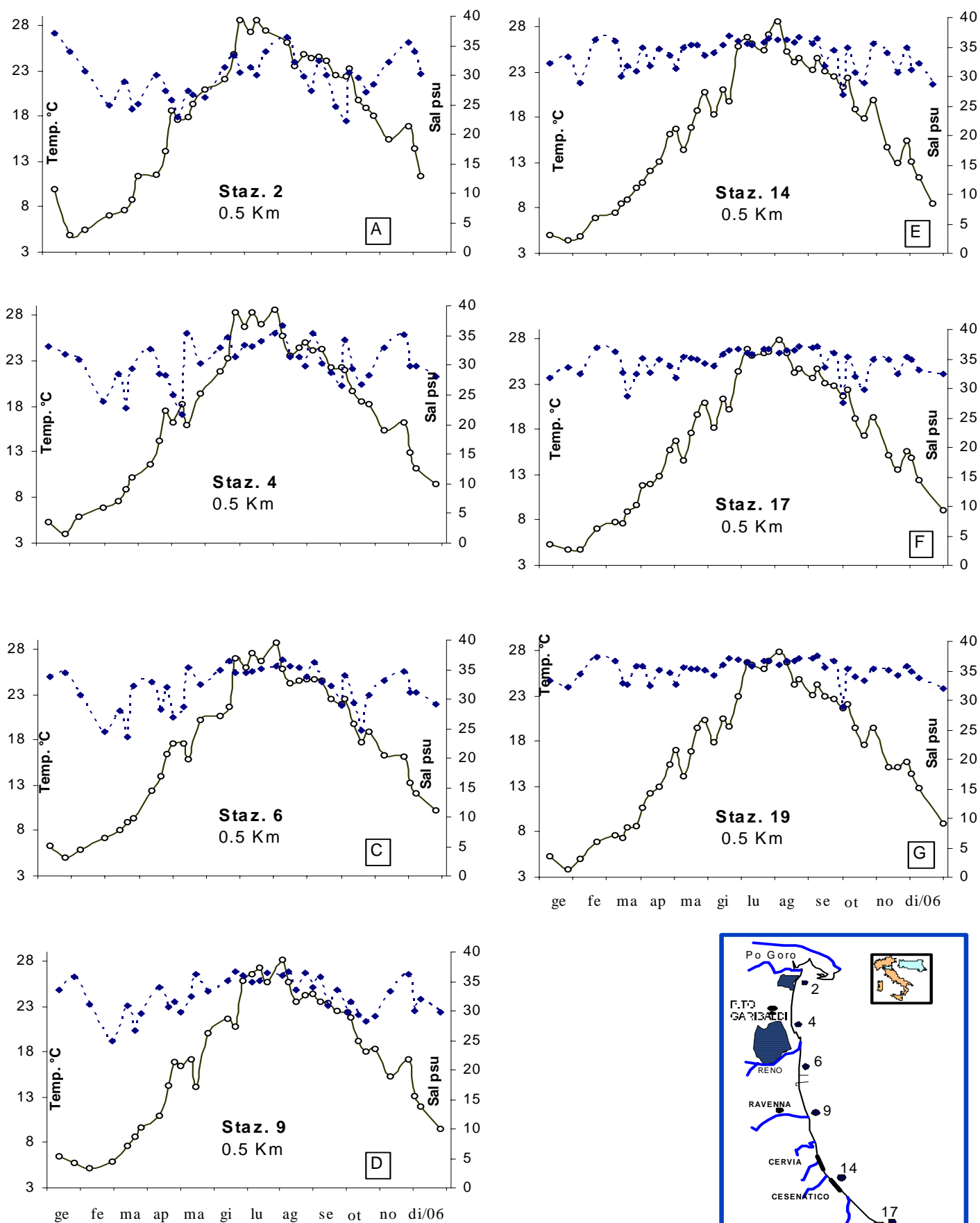


Figura 6 - Andamenti temporali della Temperatura (linea continua) e della Salinità (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

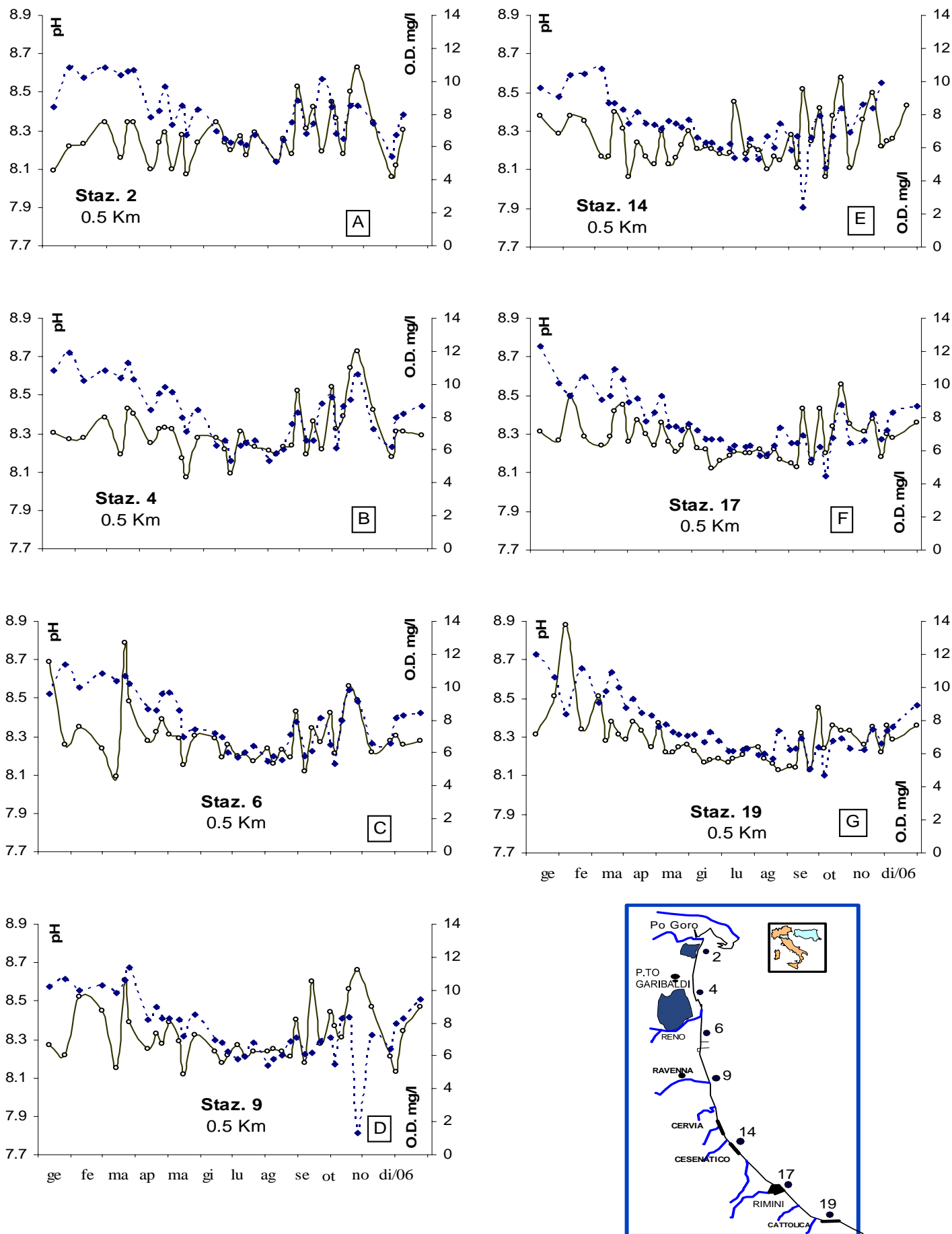


Figura 7 - Andamenti temporali dell'Ossigeno Disciolto (linea tratteggiata) e del pH (linea continua) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

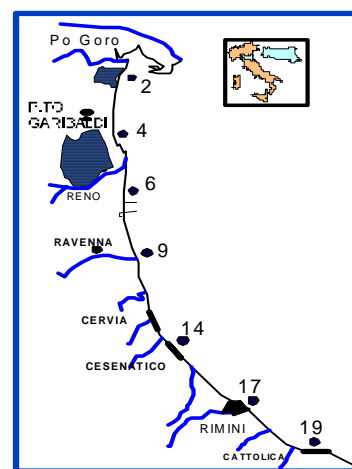
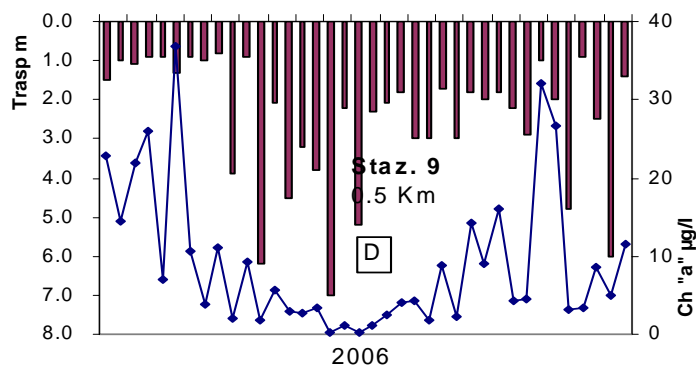
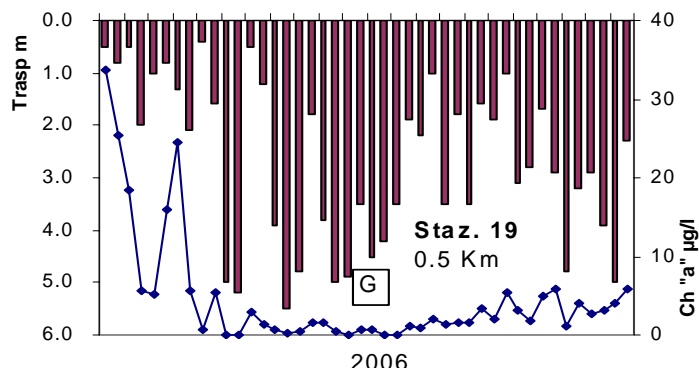
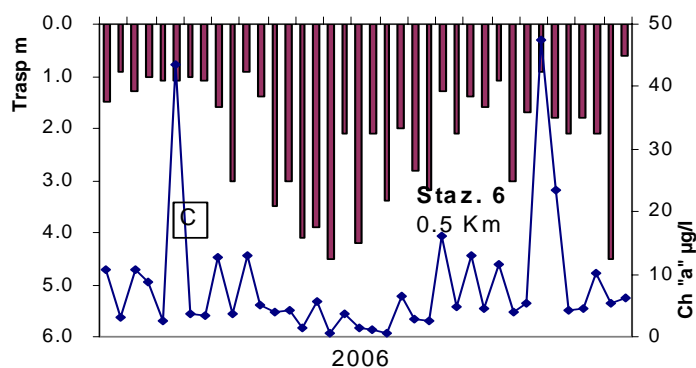
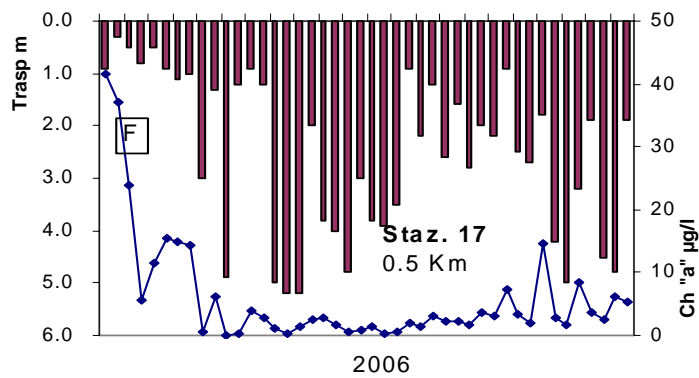
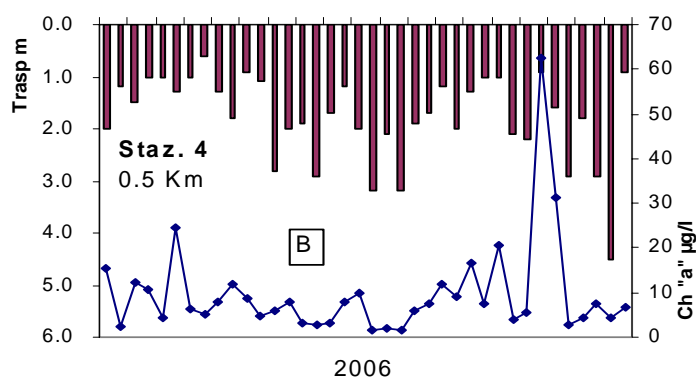
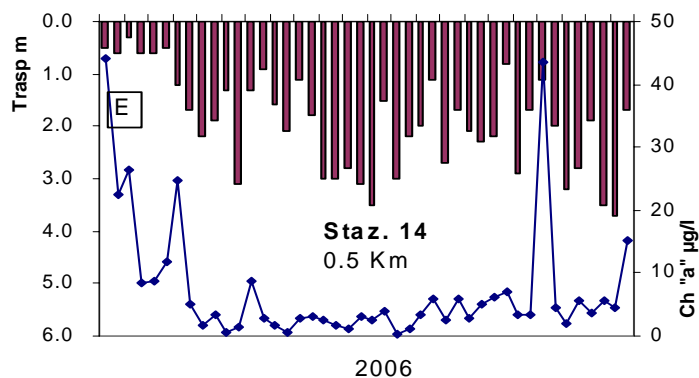
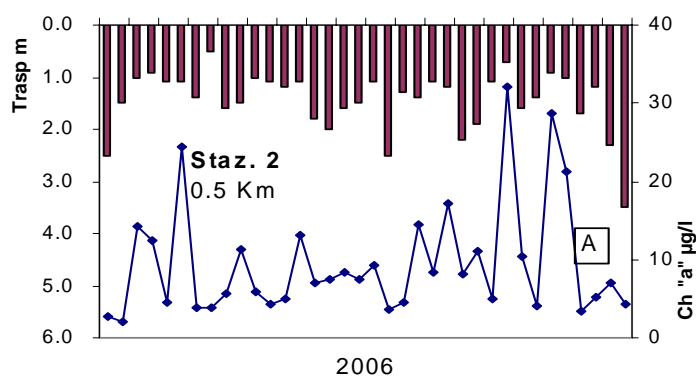


Figura 8 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" (linea continua) e della trasparenza (barre verticali) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

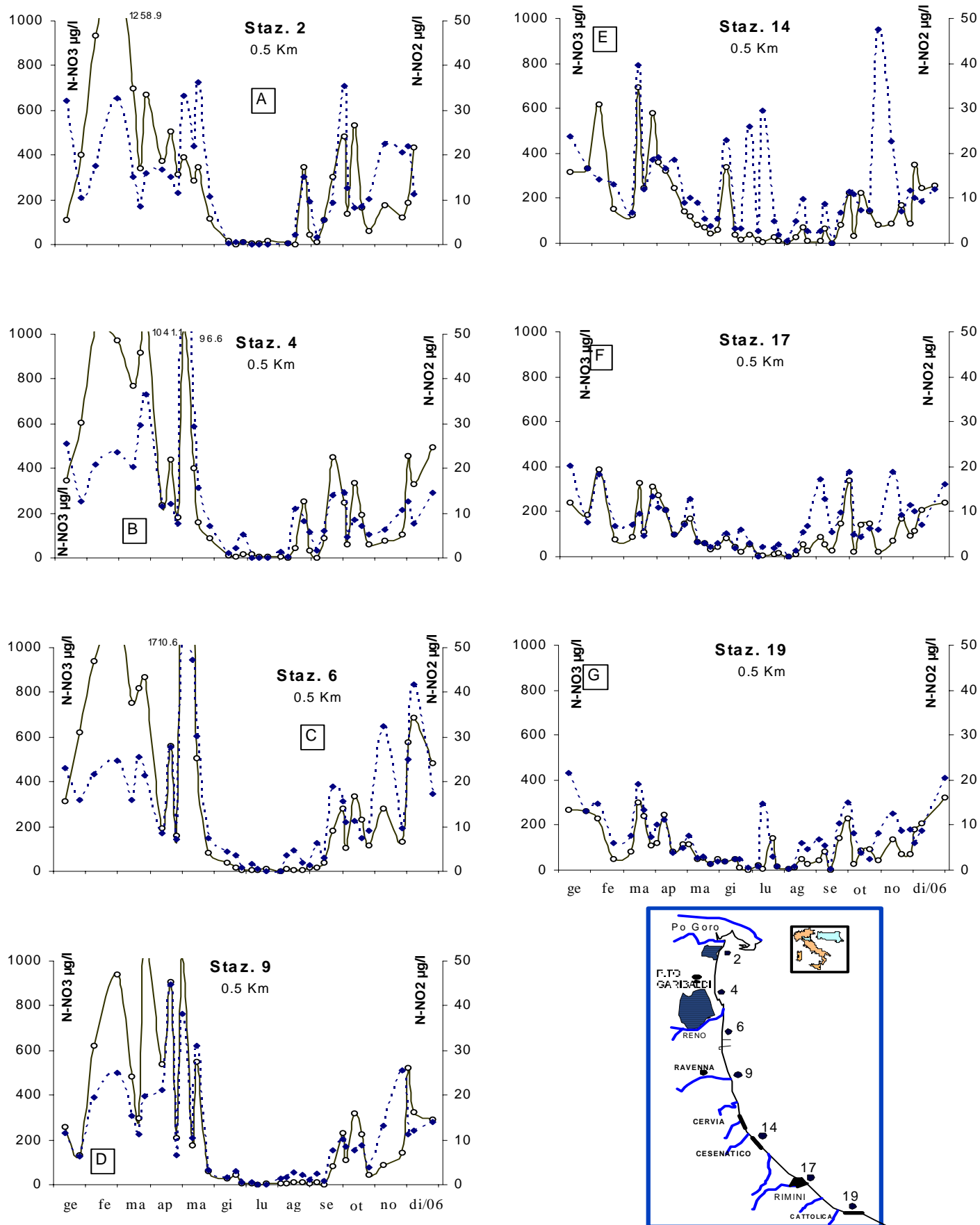
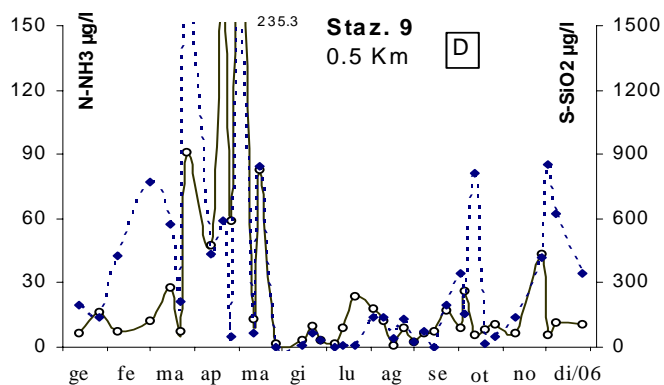
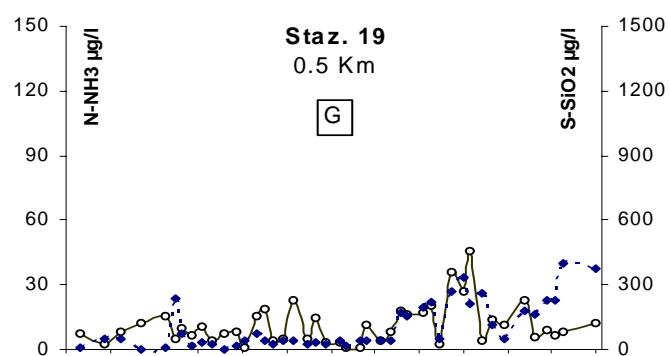
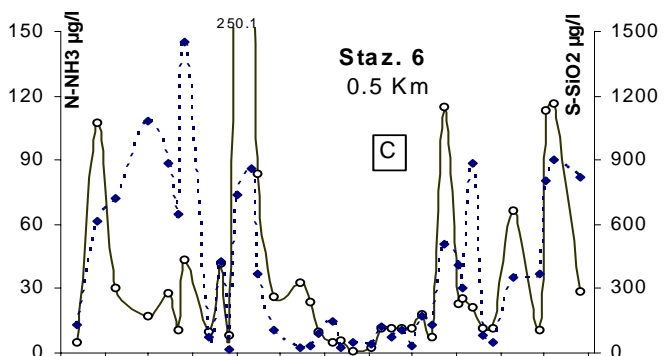
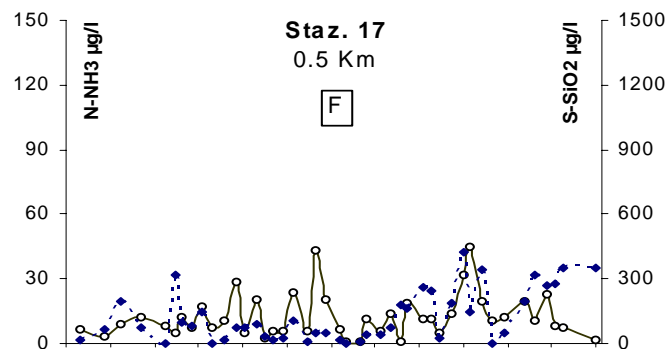
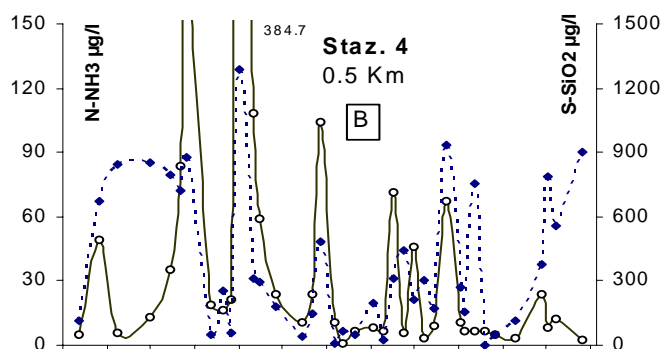
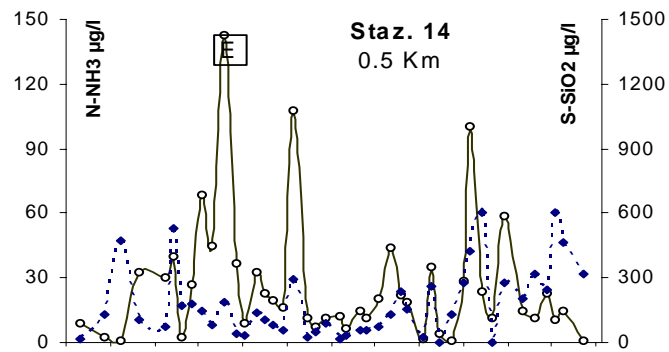
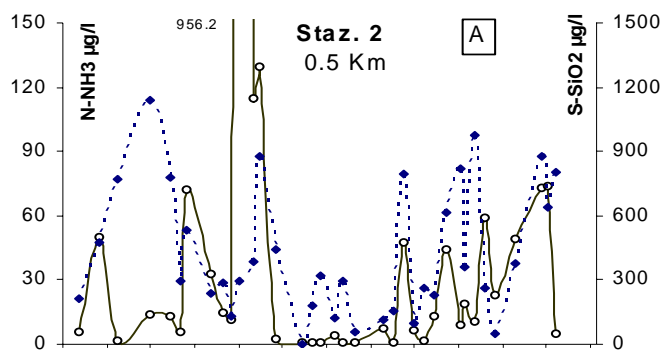


Figura 9 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO<sub>3</sub> (linea continua) e del Nitrito N-NO<sub>2</sub> (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.



ge fe ma ap ma gi lu ag se ot no di/06

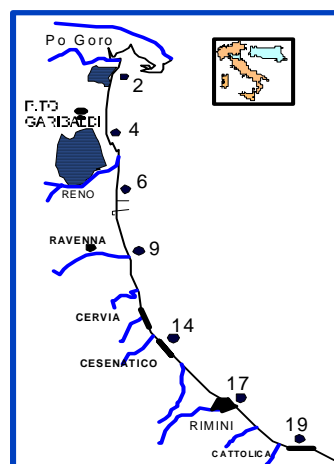


Figura 10 - Andamenti temporali dell' Azoto Ammoniacale

N-NH<sub>3</sub> (linea continua) e della Silice Si-SiO<sub>2</sub> (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

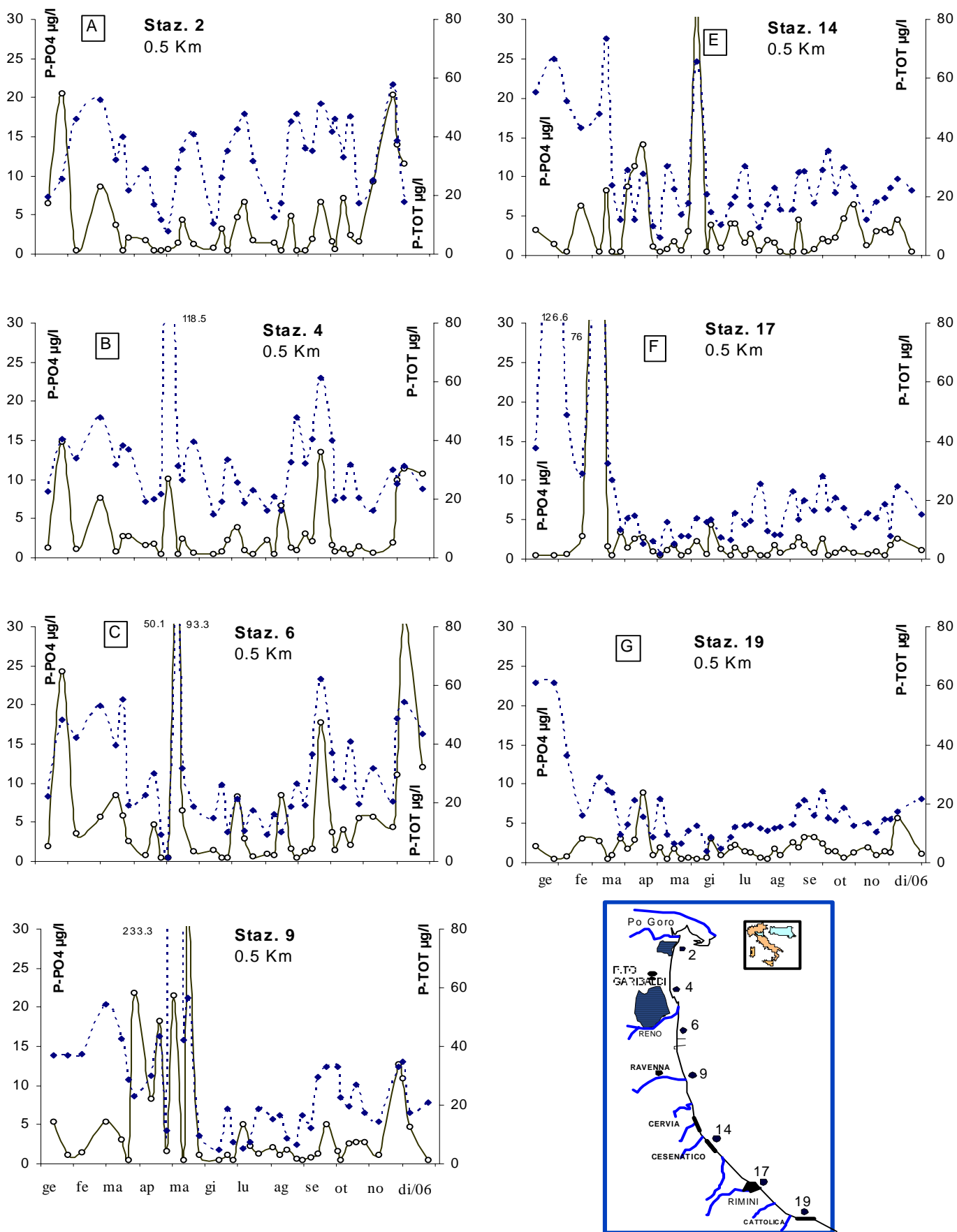


Figura 11 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO4 (linea continua) e del fosforo totale P-TOT (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

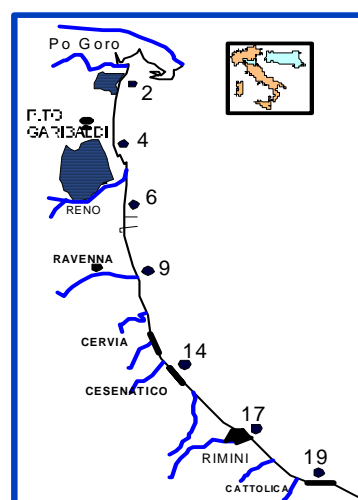
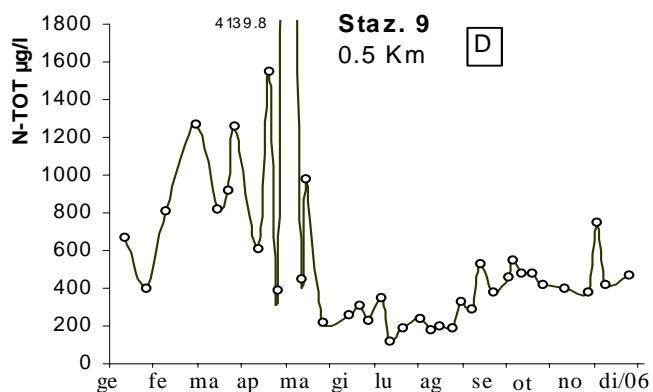
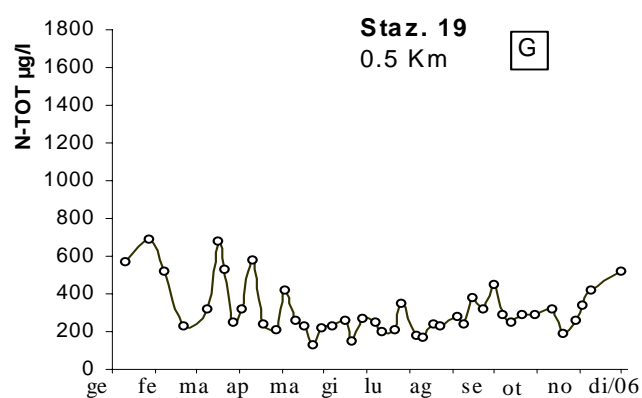
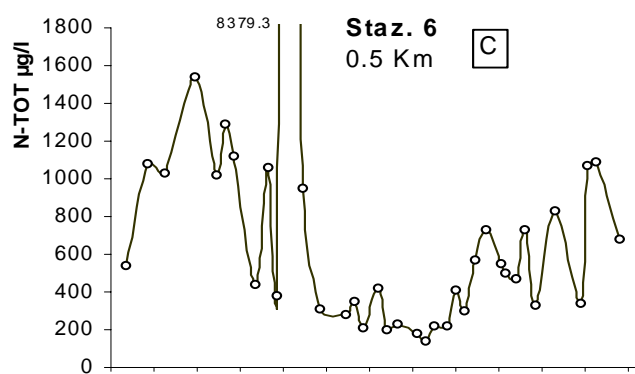
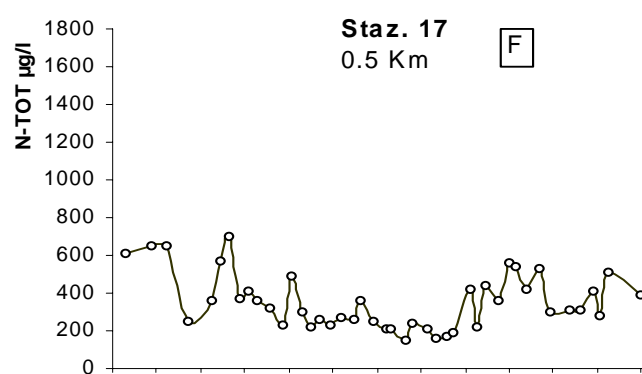
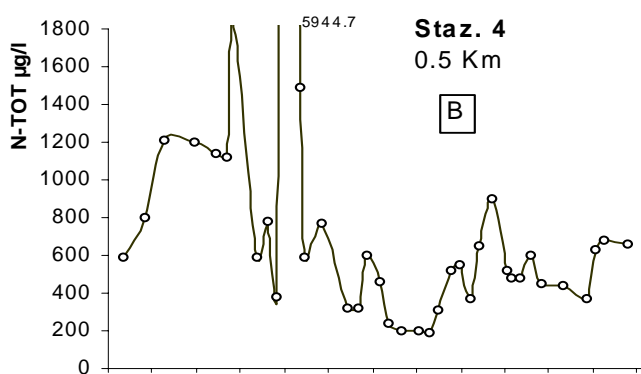
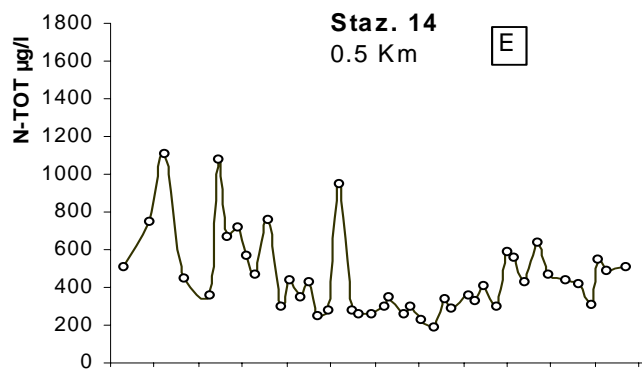
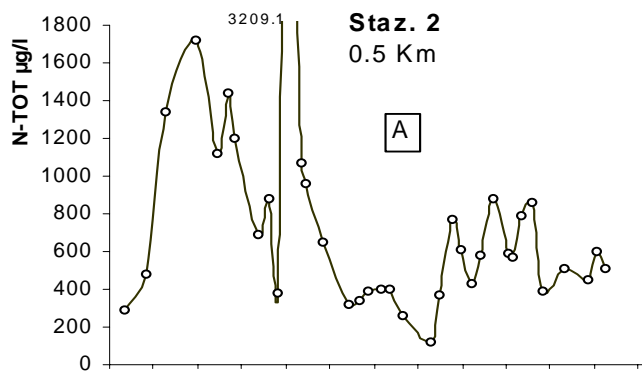


Figura 12 - Andamenti temporali dell' Azoto totale N-TOT in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.

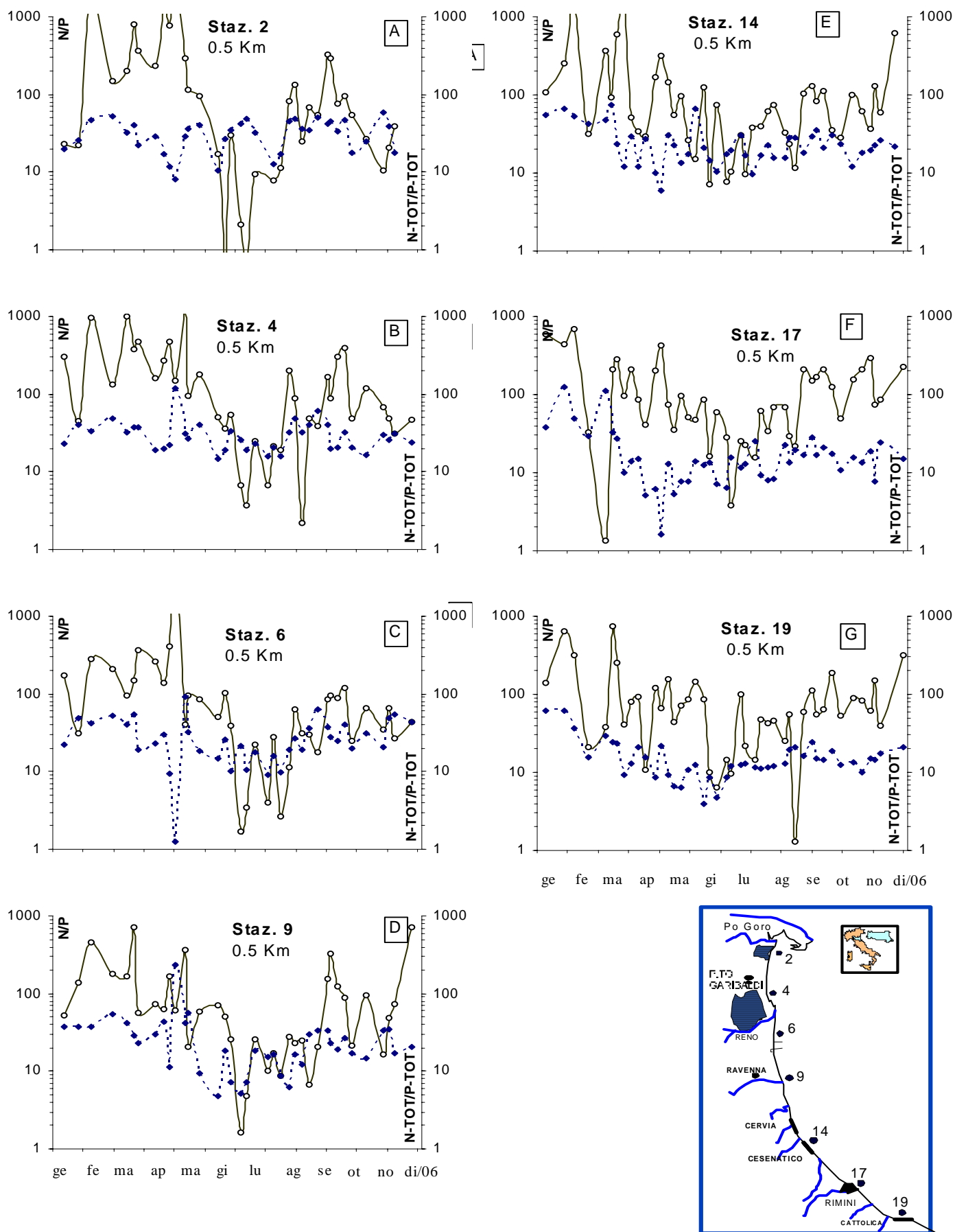


Figura 13 - Andamenti temporali del rapporto N/P (linea continua) e del rapporto N-TOT/P-TOT (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa



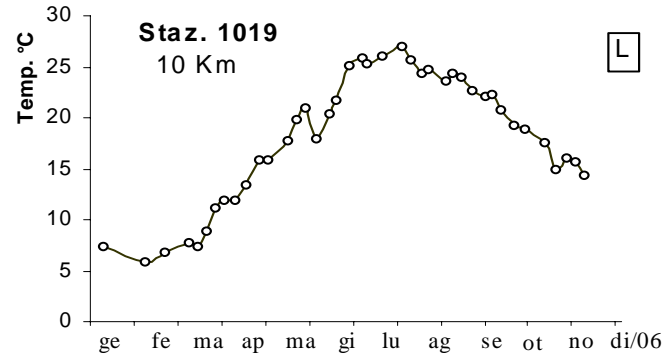
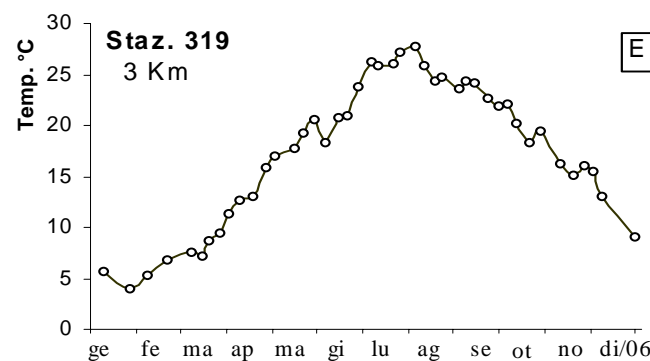
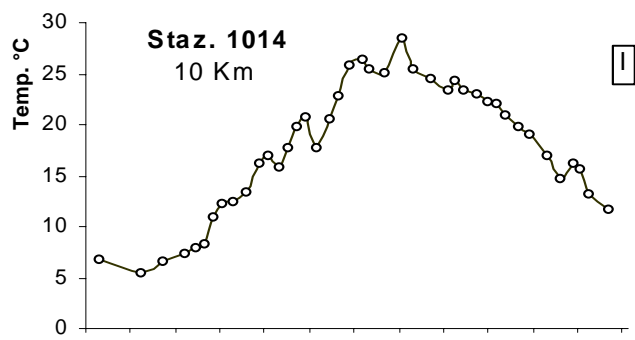
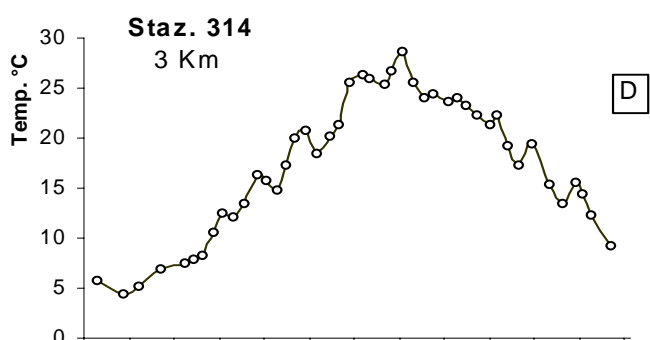
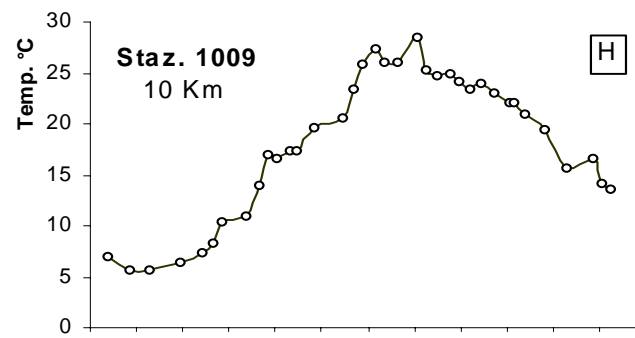
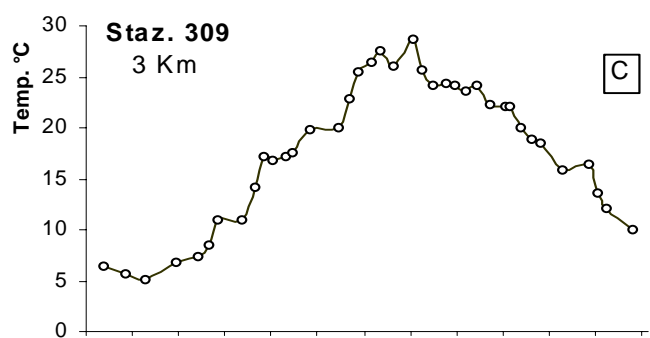
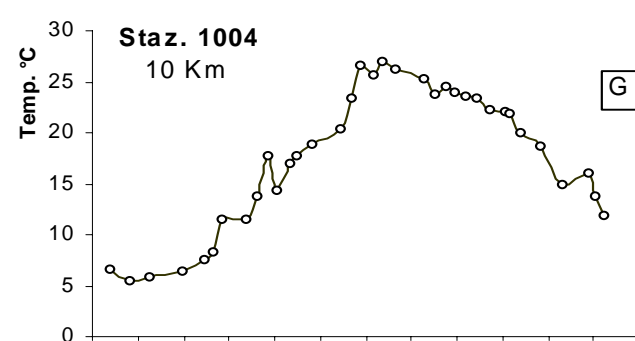
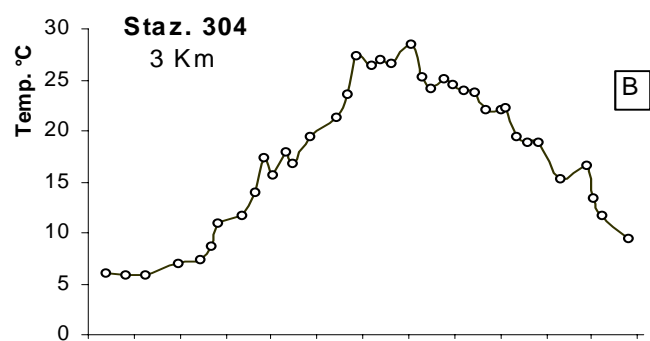
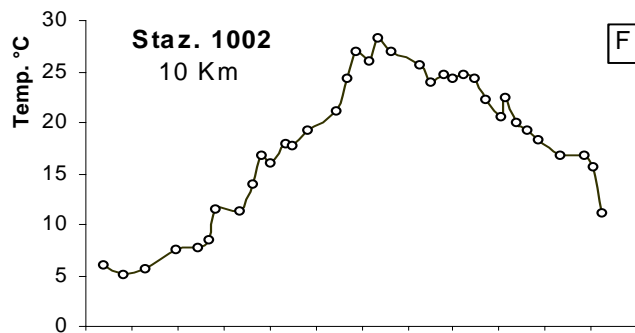
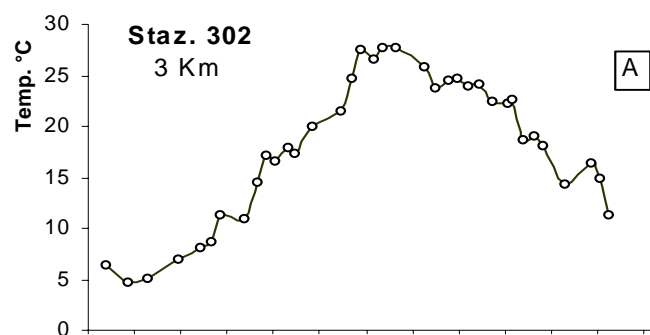


Figura 14 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

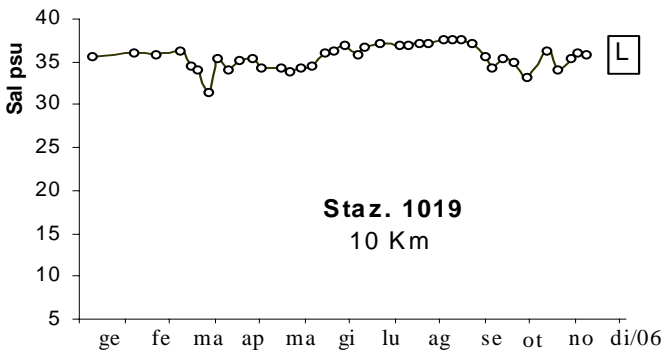
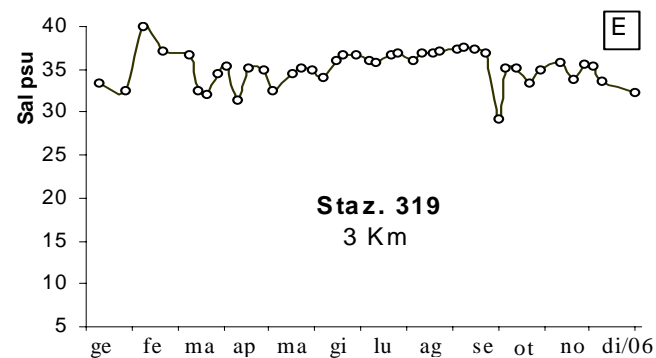
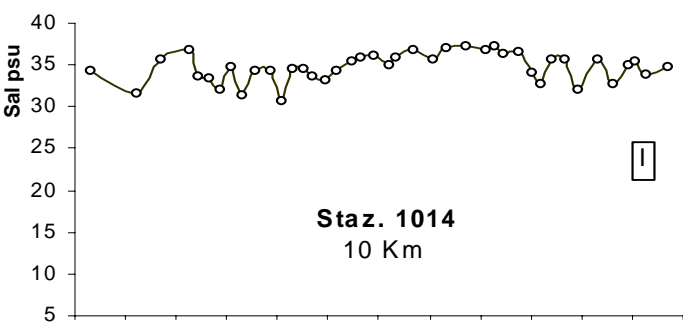
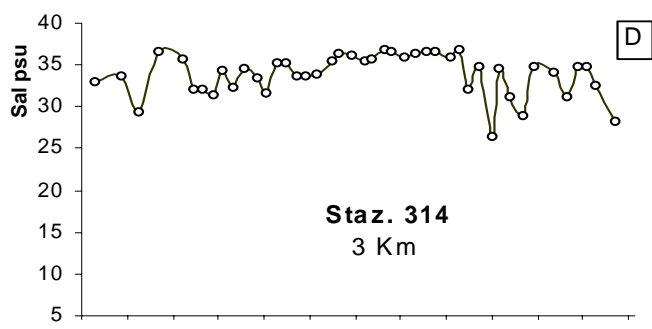
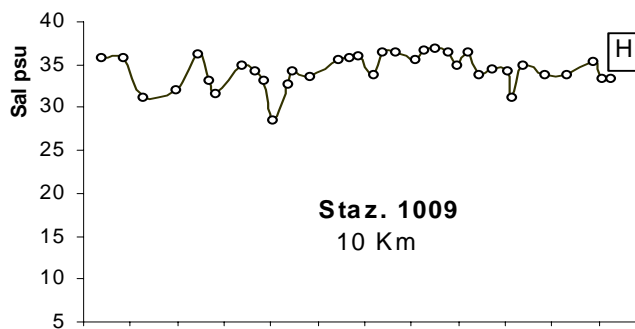
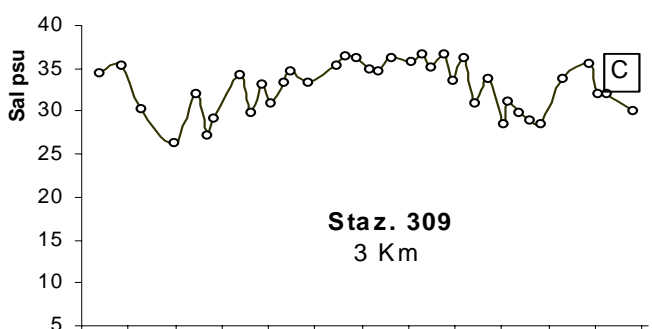
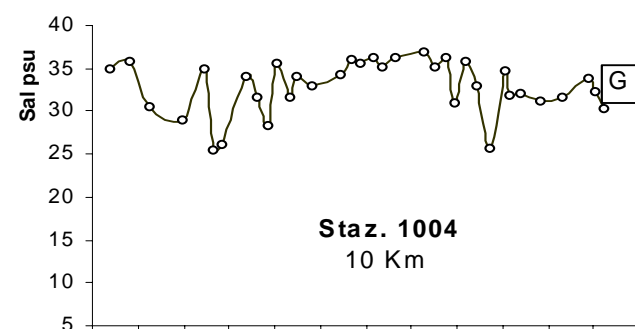
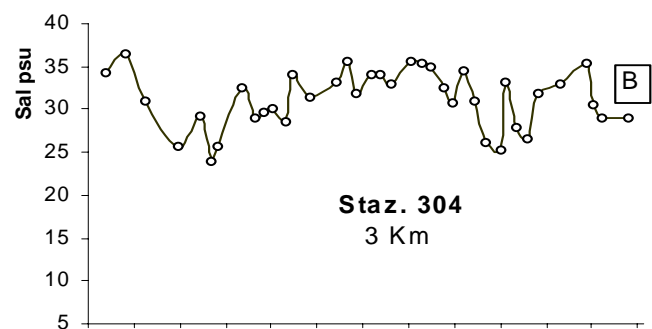
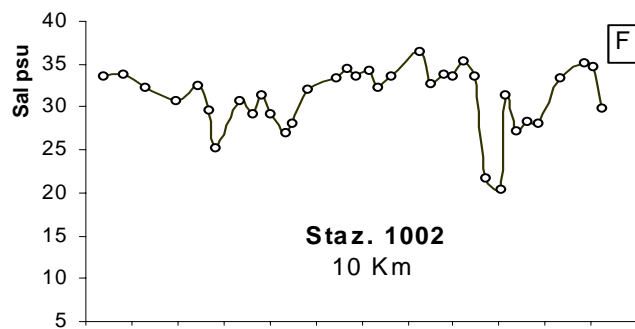
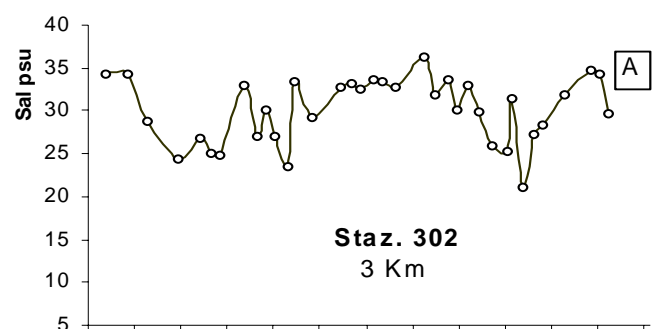


Figura 15 - Andamenti temporali della Salinità in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

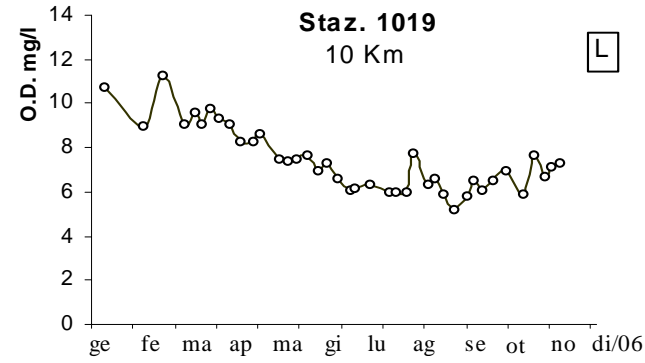
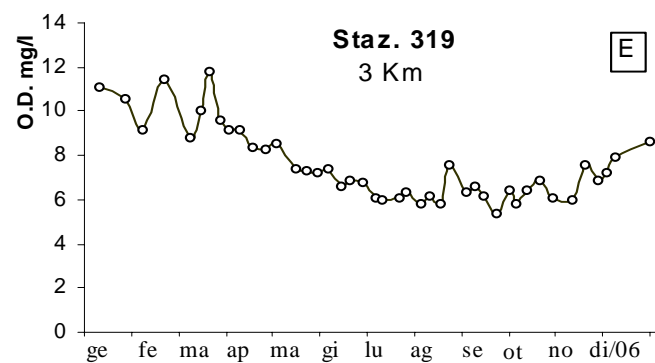
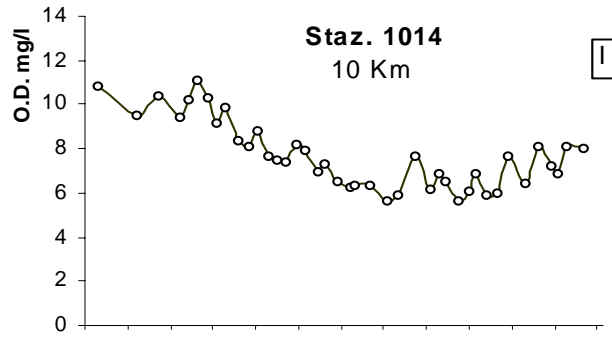
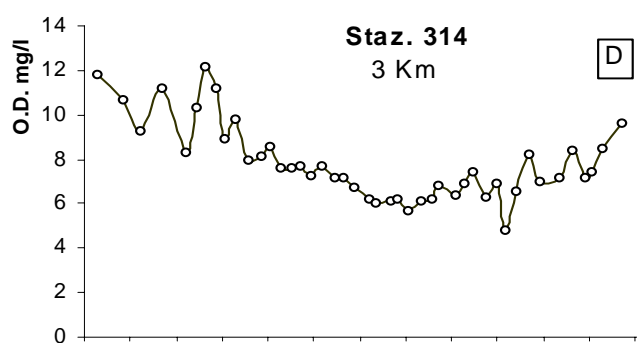
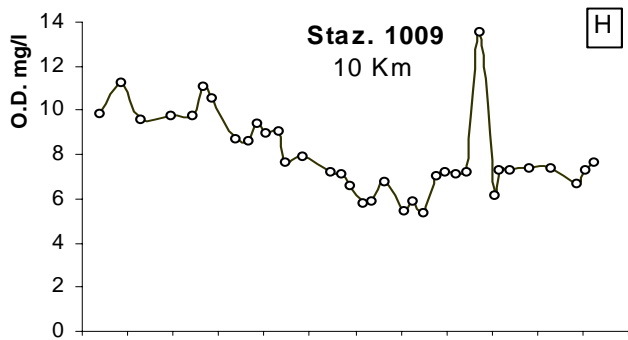
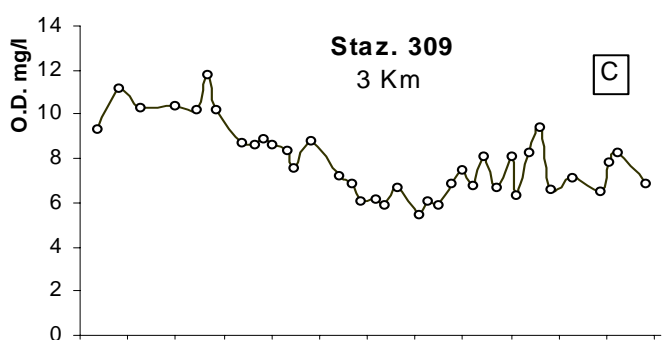
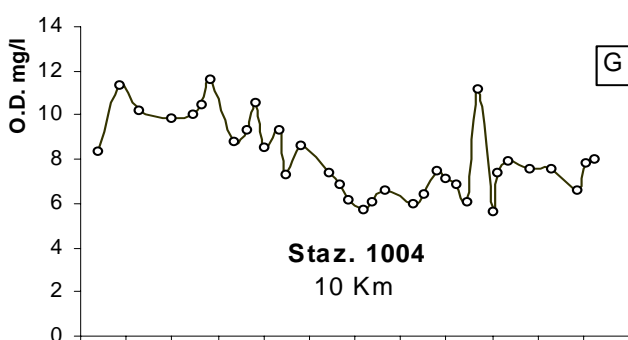
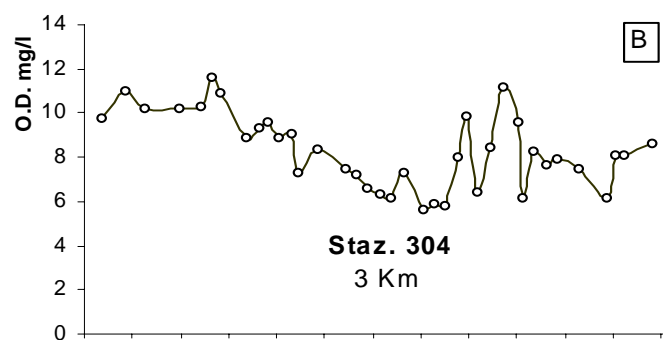
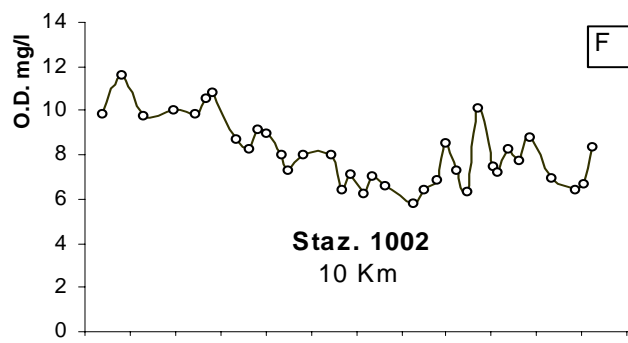
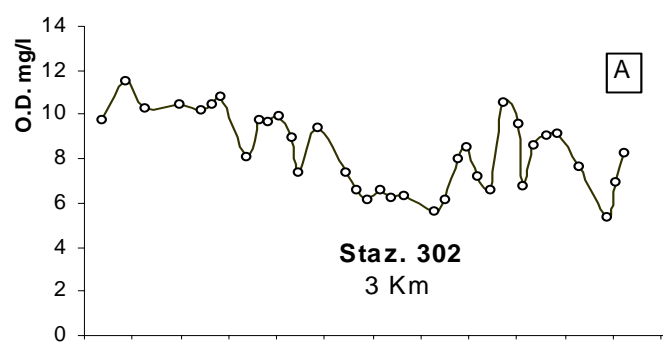


Figura 16 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

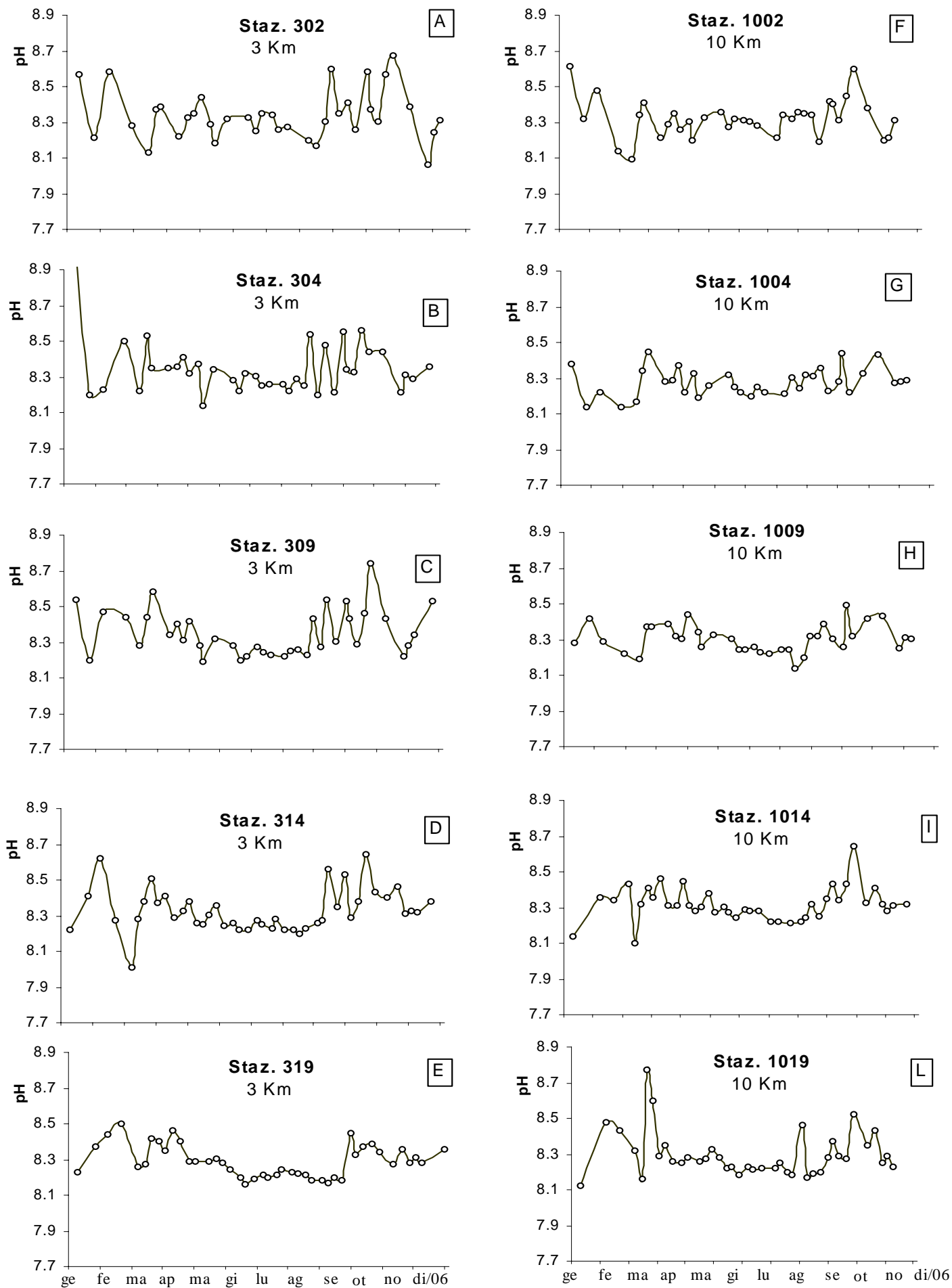


Figura 17 - Andamenti temporali del pH in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

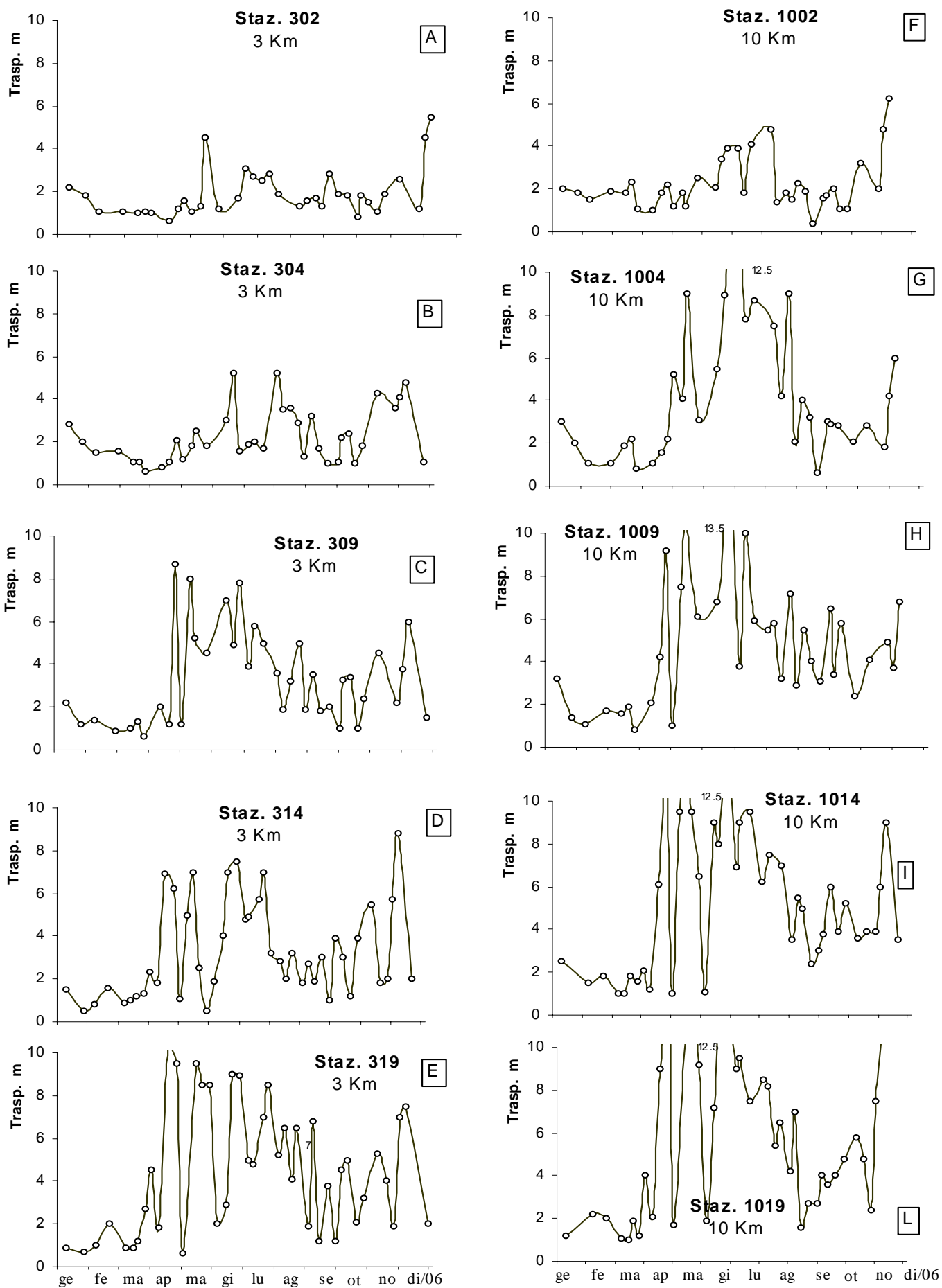


Figura 18 - Andamenti temporali della Trasparenza nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

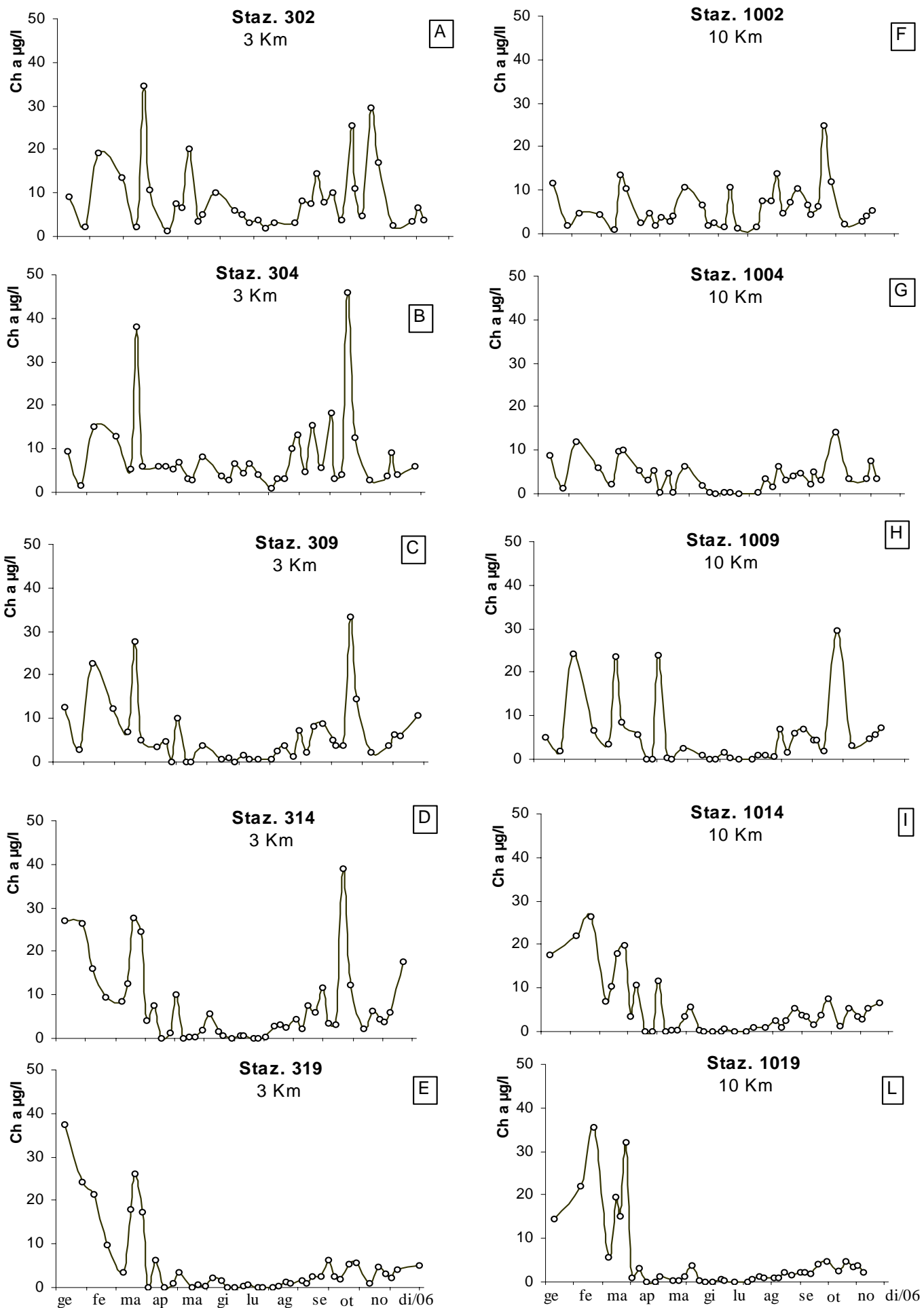


Figura 19 -Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

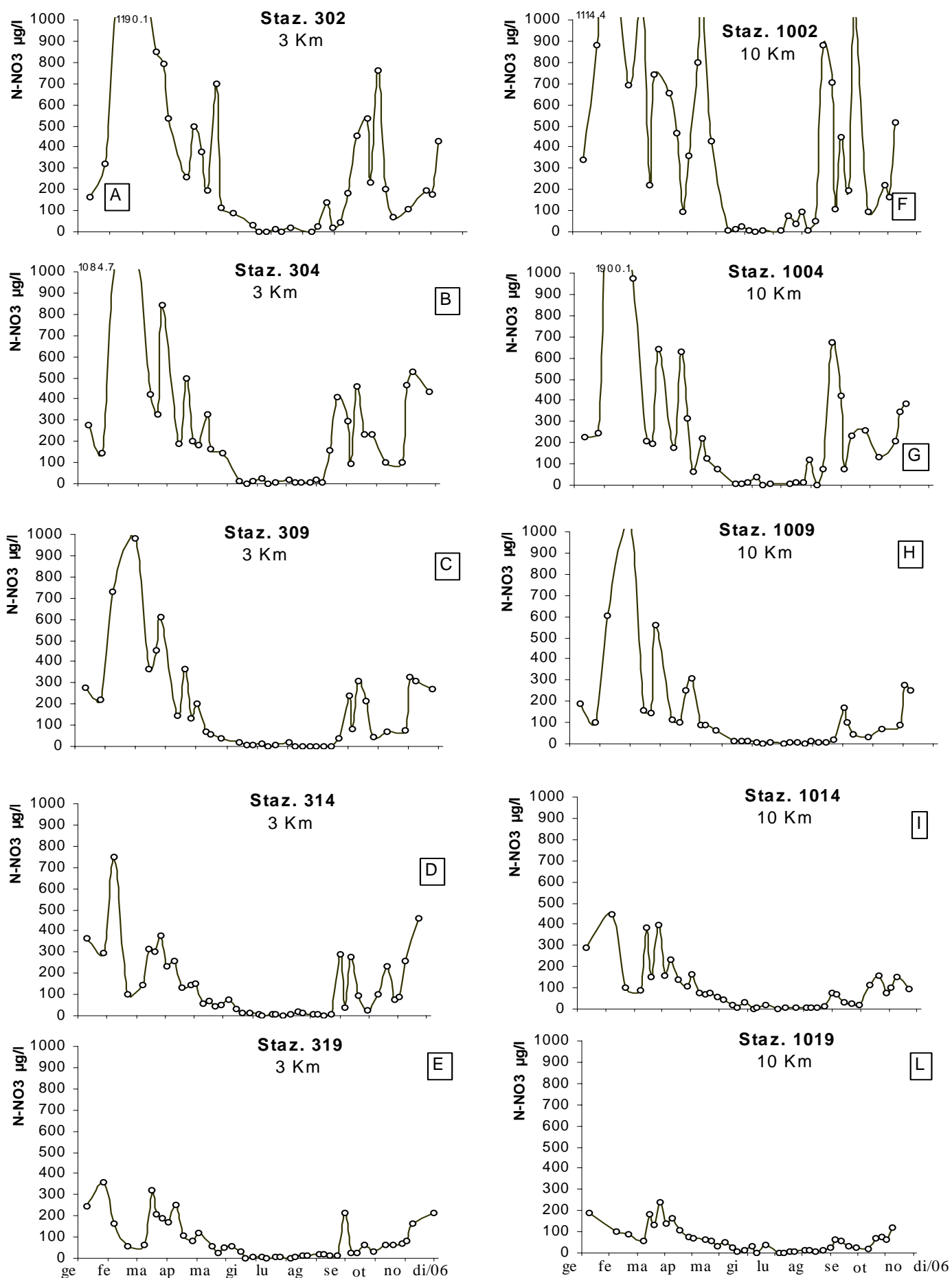


Figura 20 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO3 in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

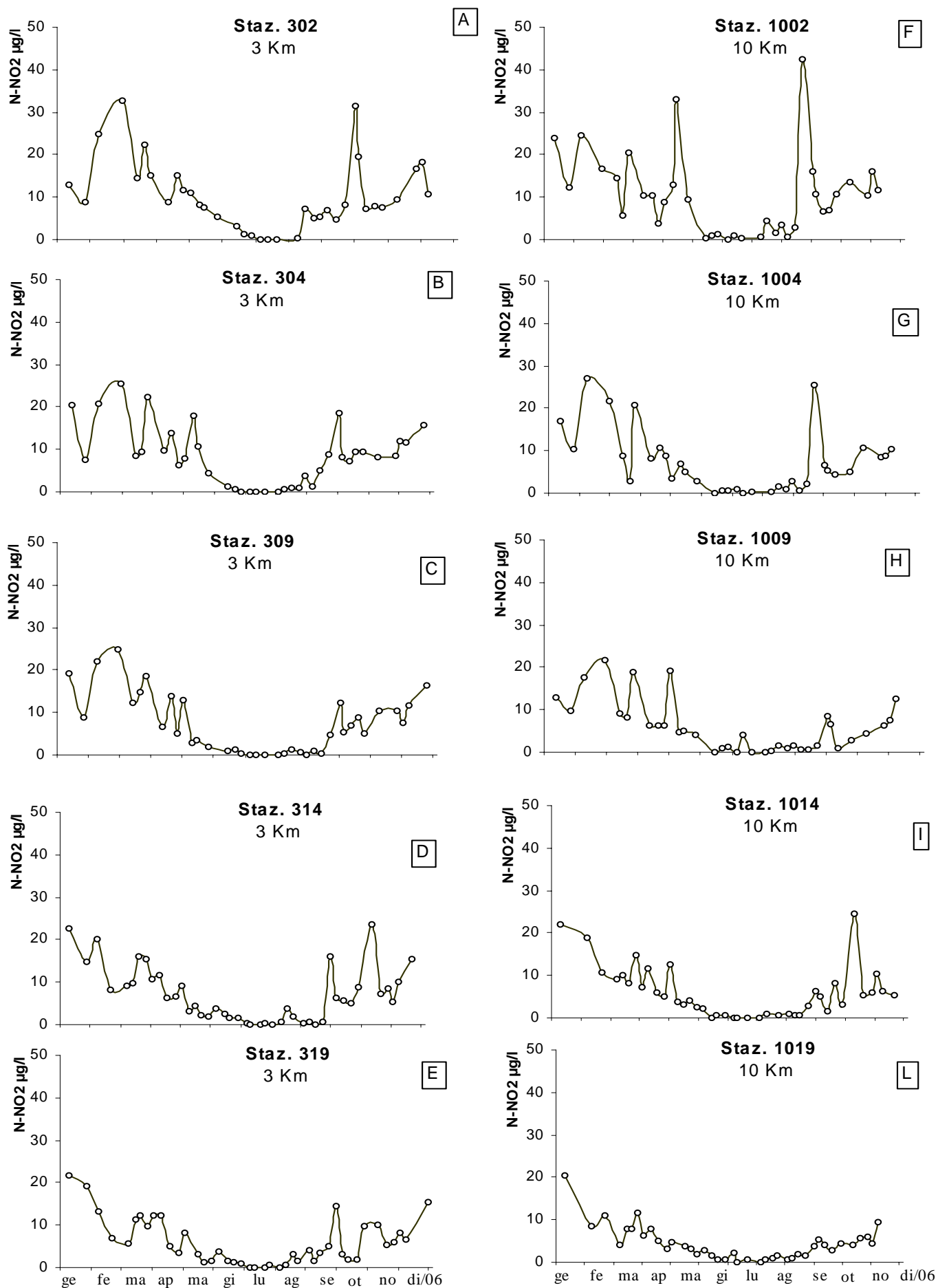


Figura 21 - Andamenti temporali del Nitrito  $\text{N-NO}_2$  in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.



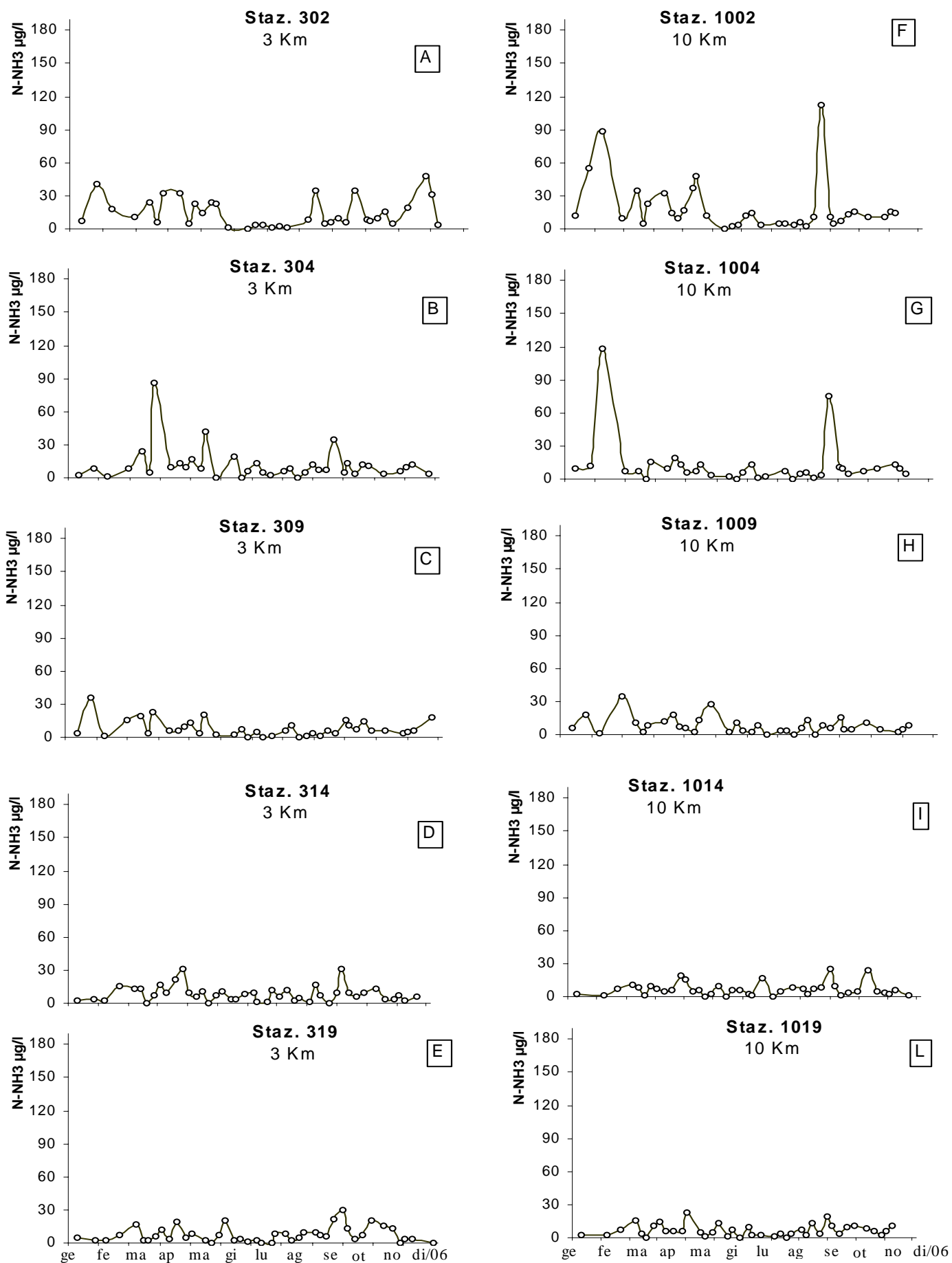


Figura 22 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH<sub>3</sub> in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

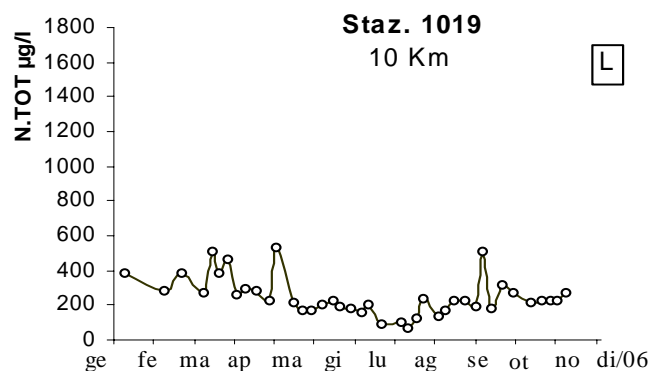
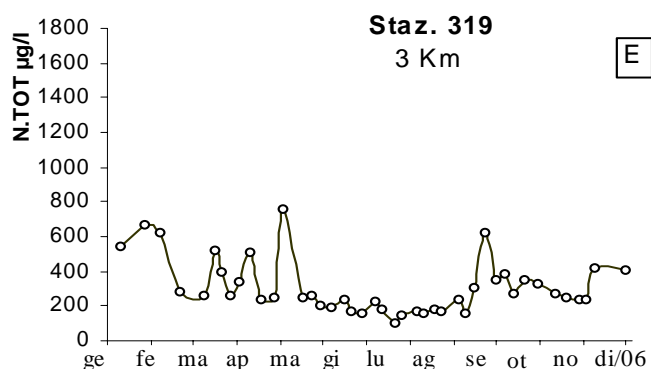
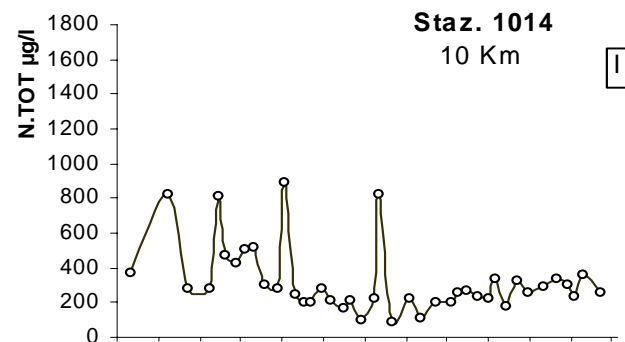
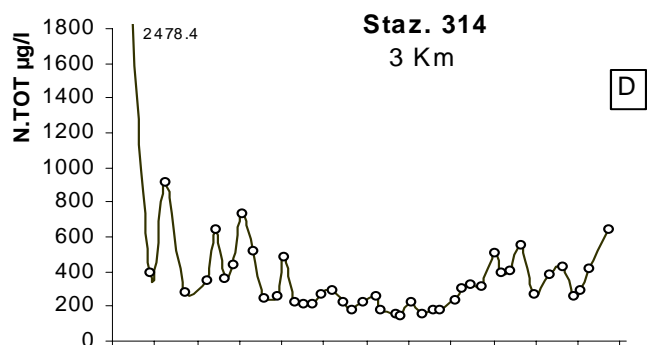
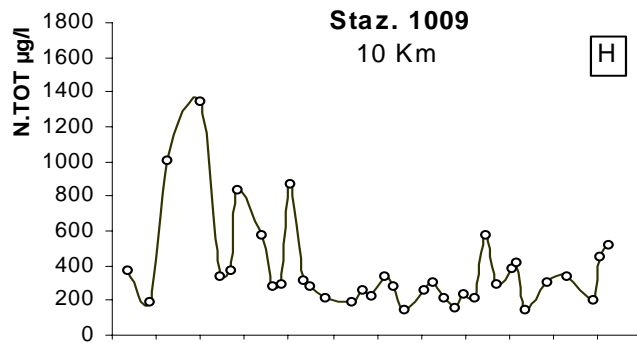
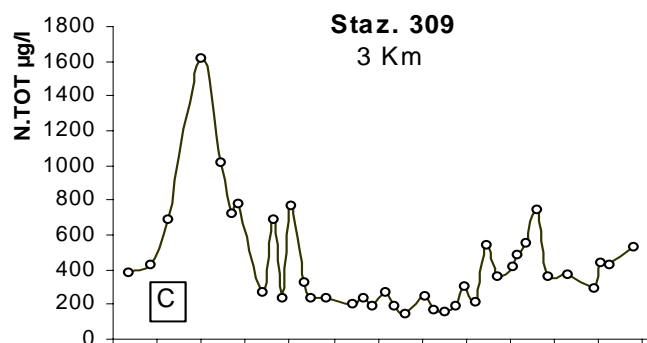
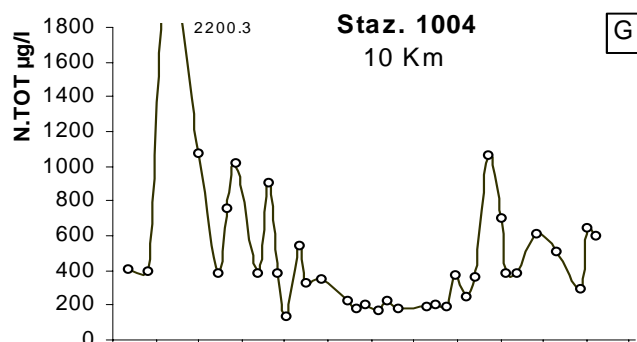
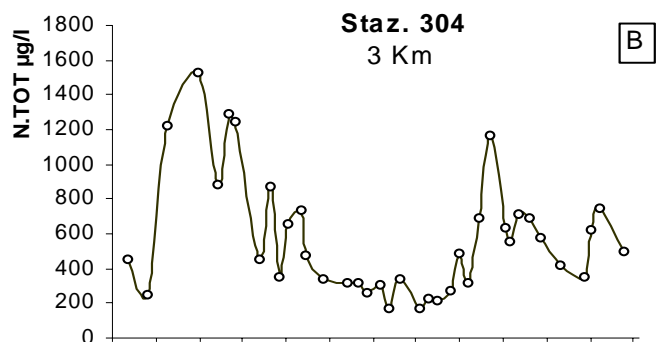
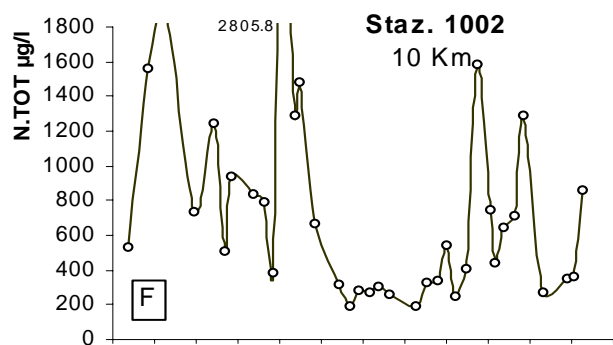
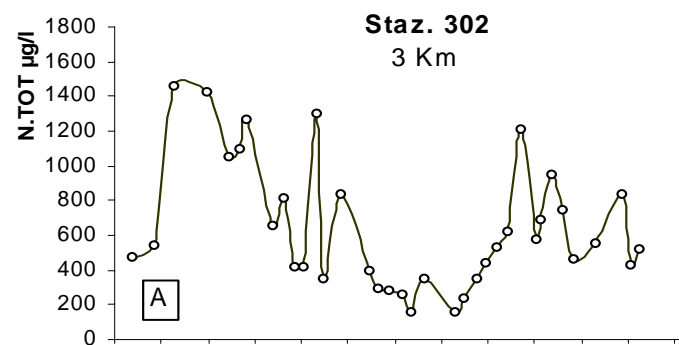


Figura 23 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

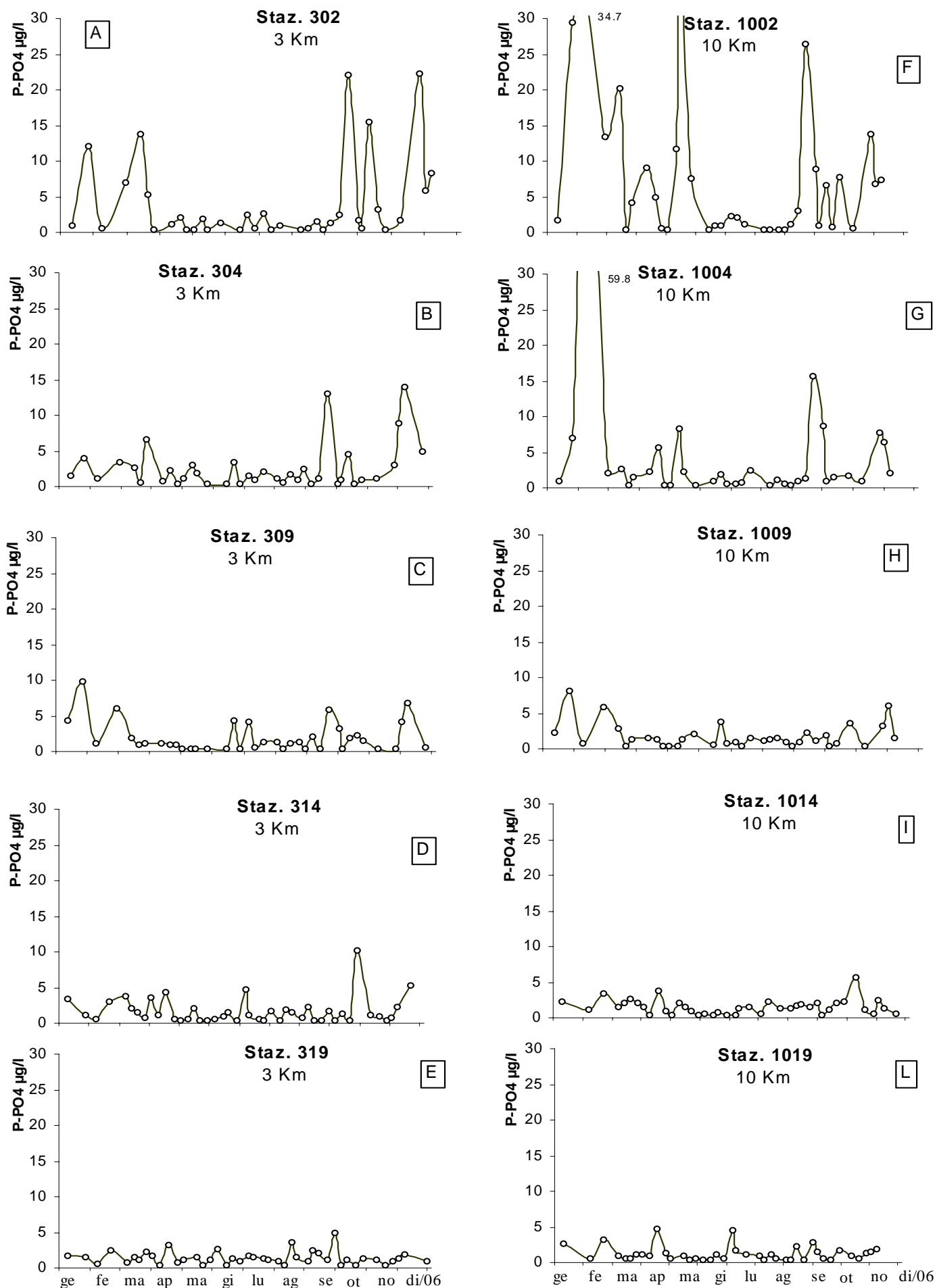


Figura 24 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO4 in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

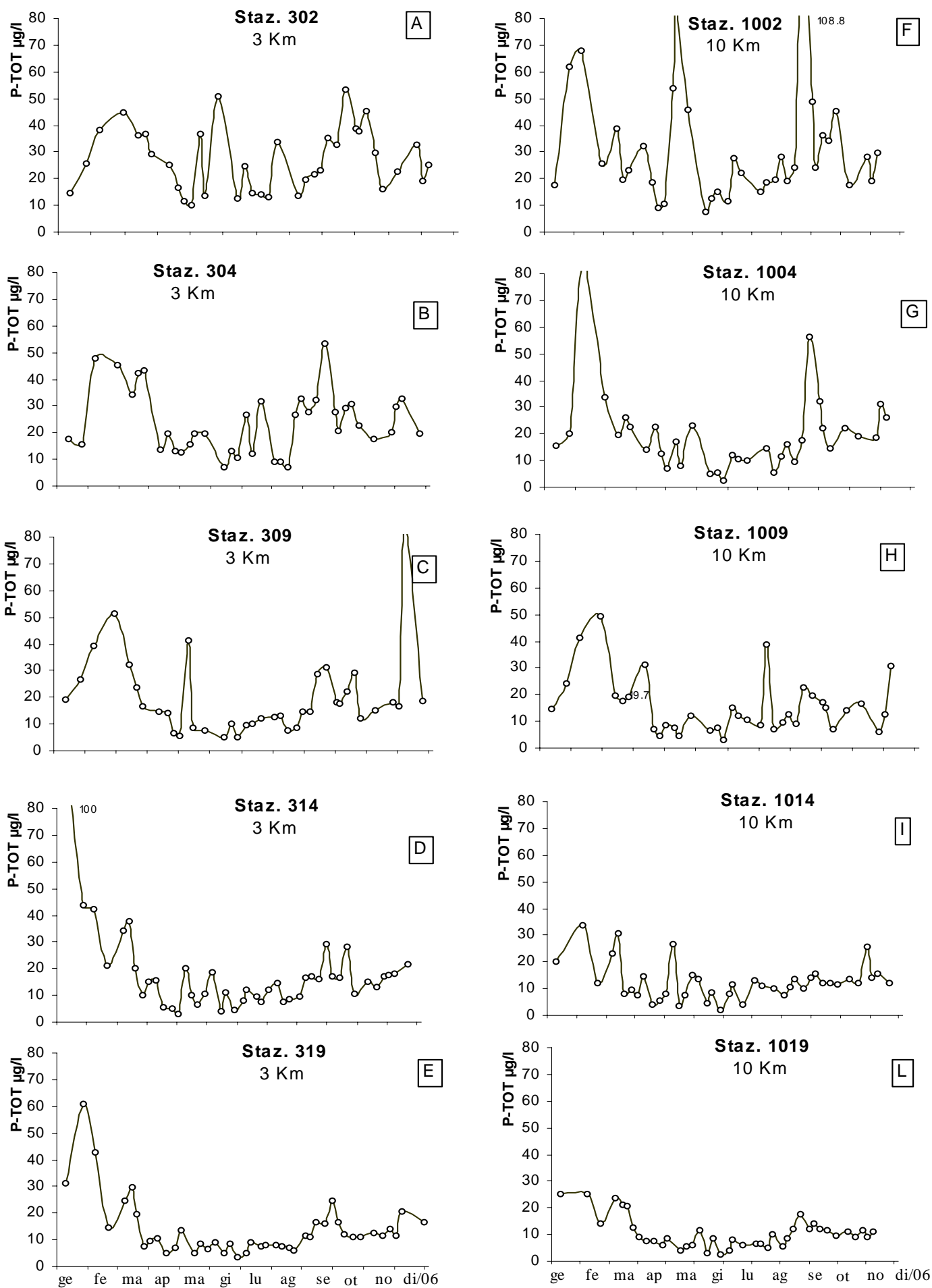


Figura 25 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

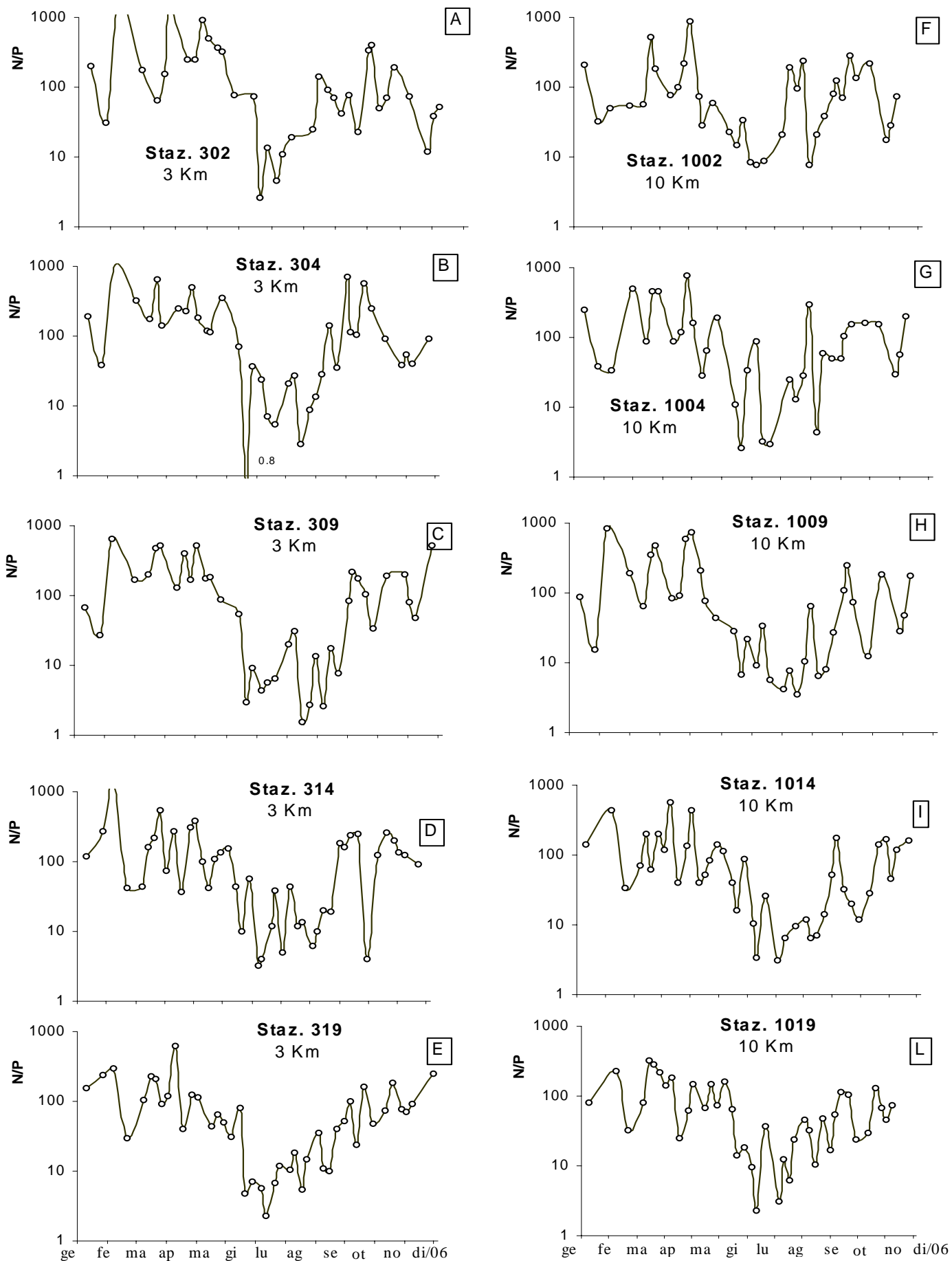


Figura 26 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

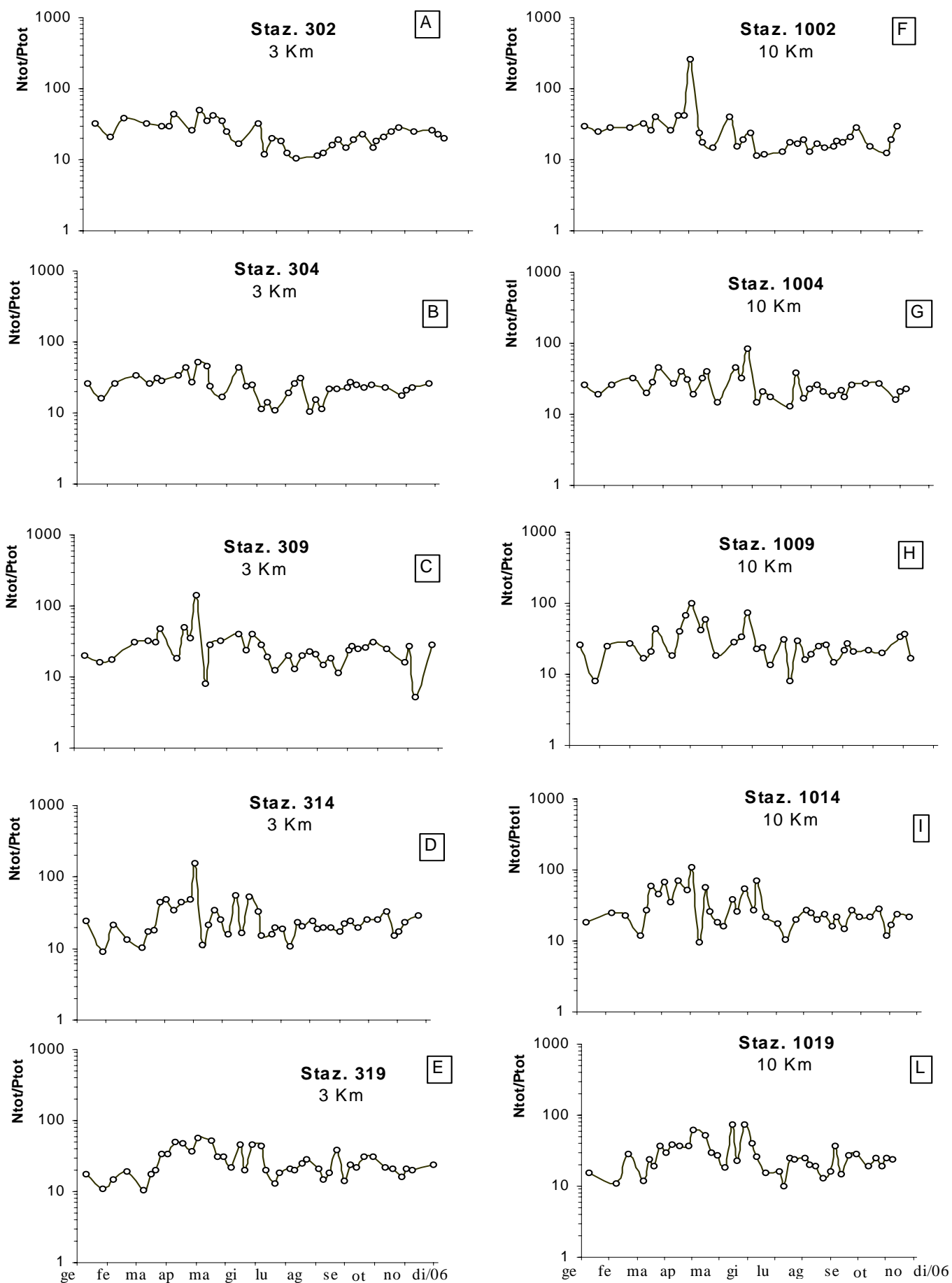


Figura 27 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

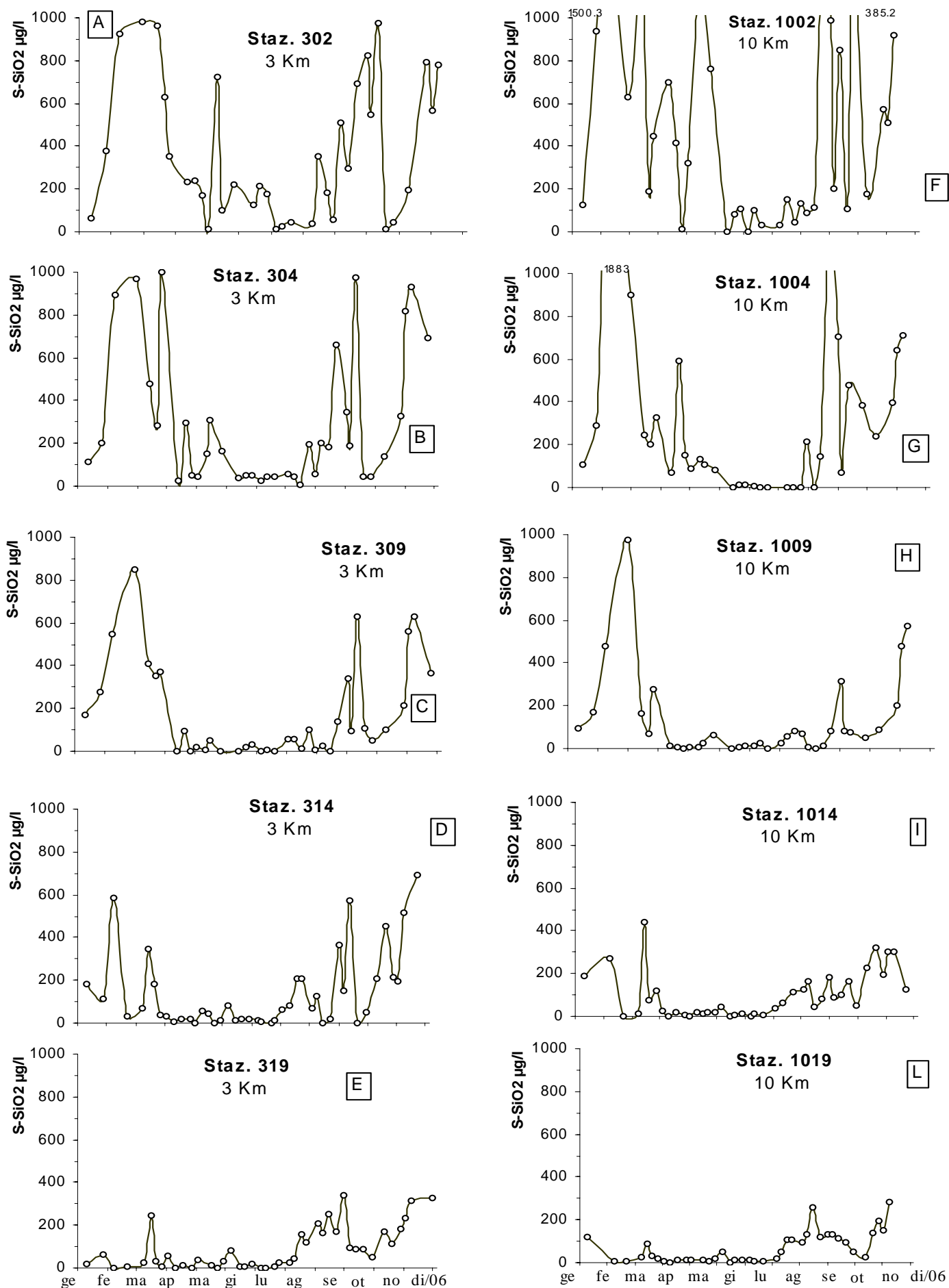


Figura 28 - Andamenti temporali della Silice in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

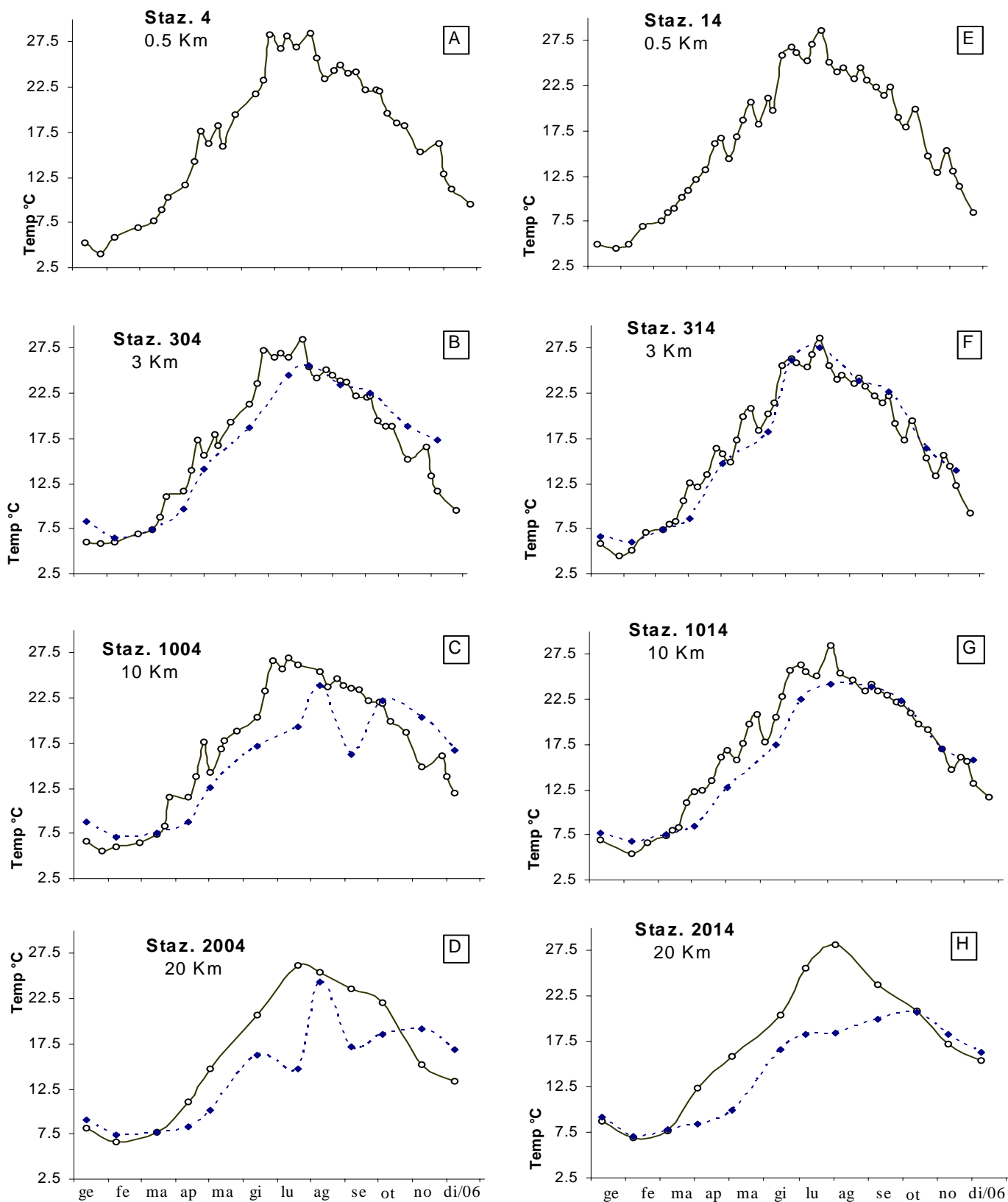
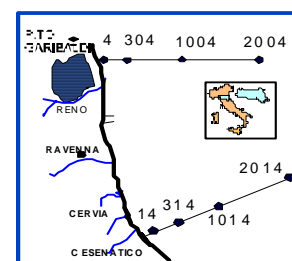


Figura 29 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico





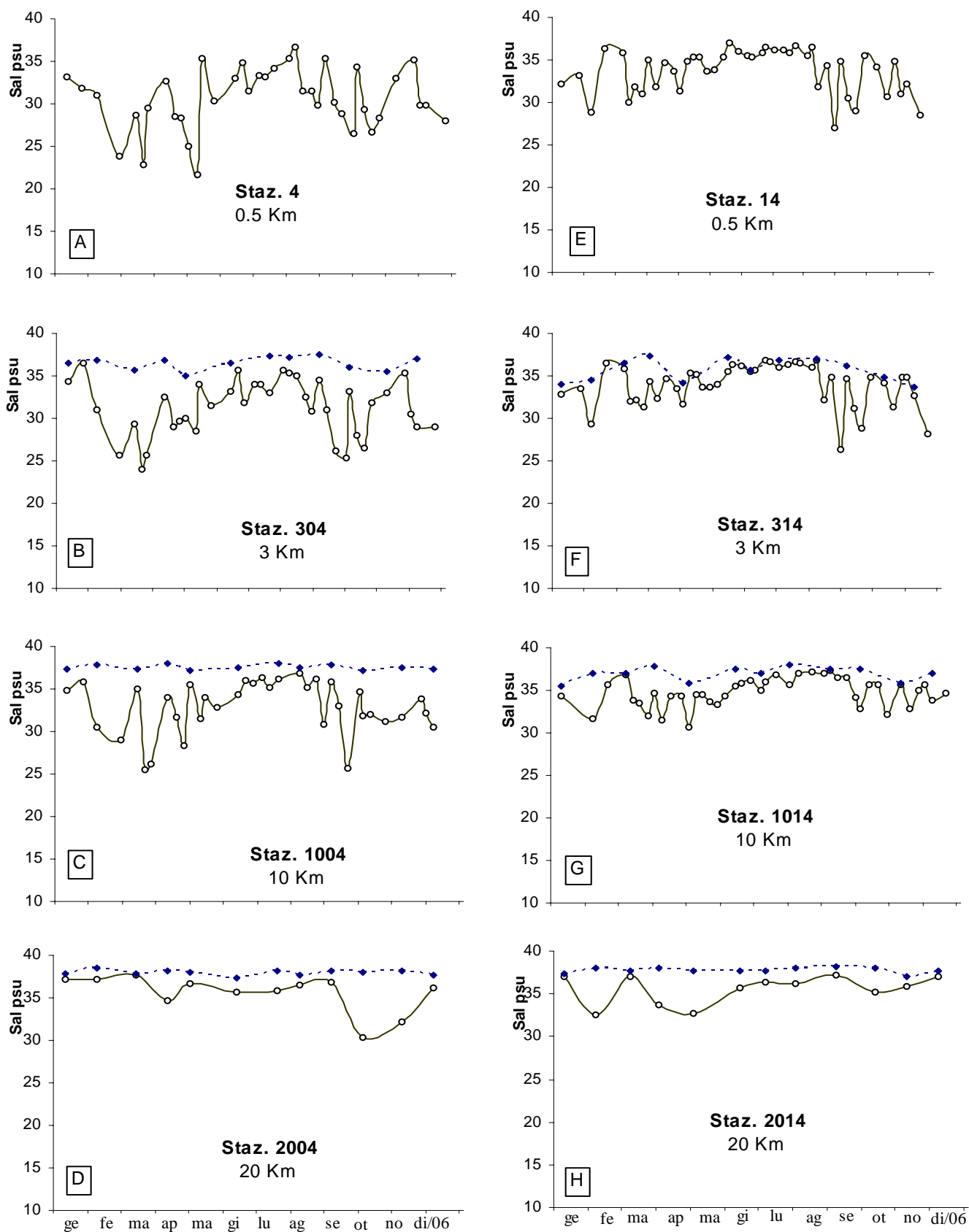
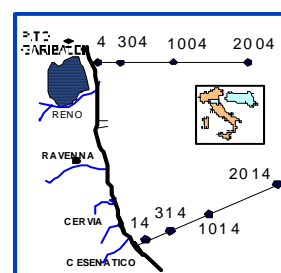


Figura 30 - Andamenti temporali della Salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



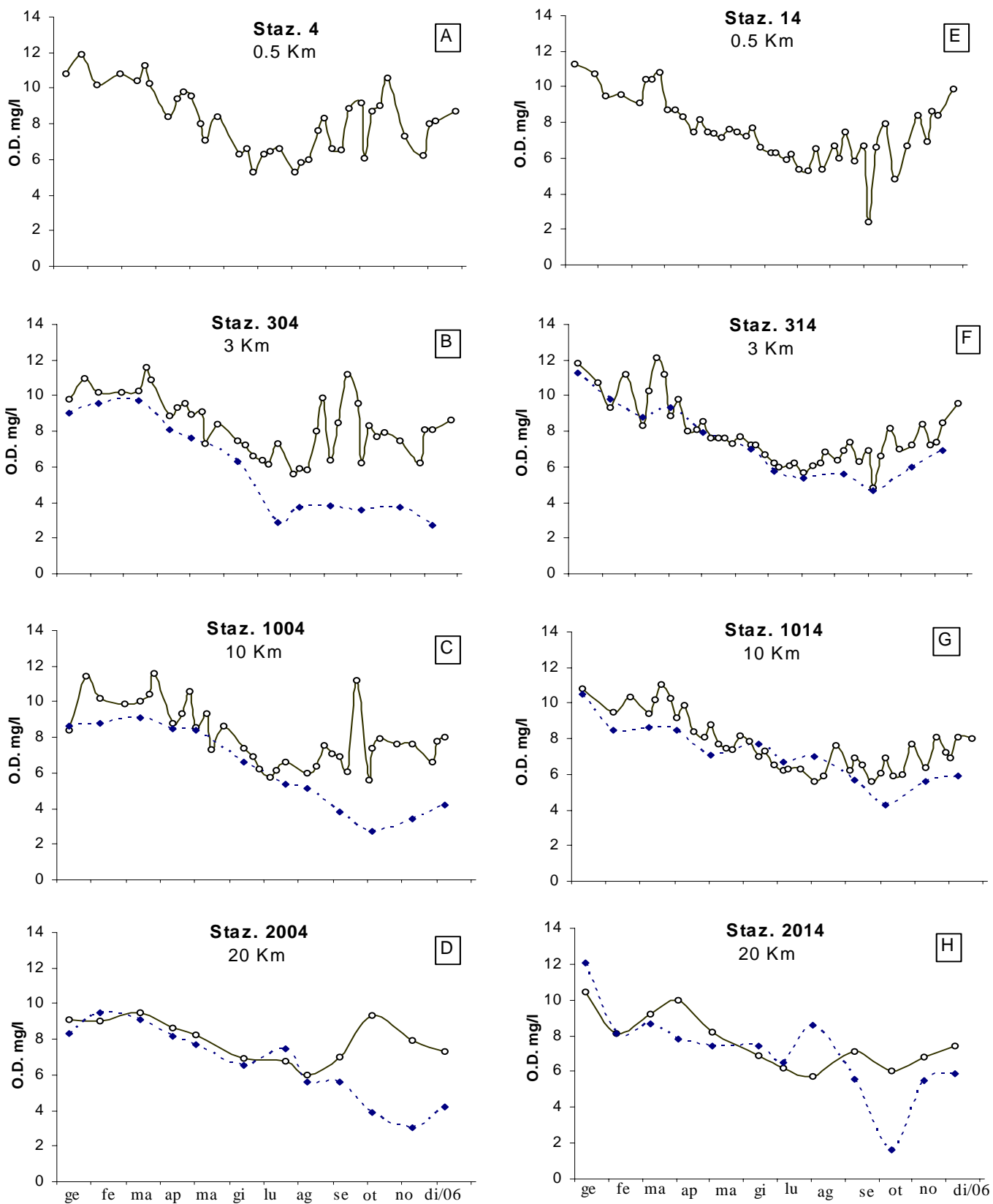
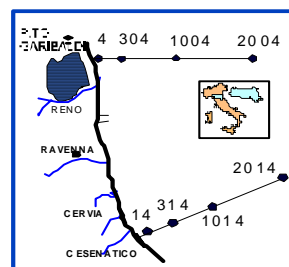


Figura 31 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



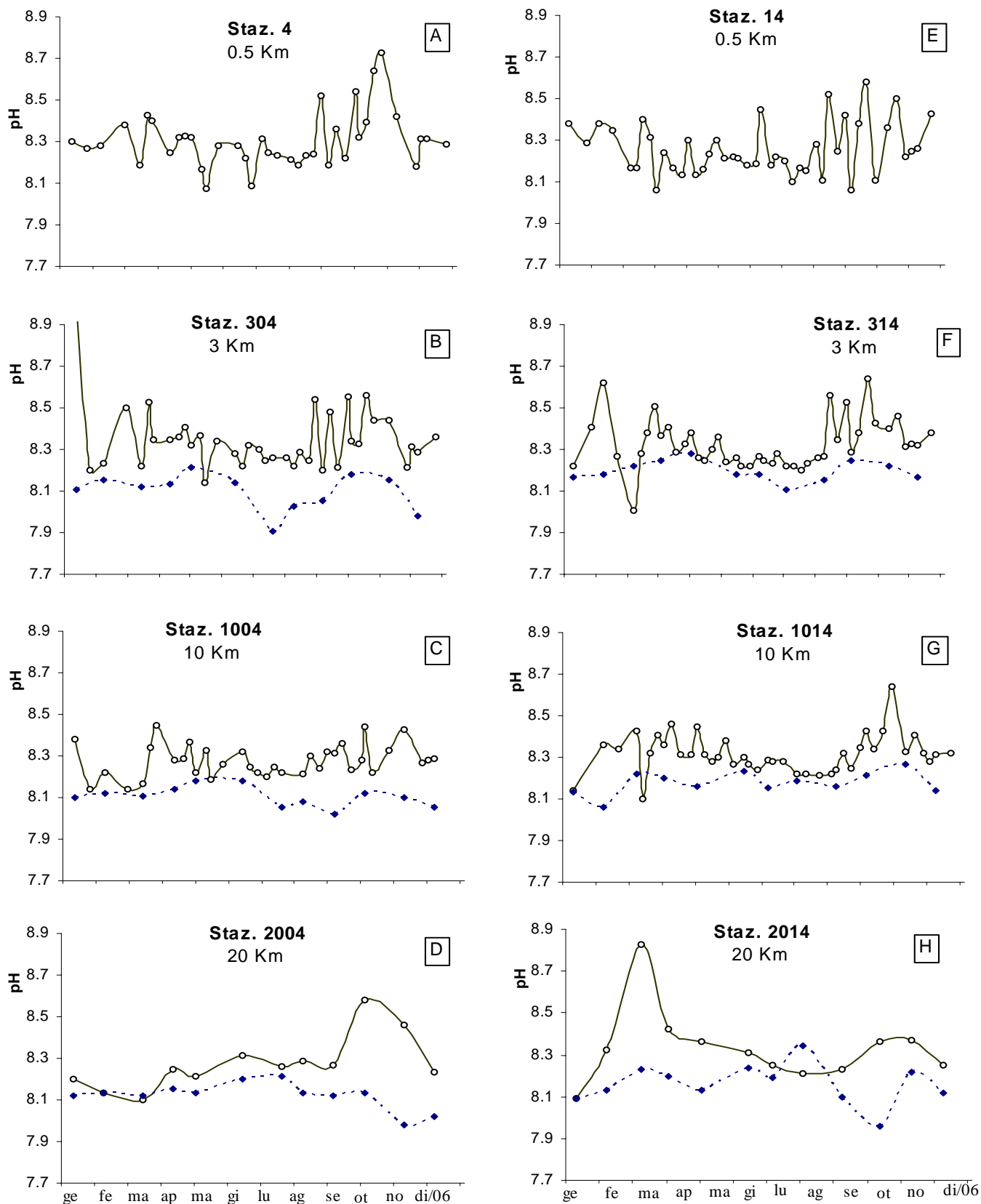
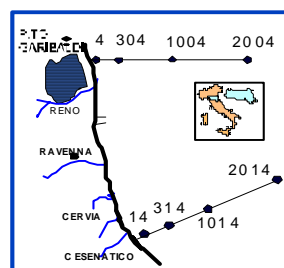


Figura 32 - Andamenti temporali del pH in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



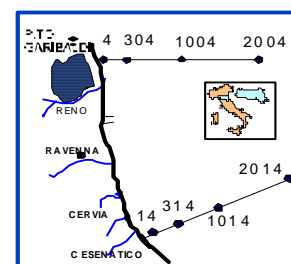
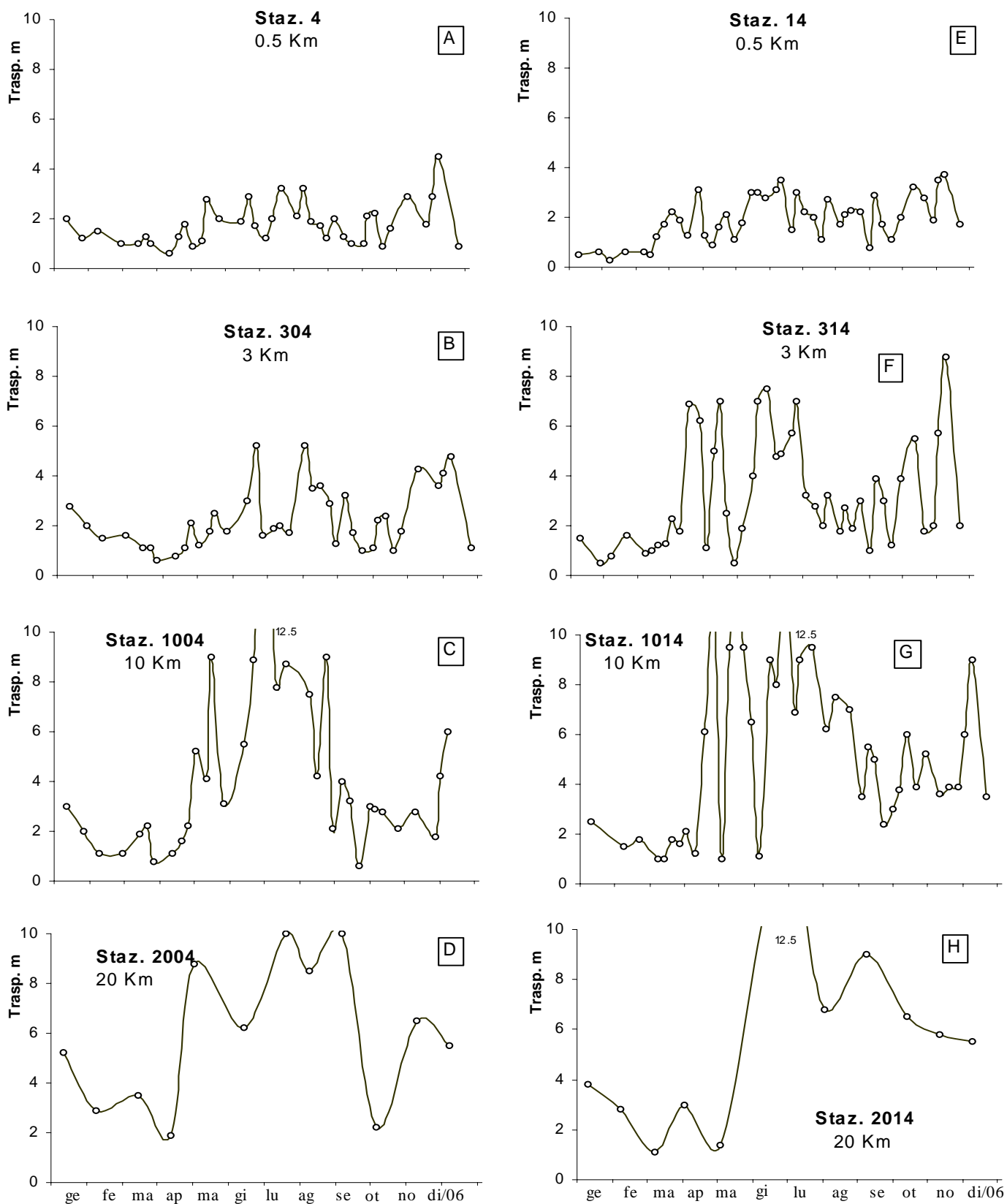


Figura 33 - Andamenti temporali della trasparenza nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico

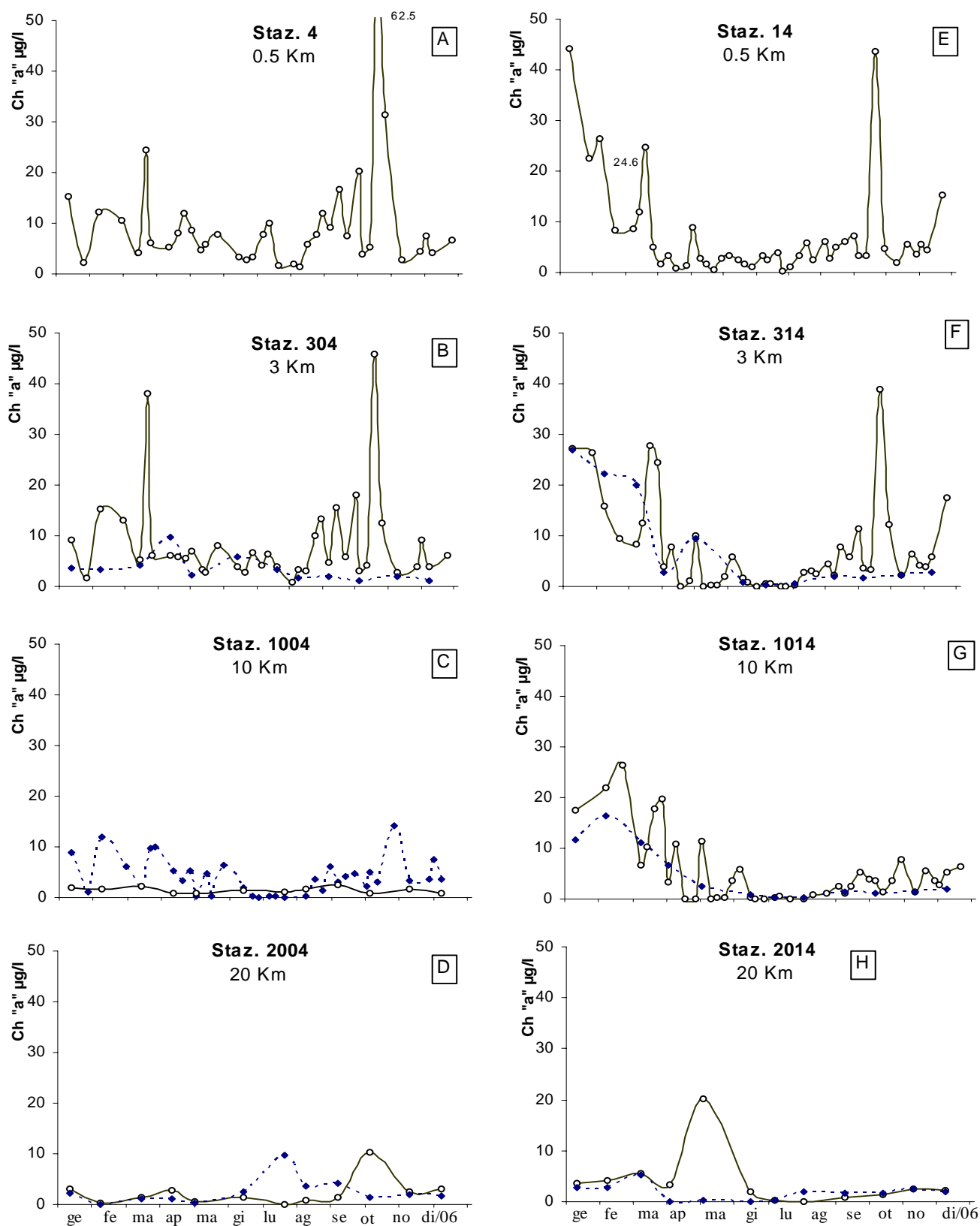
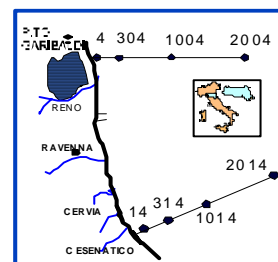


Figura 34 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



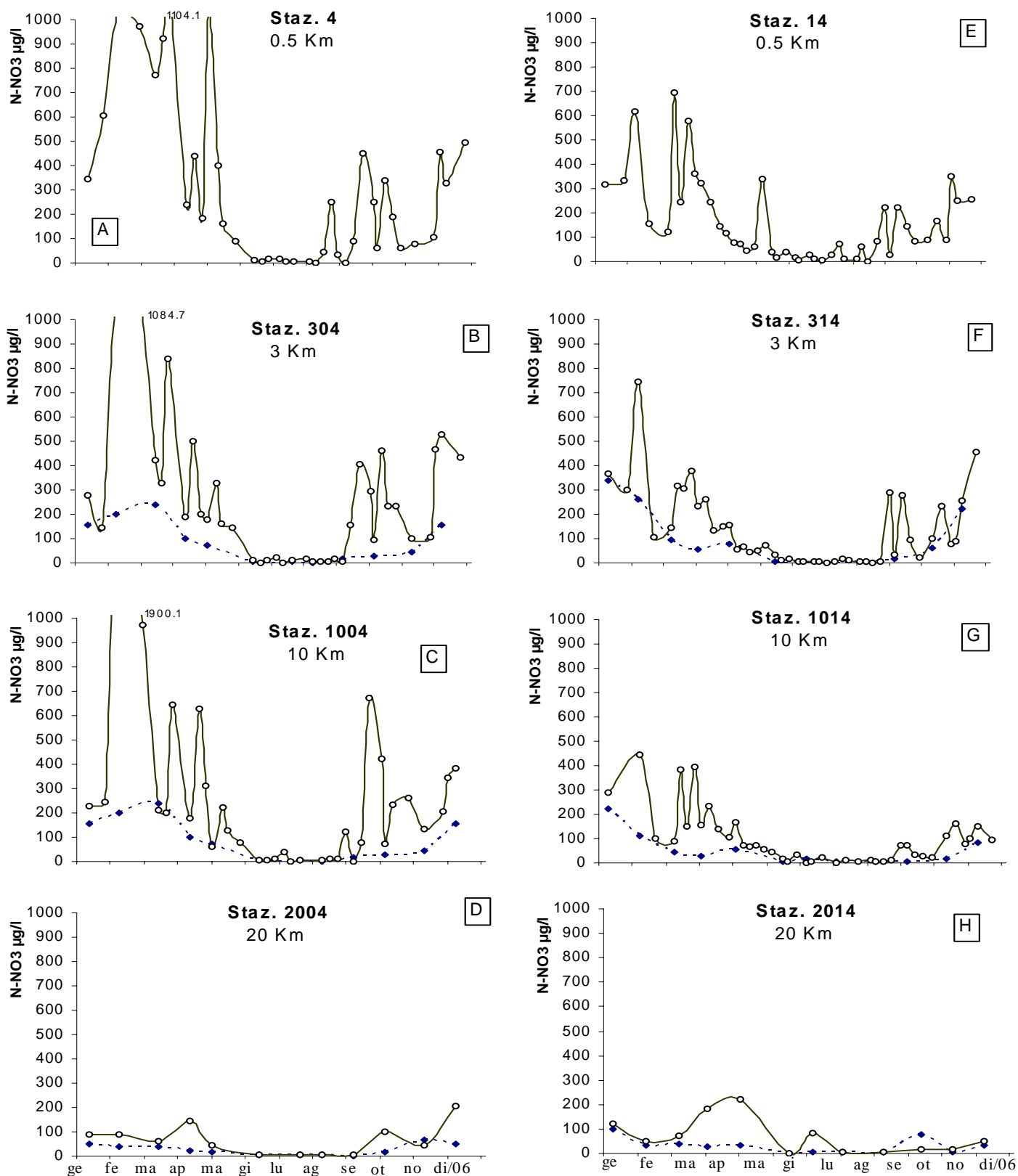
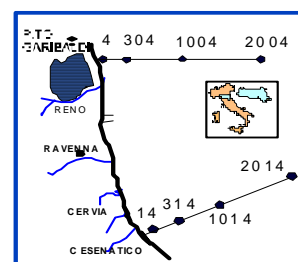


Figura 35 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO<sub>3</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



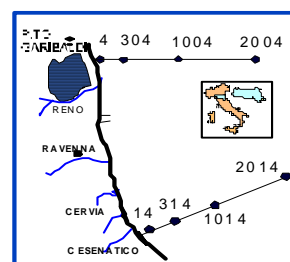
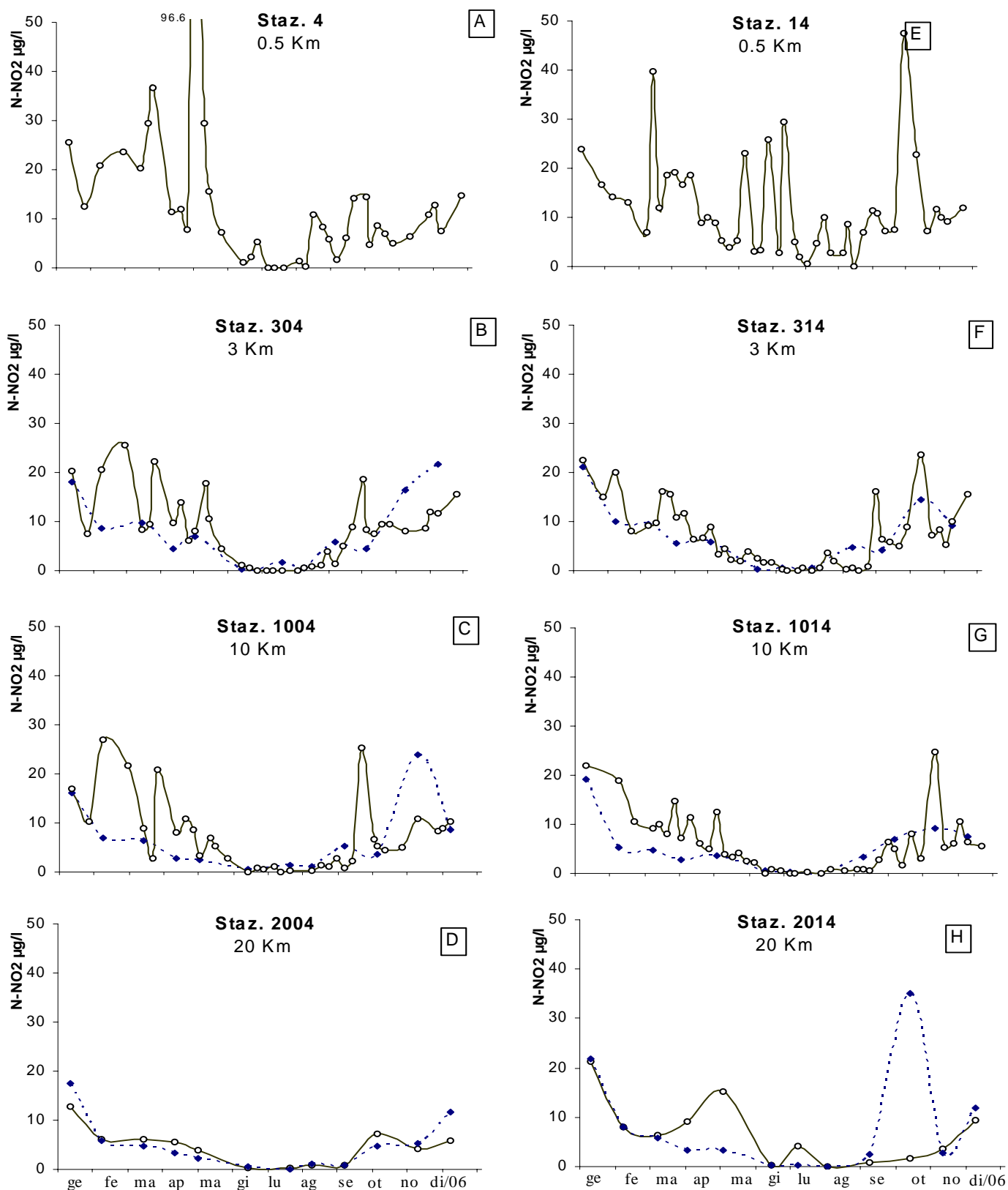


Figura 36 -Andamenti temporali del Nitrito N-NO<sub>2</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico

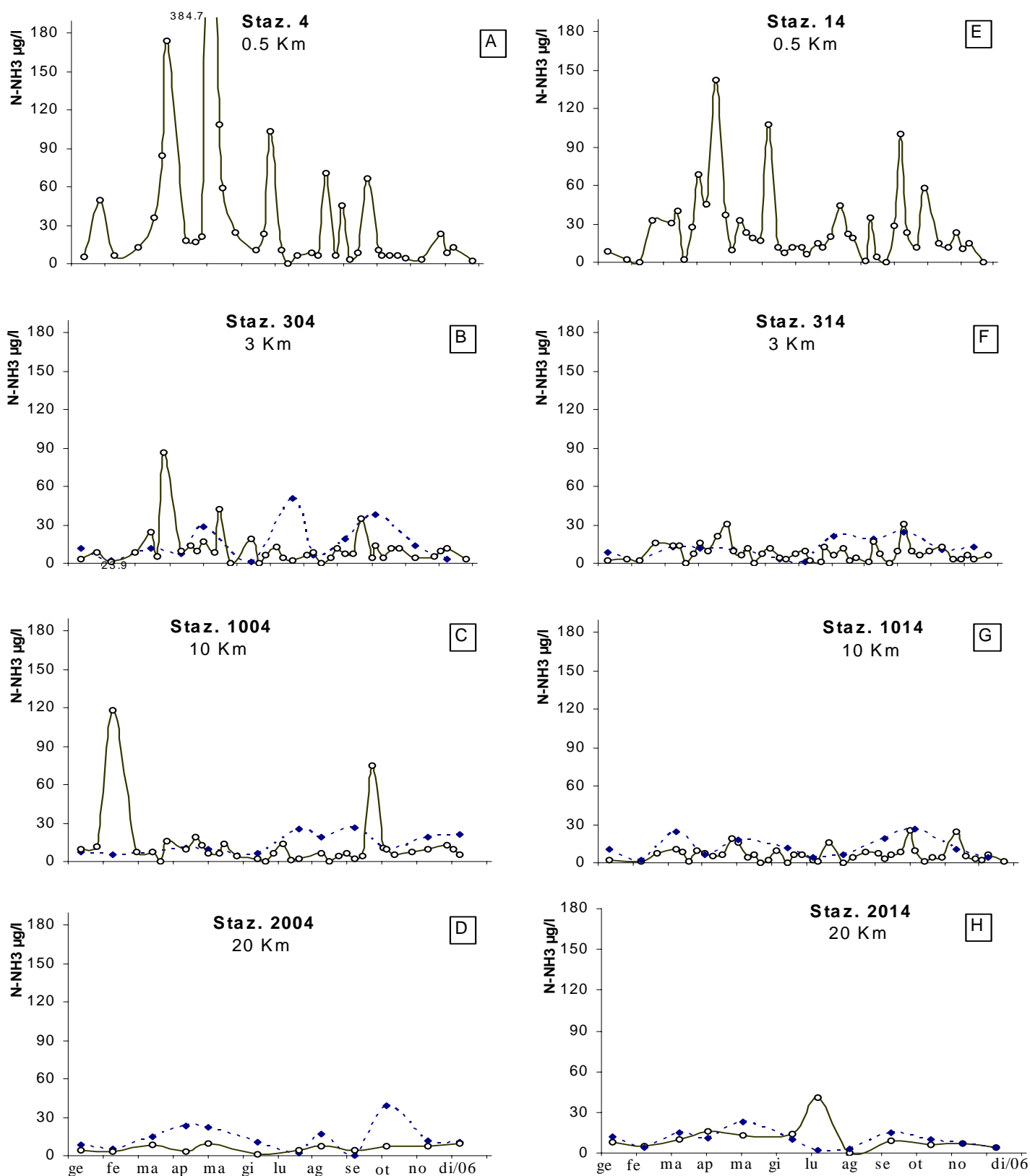
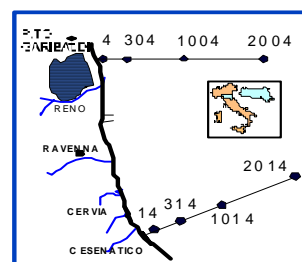


Figura 37 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH<sub>3</sub> in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.





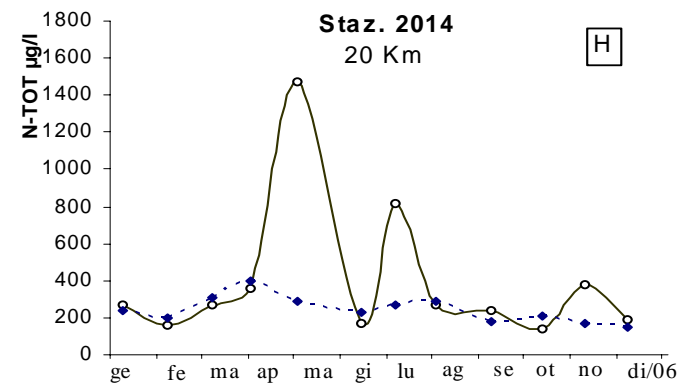
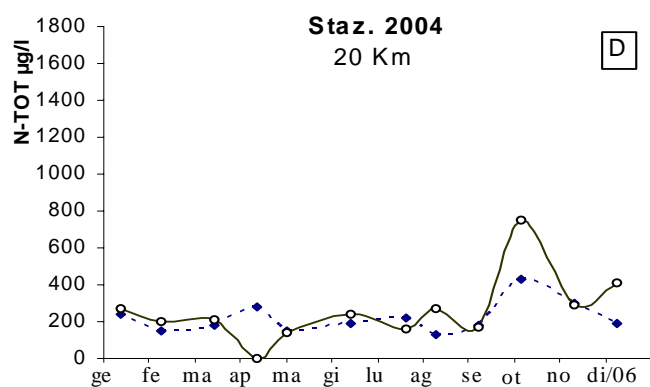
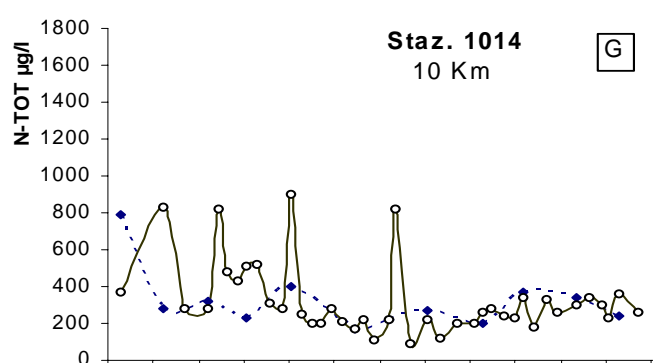
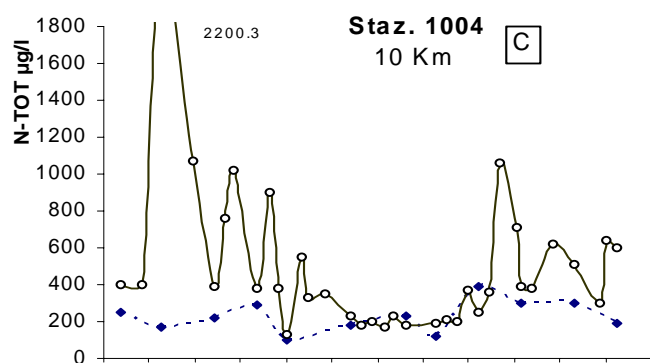
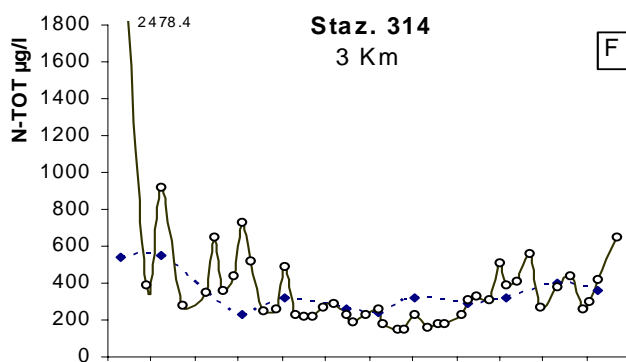
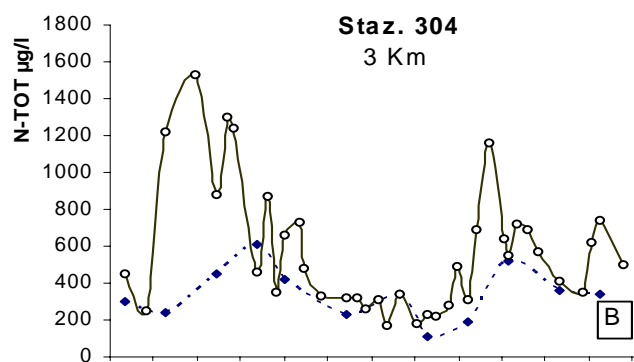
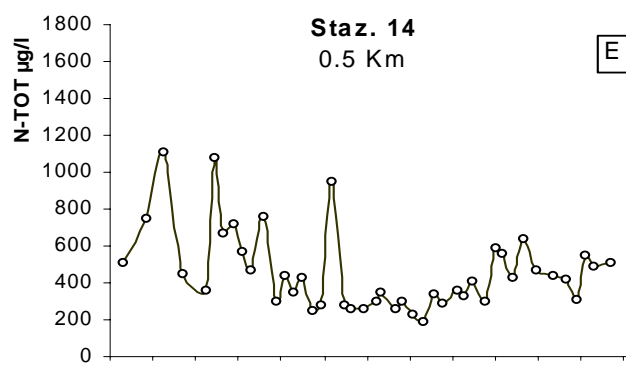
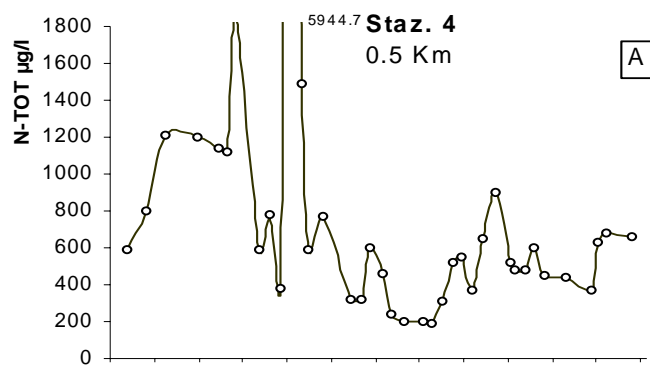
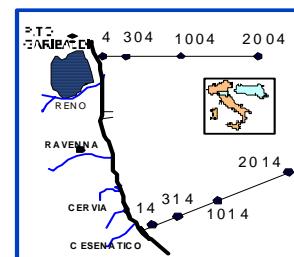


Figura 38 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



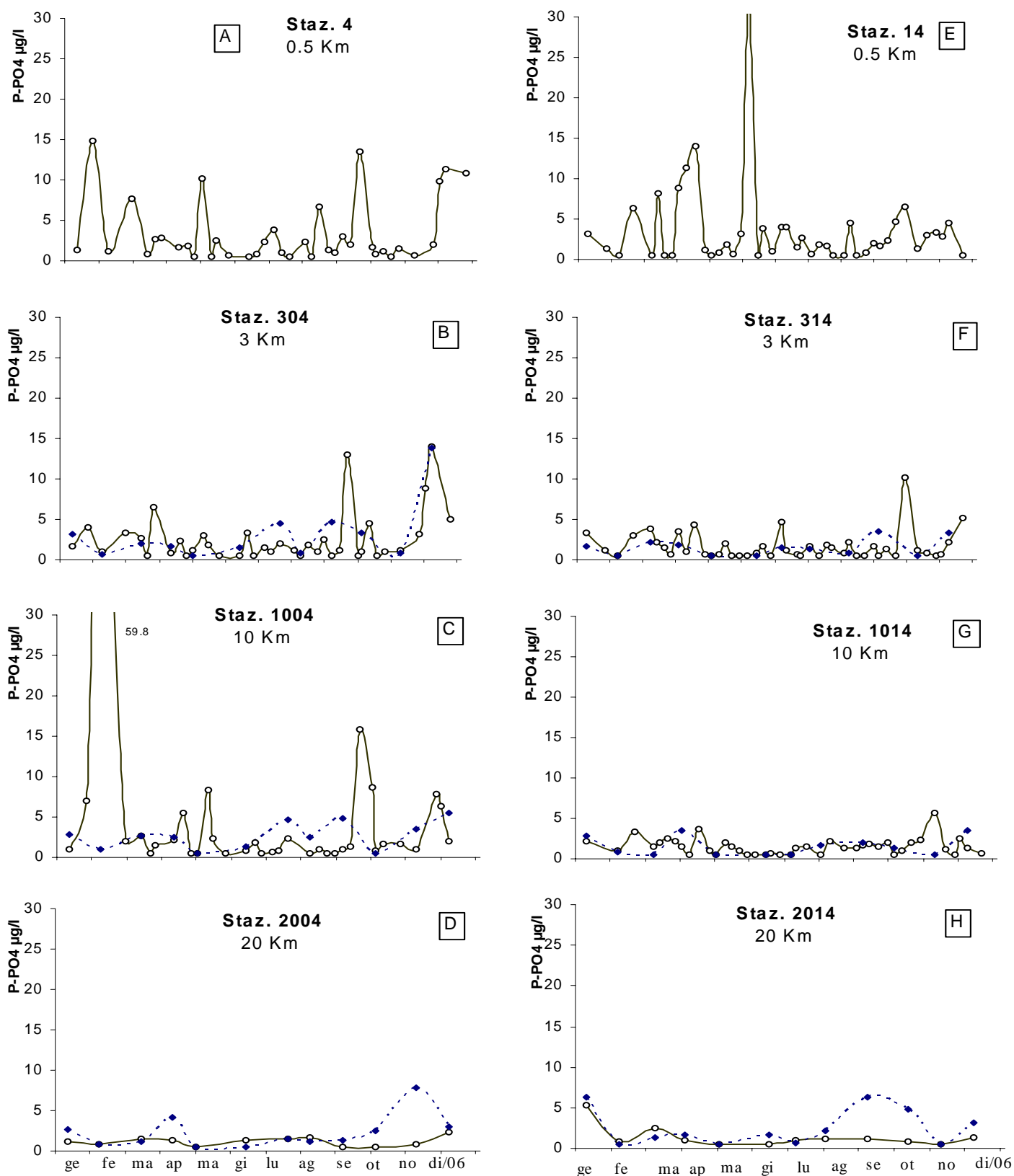
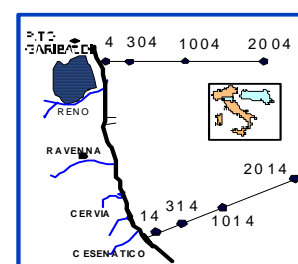


Figura 39 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO4 in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



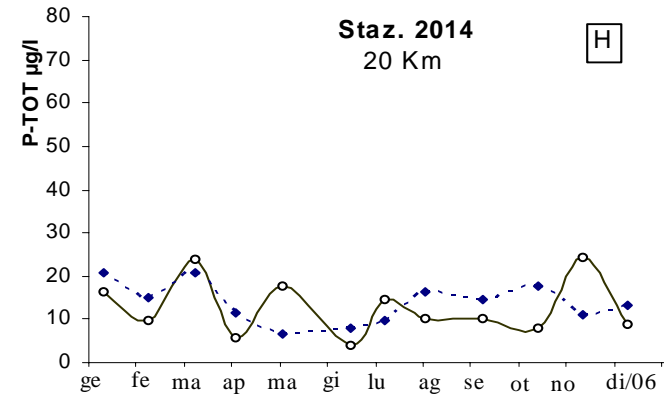
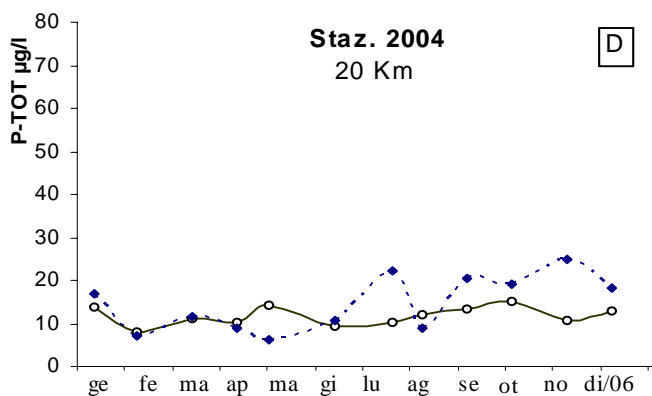
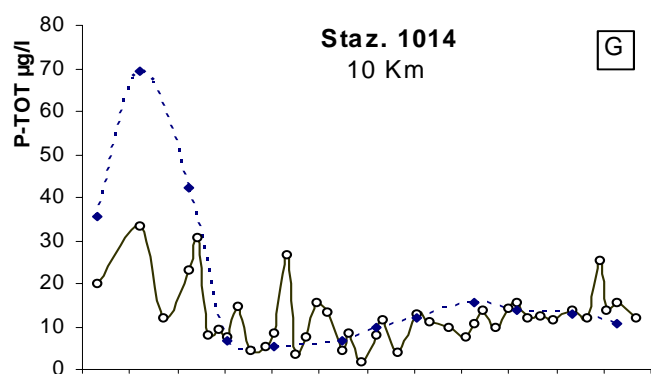
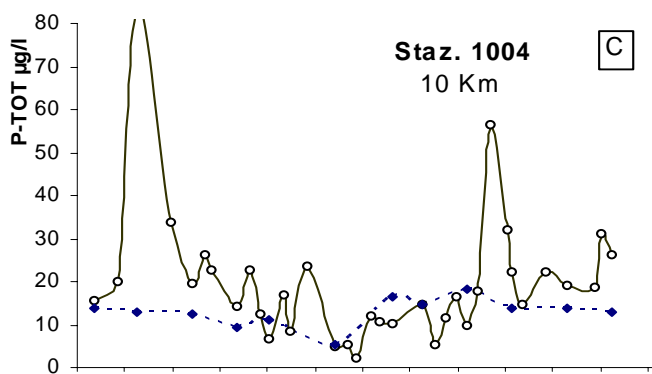
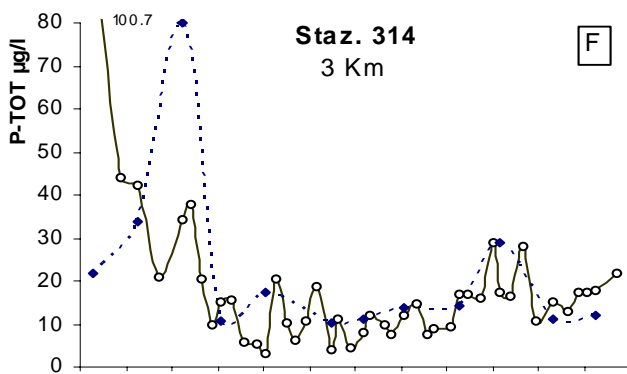
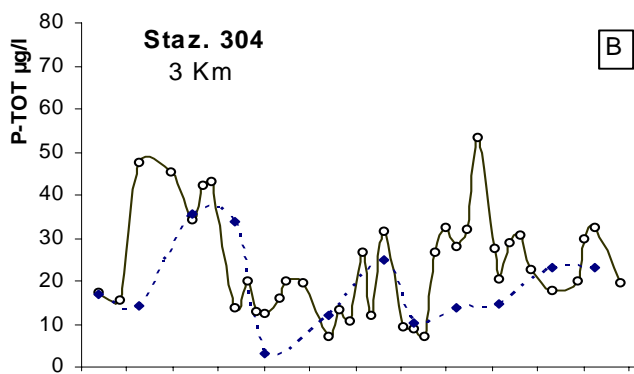
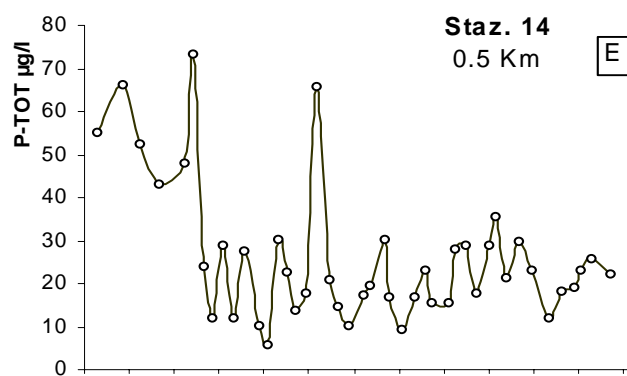
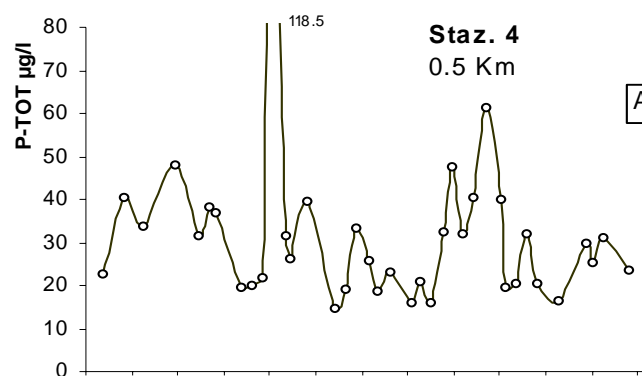
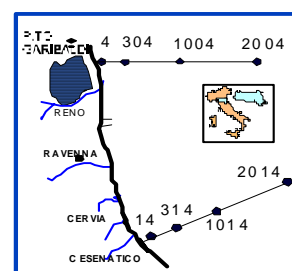


Figura 40 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



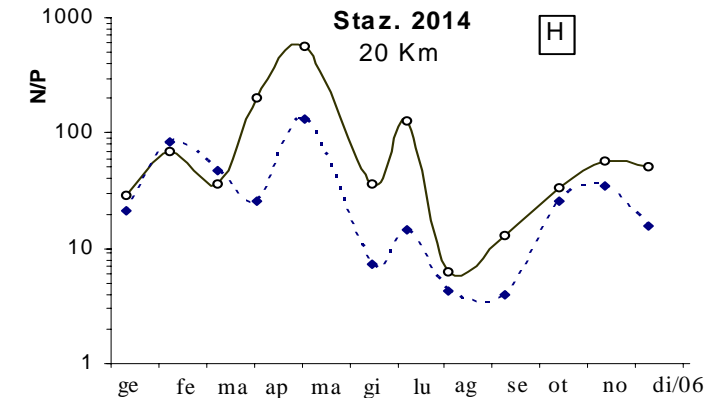
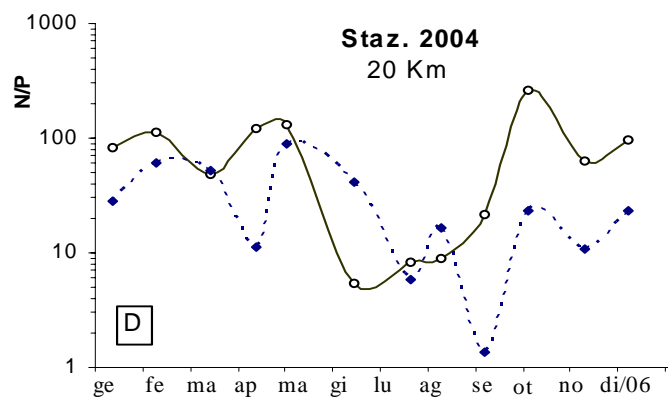
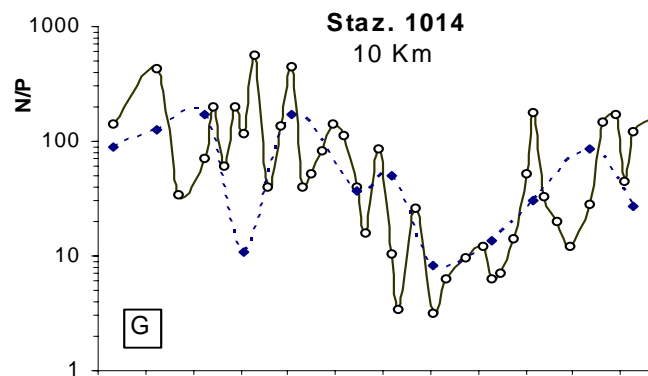
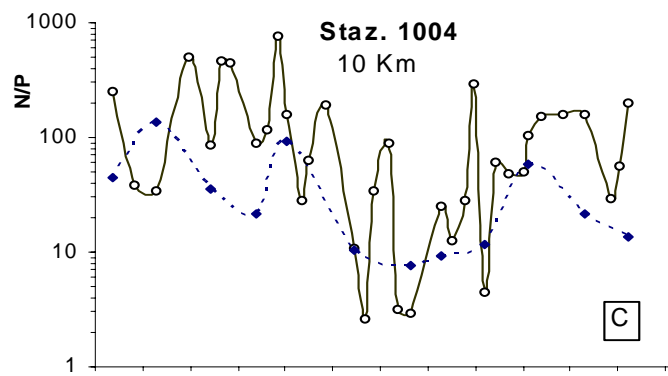
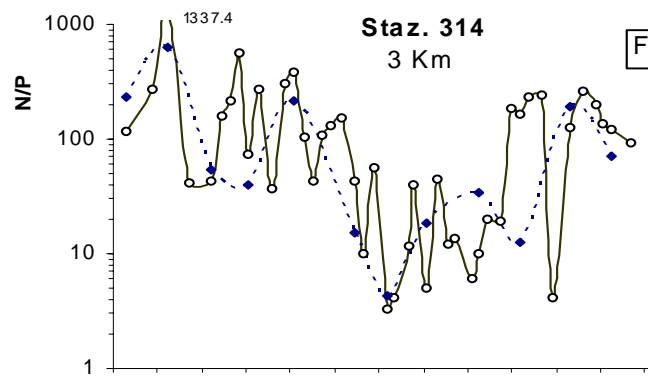
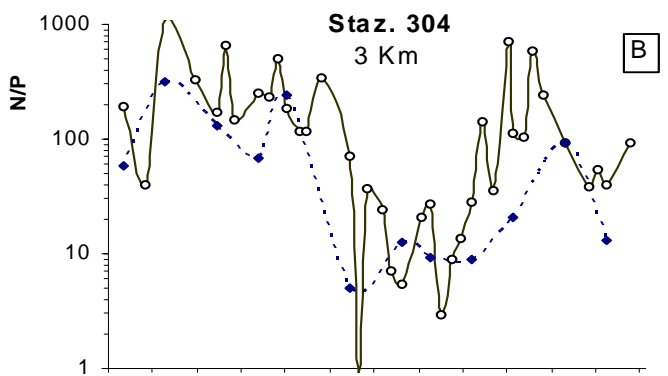
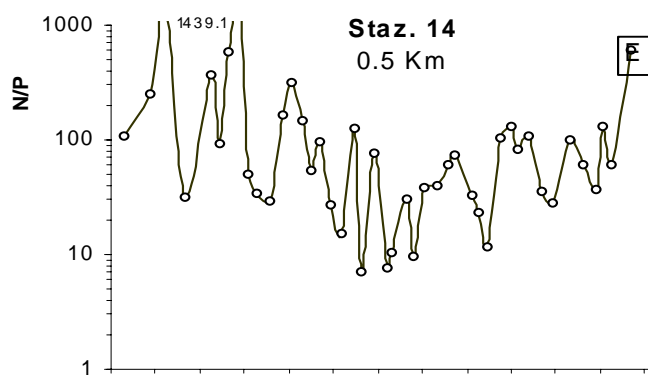
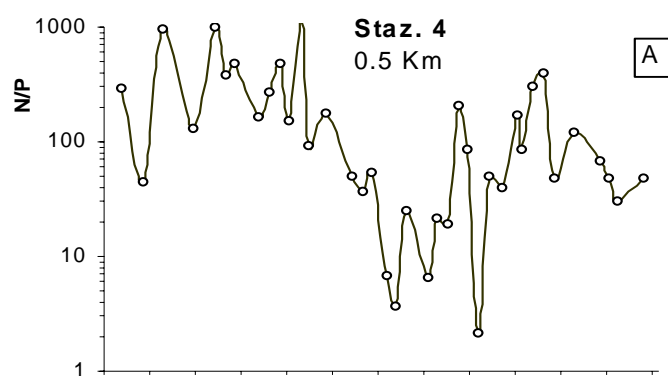
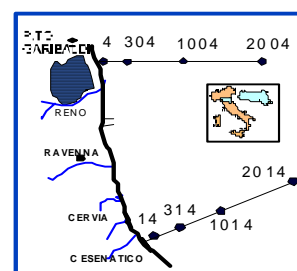


Figura 41 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



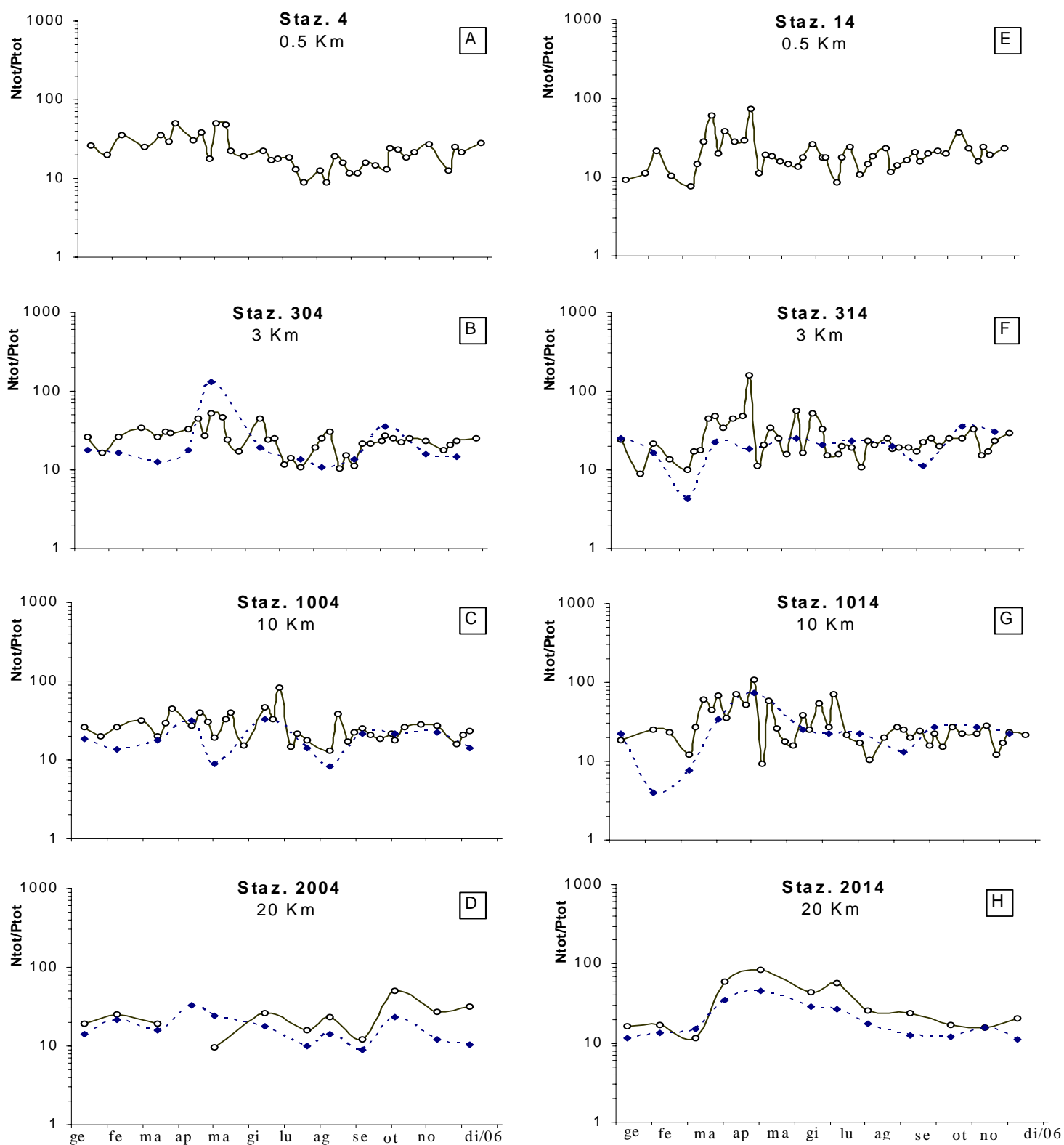
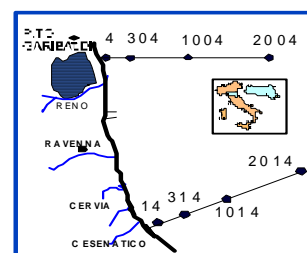


Figura 42 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



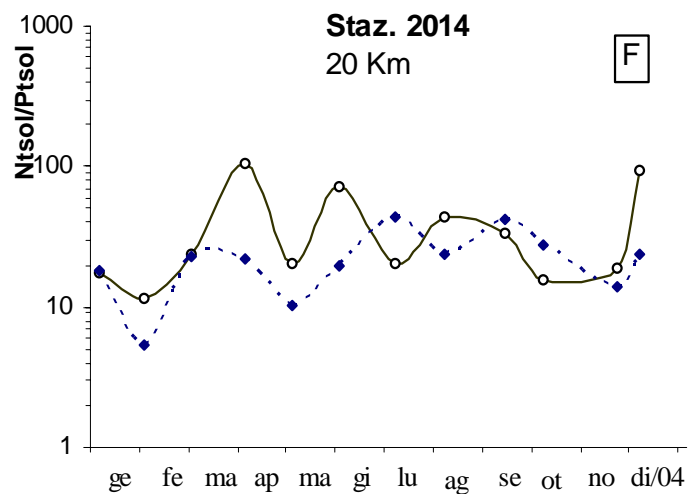
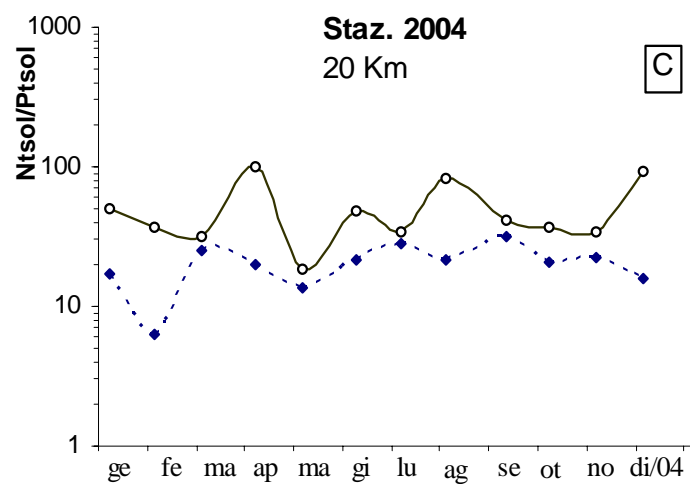
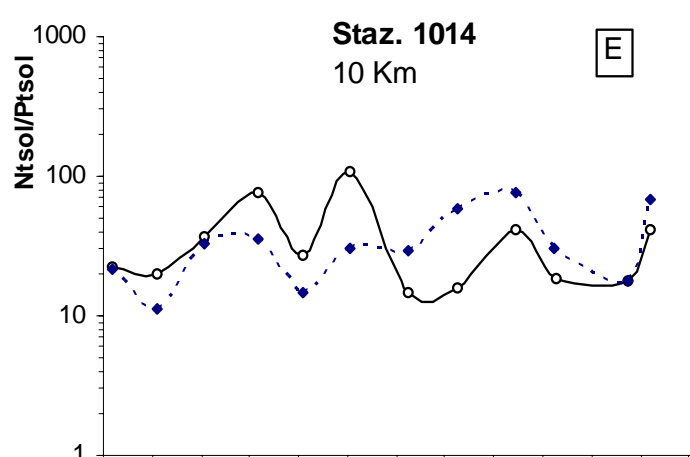
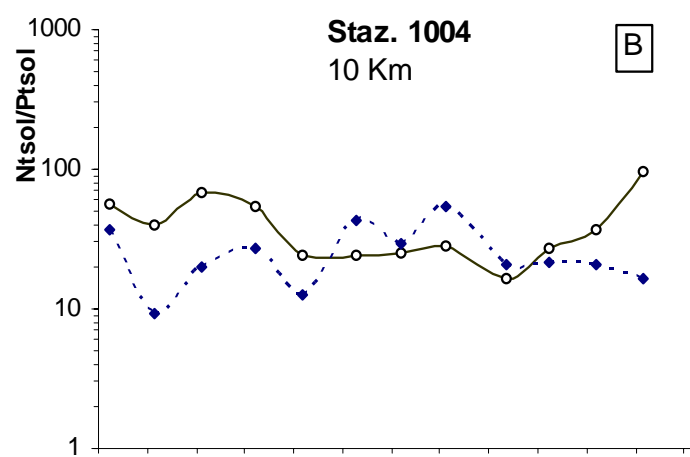
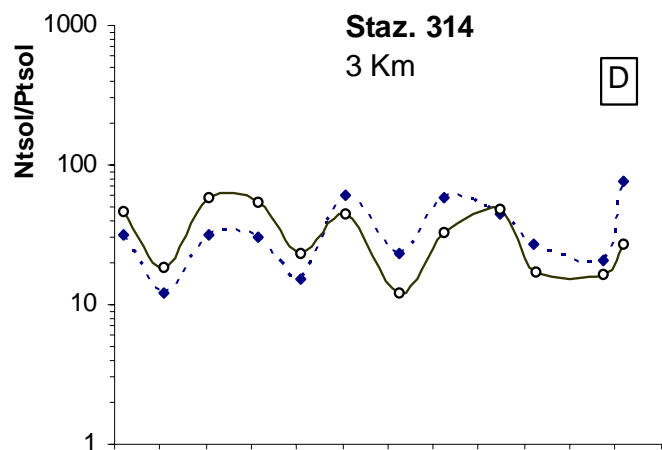
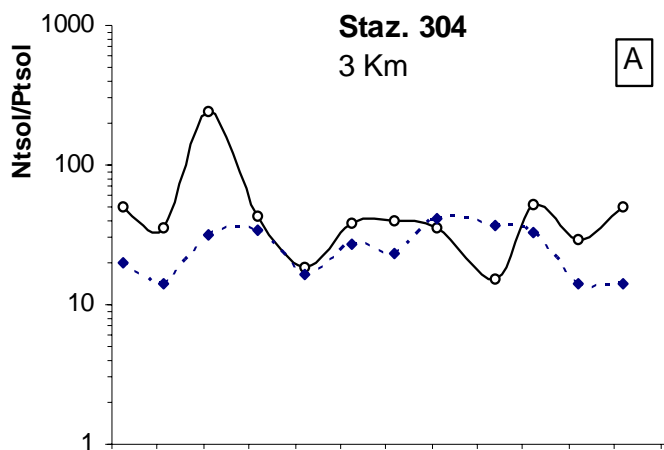
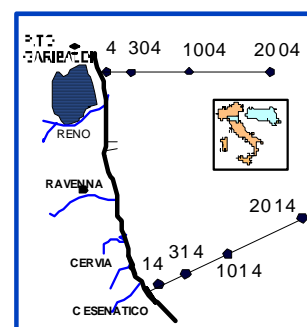


Figura 43 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale solubile/Fosforo totale solubile in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



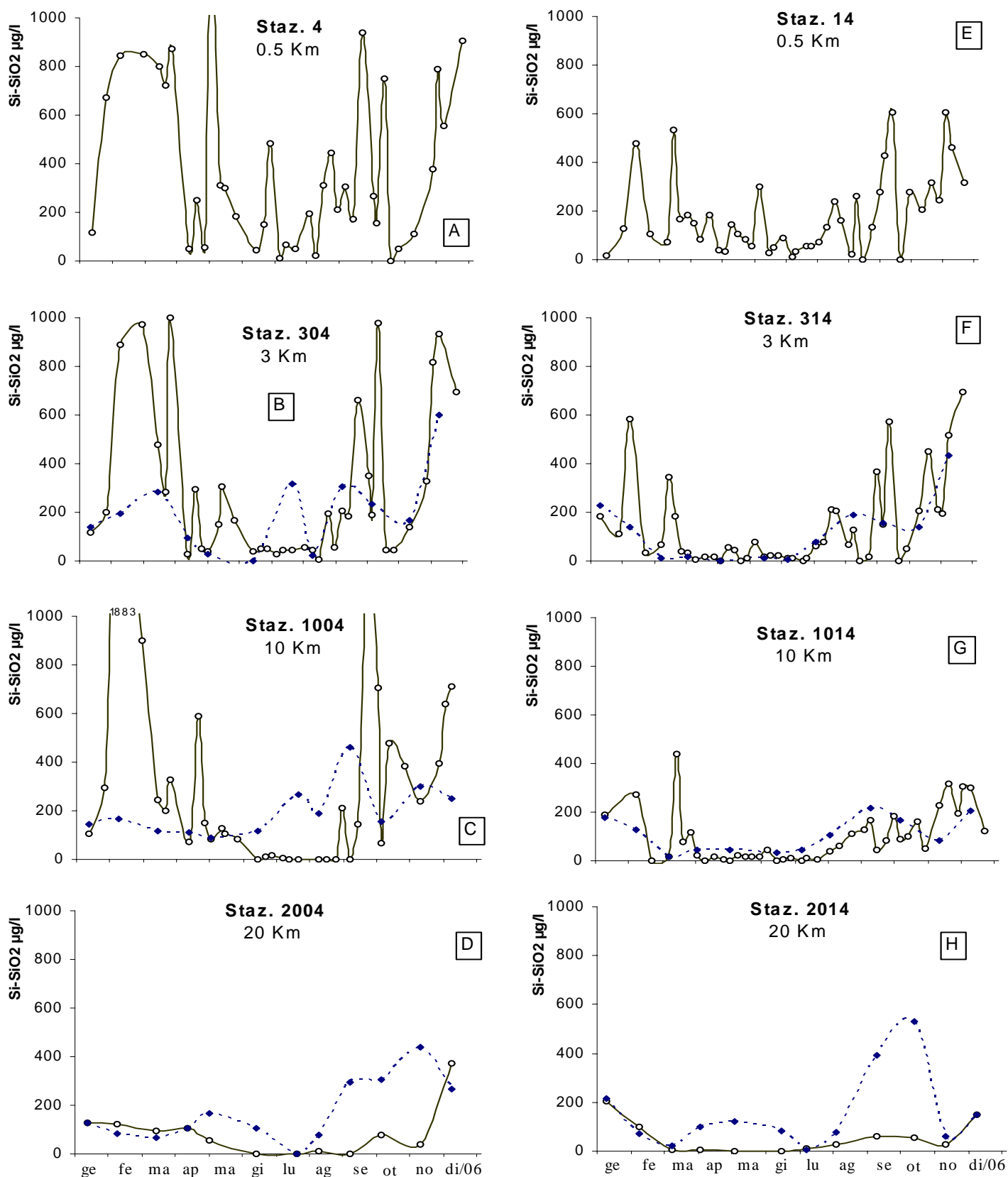
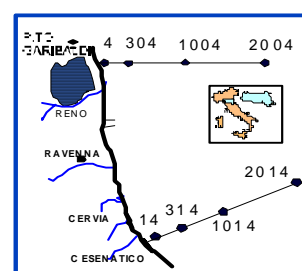


Figura 44 - Andamenti temporali della Silice in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



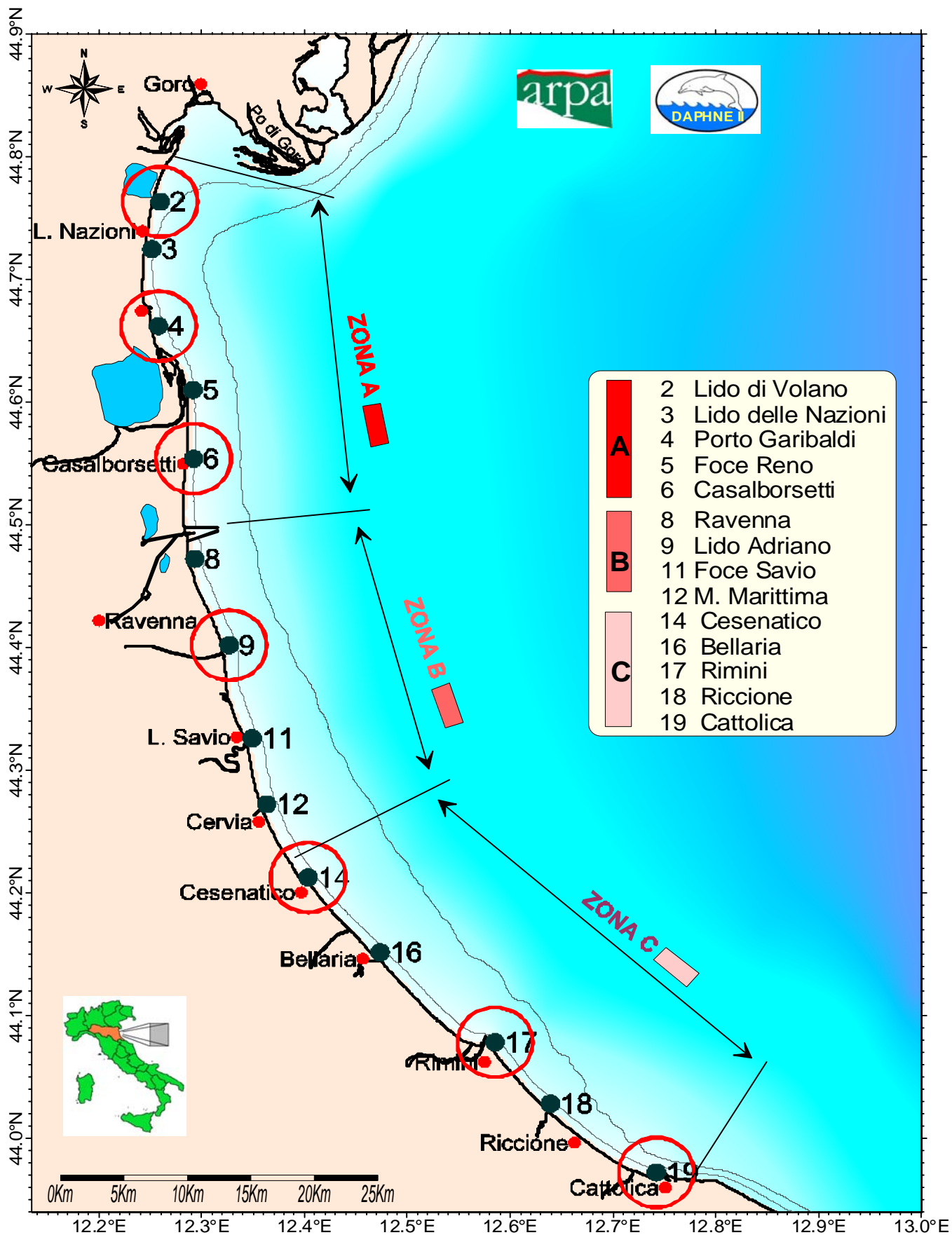


Figura 45 - Suddivisione in 3 subaree delle stazioni costiere (0.5 Km) monitorate. Nei cerchi in rosso sono evidenziate le stazioni costiere prese in considerazione per l'analisi degli andamenti delle variabili rilevate nelle campagne di monitoraggio



Figura 46 - Portate Po e valori medi di Clorofilla "a" nelle tre subzone. La linea nera rappresenta il valore medio annuale del 2006

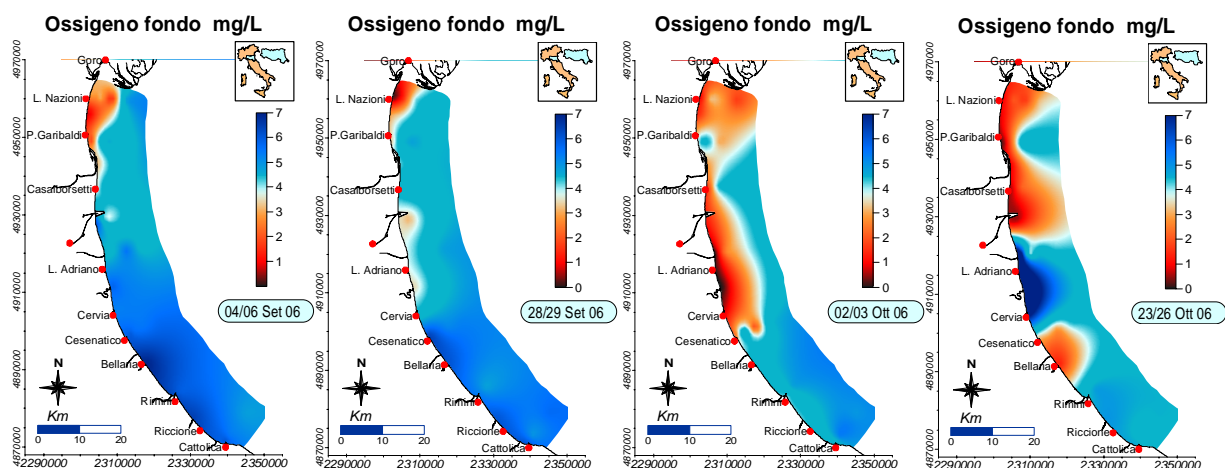
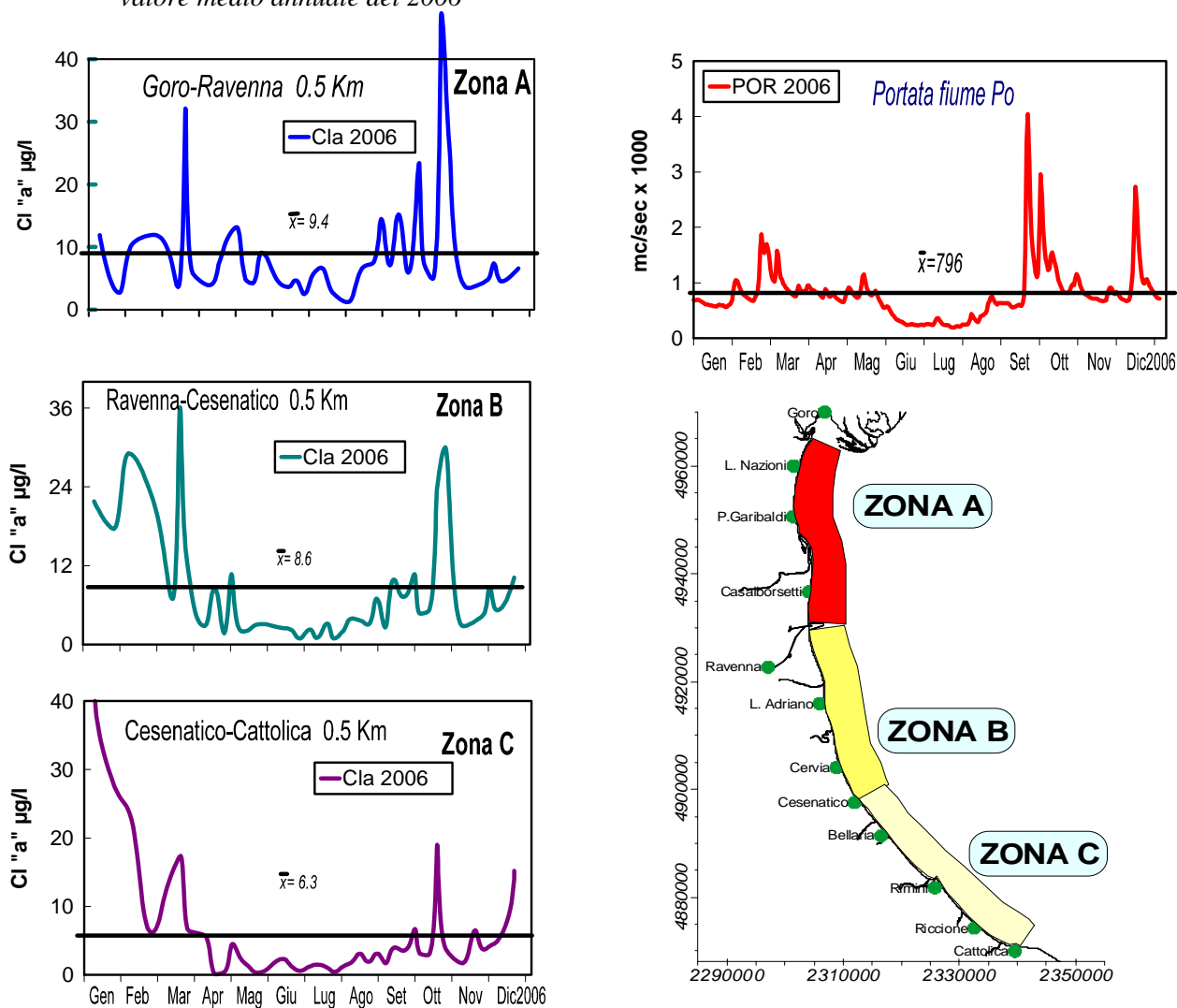


Figura 47 - Mappe di distribuzione delle condizioni anossiche (concentrazione di ossigeno disciolto inferiore a 1 mg/l) ed ipossiche (concentrazione di ossigeno disciolto compreso tra 1 mg/l e 3 mg/l) delle acque di fondo nel 2006, dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo.

## Diagramma TS (Temperatura/Salinità) - Marzo - Maggio - Settembre 2006

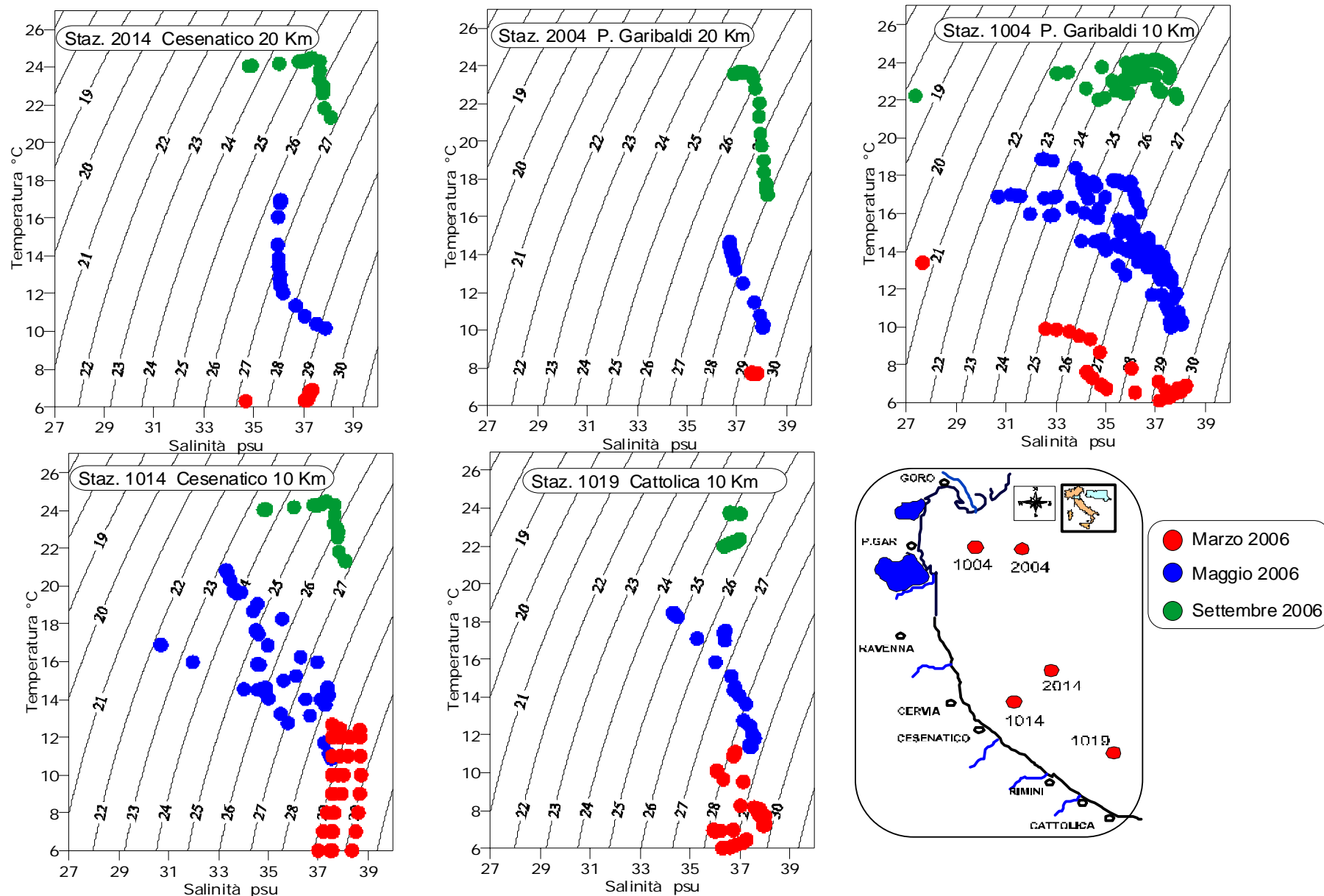


Figura 48 - Diagrammi T-S risultati dai profili verticali di temperatura e salinità nelle stazioni a 20 Km al largo di P. Garibaldi e Cesenatico e nelle stazioni a 10 Km dalla costa antistante P. Garibaldi, Cesenatico e Cattolica.

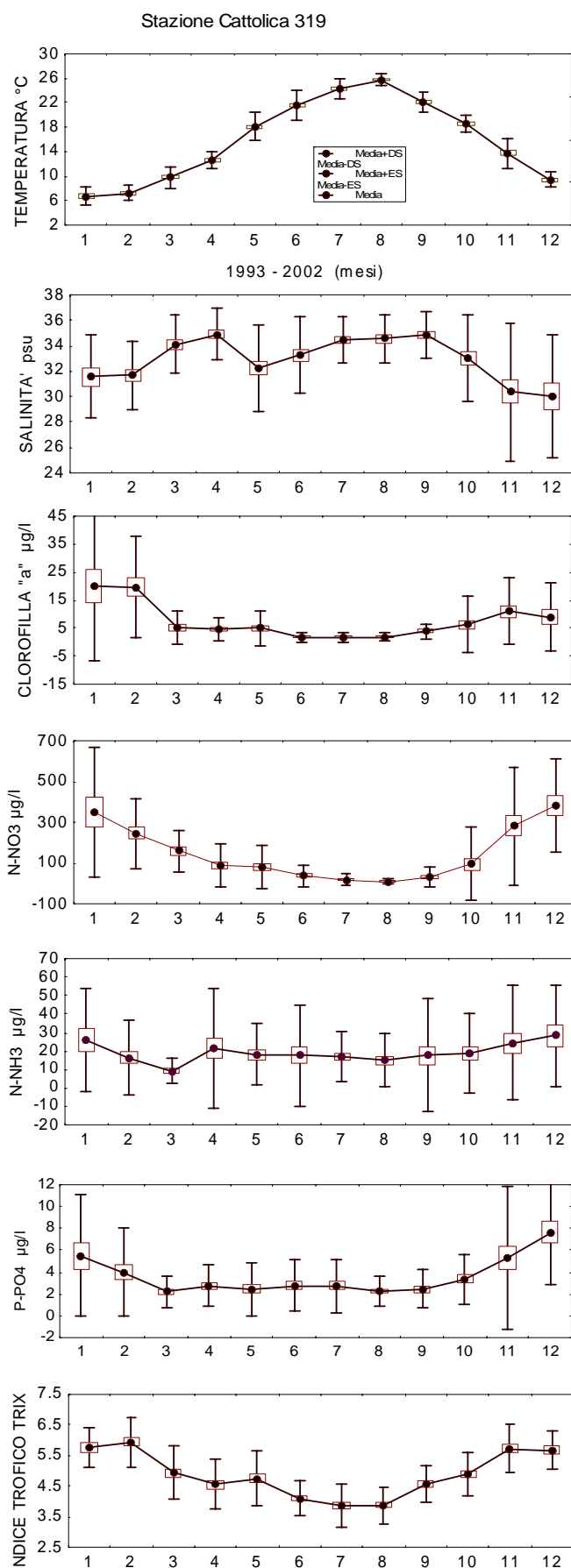
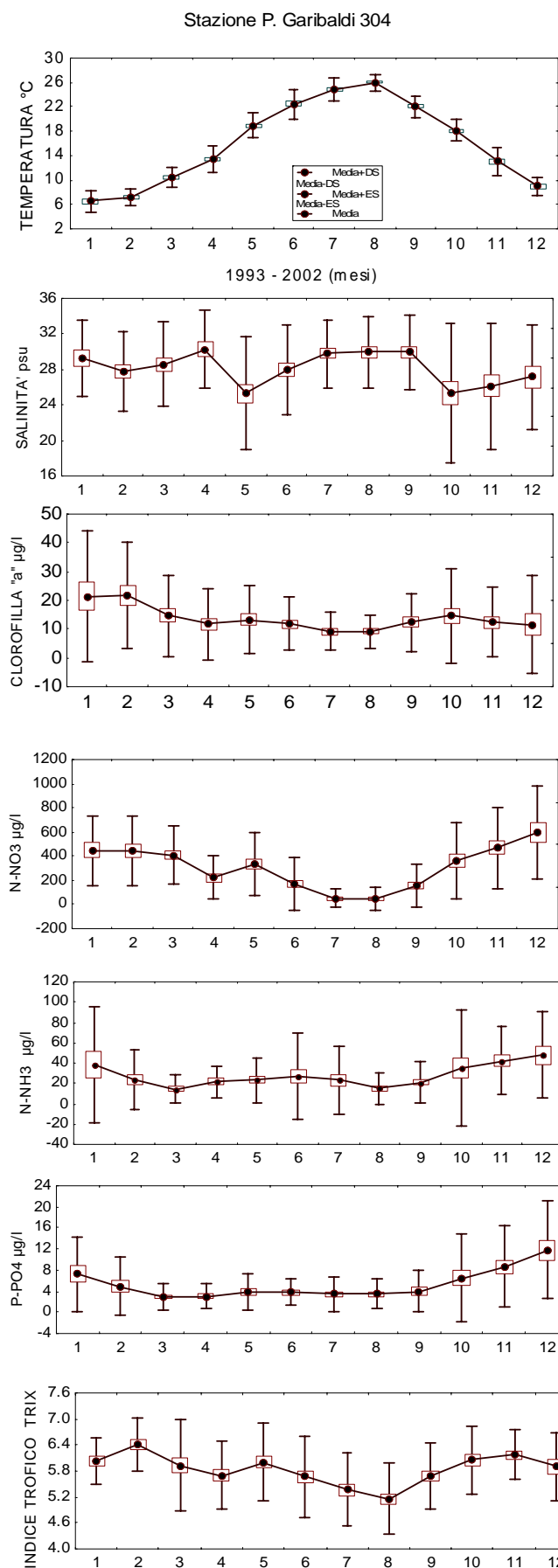


Figura 49 - Medie climatologiche calcolate nelle stazioni a 3 Km agli estremi della costa (Porto Garibaldi e Cattolica). Sono rappresentati i valori medi mensili e la deviazione standard delle principali variabili chimico-fisiche calcolate nel periodo 1993-2002.

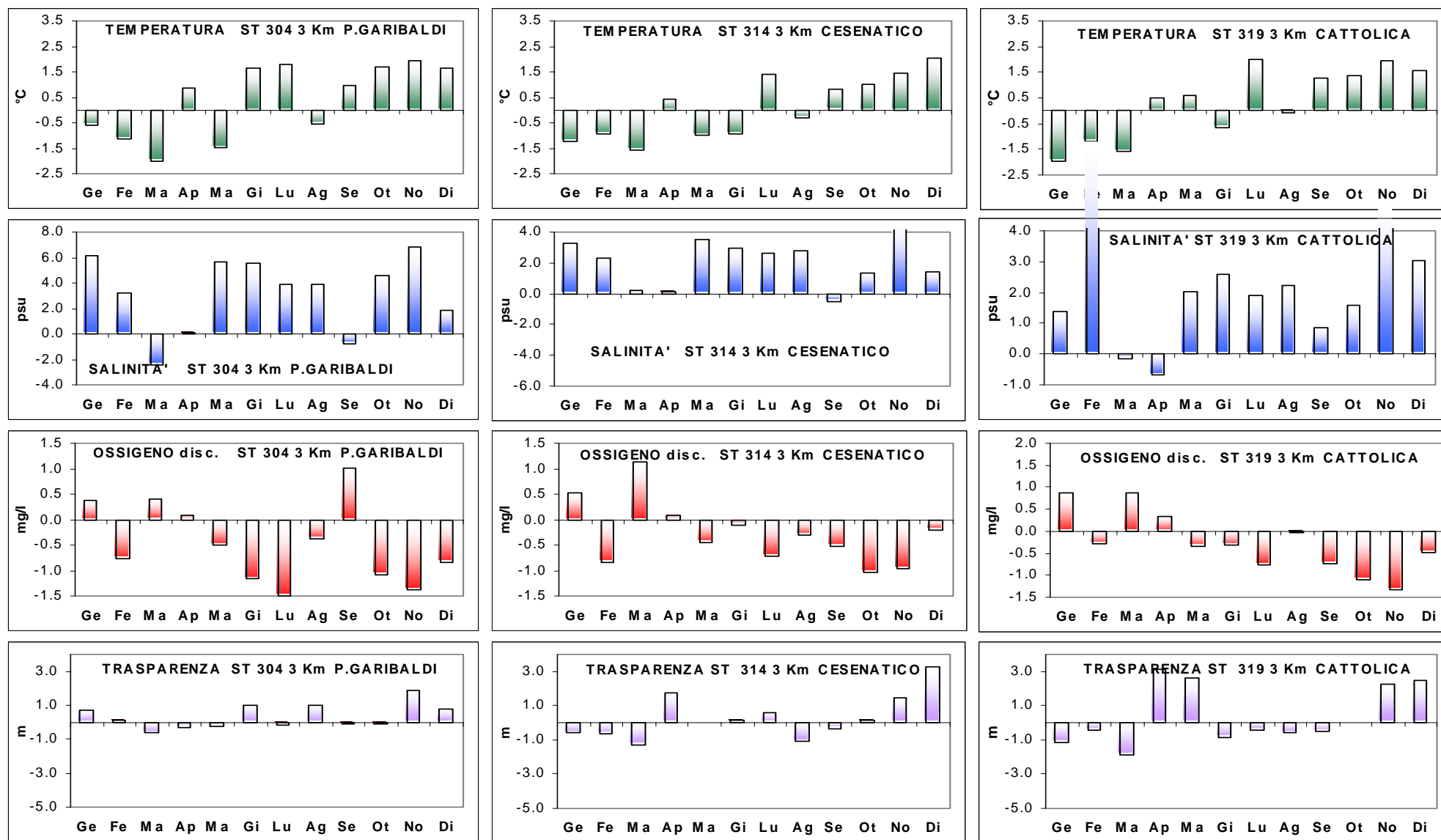


Figura 50 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2006 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.

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.

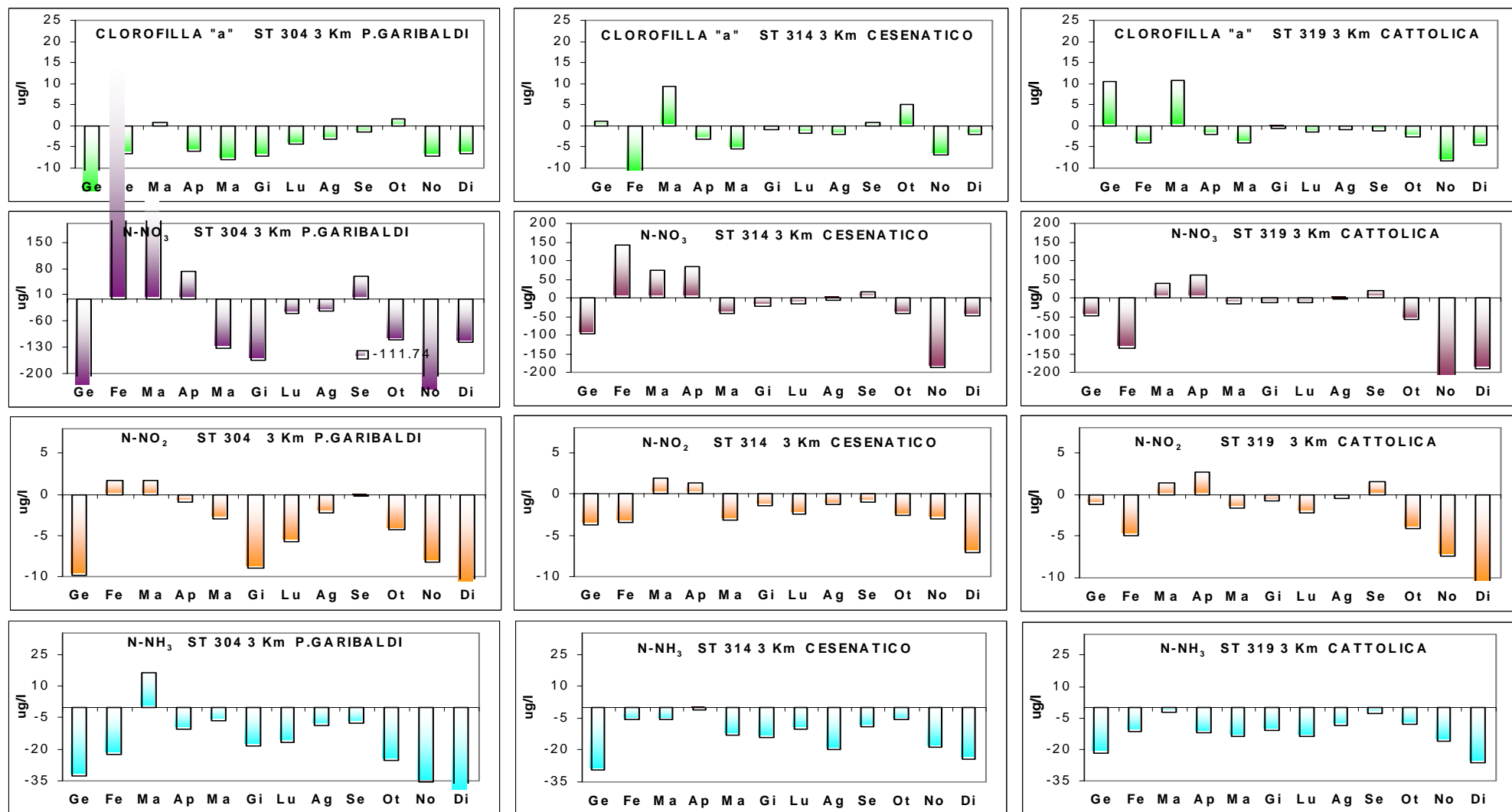


Figura 51 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2006 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.

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.

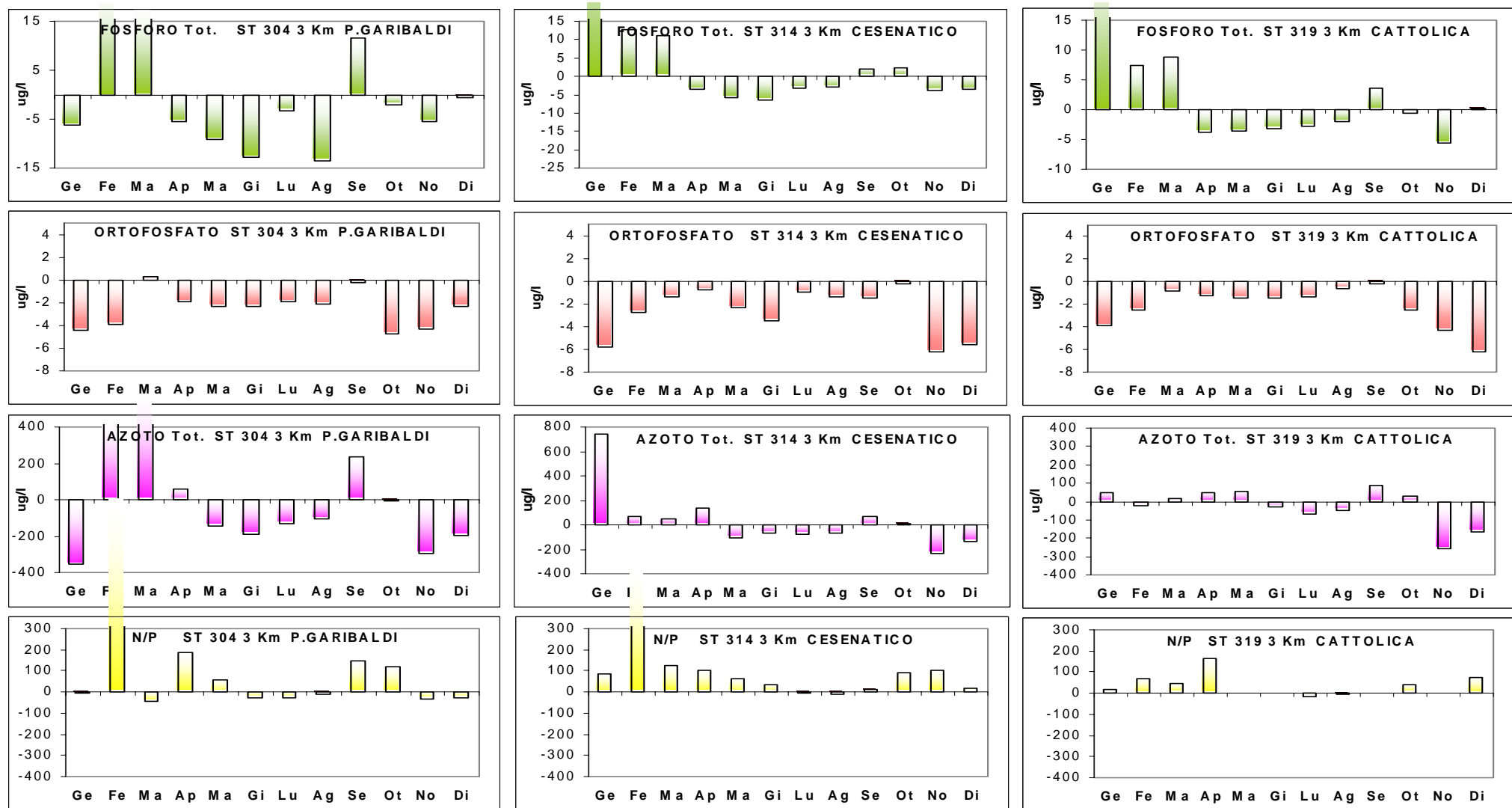


Figura 52 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2006 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.

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	8.60	5.92	35.45	9.8	10.4	2.4	5.5	210.4	14.0	5.9	16.6	2.8	351.6	114.8
Fe	304	8.23	5.94	31.06	9.6	10.2	1.5	15.2	1084.7	20.6	1.4	47.8	1.0	1224.2	1066.4
Ma	304	8.40	8.52	26.14	9.1	10.7	1.1	15.6	666.9	16.4	30.9	41.1	3.3	1237.5	326.6
Ap	304	8.37	14.31	30.40	8.3	9.3	1.3	5.8	297.2	10.0	11.1	15.5	1.2	559.4	324.8
Ma	304	8.29	17.42	31.00	7.2	8.4	1.8	5.3	203.6	10.3	17.0	17.0	1.6	550.9	190.1
Gi	304	8.27	24.07	33.58	6.4	7.1	3.3	4.5	7.7	0.6	8.6	10.3	1.4	299.5	36.5
Lu	304	8.27	26.61	33.69	4.8	6.6	1.9	4.9	11.6	0.1	6.4	23.4	1.5	273.5	12.3
Ag	304	8.31	25.51	33.82	4.1	7.0	3.3	6.1	9.7	1.3	6.2	16.9	1.4	278.3	14.7
Se	304	8.36	22.96	29.24	3.8	8.9	1.8	11.0	215.5	8.4	13.4	35.2	3.8	701.4	230.5
Ot	304	8.42	19.83	29.91	2.4	7.5	1.9	16.4	254.1	8.7	10.0	25.7	1.7	632.5	260.0
No	304	8.32	15.03	32.99	4.1	7.3	4.0	5.3	223.1	9.5	6.2	22.5	4.4	462.8	62.2
Di	304	8.33	10.63	29.00	4.0	8.4	3.0	5.0	480.3	13.7	7.7	26.0	9.5	620.3	65.3
MESI	STAZ	pH	TEMP	SAL	odf	Ods	DSEC	ClA	NO3	NO2	NH3	PT	PO4	N-T	NP
Ge	314	8.32	5.17	33.24	10.2	11.3	1.0	26.8	332.8	18.7	3.1	72.3	2.2	1435.8	194.8
Fe	314	8.45	6.06	32.96	10.2	10.3	1.2	12.7	424.4	14.1	9.0	31.5	1.8	599.8	689.5
Ma	314	8.30	8.55	32.83	9.2	10.5	1.1	18.3	284.9	12.6	8.6	25.6	2.0	450.2	242.3
Ap	314	8.35	13.66	33.71	9.4	8.7	4.3	4.3	193.3	8.9	19.4	10.3	2.4	439.7	170.6
Ma	314	8.31	17.75	33.90	8.2	7.7	3.2	2.5	74.3	4.2	7.0	10.2	0.8	284.8	152.7
Gi	314	8.24	21.41	35.50	7.4	7.2	5.1	2.1	32.6	2.4	6.7	9.5	0.9	234.2	65.4
Lu	314	8.26	26.10	36.16	6.0	6.1	5.6	0.4	4.7	0.2	6.2	9.3	1.7	186.7	14.6
Ag	314	8.22	25.67	36.43	6.1	6.2	2.8	2.1	9.5	1.6	6.4	10.8	1.4	187.4	18.7
Se	314	8.39	22.91	33.23	5.4	6.8	2.1	6.4	61.3	3.6	7.1	17.6	1.1	337.5	48.0
Ot	314	8.44	19.52	32.37	4.3	6.7	3.0	14.5	108.4	6.5	14.1	18.2	3.1	407.2	161.3
No	314	8.38	14.69	33.76	6.1	7.6	3.8	4.1	123.7	11.2	6.7	15.7	0.8	345.2	182.4
Di	314	8.35	10.75	30.38	7.5	9.1	5.4	11.7	356.3	12.7	4.5	19.9	3.7	530.6	106.8
MESI	STAZ	pH	TEMP	SAL	odf	Ods	DSEC	ClA	NO3	NO2	NH3	PT	PO4	N-T	NP
Ge	319	8.30	4.77	32.92	10.9	10.9	0.8	30.8	300.2	20.5	3.7	46.1	1.7	608.4	198.3
Fe	319	8.47	6.05	38.54	9.6	10.3	1.5	15.7	111.9	10.1	4.8	28.7	1.5	451.0	162.6
Ma	319	8.34	8.22	33.99	8.9	10.0	1.4	16.1	196.0	9.8	7.0	20.5	1.4	358.8	156.9
Ap	319	8.38	13.18	34.24	8.5	8.8	6.5	2.4	152.5	8.3	9.8	8.0	1.5	334.4	223.5
Ma	319	8.29	18.70	34.27	8.2	7.6	6.8	1.1	64.2	3.5	4.7	8.3	1.1	369.1	68.6
Gi	319	8.20	20.95	35.88	6.9	6.9	5.7	1.3	23.8	1.8	7.0	6.6	1.3	192.8	31.2
Lu	319	8.22	26.28	36.36	6.1	6.1	6.3	0.3	5.5	0.3	3.1	7.4	1.4	163.3	6.7
Ag	319	8.21	25.66	36.77	5.8	6.3	5.6	0.8	7.6	1.4	6.3	7.3	1.6	167.5	12.4
Se	319	8.24	23.30	35.70	5.3	6.2	3.0	2.8	54.8	5.7	14.8	16.0	2.3	335.9	29.3
Ot	319	8.36	20.05	34.67	5.5	6.3	3.7	3.8	35.4	4.2	10.9	12.7	0.8	334.6	83.4
No	319	8.31	15.66	35.15	6.4	6.9	4.6	2.8	67.8	7.3	8.1	12.6	1.0	248.9	100.4
Di	319	8.32	11.02	33.04	7.3	8.3	4.8	4.5	191.5	10.9	2.2	18.8	1.4	414.9	170.7
MESI	STAZ	pH	TEMP	SAL	odf	Ods	DSEC	ClA	NO3	NO2	NH3	PT	PO4	N-T	NP
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
MESI	STAZ	pH	TEMP	SAL	odf	Ods	DSEC	ClA	NO3	NO2	NH3	PT	PO4	N-T	NP
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
MESI	STAZ	pH	TEMP	SAL	odf	Ods	DSEC	ClA	NO3	NO2	NH3	PT	PO4	N-T	NP
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 2006 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)

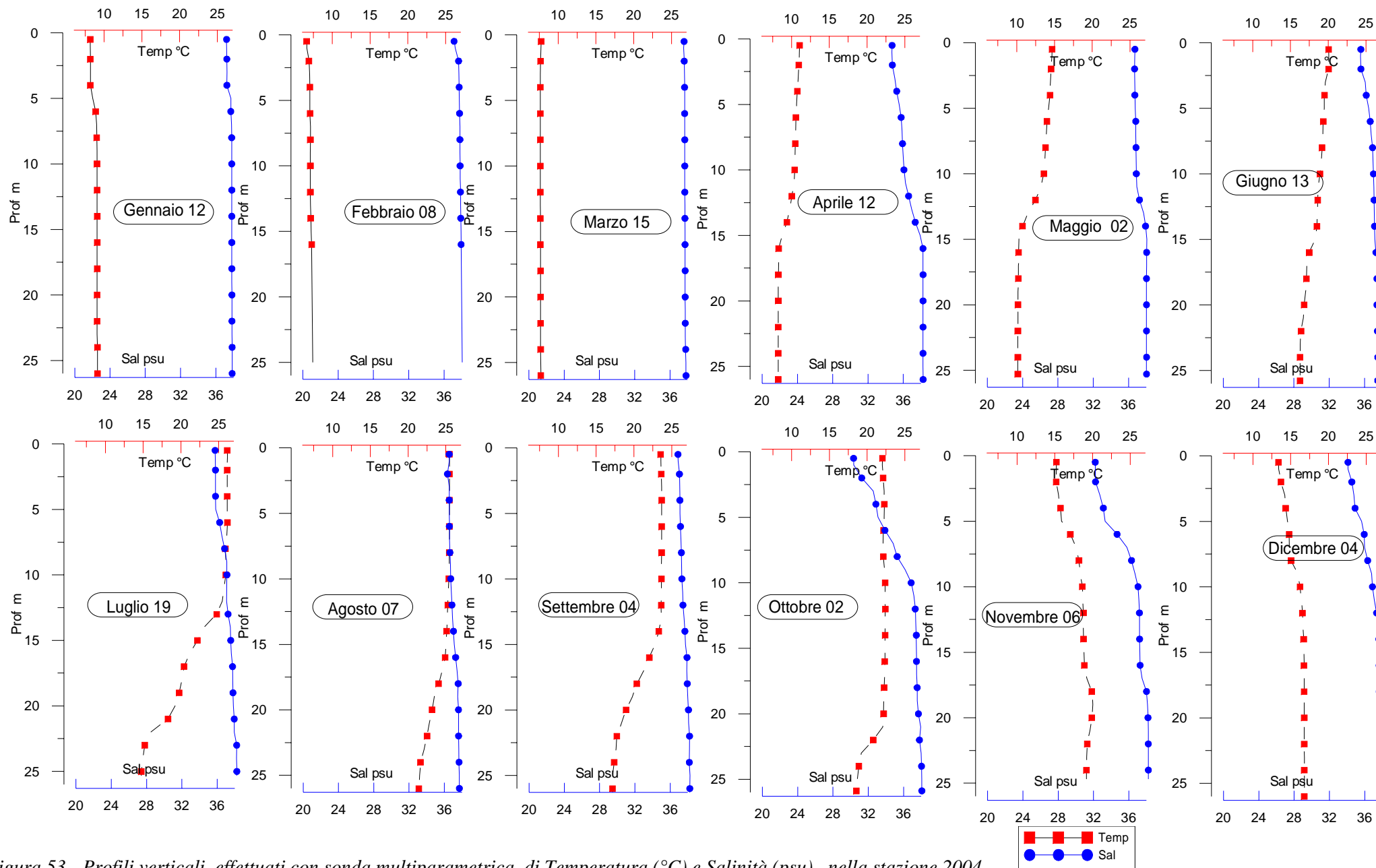


Figura 53 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Temperatura (°C) e Salinità (psu), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2006



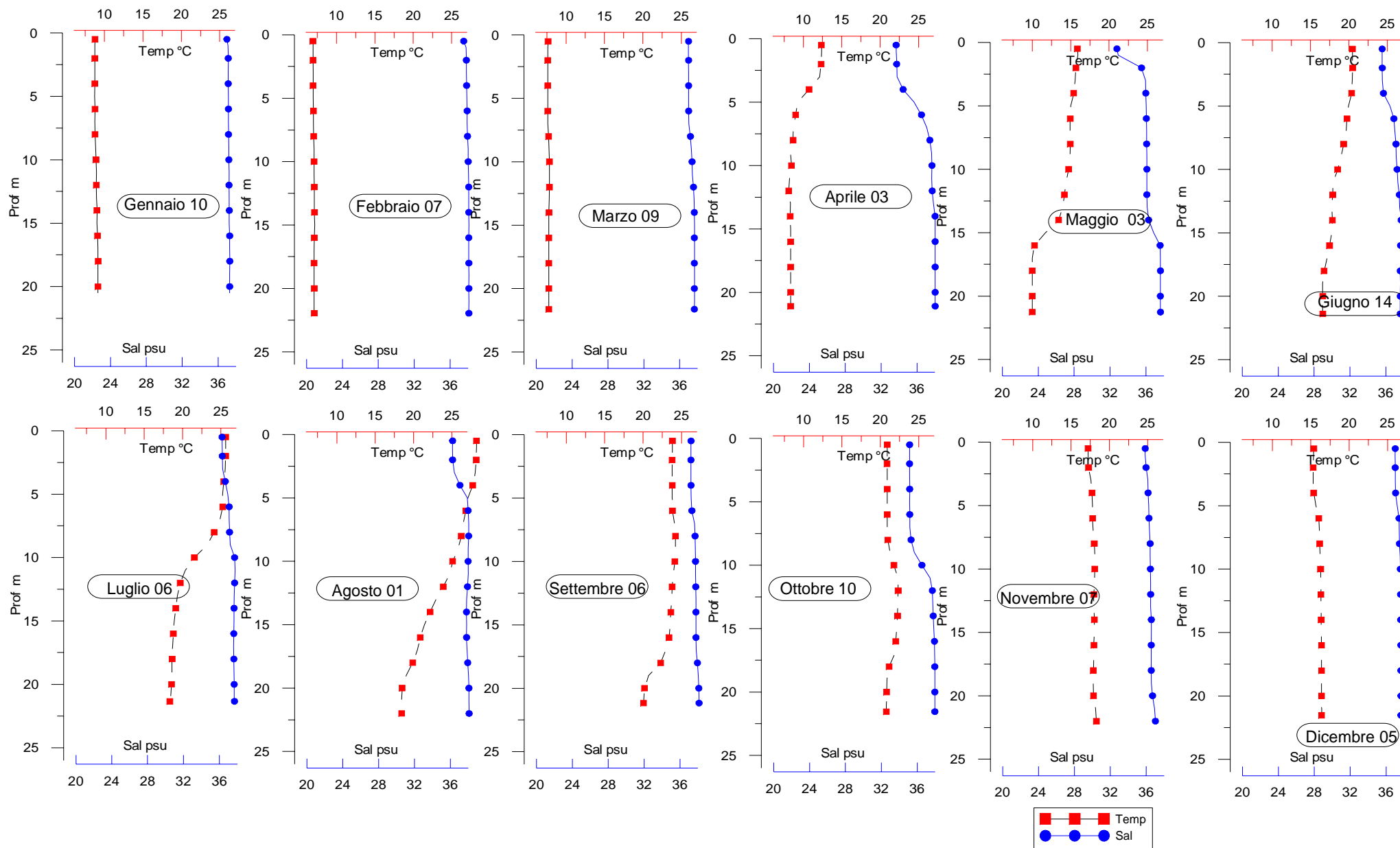


Figura 54 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Temperatura (°C) e Salinità (psu), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2006

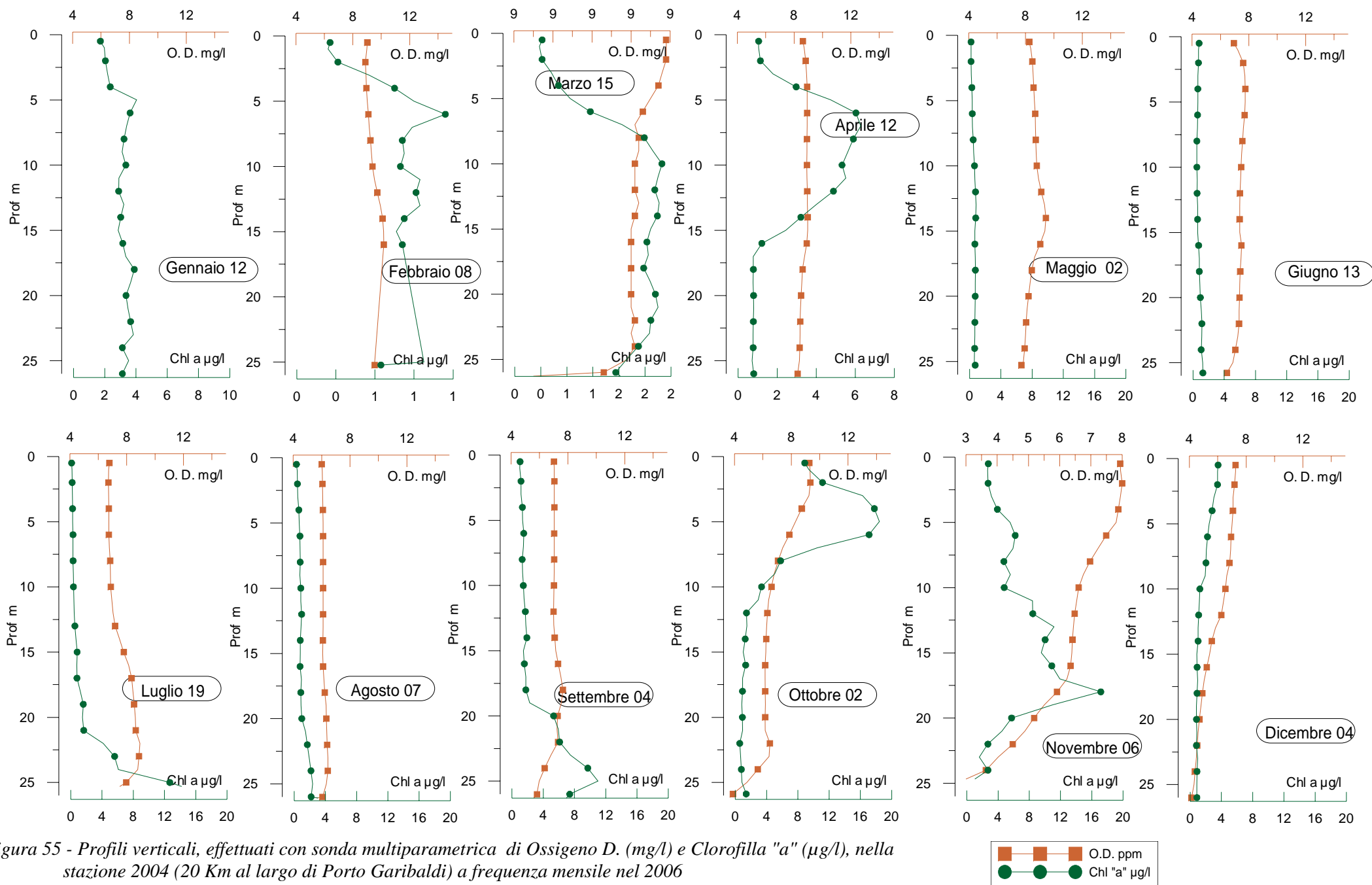


Figura 55 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" (µg/l), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2006

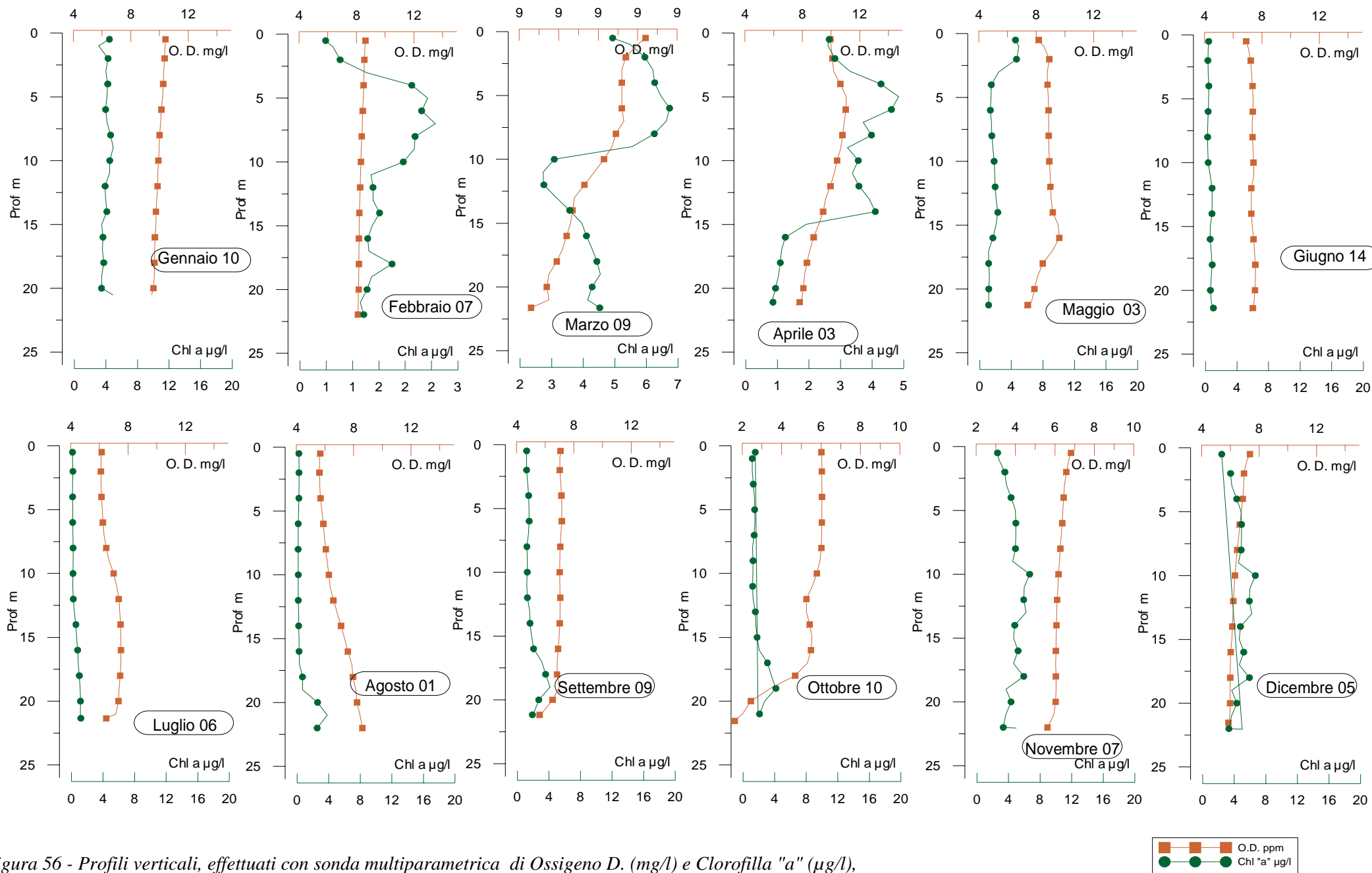


Figura 56 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" ( $\mu\text{g/l}$ ), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2006.

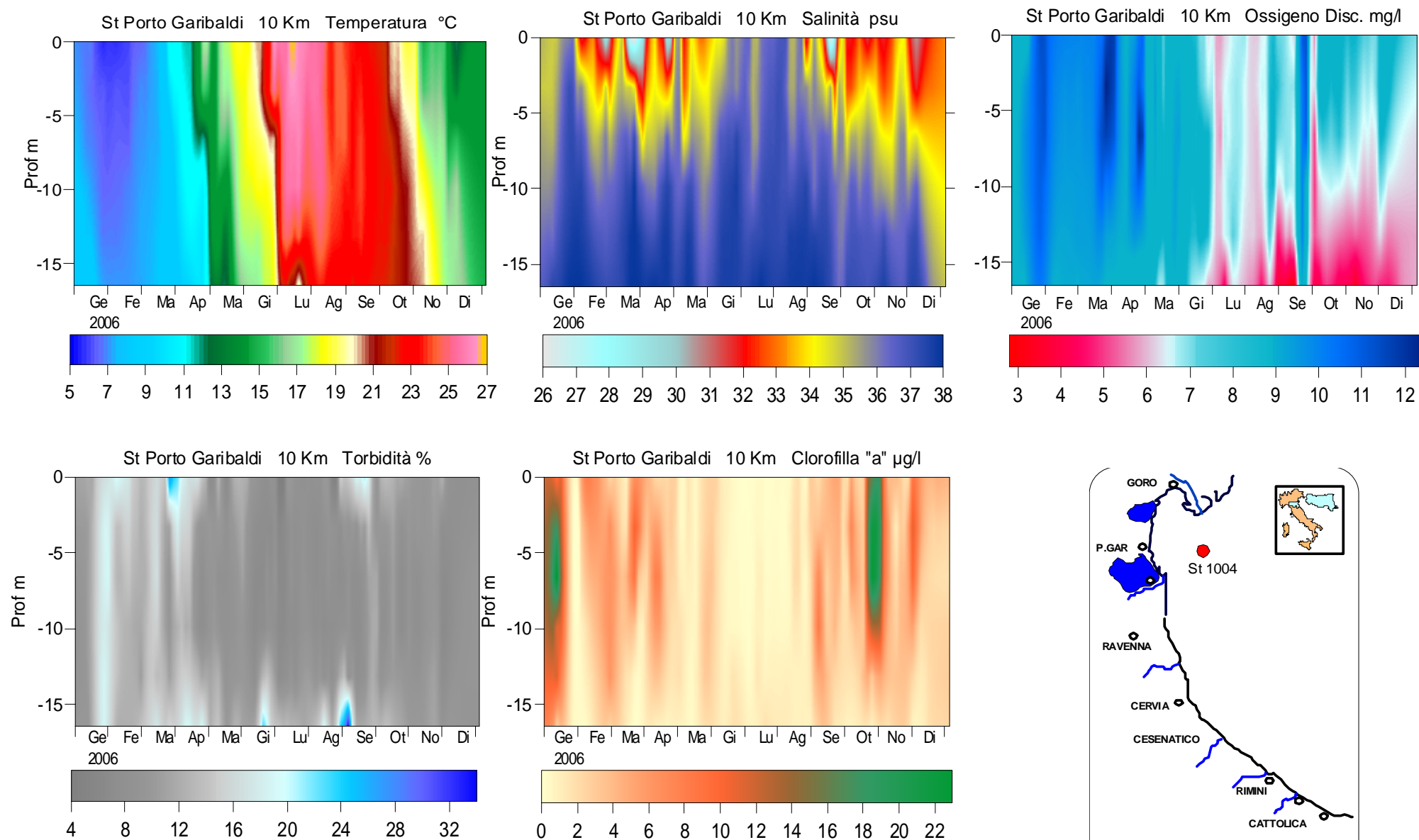
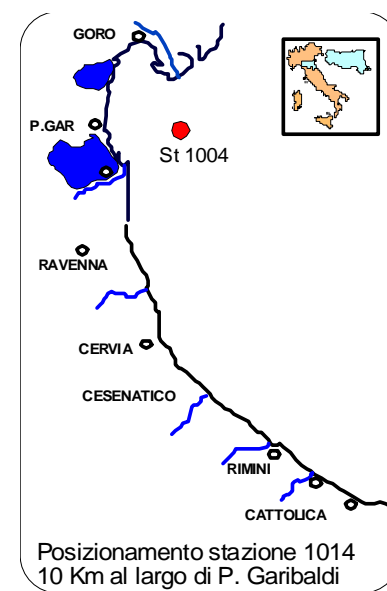


Figura 57 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Torbidità e Clorofilla "a" rilevate nei monitoraggi settimanali, nella stazione 1004 ( 10 Km al largo di Porto Garibaldi ), dalla superficie al fondo.



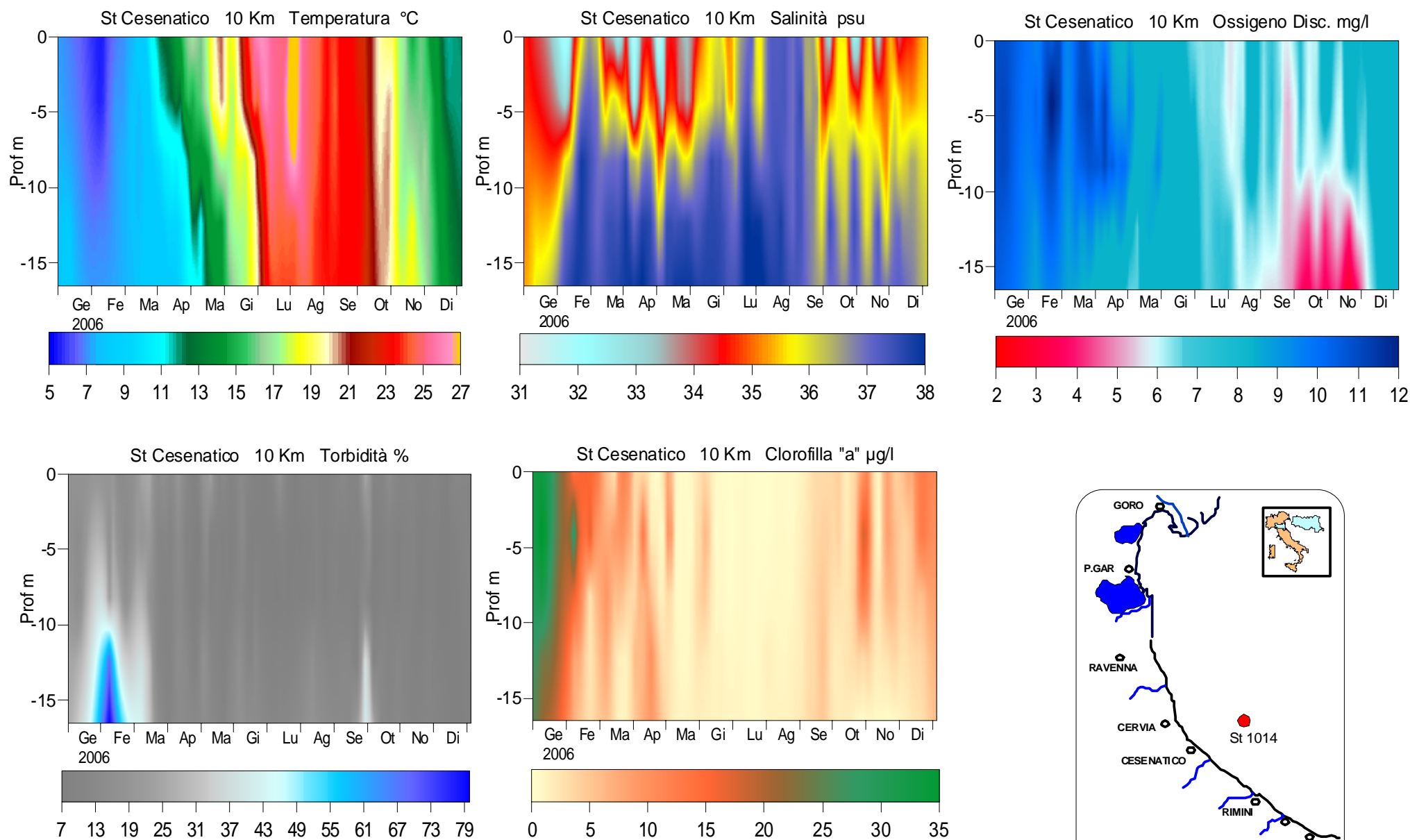
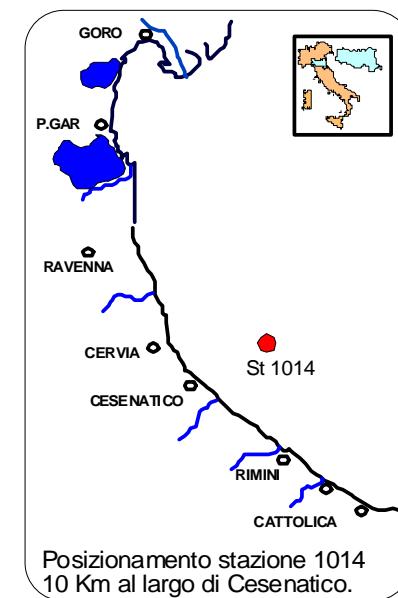


Figura 58 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Torbidità e Clorofilla "a" rilevate nei monitoraggi settimanali, nella stazione 1014 ( 10 Km al largo di Cesenatico ), dalla superficie al fondo.



## TEMPERATURA °C Sezione transetto Cesenatico 0-20 Km

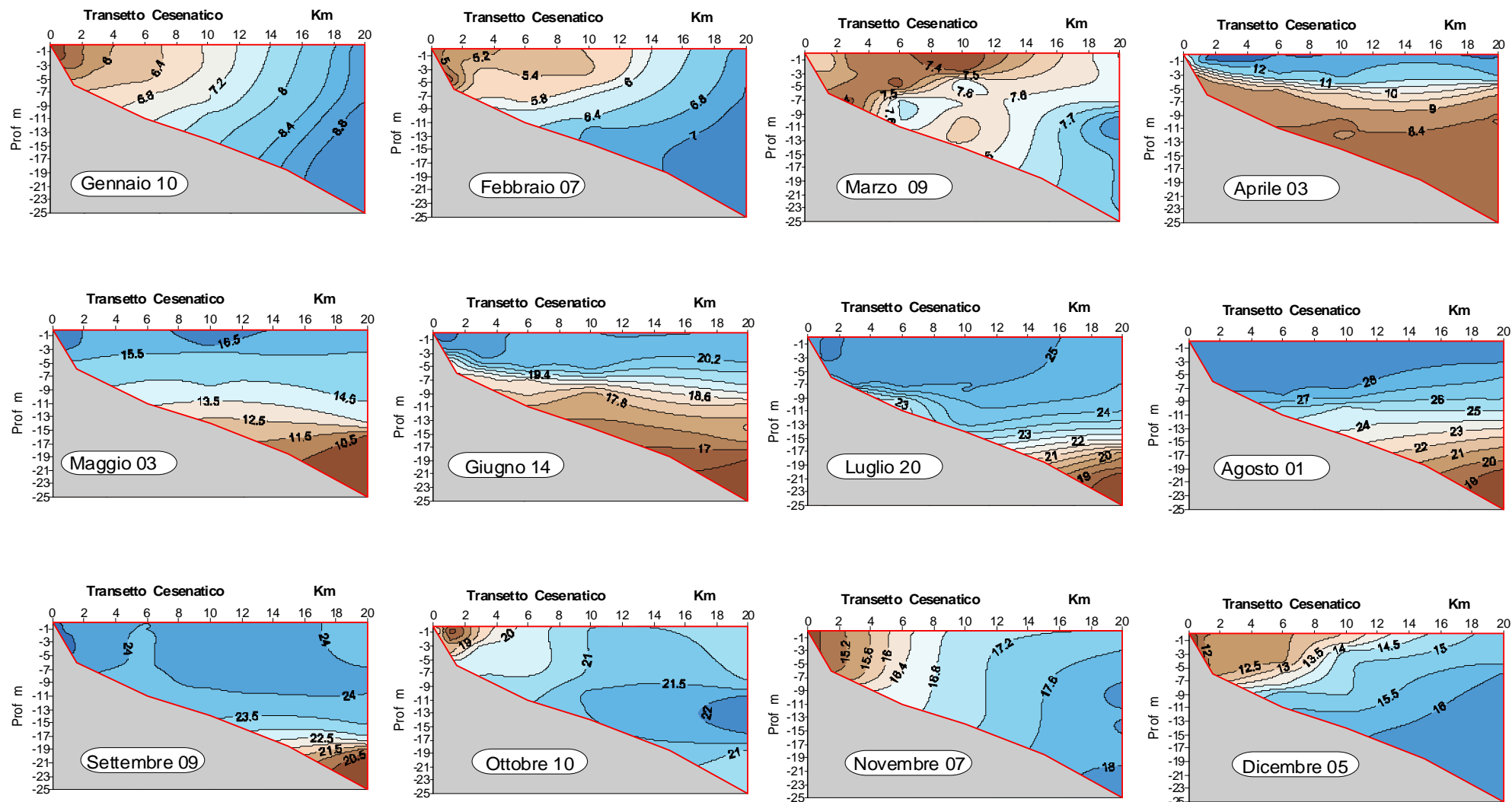


Figura 59 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.

## TEMPERATURA °C Sezione transetto Porto Garibaldi 0-20 Km

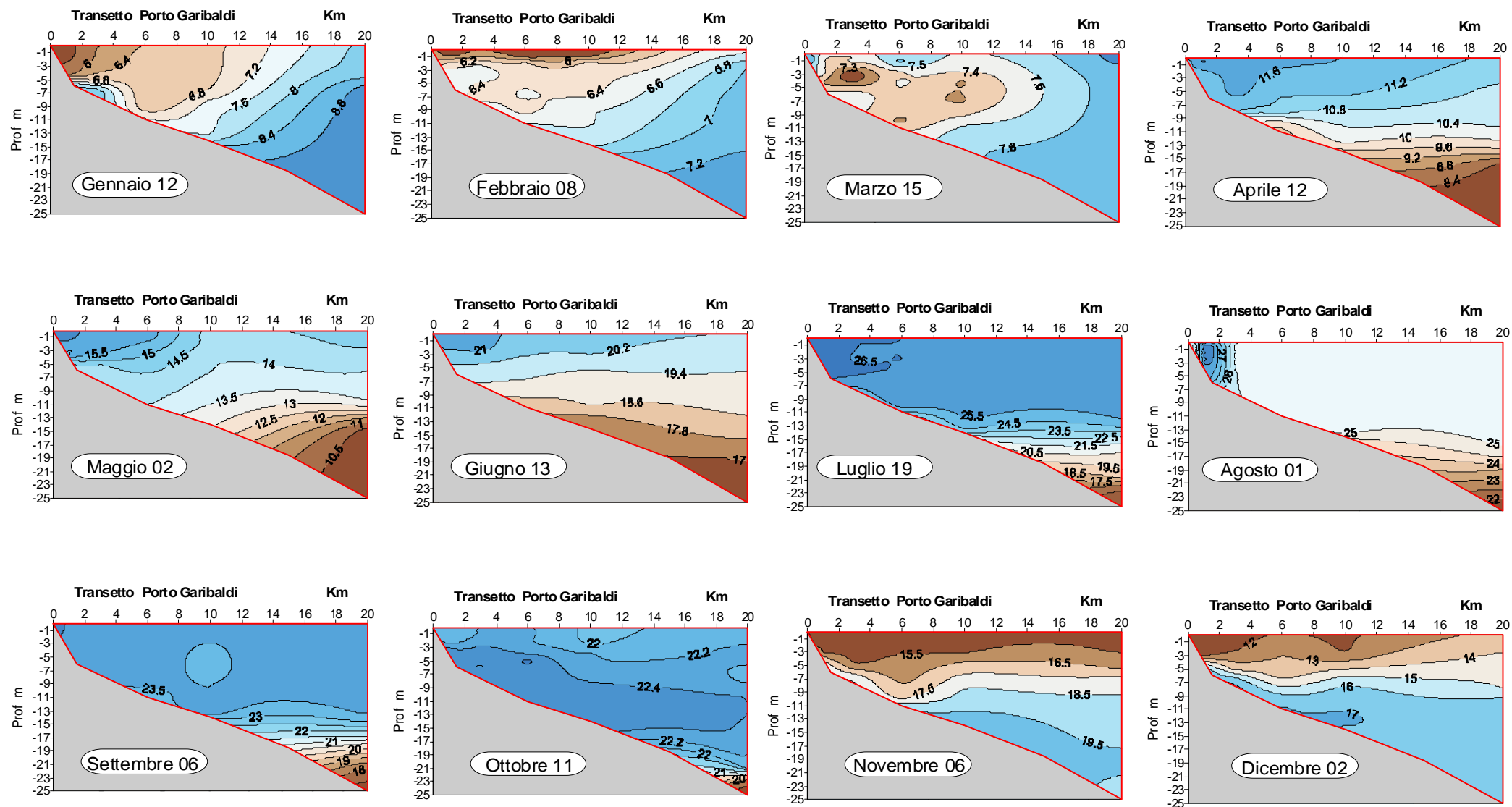


Figura 60 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.

## SALINITA' psu    Sezione transetto Cesenatico 0-20 Km

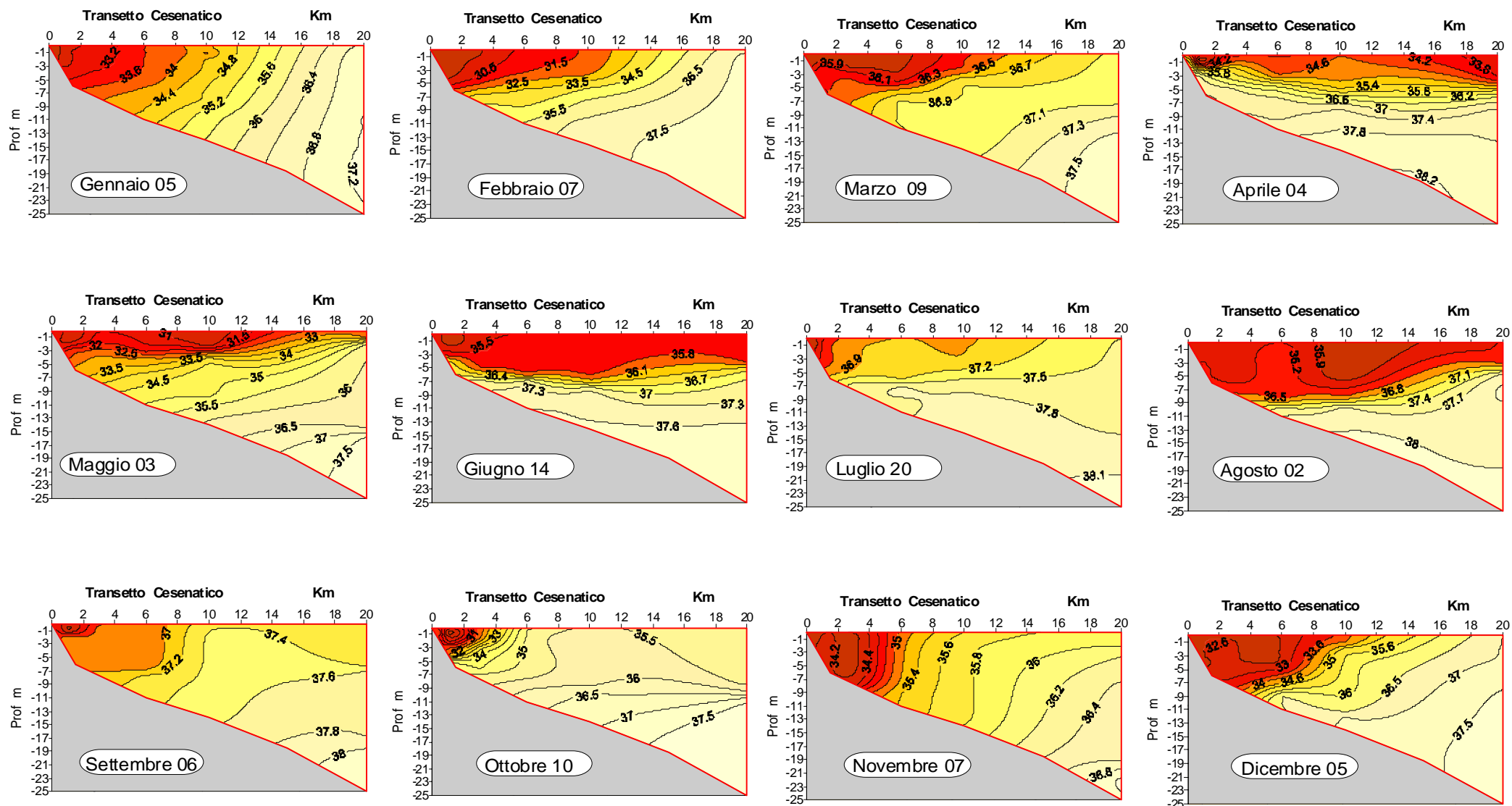


Figura 61 - Isolinee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.



## SALINITA' psu    Sezione transetto Porto Garibaldi 0-20 Km

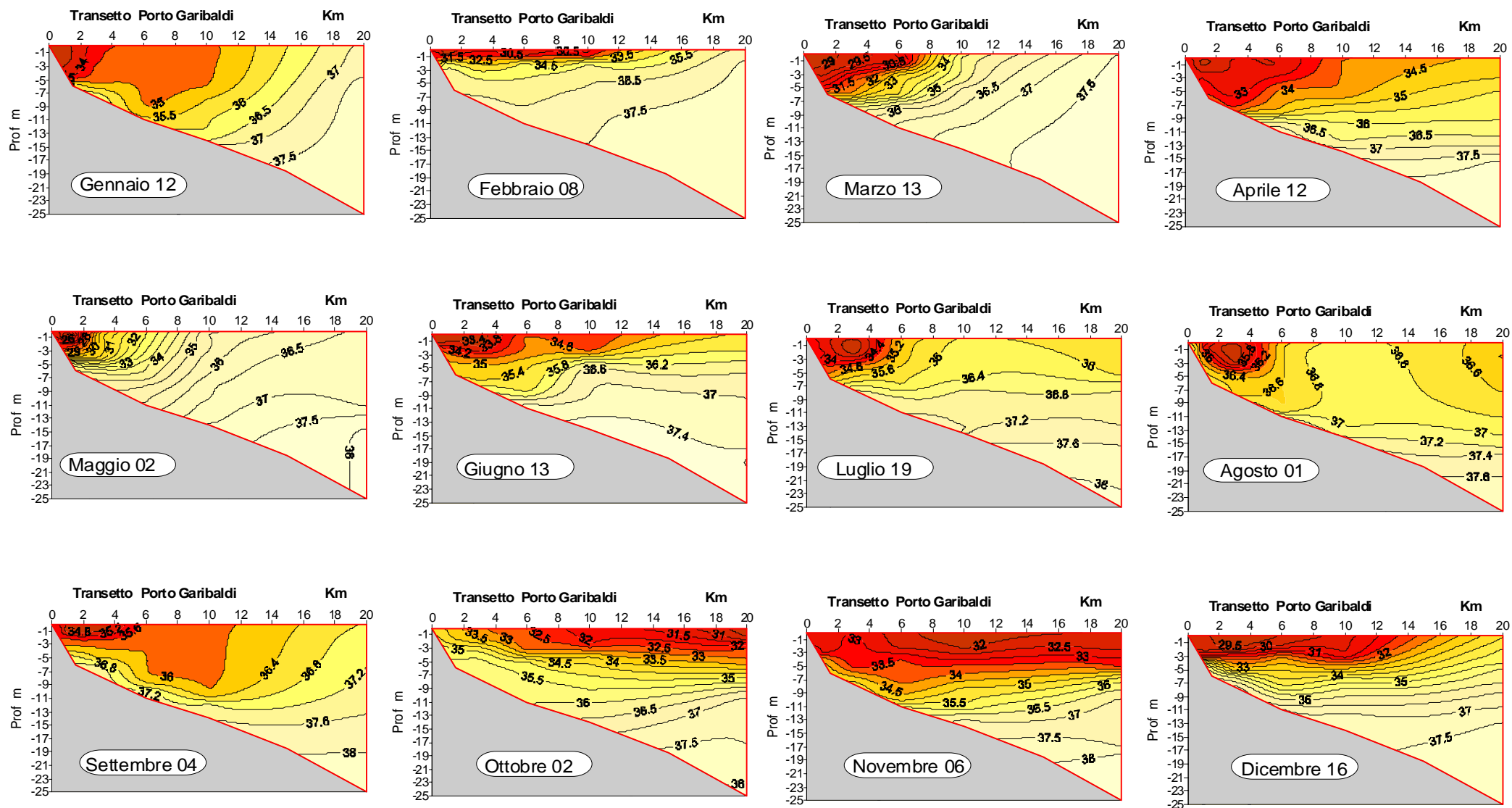


Figura 62 - Isolinee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.

## OSSIGENO ppm Sezione transetto Cesenatico 0-20 Km

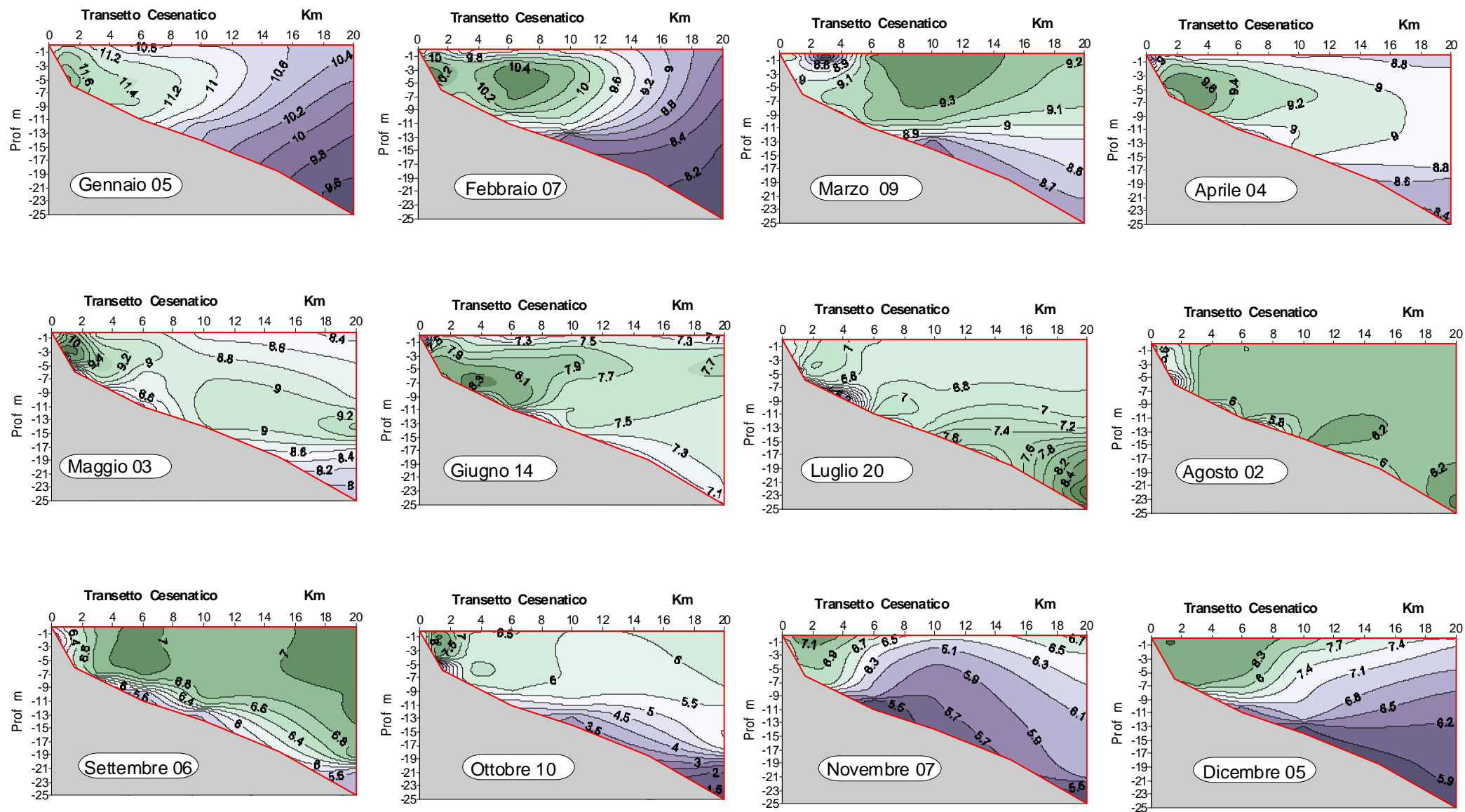


Figura 63 - Isolinee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.

# OSSIGENO ppm Sezione transetto Porto Garibaldi 0-20 Km

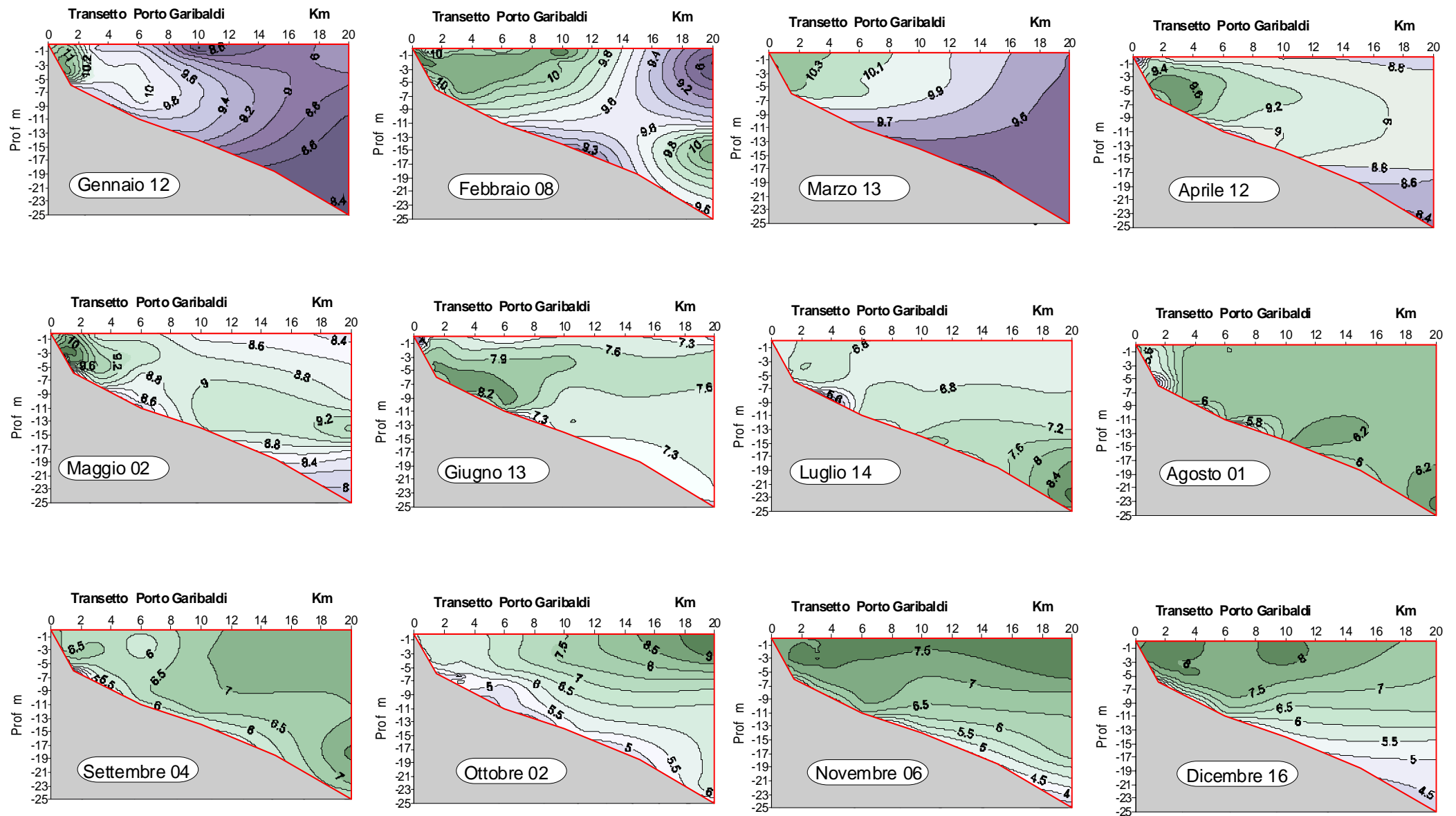
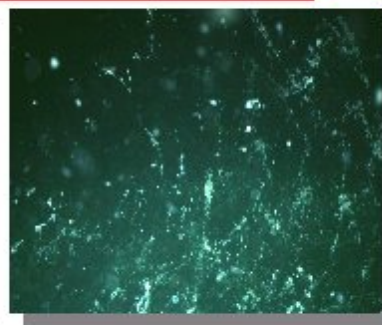
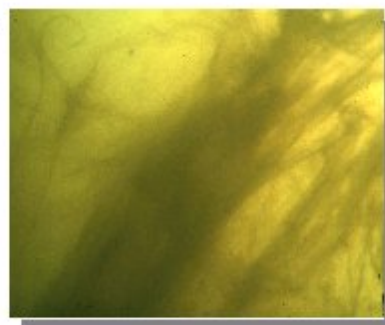
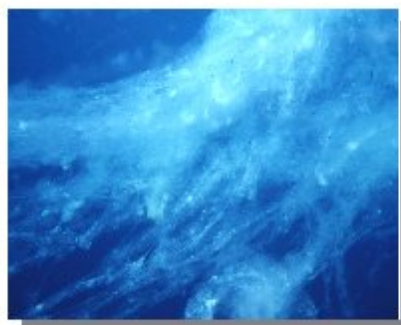


Figura 64 - Isolinee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile.



**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



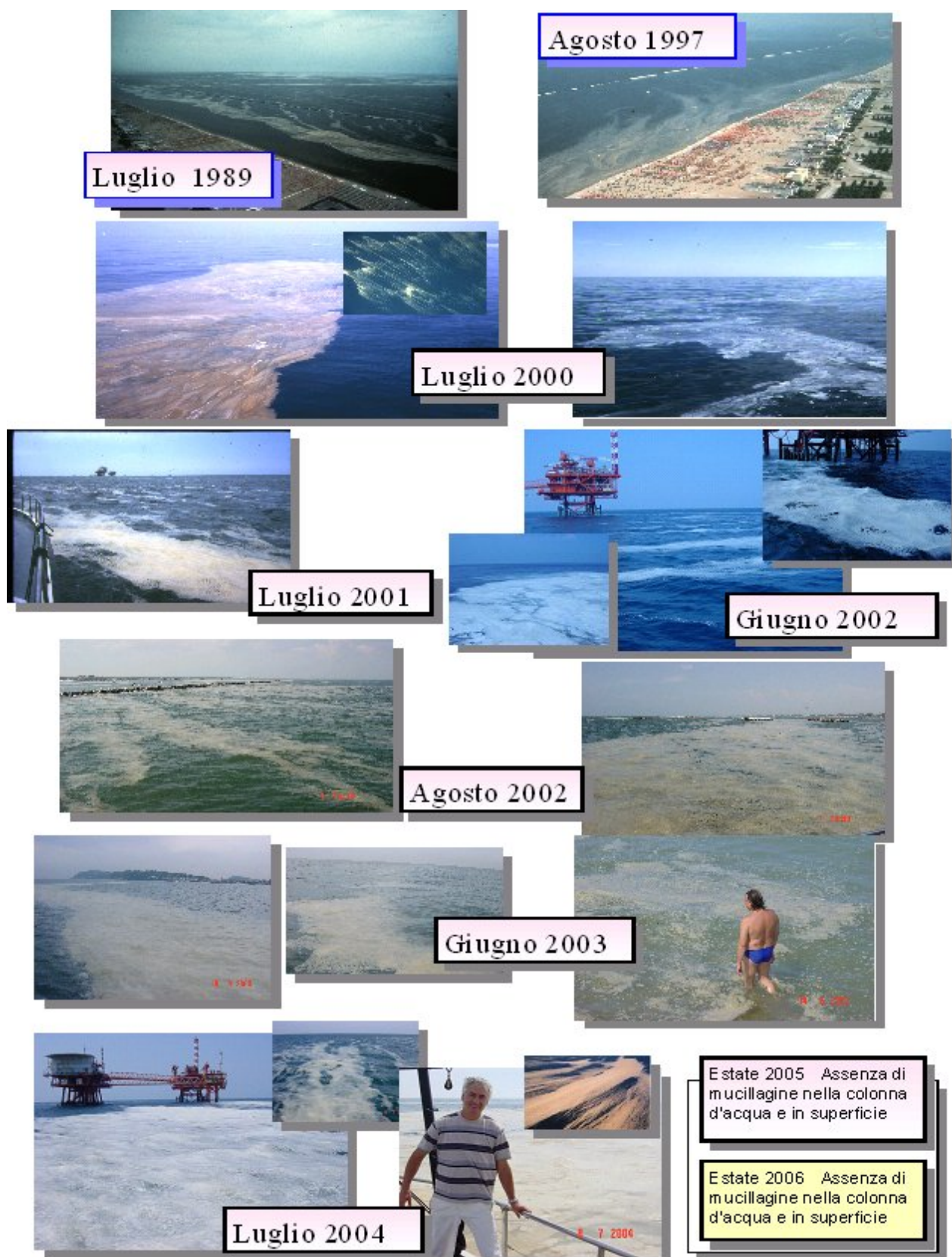
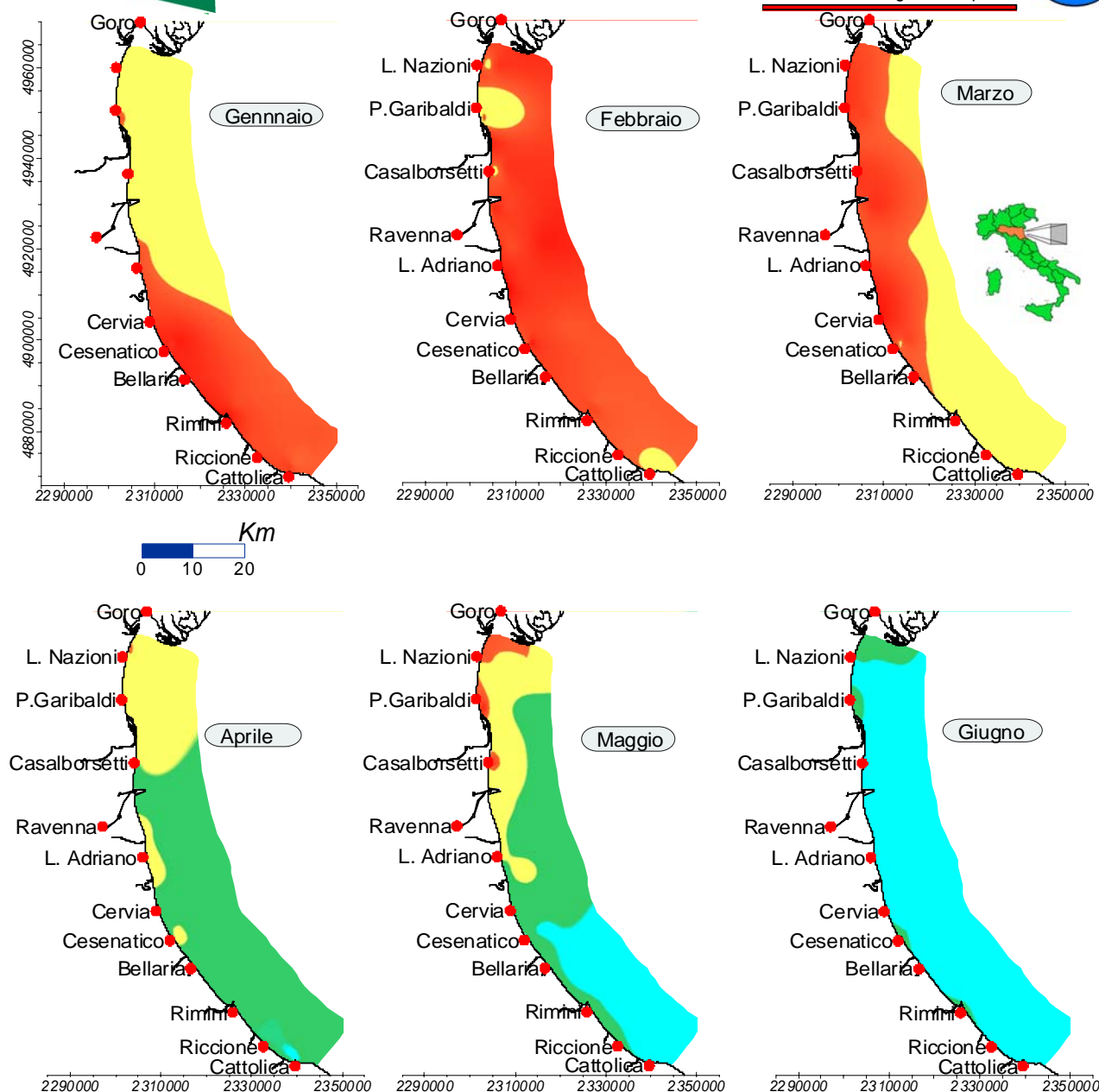
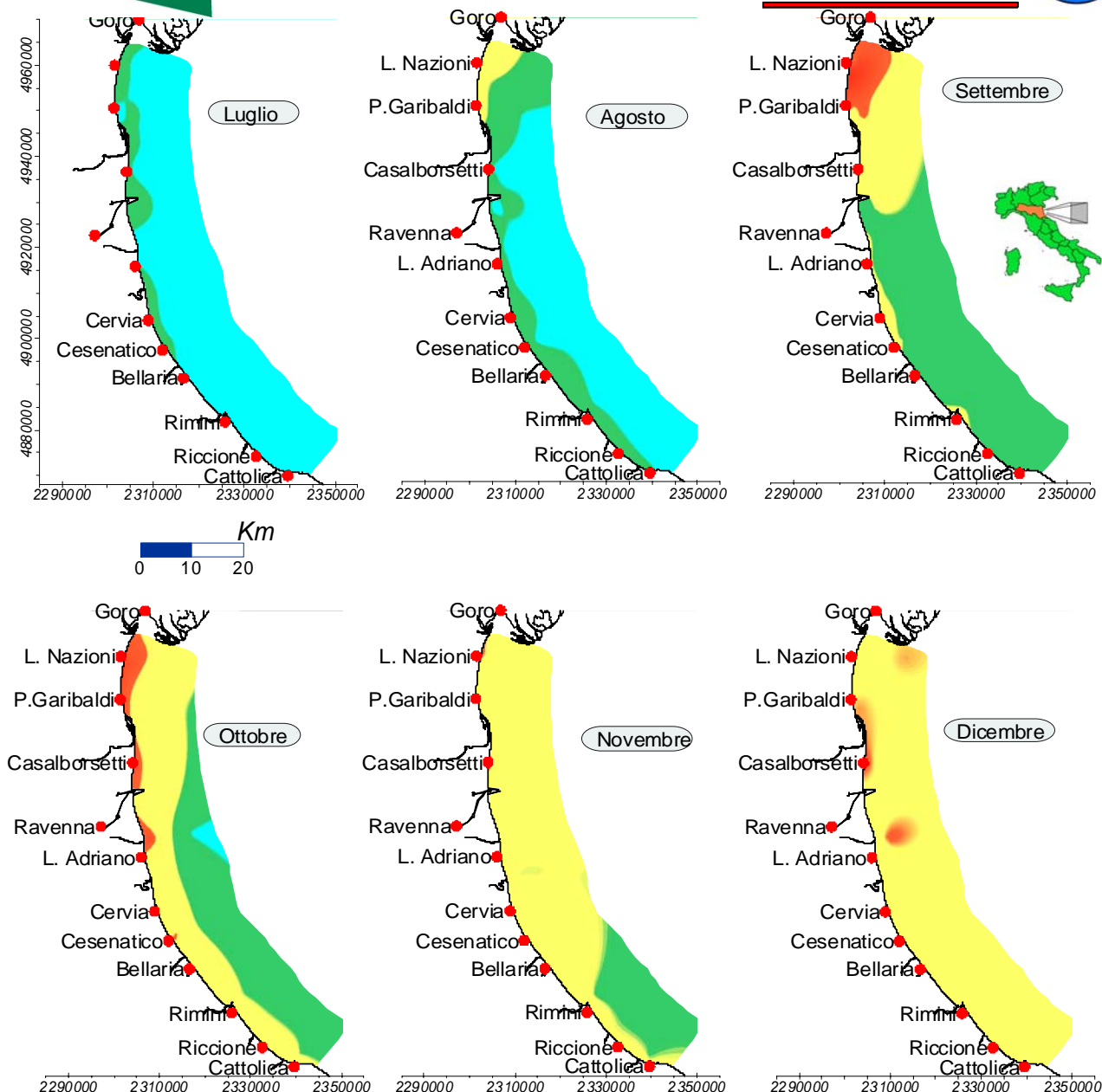


Figura 66 - Casi di affioramento di mucillagine lungo la costa dell'Emilia-Romagna dal 1989 al 2006



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 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



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

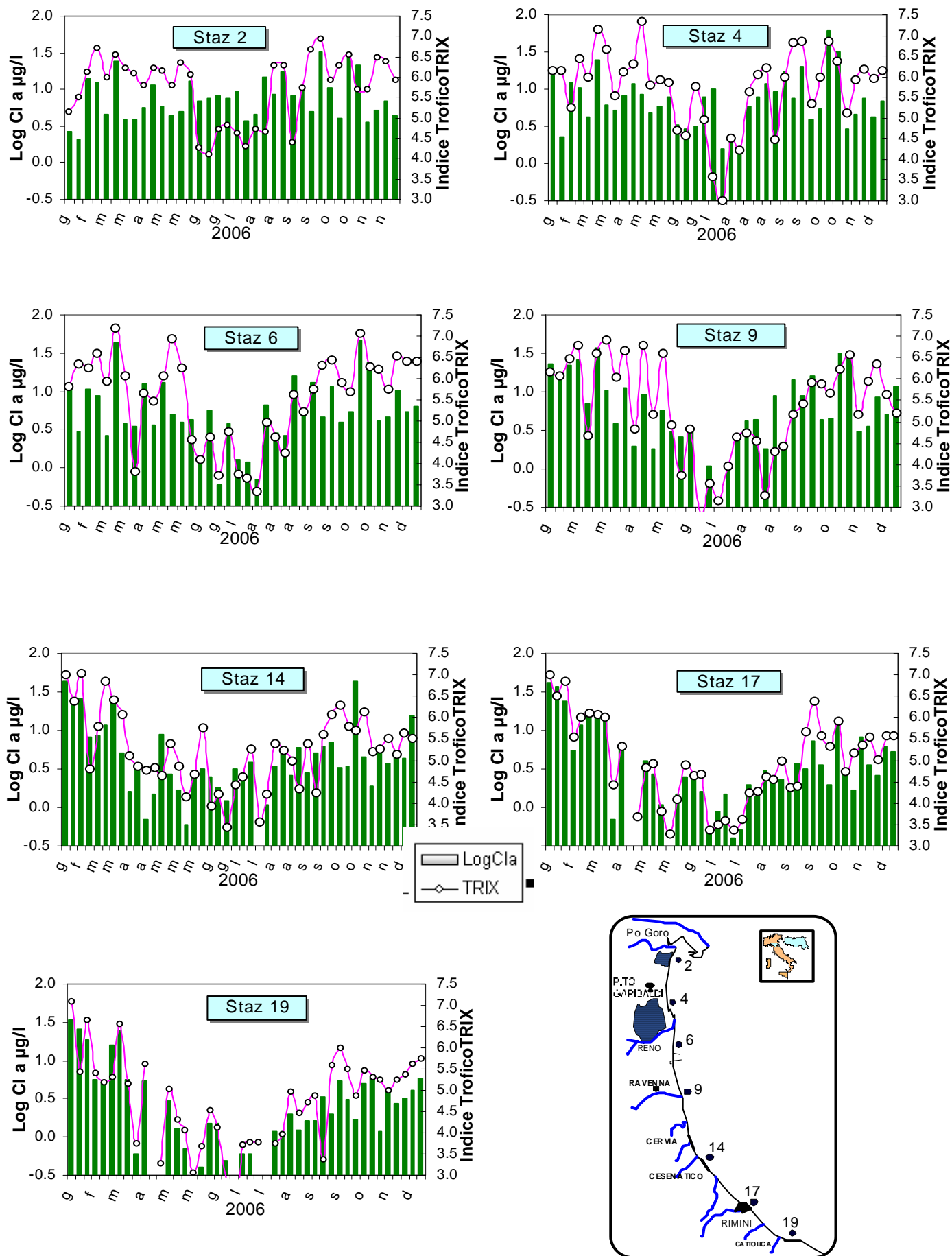


Figura 69 - Confronto tra gli andamenti temporali dell'Indice Trofico TRIX ed il logaritmo della Clorofilla "a" nelle stazioni campione costiere a 0.5 km (vedi mappa allegata).



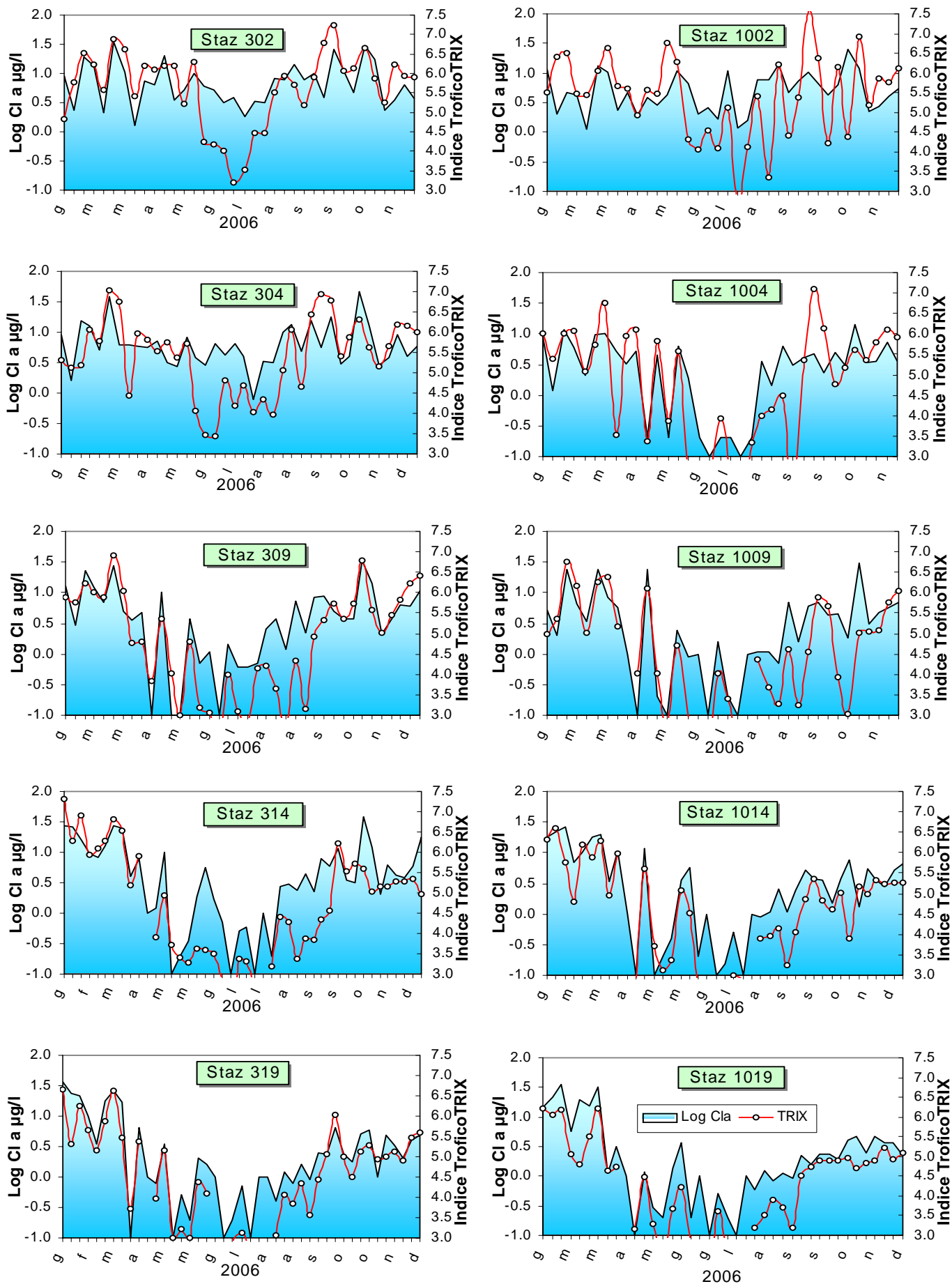
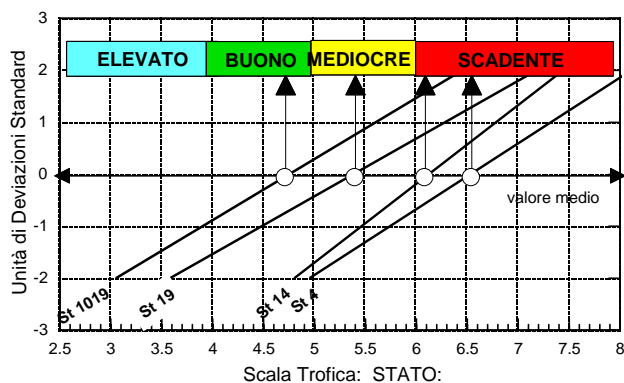
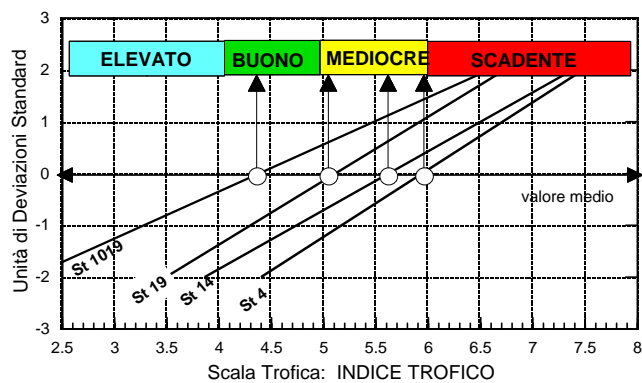


Figura 70 - Confronto tra gli andamenti temporali dell'Indice Trofico TRIX ed il logaritmo della Clorofilla "a" nelle stazioni campione costiere a 3 km e 10 km dalla costa

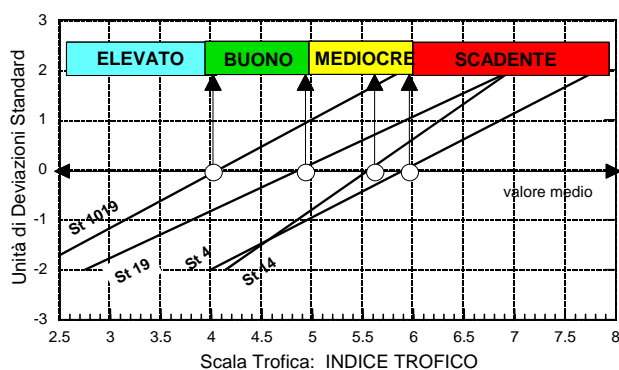
**Distribuzione del TRIX 2002**  
Ordinamento delle stazioni secondo la scala trofica



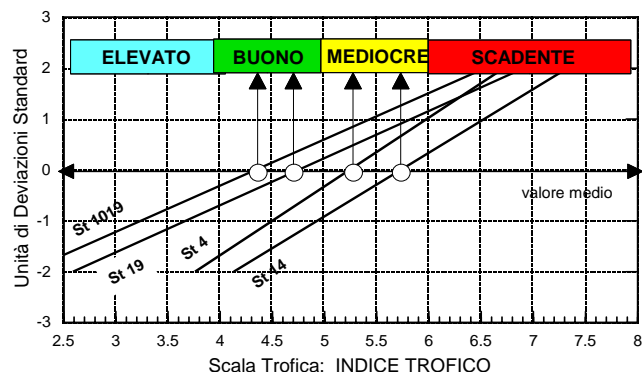
**Distribuzione del TRIX 2004**  
Ordinamento delle stazioni secondo la scala trofica



**Distribuzione del TRIX 2005**  
Ordinamento delle stazioni secondo la scala trofica

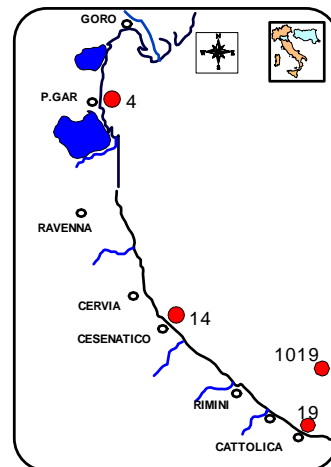


**Distribuzione del TRIX 2006**  
Ordinamento delle stazioni secondo la scala trofica



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.	Medi a	Medi ana	St. Dev.	Err. Stan	MIN	Max	Range
4	36	5.73	5.96	0.80	0.13	4.10	6.96	2.78
14	44	5.24	5.25	0.86	0.13	3.44	7.05	3.61
19	42	4.75	4.97	1.08	0.17	1.88	7.11	5.23
1019	37	4.34	4.72	1.11	0.18	1.68	6.23	4.55



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 GORO-RAVENNA STAZ. 0.5 Km

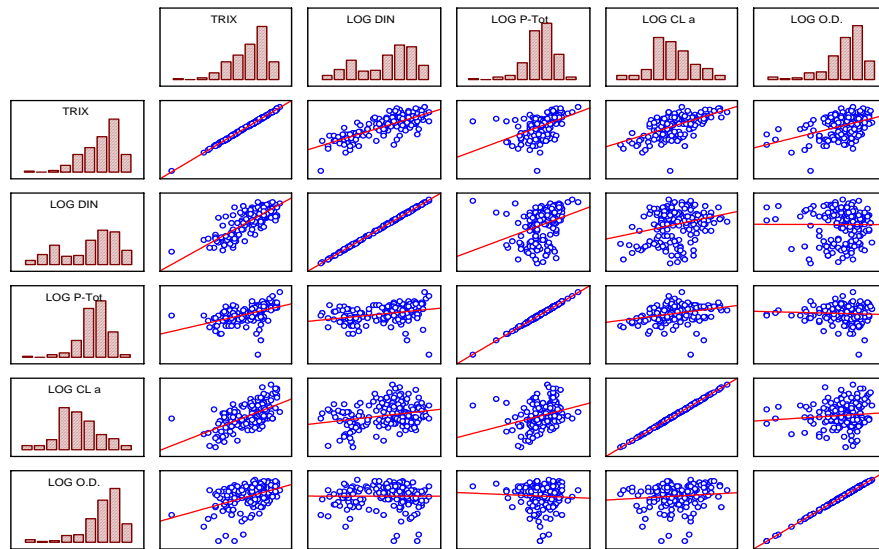
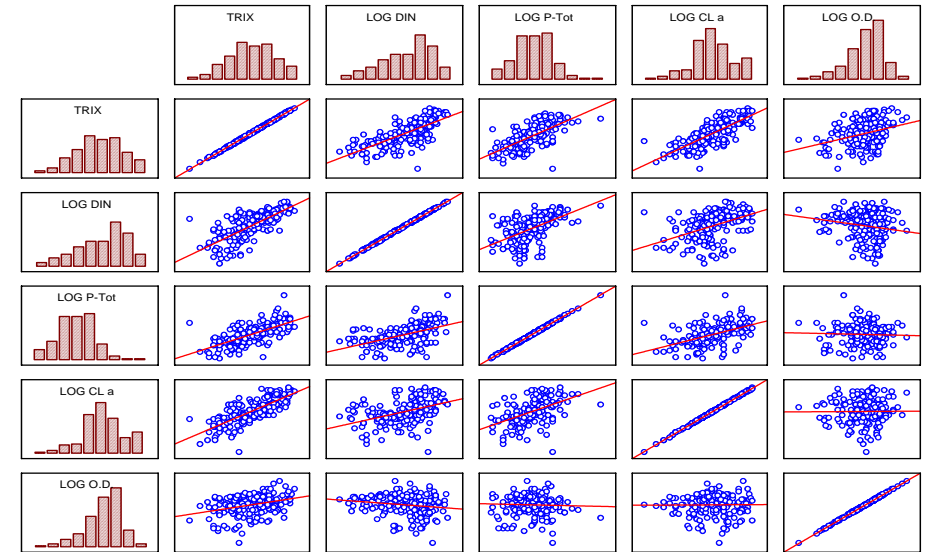


Figura 72 - Rette di regressione tra il TRIX e le variabili che concorrono a determinarlo (Log DIN, Log P-tot, Log Cl a, Log O.D.) nelle subaree "A", "B" e "C". Sono state prese in considerazione tutte le stazioni collocate a 0.5 Km dalla costa.

### AREA B RAVENNA-CESENATICO STAZ. 0.5 Km



Zona A	TRIX	Log DIN	Log P-tot	Log Cl a	Log O.D.
TRIX	1.00	0.79	0.49	0.58	0.45
Log DIN		1.00	0.33	0.26	-0.00
Log P-tot			1.00	0.31	-0.05
Log Cl a				1.00	0.10
Log O.D.					1.00

Zona B	TRIX	Log DIN	Log P-tot	Log Cl a	Log O.D.
TRIX	1.00	0.73	0.67	0.76	0.33
Log DIN		1.00	0.53	0.45	-0.18
Log P-tot			1.00	0.50	0.04
Log Cl a				1.00	0.1
Log O.D.					1.00

Zona C	TRIX	Log DIN	Log P-tot	Log Cl a	Log O.D.
TRIX	1.00	0.74	0.71	0.88	0.43
Log DIN		1.00	0.40	0.53	0.06
Log P-tot			1.00	0.66	0.02
Log Cl a				1.00	0.17
Log O.D.					1.00

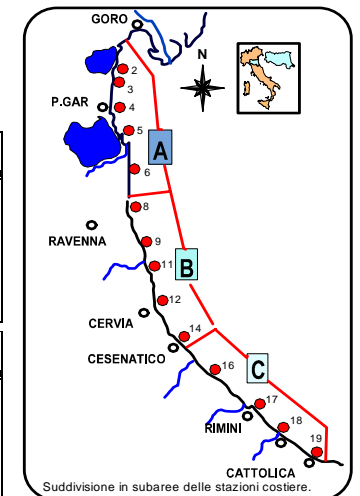
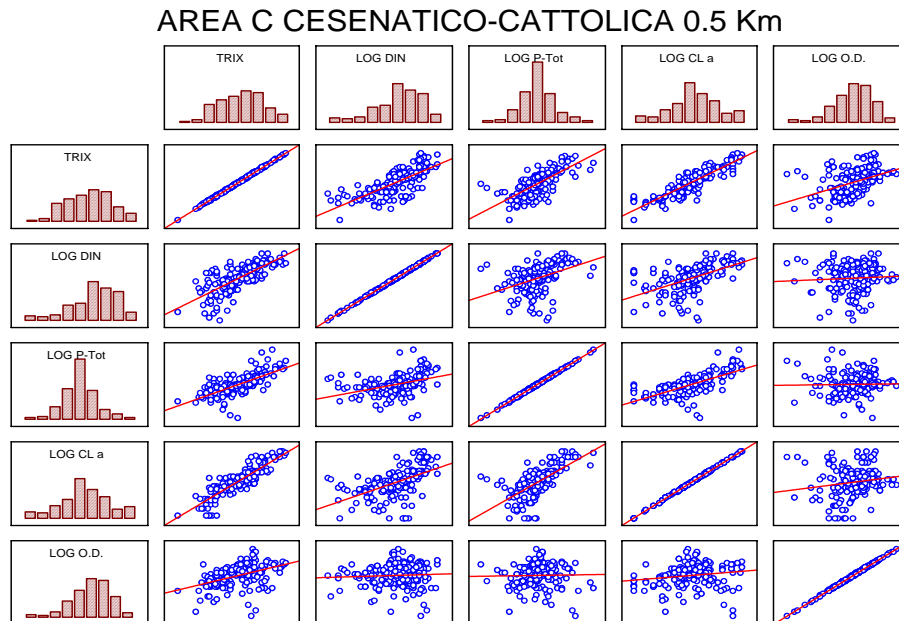
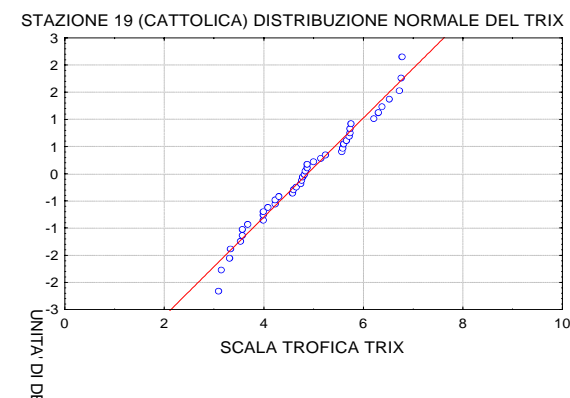
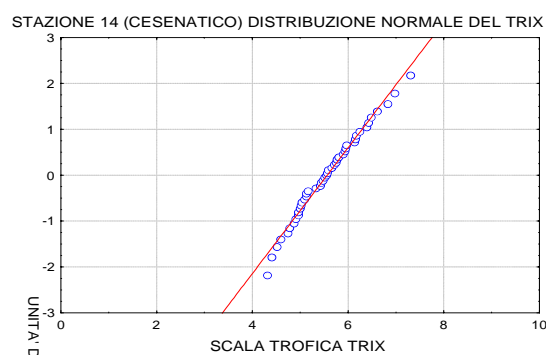
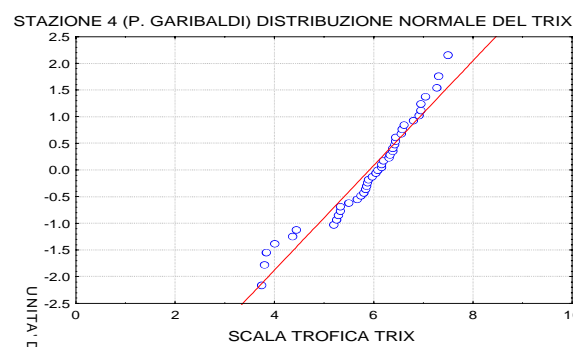
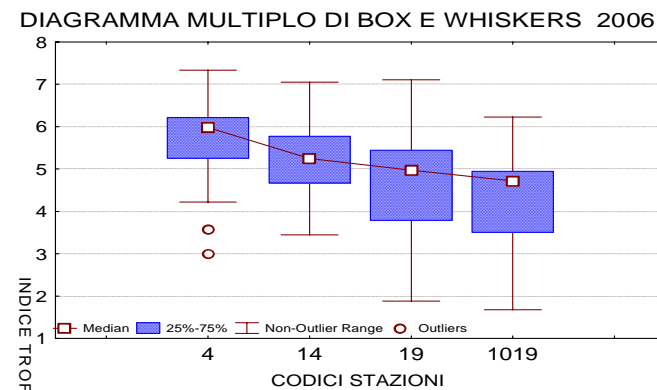
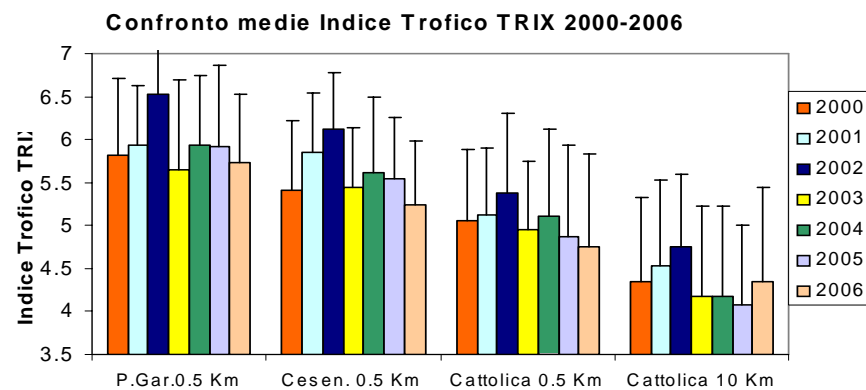


Figura 73 - Rette di regressione nella subarea "C" e coefficienti di correlazione tra il TRIX e le variabili che concorrono a determinarlo (Log DIN, Log P-tot, Log Cl a, Log O.D.) nelle tre subaree. Sono state prese in considerazione tutte le stazioni collocate a 0.5 Km dalla costa.





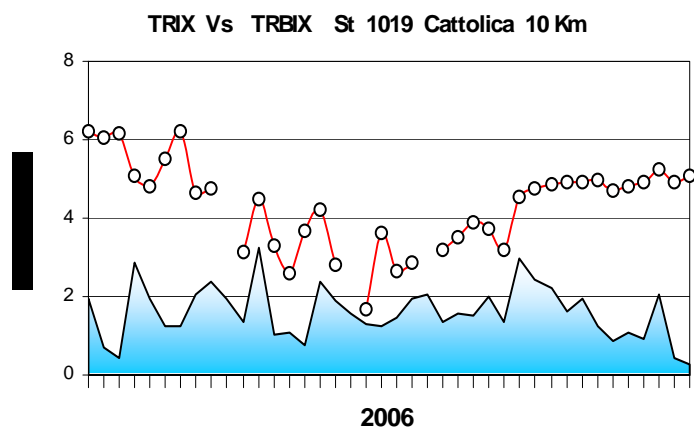
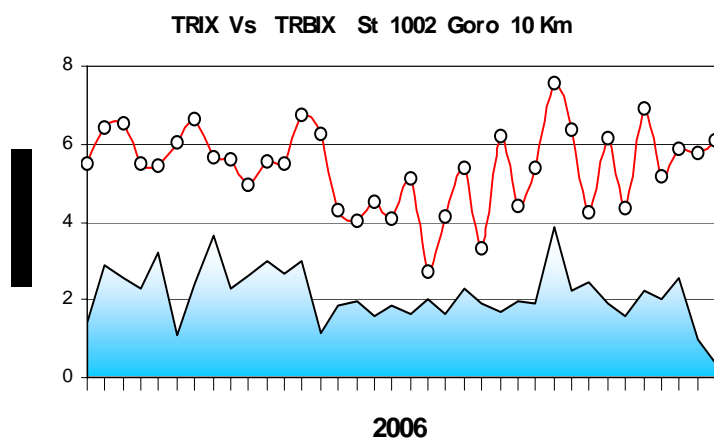
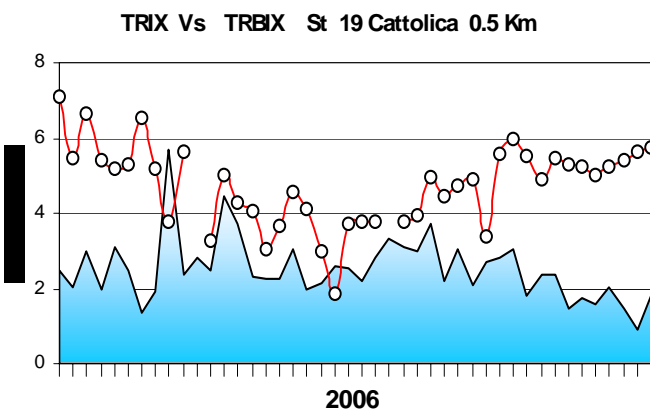
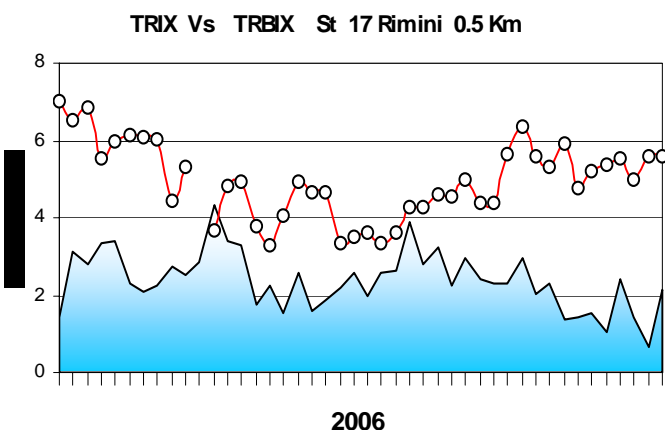
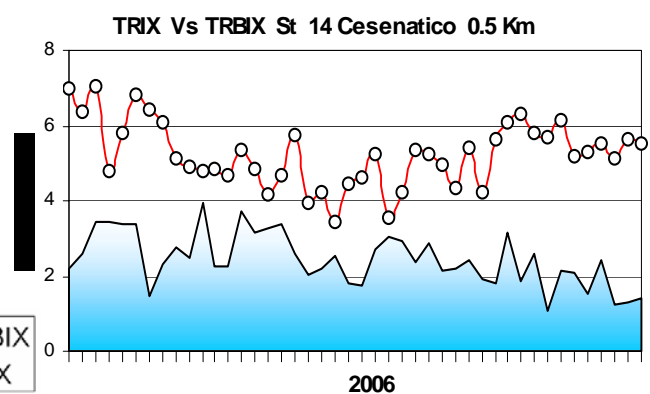
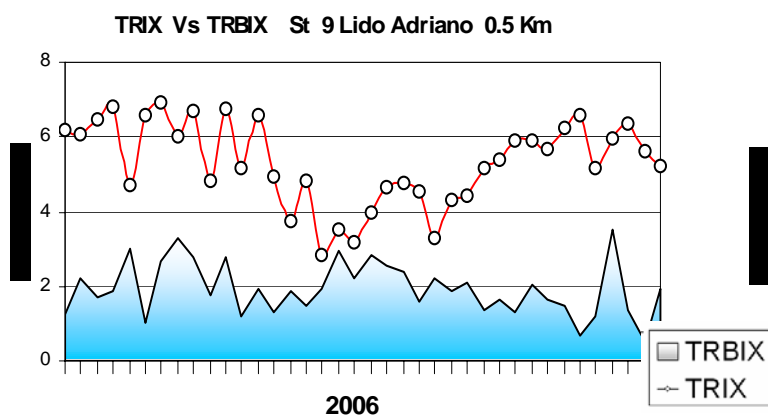
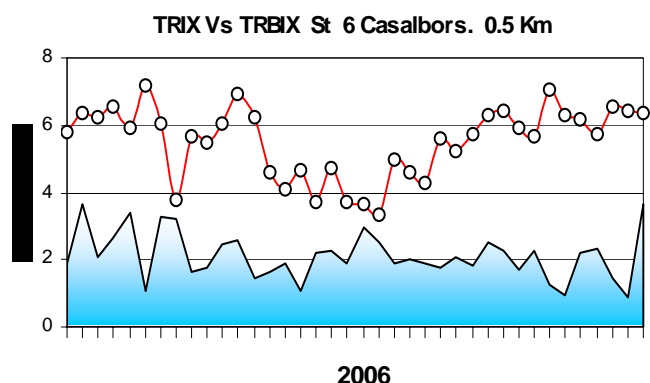
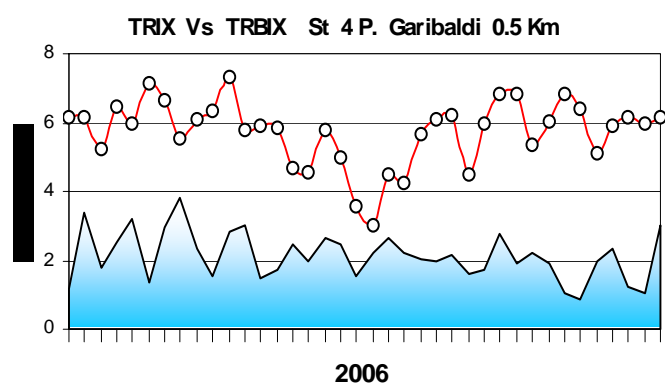
Cod Staz	$\Delta X$ 02-04	t-Student	Sign.	$\Delta X$ 02-05	t-Student	Sign.	$\Delta X$ 02-06	t-Student	Sign.	$\Delta X$ 04-05	t-Student	Sign.	$\Delta X$ 04-06	t-Student	Sign.	$\Delta X$ 05-06	t-Student	Sign.
4	0.57	3.15	S	0.59	3.15	S	0.73	4.21	S	0.03	0.21	n.S	0.13	0.74	n.S	0.09	0.52	n.S
14	0.51	3.05	S	0.64	4.82	S	0.88	5.80	S	1.04	0.51	n.S	0.38	2.65	S	0.31	2.01	n.S
19	0.35	1.89	n. S	0.65	3.86	S	0.73	3.73	S	0.24	1.33	n.S	0.42	2.83	S	0.17	1.11	n.S
1019	0.43	2.34	S	0.30	1.7	n.S	0.50	2.82	S	-0.21	-1.08	n.S	0.05	0.28	n.S	0.27	1.45	n.S

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

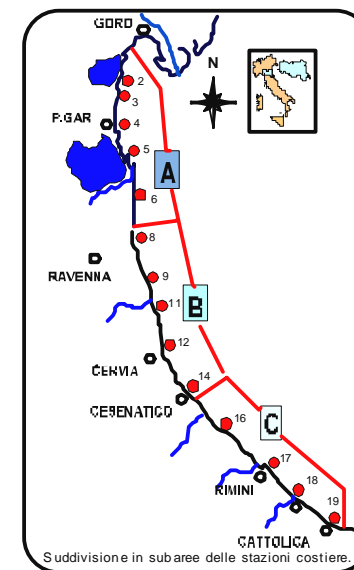
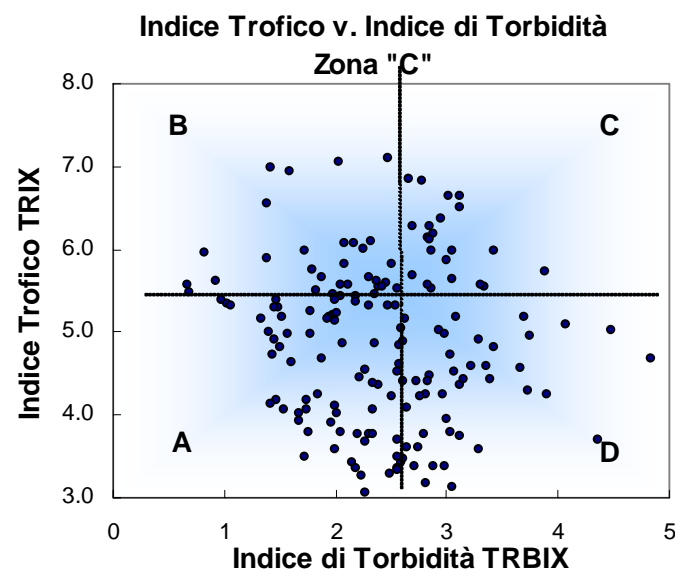
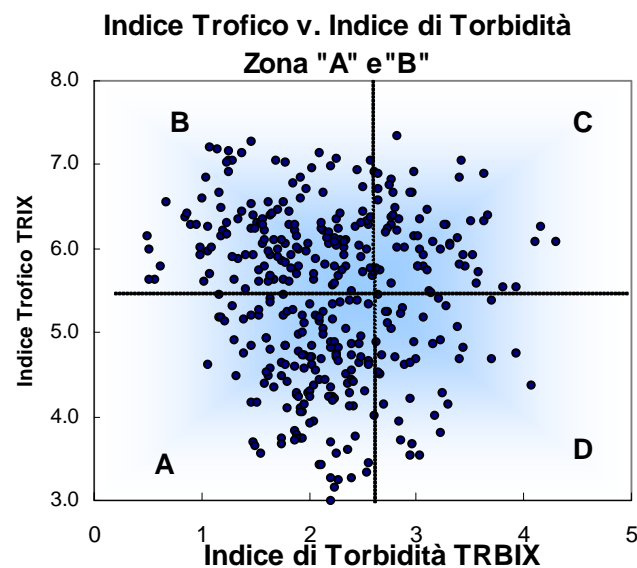
**S=Significativo; n. S=non Significativo**

Figura 74 - Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 2000 al 2006 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 del 2002 con quelli rilevati nel 2004 2005 2006 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**

**Quadrante B**

Acque colorate prevalentemente da fitoplancton; colore vegetale verdastro, brunoastro o rossoastro secondo la specie fitoplanctonica.

Trasparenza più o meno ridotta.

**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.

**Quadrante C**

Acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale; colore limoso-fangoso associato ad una variazione cromatica verdastro, brunoastro o rossoastro secondo la specie fitoplanctonica.

Trasparenza più o meno ridotta.

**Quadrante D**

Acque prevalentemente colorate da torbidità di tipo minerale; colore limoso fangoso di tipo grigio brunoastro.

Trasparenza molto ridotta.

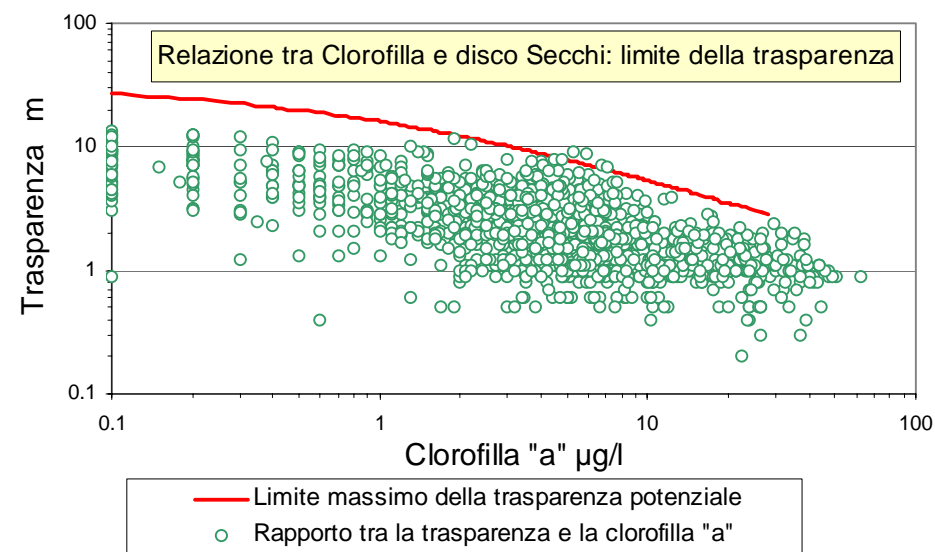
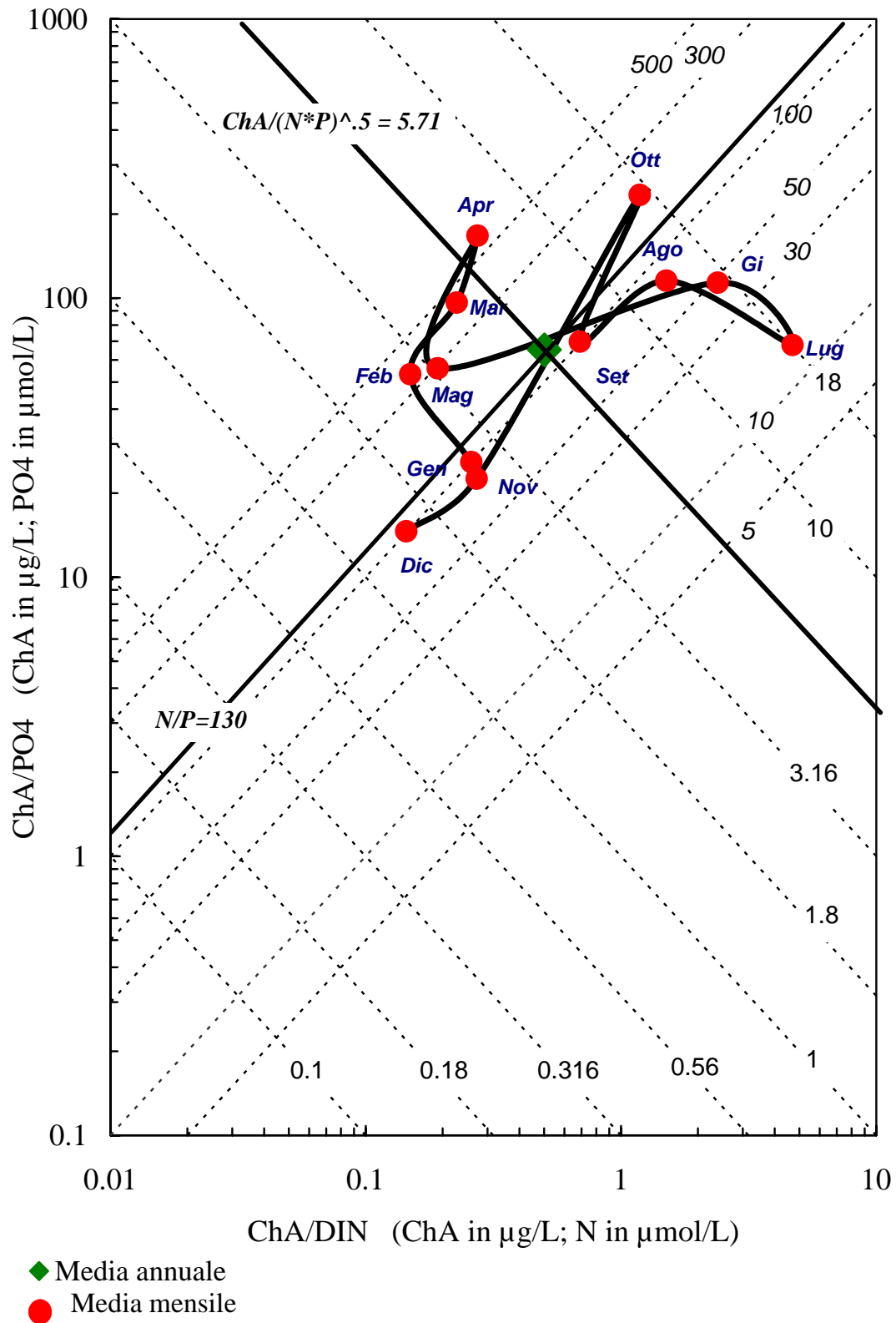


Figura 76 - Diagrammi di "Scatter plot" tra l'Indice di Torbidità TRBX e l'Indice Trofico TRIX. Individuazione dei quadranti e relativa tabella di interpretazione.

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

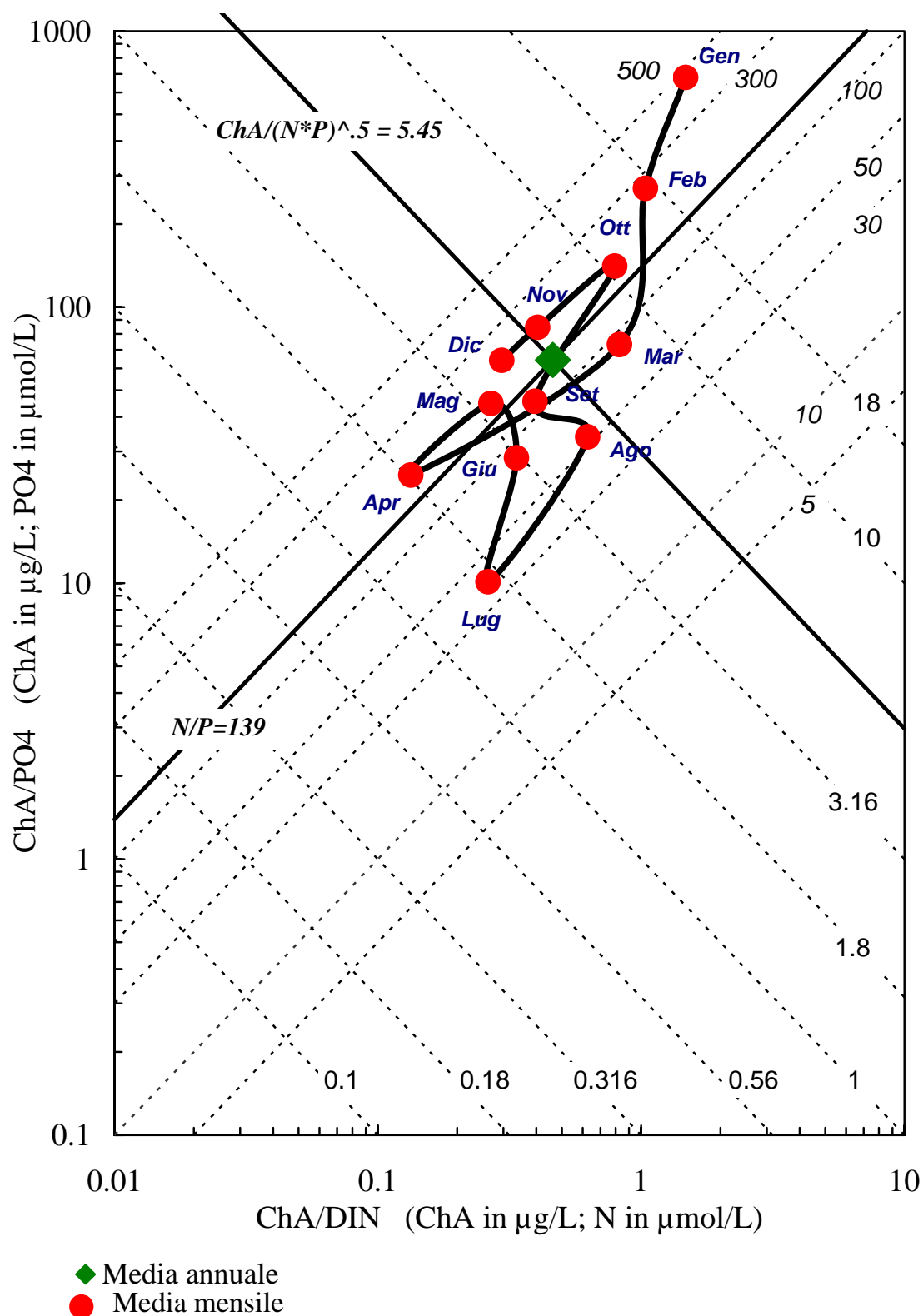


*Figura 77 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema.*

Nei grafici i rapporti N/P sono costanti lungo le linee punteggiate a  $45^\circ$ , viceversa i valori della quantità  $ChA/(DIN \times PO4)^{1/2}$  sono costanti lungo le linee punteggiate a  $-45^\circ$ . 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**



*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.



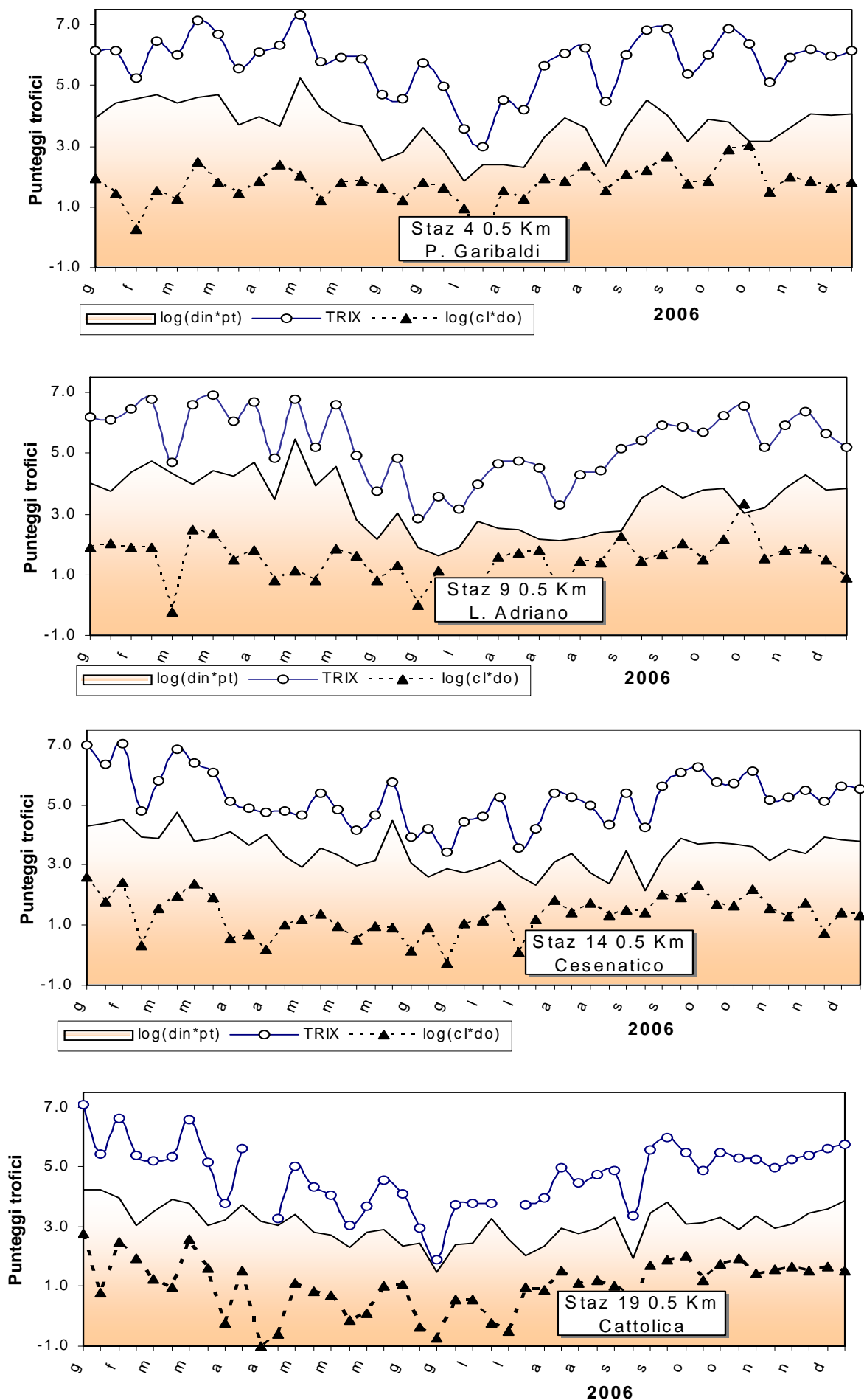


Figura 79 - Variazioni temporali e rapporti delle componenti che concorrono a determinare l'Indice Trofico TRIX nelle stazioni costiere.  $\text{LOG}(\text{Chl} \times \text{D}\% \text{O})$  = Indicatore di produttività reale o diretta.  $\text{LOG}(\text{DIN} \times \text{PT})$  = Indicatore di produttività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

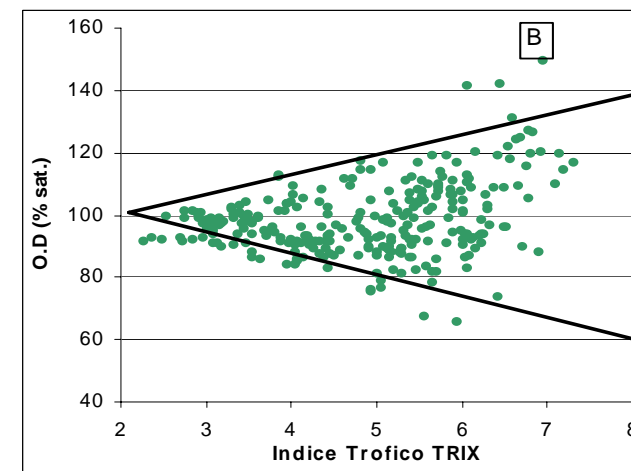
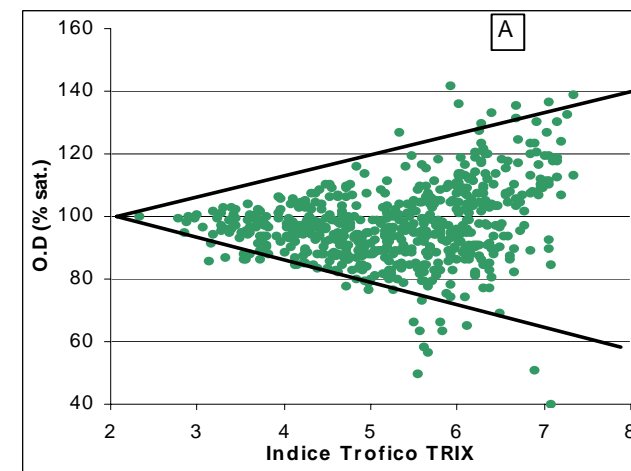
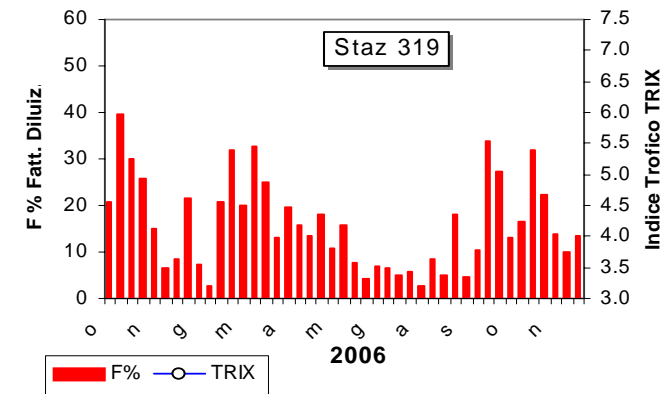
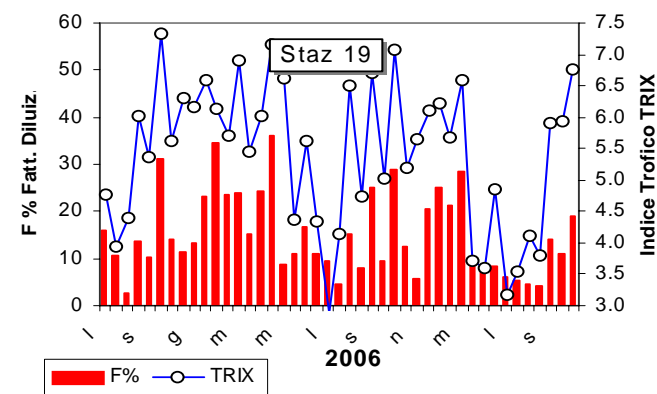
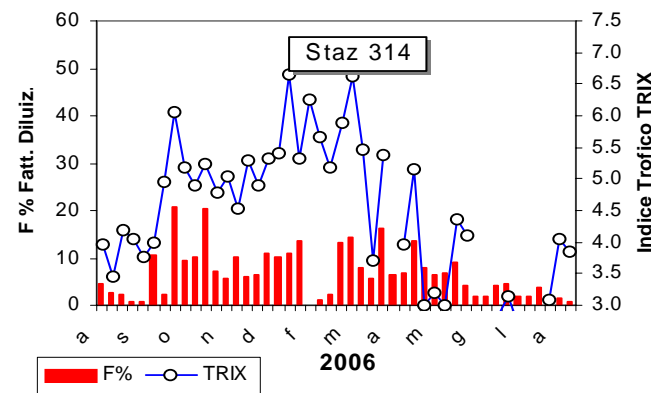
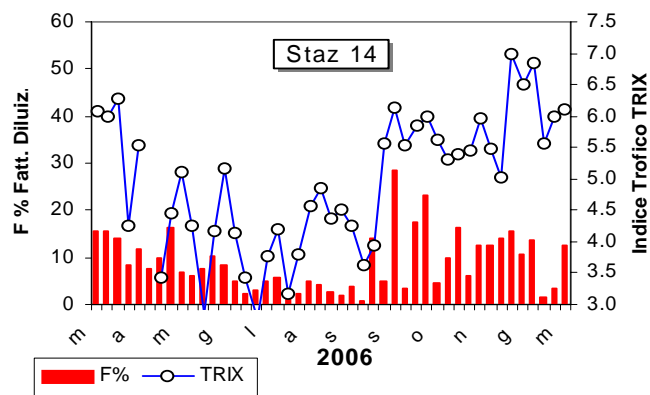
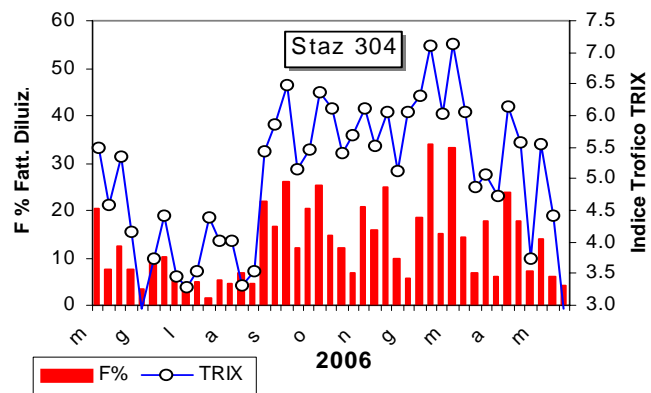
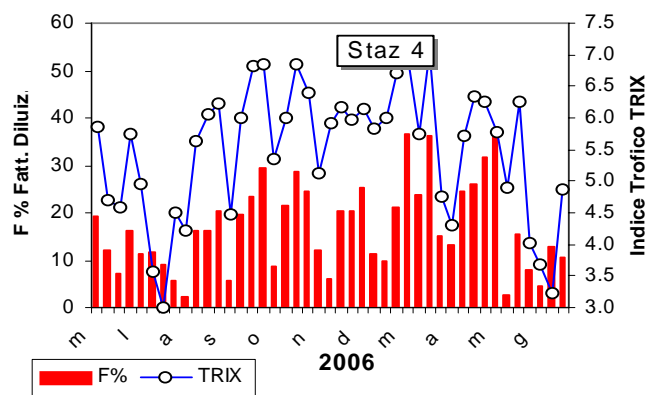


Figura 80 - Scostamento dei dati puntuali della saturazione di ossigeno dal 100% rilevati nelle stazioni costiere a 0.5 Km (A), e nelle stazioni a 3 Km dalla costa (B), al crescere del valore di TRIX

Figura 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 %.

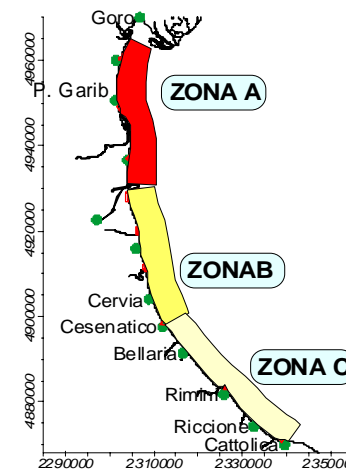
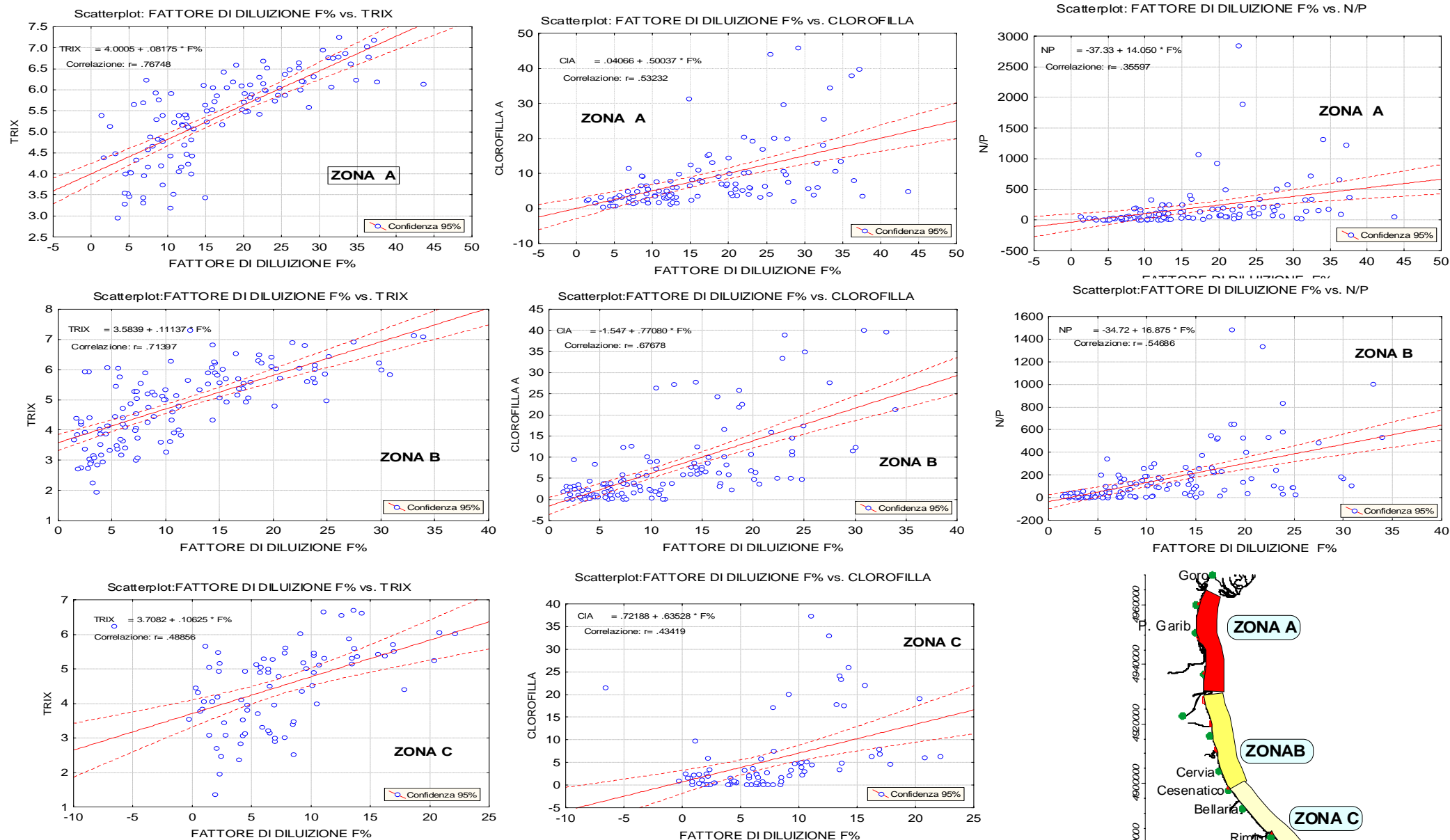


Figura 82 - Correlazione tra il Fattore di diluizione F % e la Clorofilla a, l'Indice Trofico TRIX, il rapporto Azoto/Fosforo (N/P) nelle tre subaree (Goro-Ravenna, Ravenna- Cesenatico, Cesenatico- Cattolica), collocate a 3 Km dalla costa.

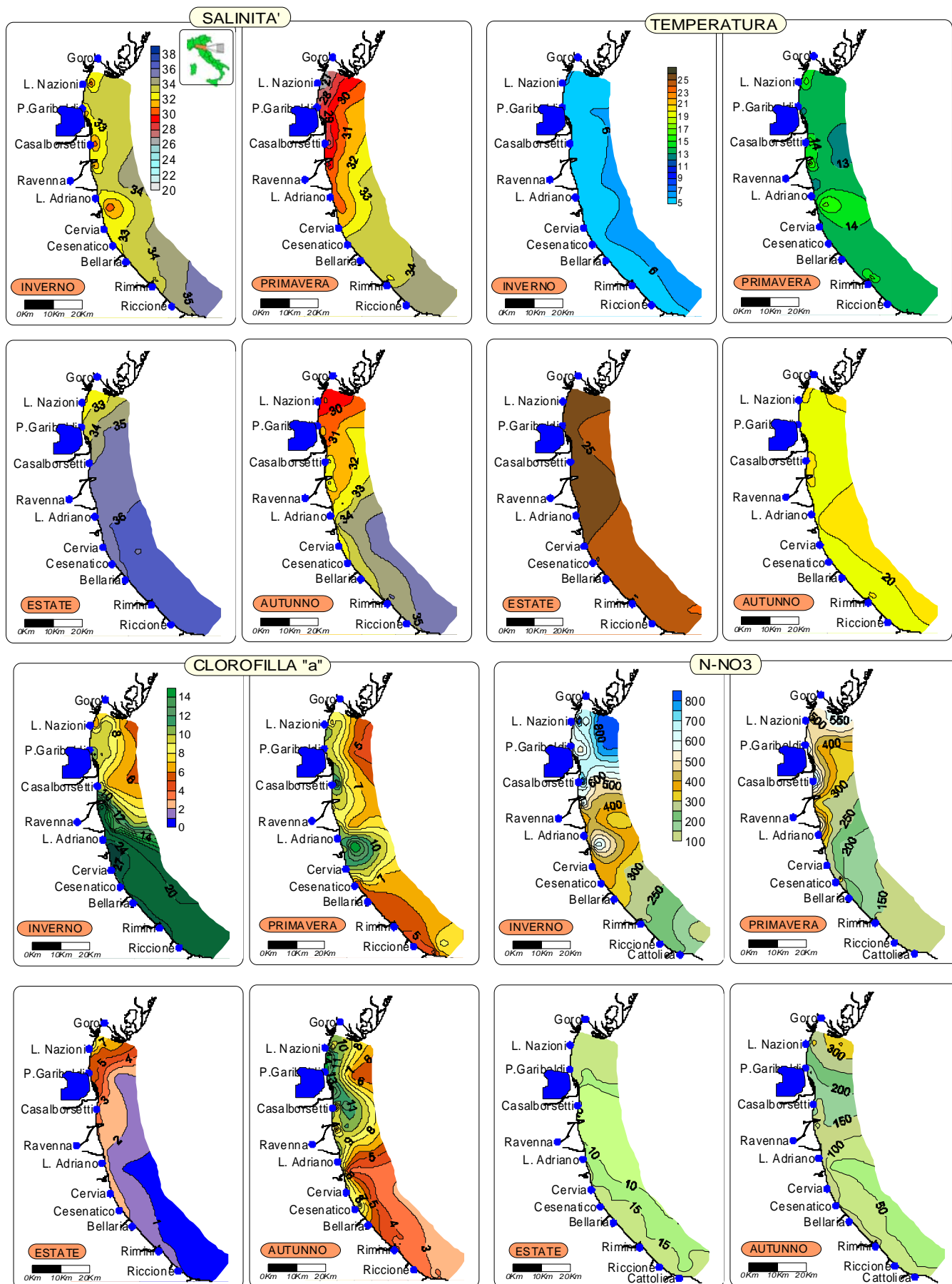


Figura 83 - Mappe di distribuzione di Salinità, Temperatura, Clorofilla "a" e Nitrati lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 Km al largo nel 2006: medie stagionali.

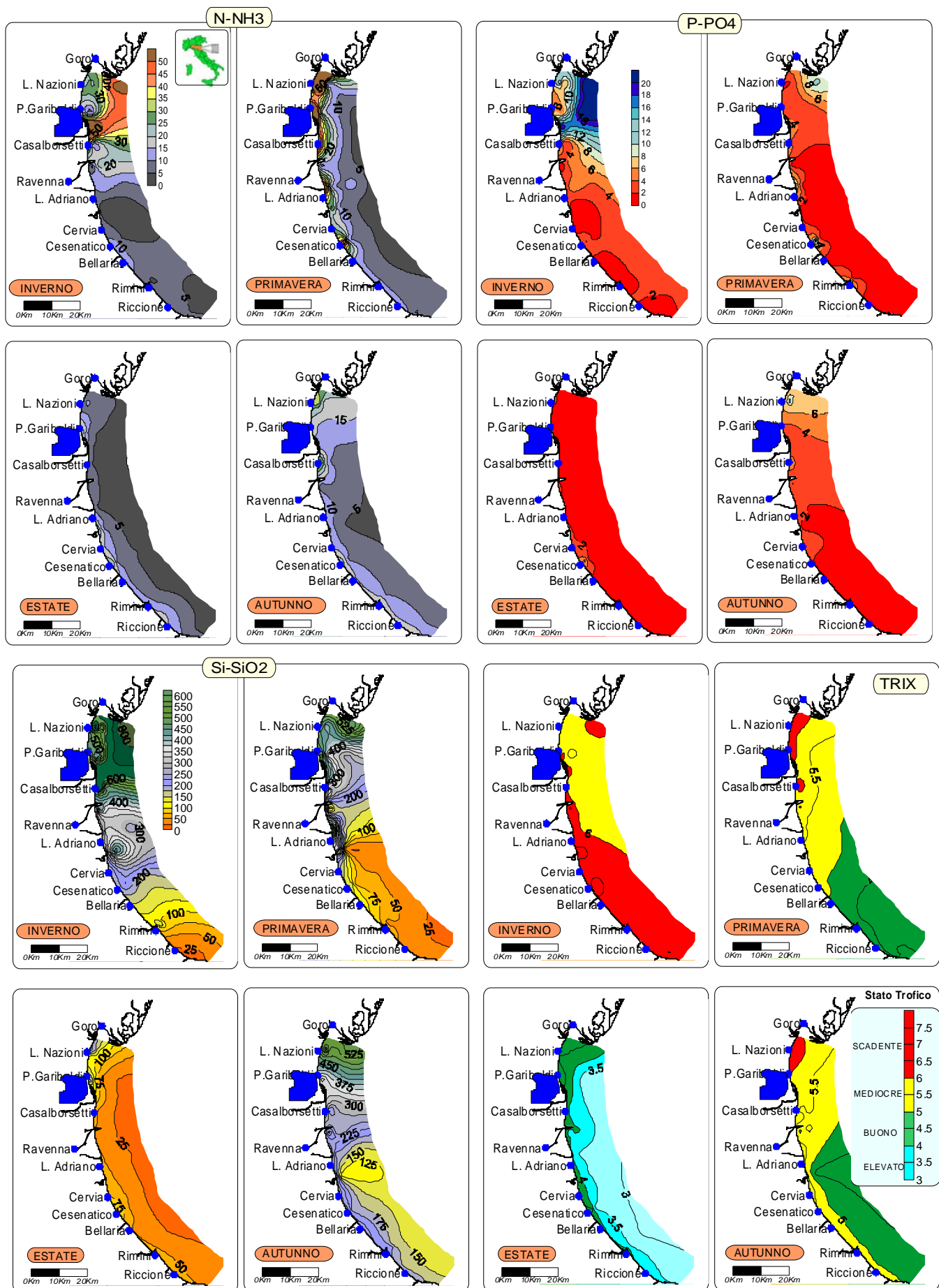


Figura 84 - Mappe di distribuzione di Ammoniac, Fosfati, Silicati e Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 Km al largo nel 2006: medie stagionali.

# SALINITA'

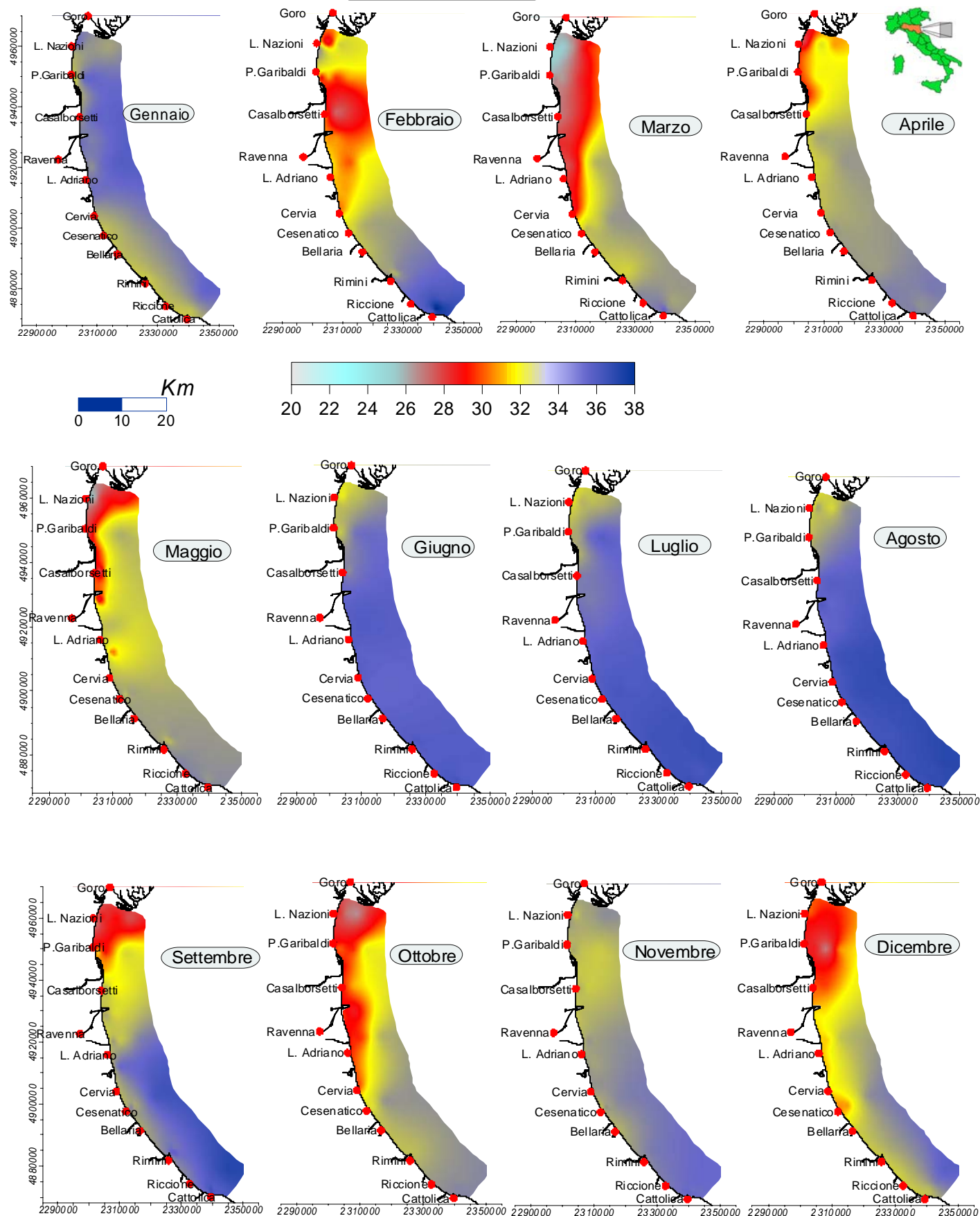


Figura 85 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, della Salinità nelle acque superficiali espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale.



# CLOROFILLA "a"

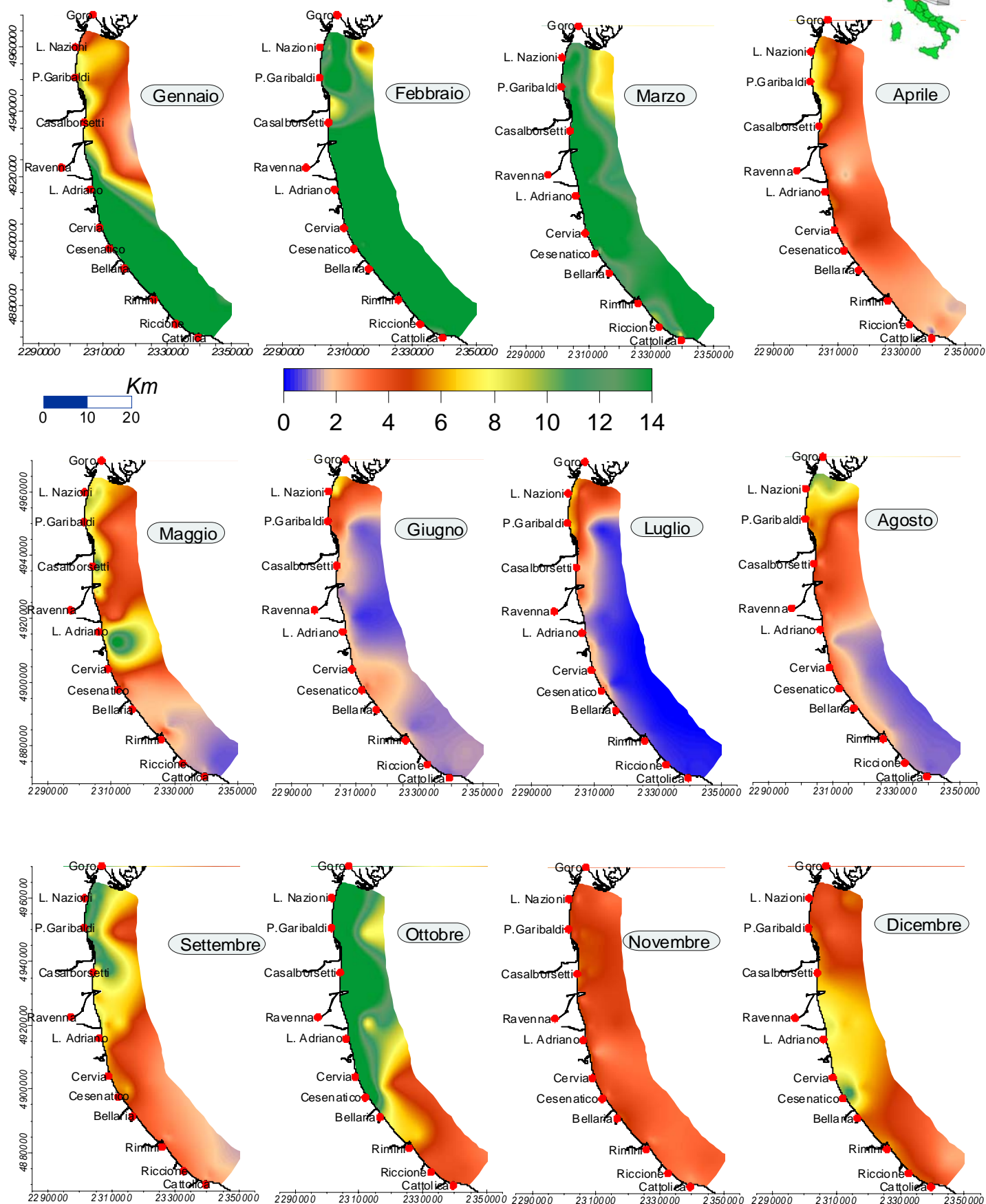


Figura 86 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, della Clorofilla "a" nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale.

## NITRATI N-NO3

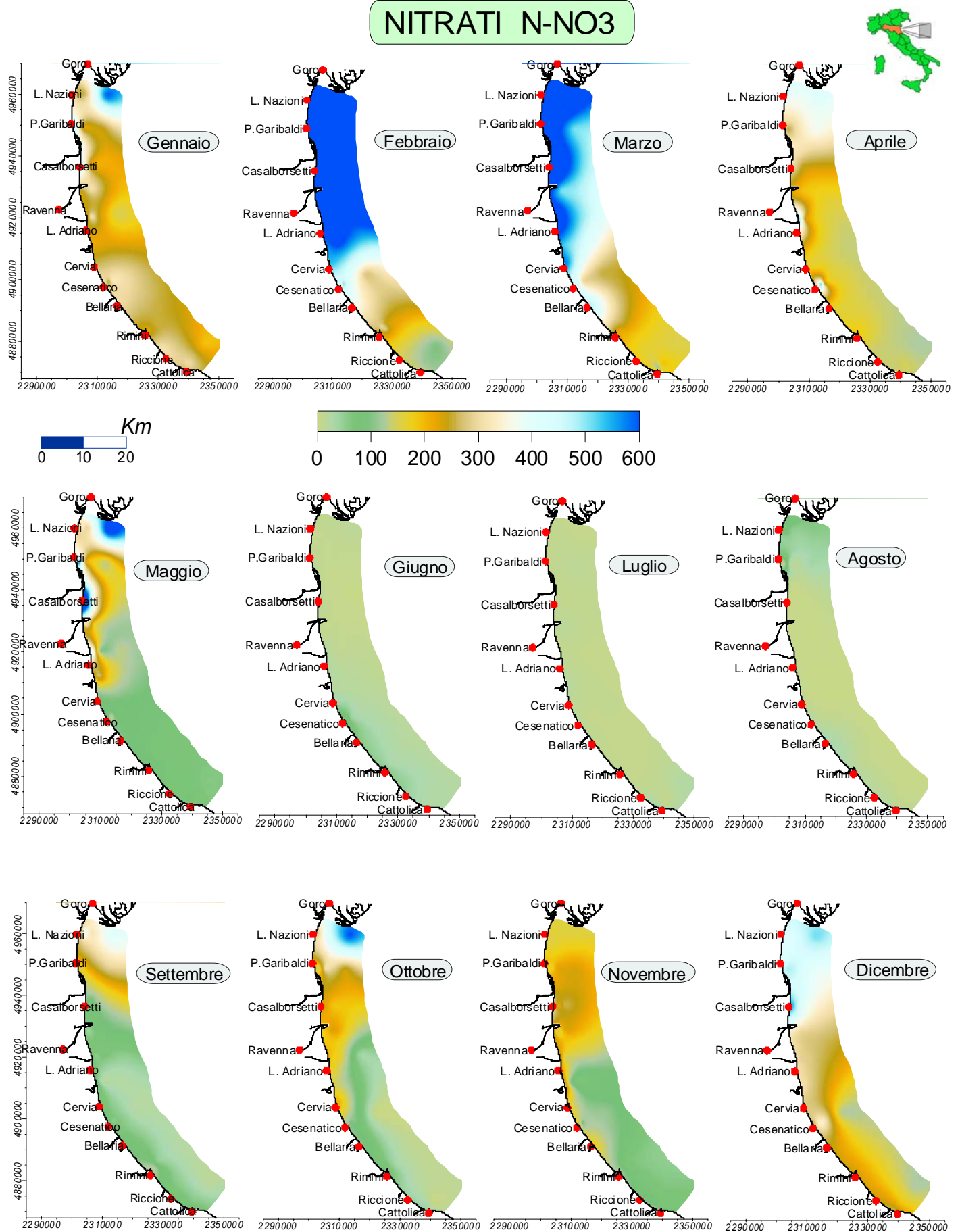
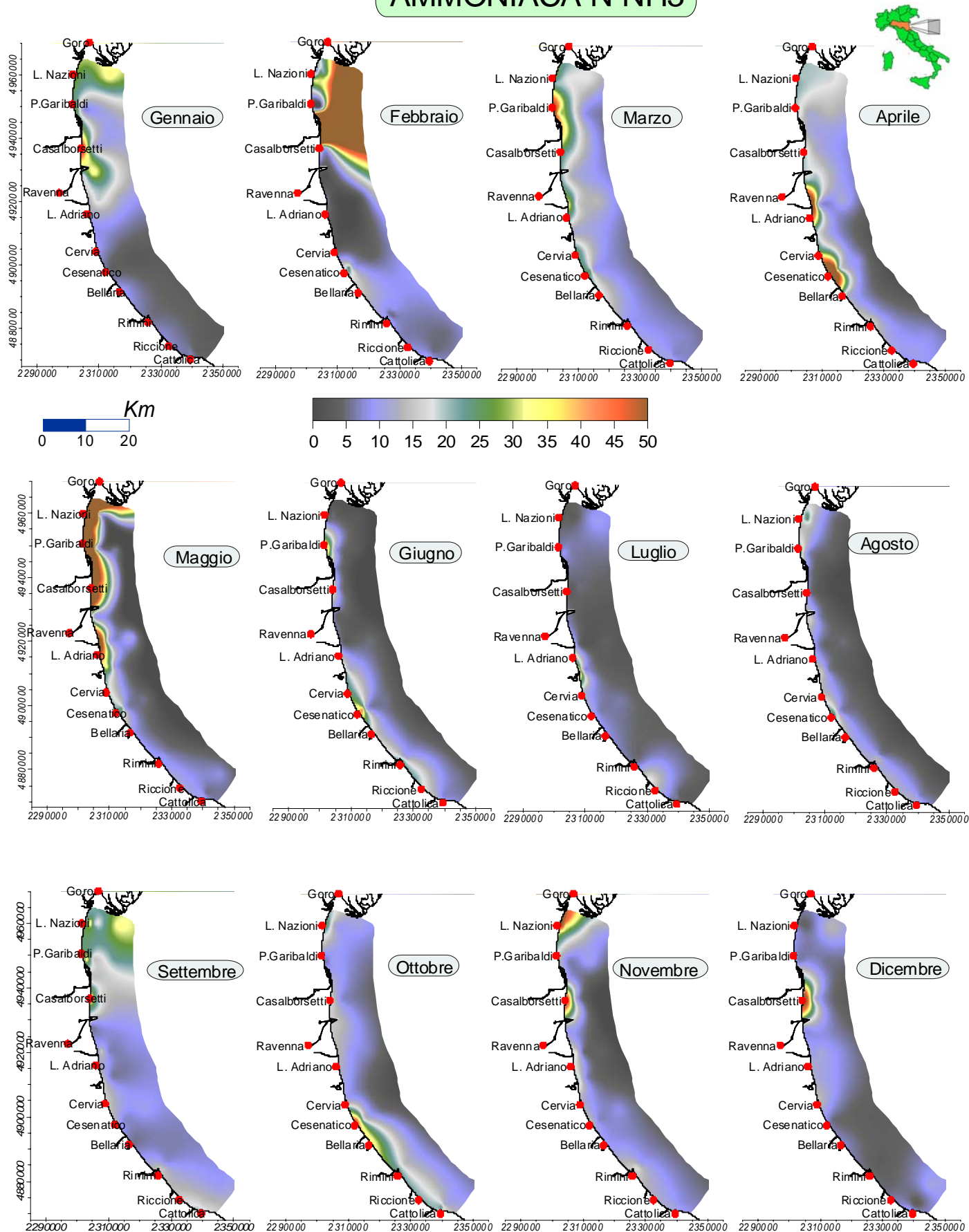


Figura 87 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dei Nitrati N-NO3 nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale.

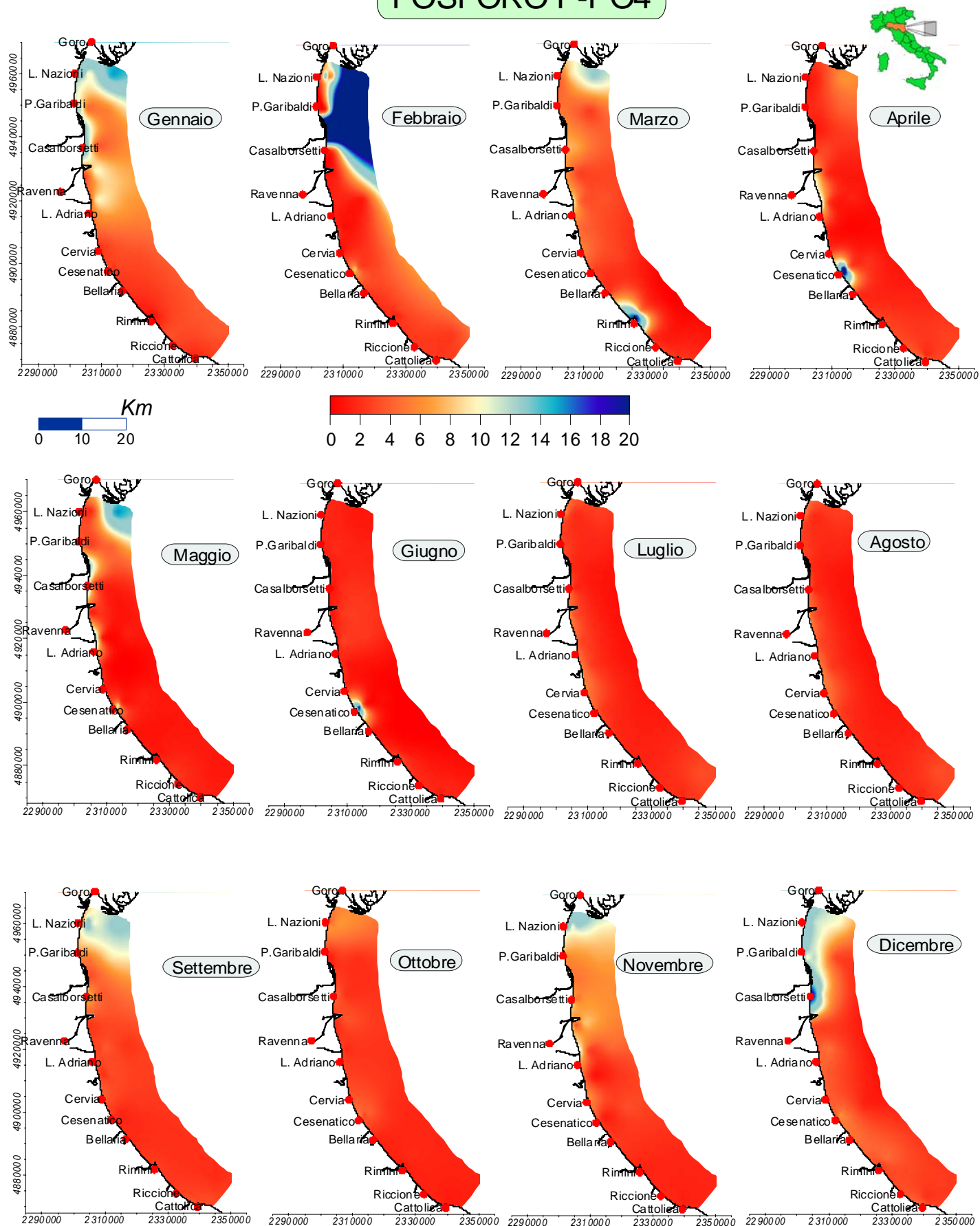


## AMMONIACA N-NH3



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

## 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.*

## SILICE Si-SiO<sub>2</sub>

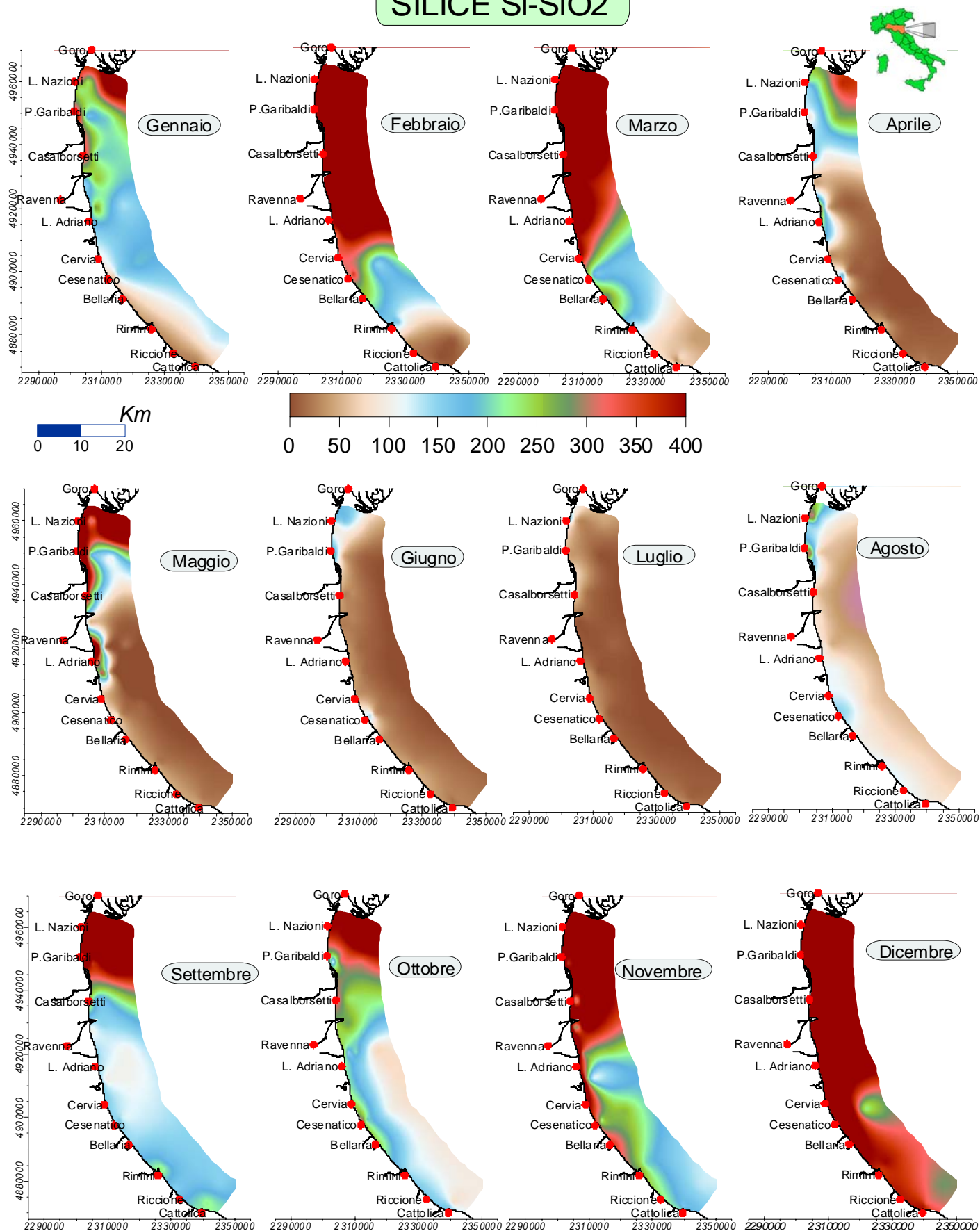
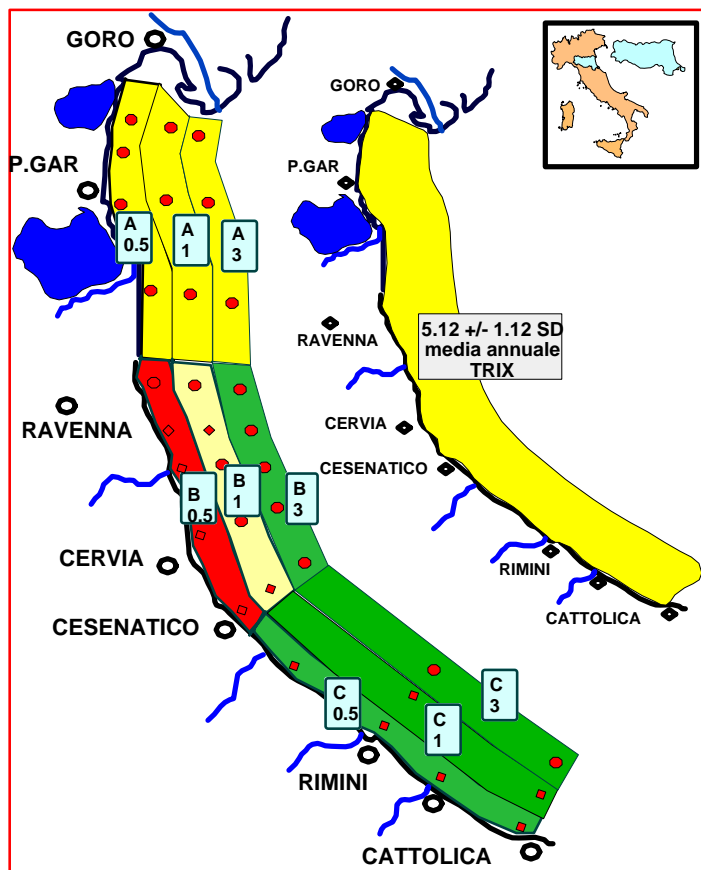


Figura 90 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, di Silice Si-SiO<sub>2</sub> nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale.



AREA	Dist. costa	N. Dati	Media	Dev. St.
A 0.5	0.5 Km	187	5.6	1
B 0.5	0.5 Km	198	6.1	1
C 0.5	0.5 Km	171	4.8	1
A 1	1 Km	46	5.4	1.1
B 1	1 Km	70	5.1	1.1
C 1	1 Km	37	4.6	1.1
A 3	3 Km	112	5.38	1.03
B 3	3 Km	129	4.85	1.22
C 3	3 Km	80	4.49	1.22
AREA TOT.	0.5-3 Km	1030	5.1	1.1

Valori di Indice Trofico TRIX mediato per subarea nel 2006. 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.

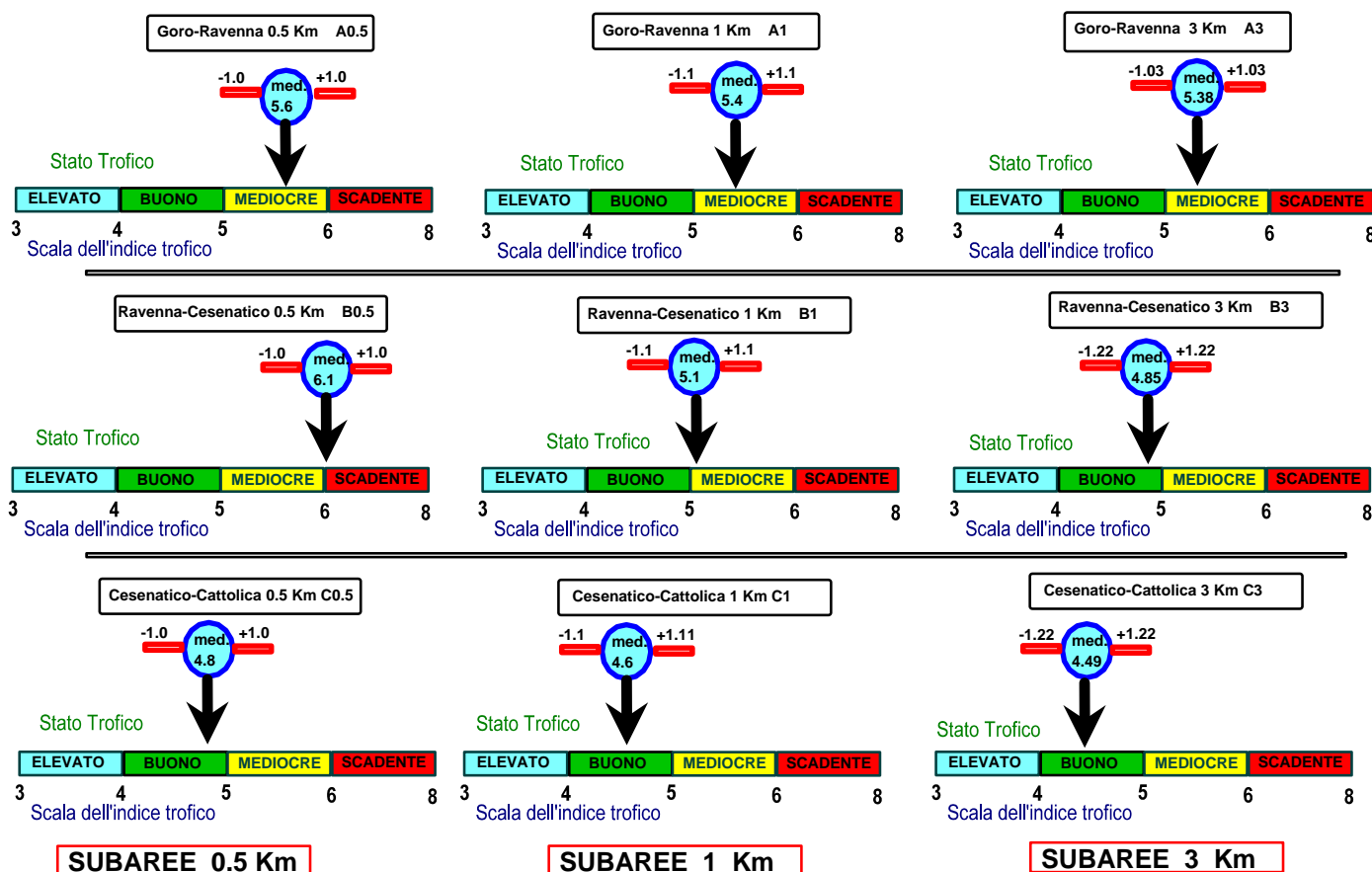


Figura 91 - Classificazione delle acque costiere marine dell'Emilia-Romagna in base all'Indice Trofico TRIX calcolato come media per subarea nel 2006.

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

# D. Lgs 152/99 D. Lgs 258/2000 All. N1. Rete delle stazioni di monitoraggio Acqua

Classificazione dello stato qualitativo della fascia costiera sulla base dell'Indice Trofico TRIX

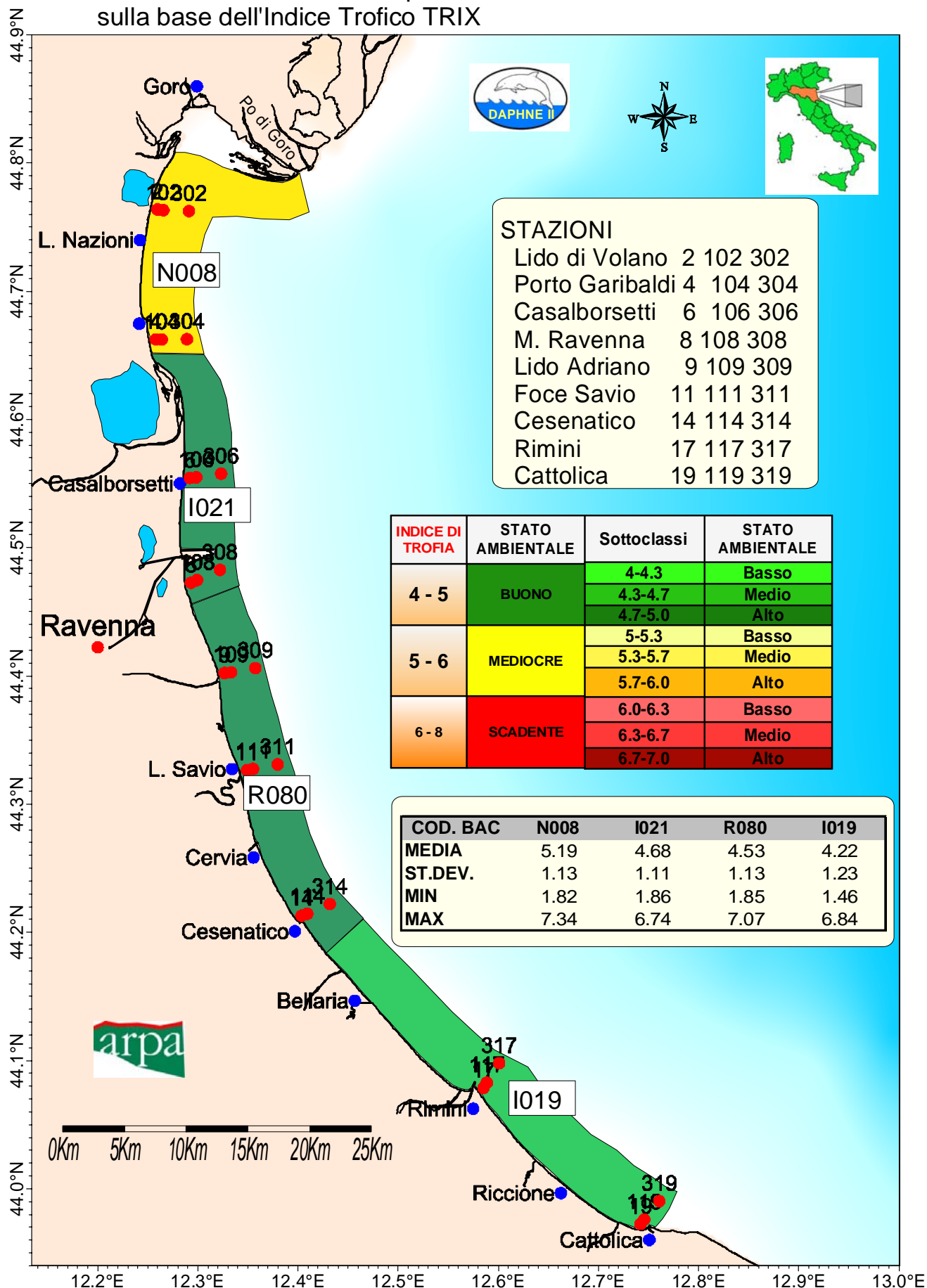
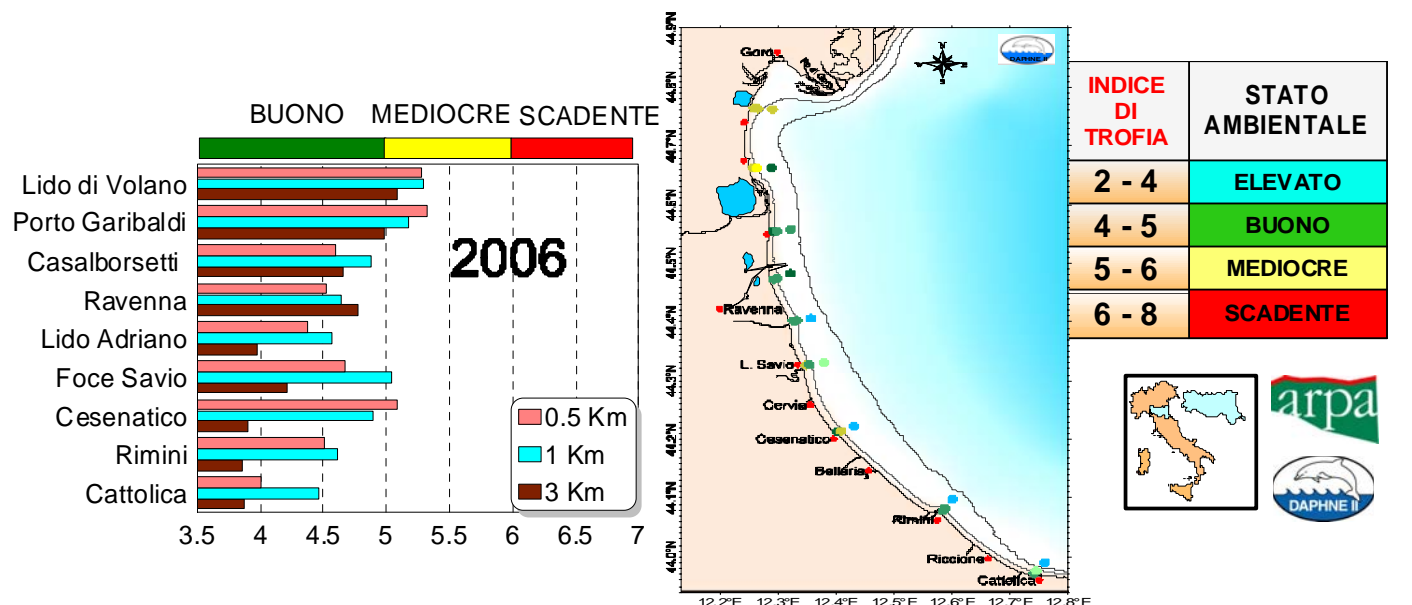
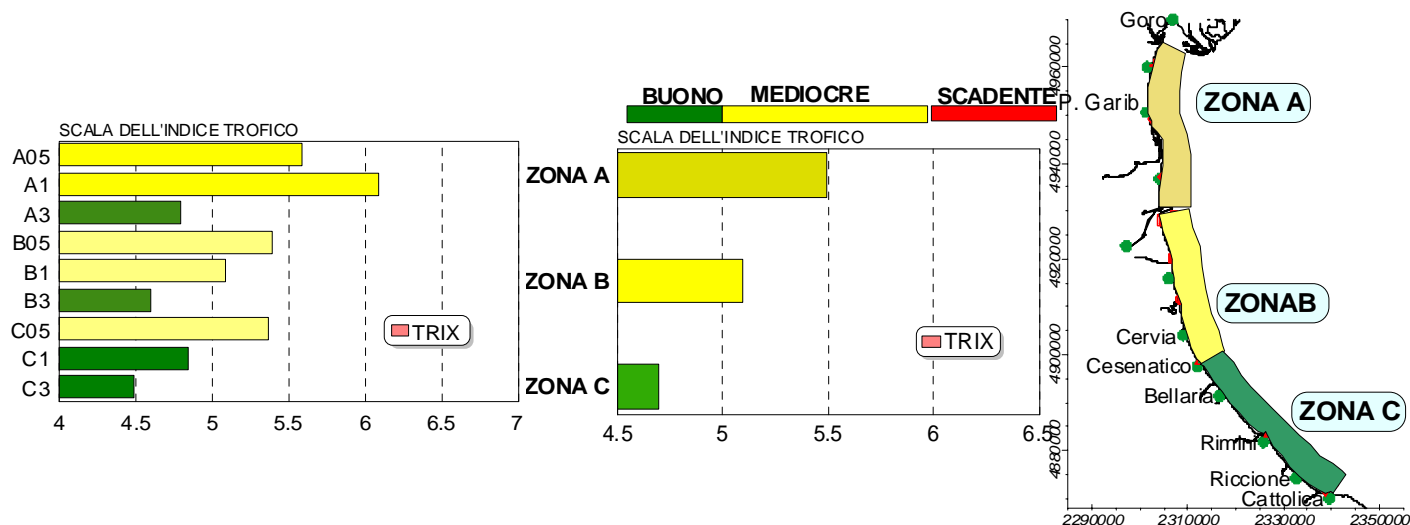


Figura 92 - Classificazione dello stato qualitativo della fascia costiera sulla base dell'Indice Trofico TRIX disagregata in relazione all'influenza dei bacini costieri e padano.

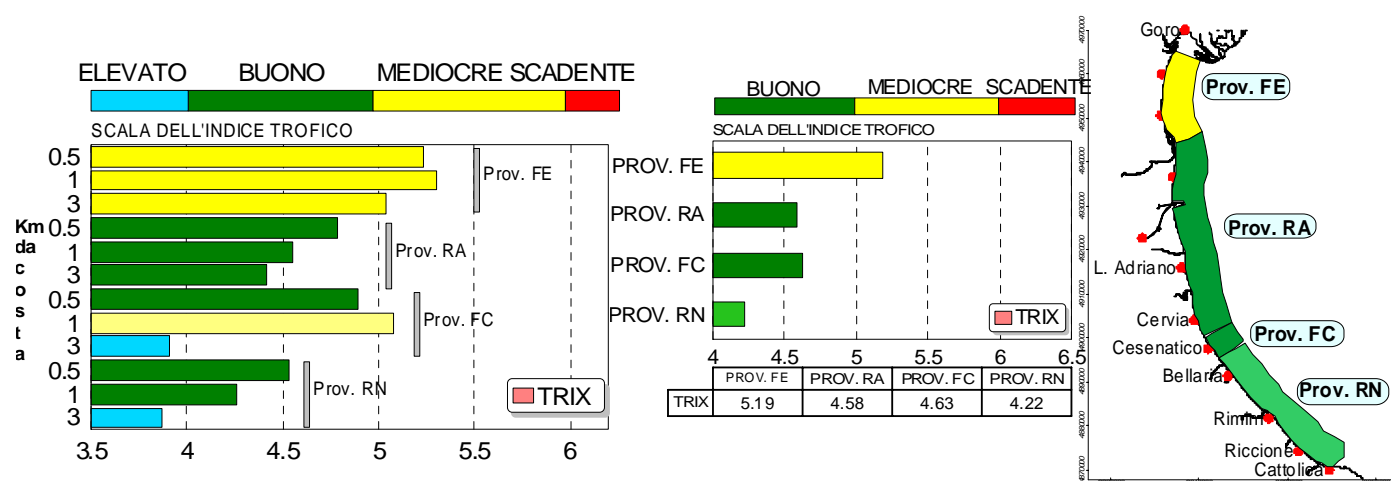




Distribuzione del valore medio annuale dell'Indice Trofico TRIX da nord verso sud nelle stazioni a 0.5, 1.0 e 3.0 Km dalla costa, della rete di monitoraggio (n 27) prevista dall'All. N 1 del D. Lgs 152/99. N 11 campionamenti per anno. Nel grafico di centro sono riportate le singole stazioni monitorate, 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.

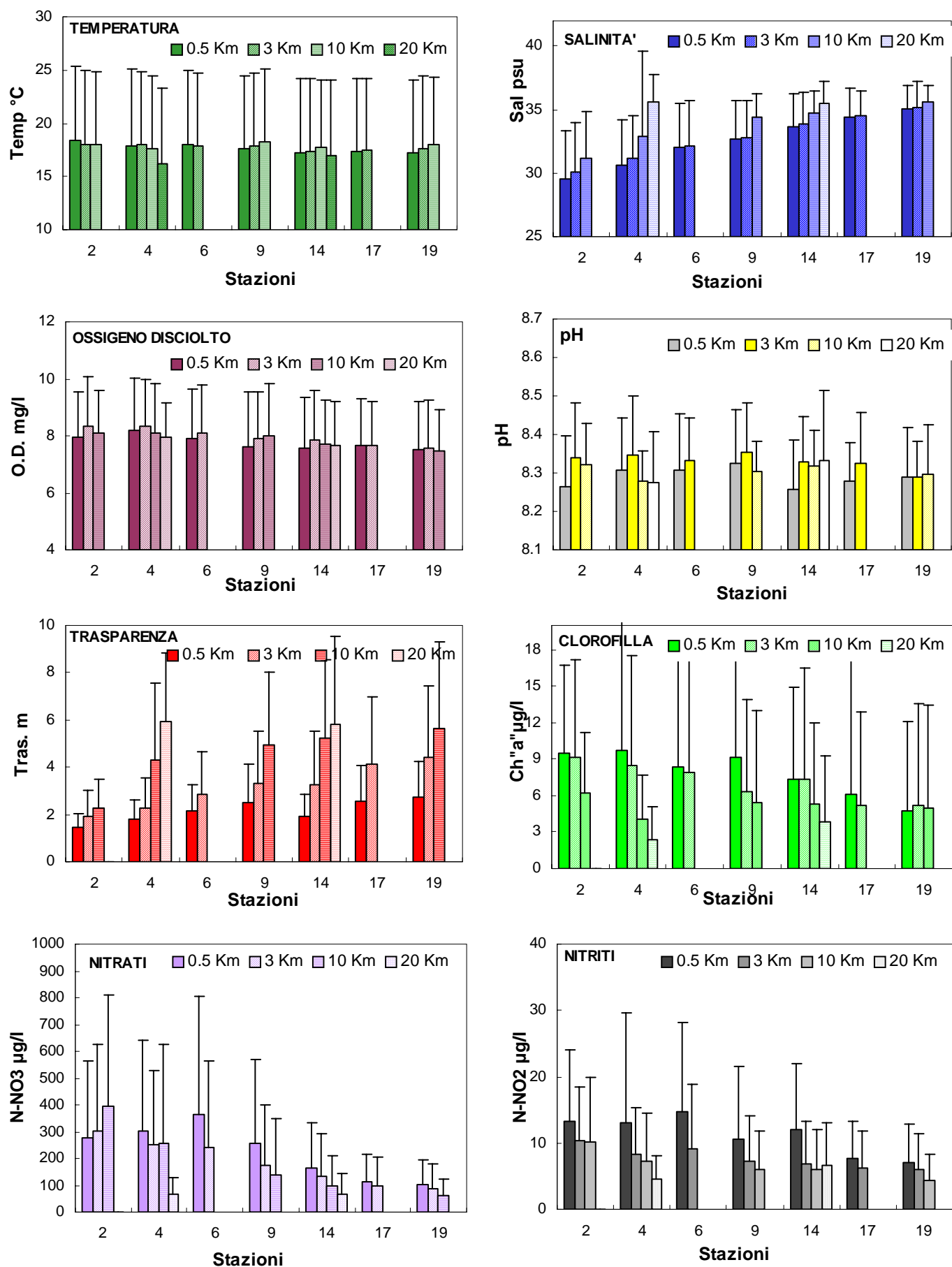


Figura 94 - Valori medi annuali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni campione a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa.

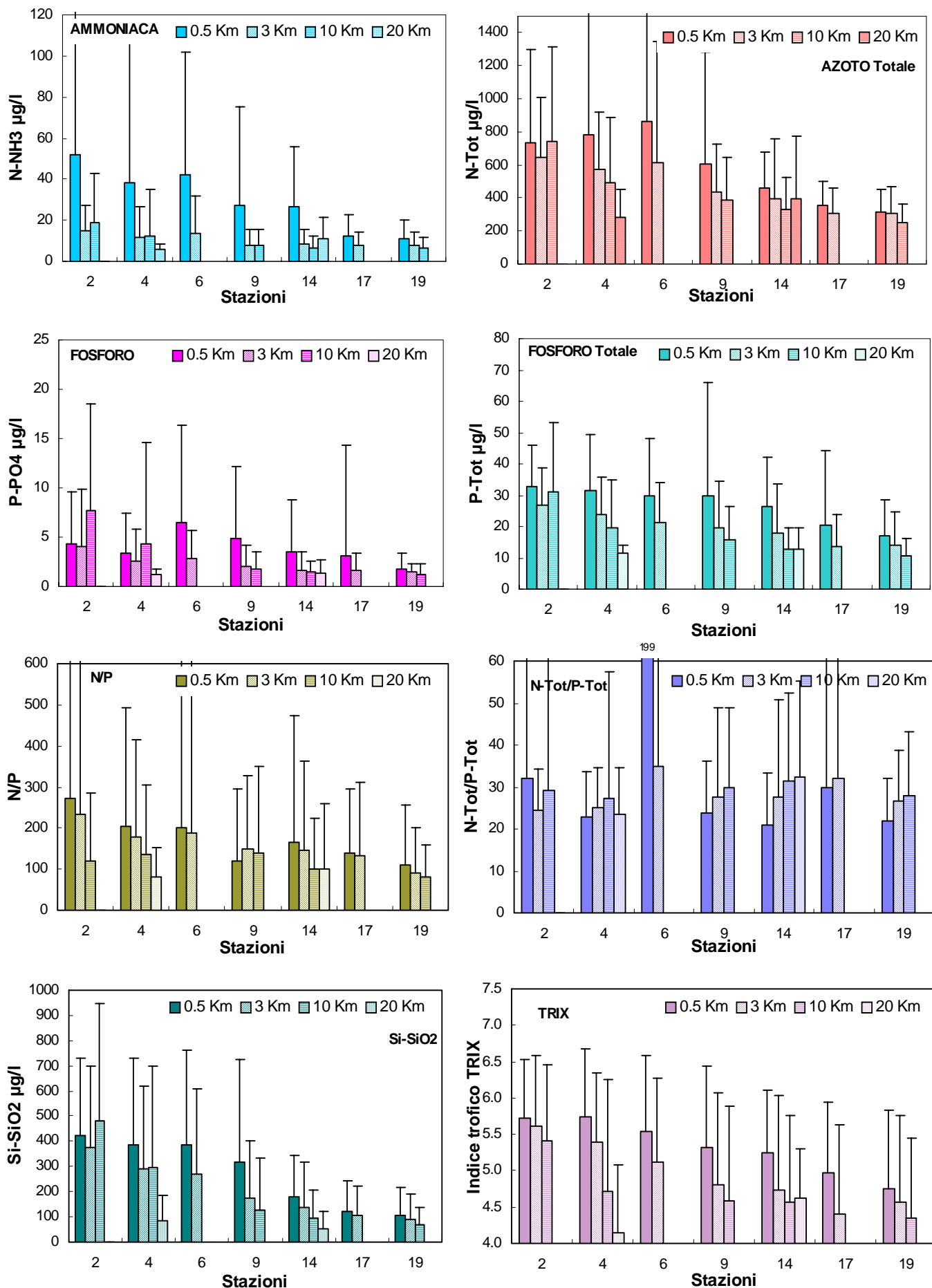


Figura 95 - Valori medi annuali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni campione a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa



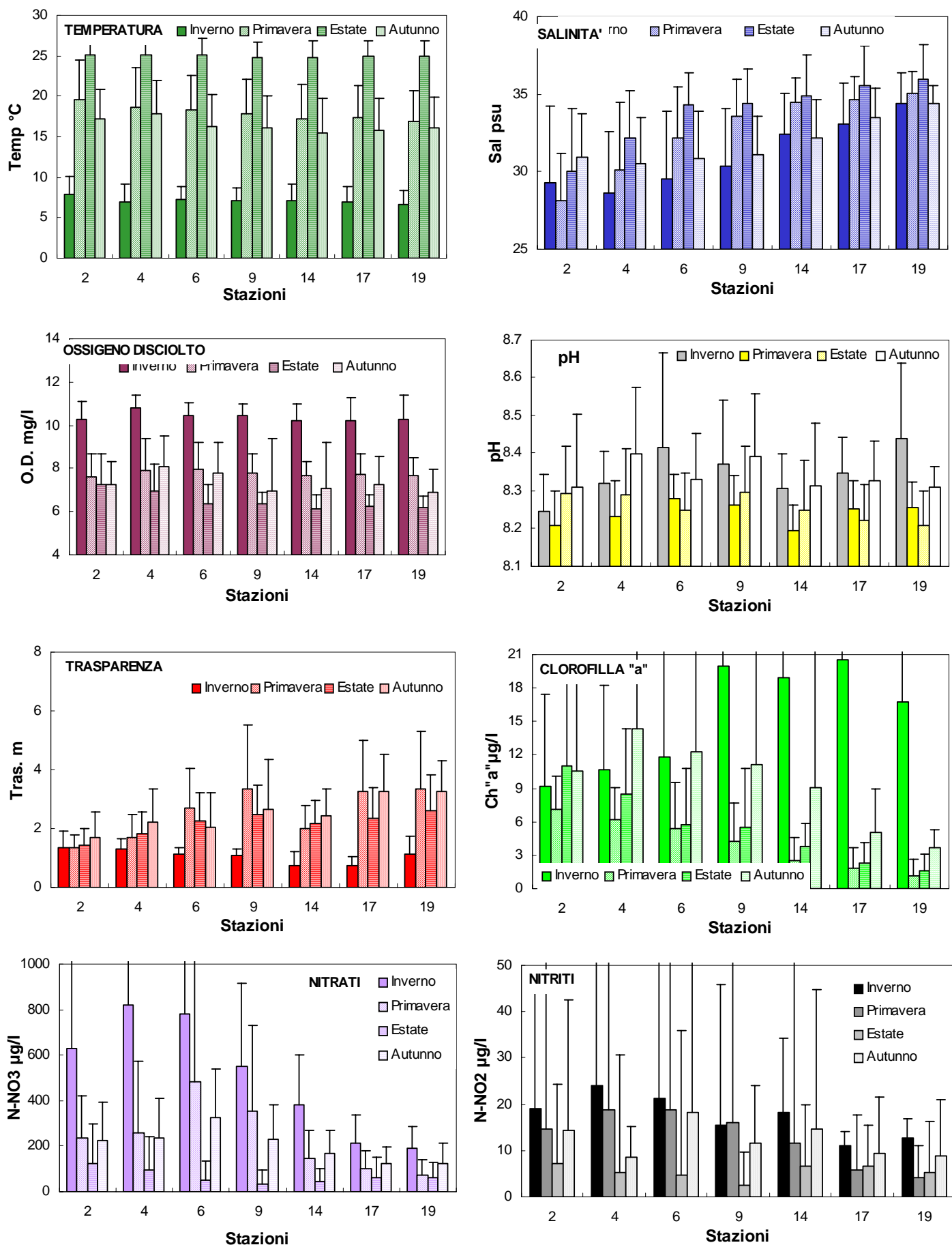


Figura 96 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni costiere campione.

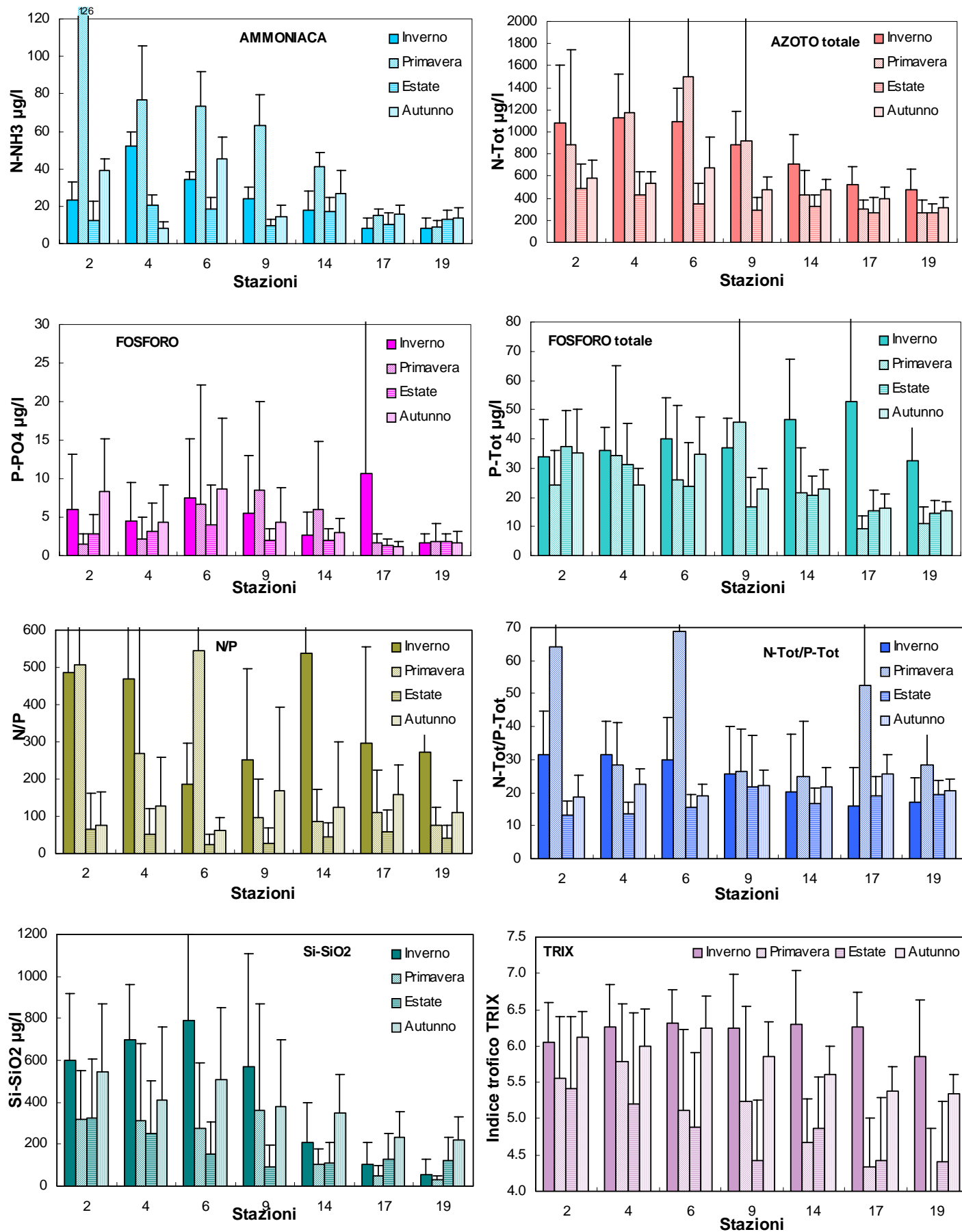


Figura 97 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali, calcolati per le stazioni costiere campione.

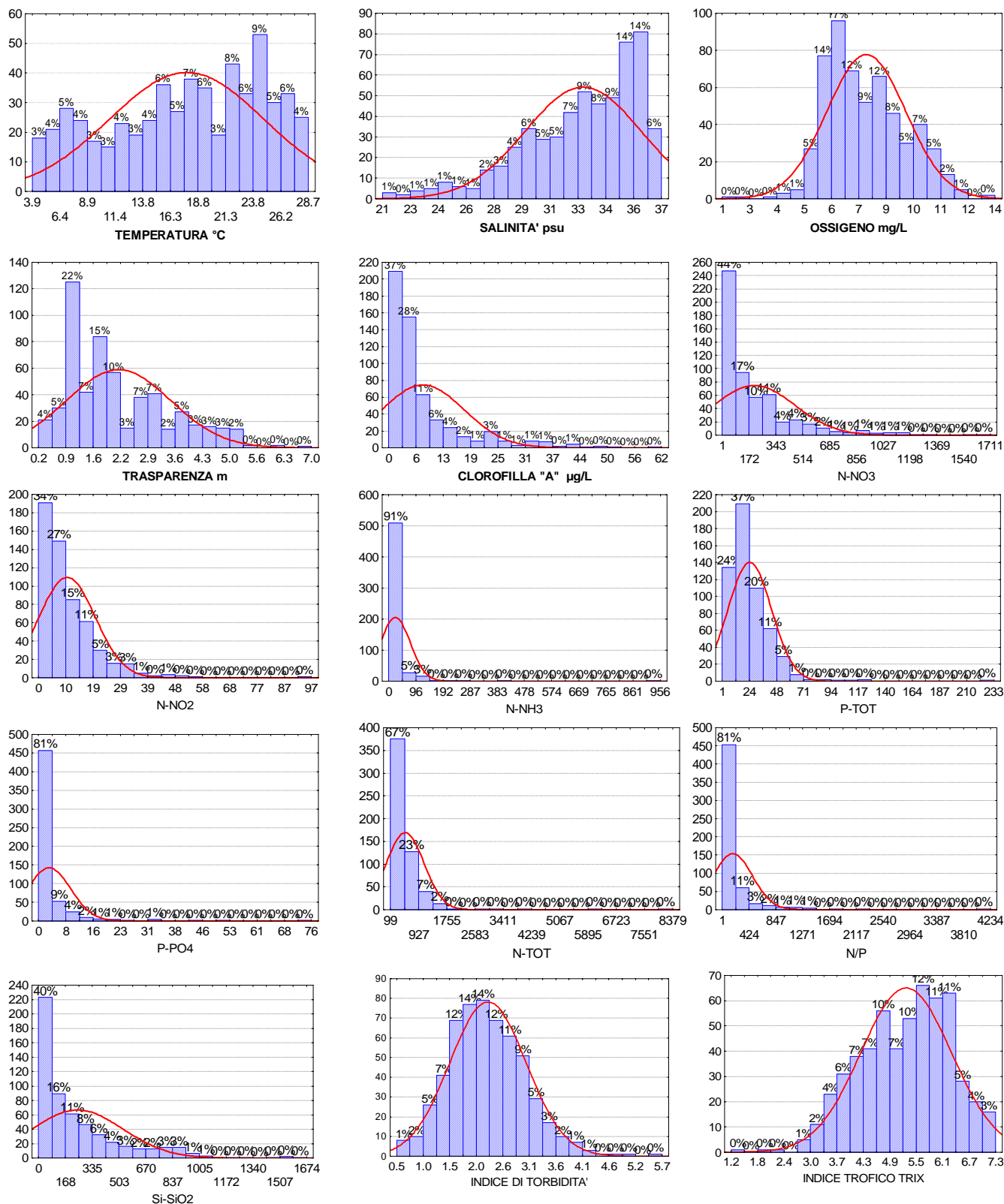


Figura 98 - Istogrammi delle classi di frequenza per parametro. L'analisi è riferita all'insieme dei dati rilevati nelle stazioni campione costiere (0.5 Km dalla costa). Sull'asse x, l'unità di misura suddivisa in classi, sull'asse y sinistro la frequenza in percentuale, sull'asse y destro il numero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

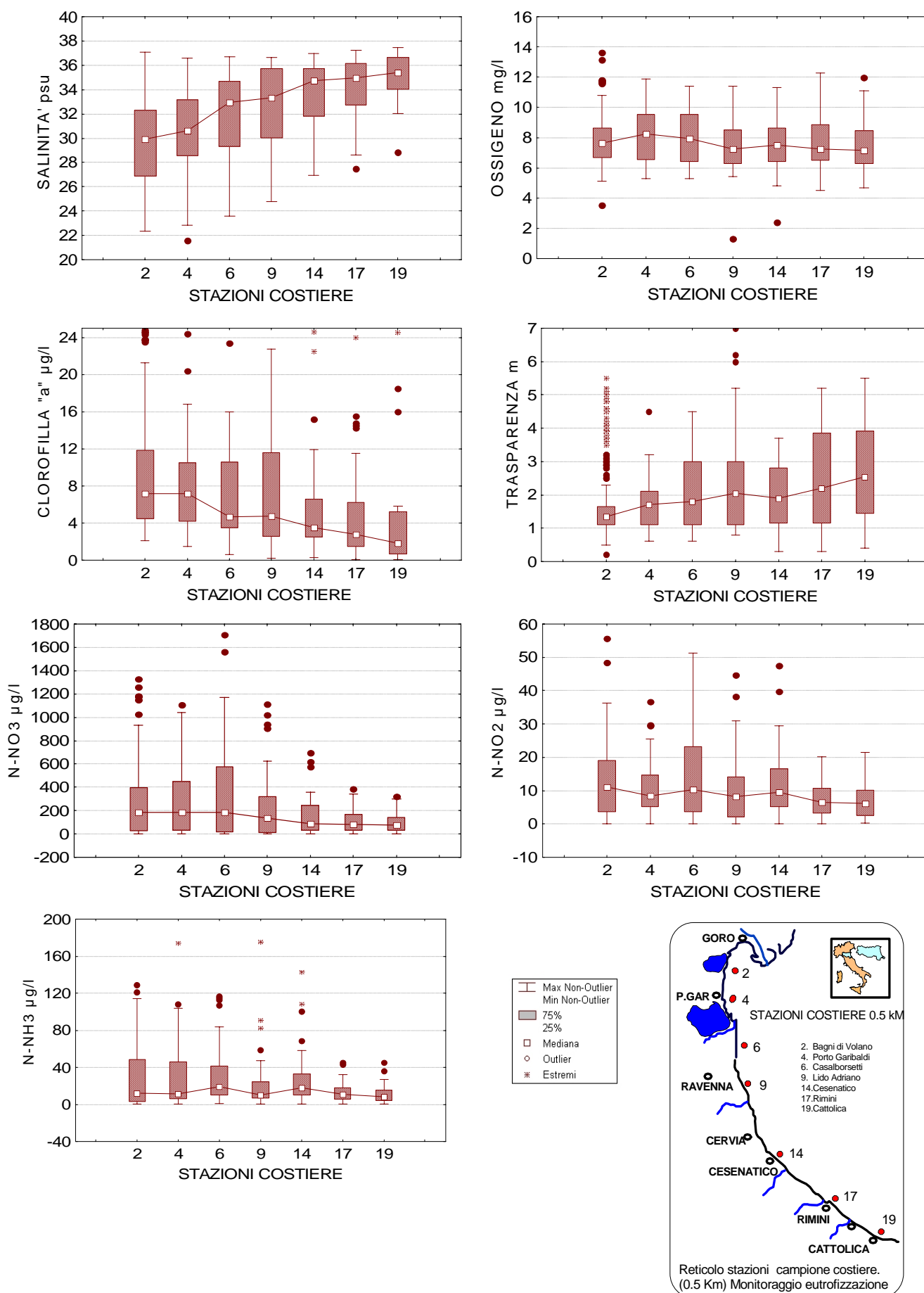


Figura 99 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers. Distribuzione comparata dei parametri chimico-fisici rilevati annualmente a frequenza settimanale nelle singole stazioni costiere (0.5 Km dalla costa)

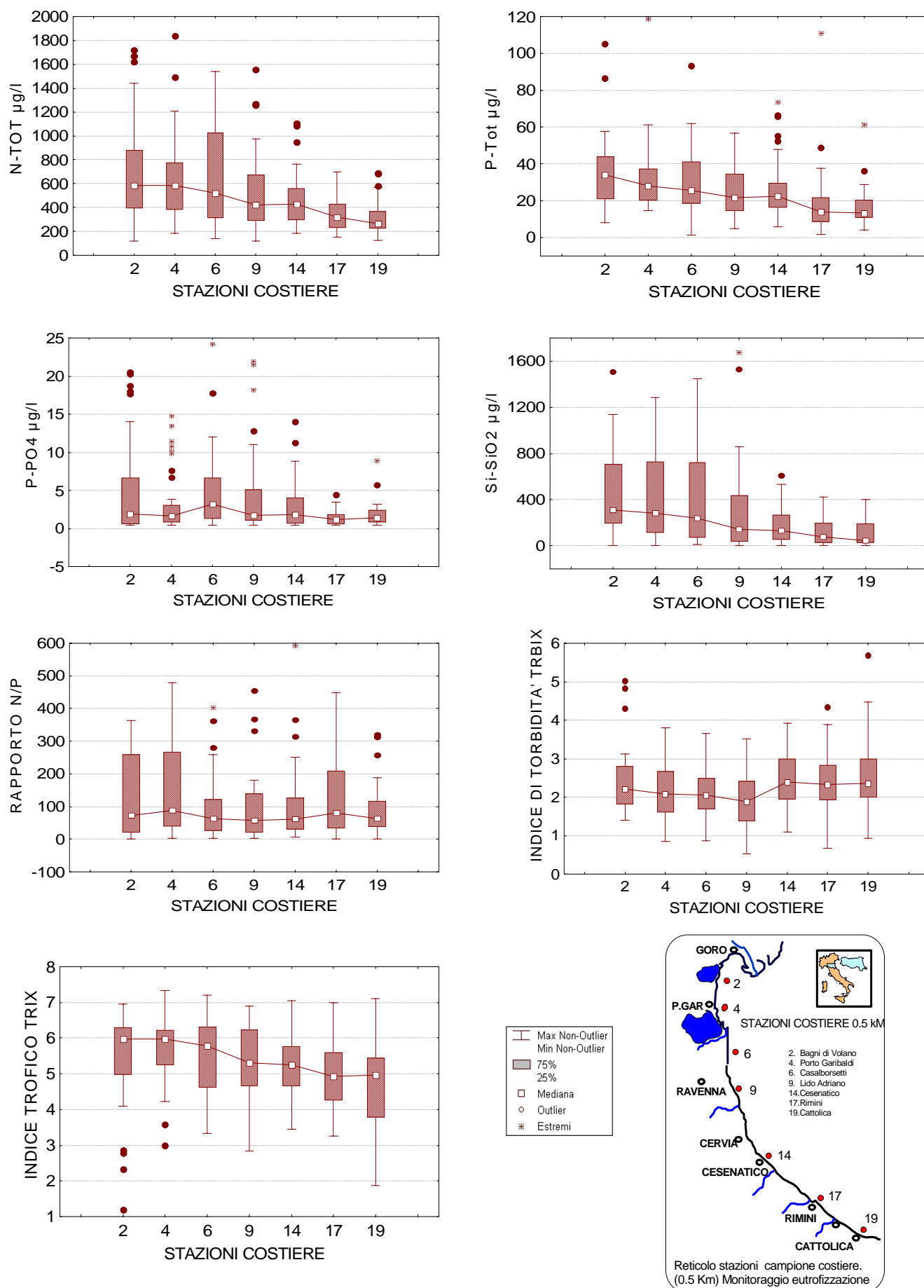
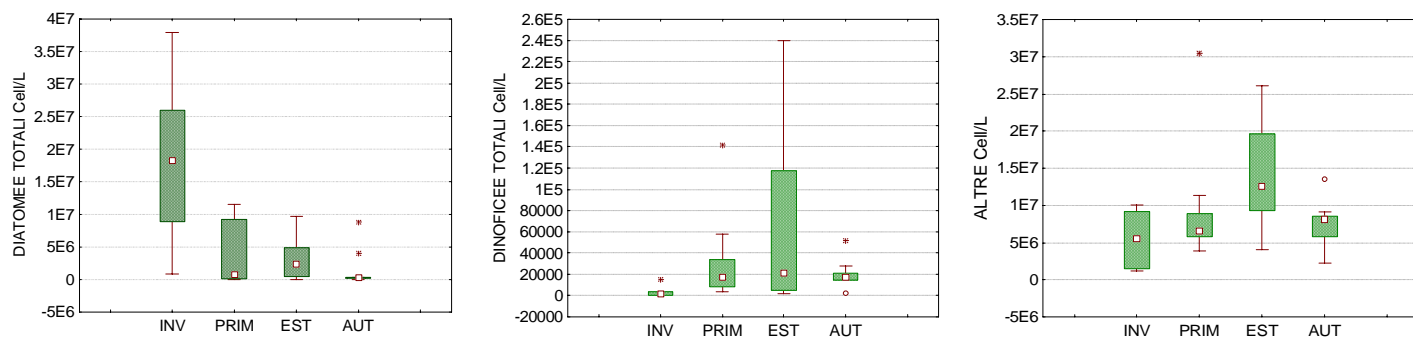
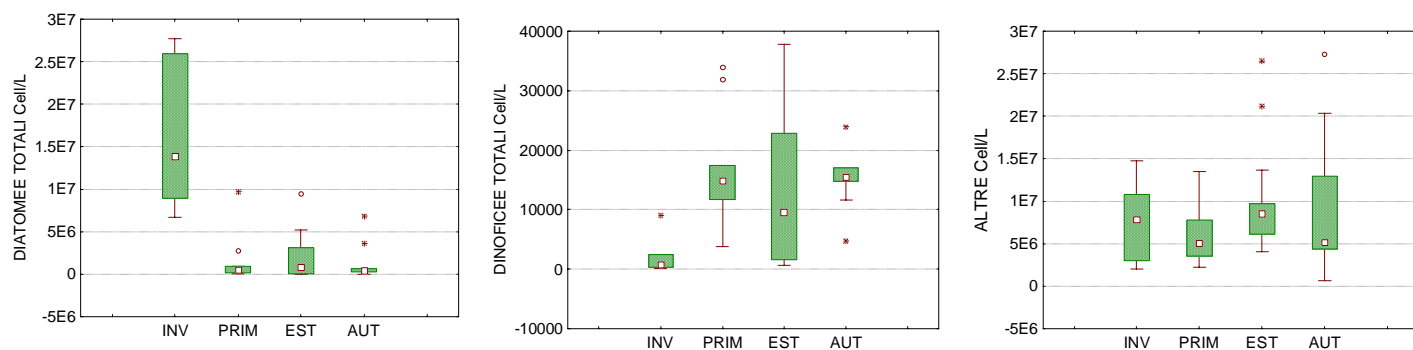


Figura 100 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers. Distribuzione comparata dei parametri chimico-fisici rilevati annualmente a frequenza settimanale nelle singole stazioni costiere (0.5 Km dalla costa)

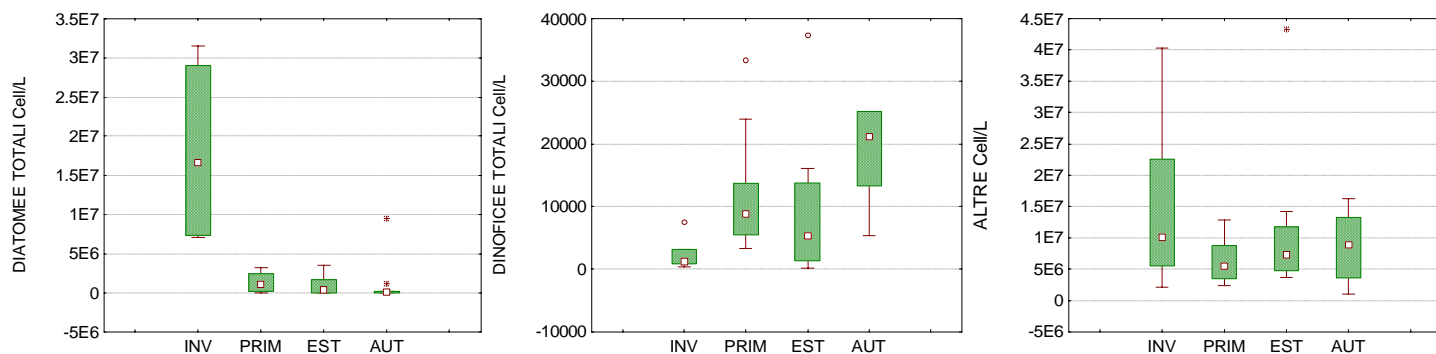
### STAZIONE 4 P. GARIBALDI 0.5 Km



### STAZIONE 9 LIDO ADRIANO 0.5 Km



### STAZIONE 14 CESENATICO 0.5 Km



### STAZIONE 19 CATTOLICA 0.5 Km

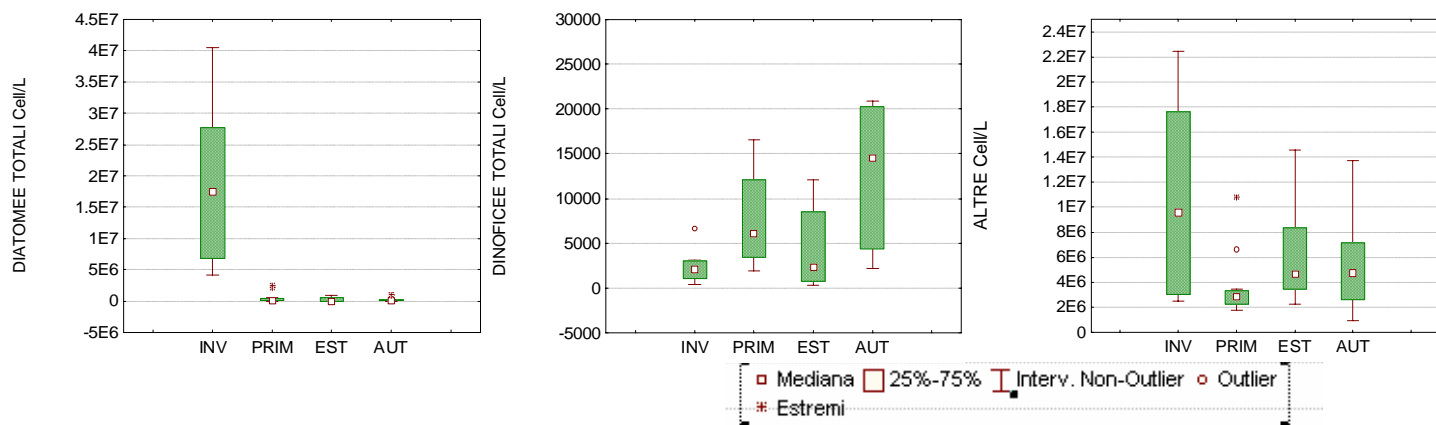


Figura 101 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers stagionali riferiti alle Diatomee totali, Dinoficee totali e Altre nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico e Cattolica.

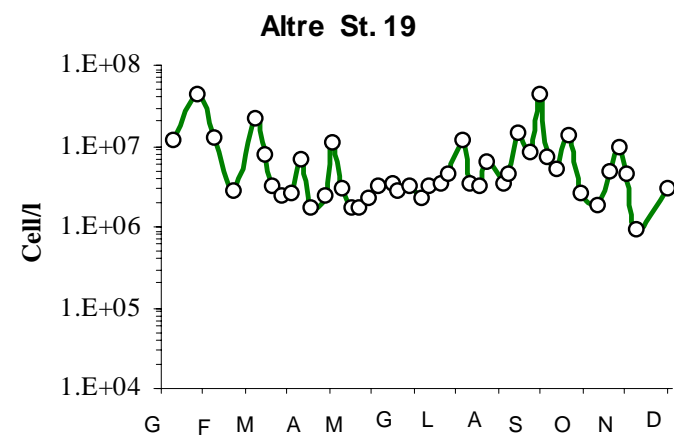
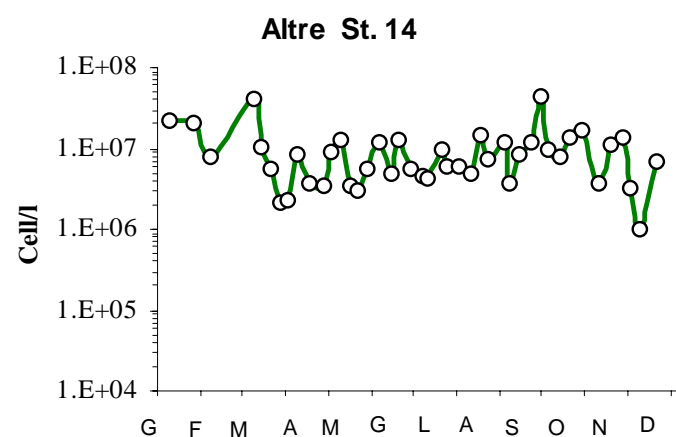
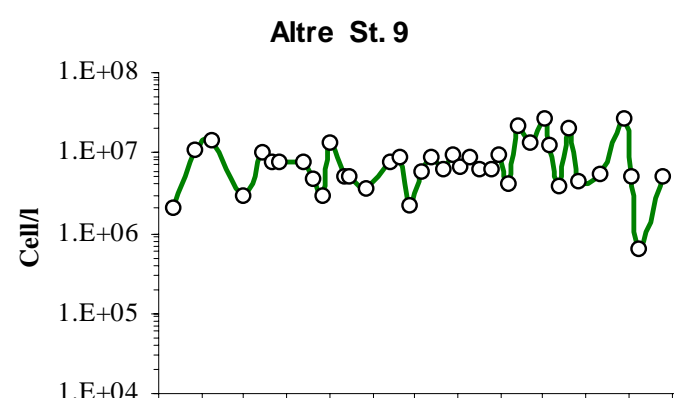
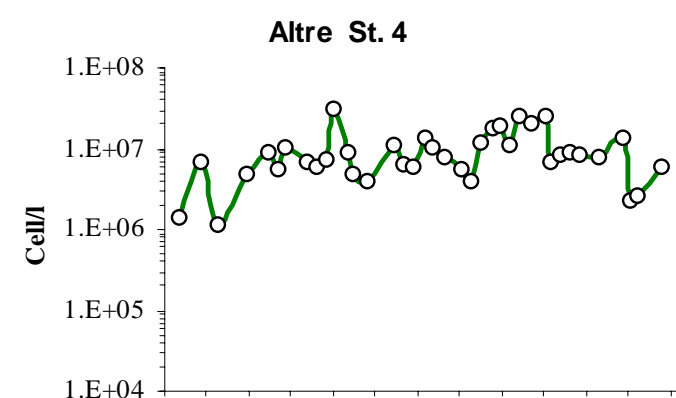
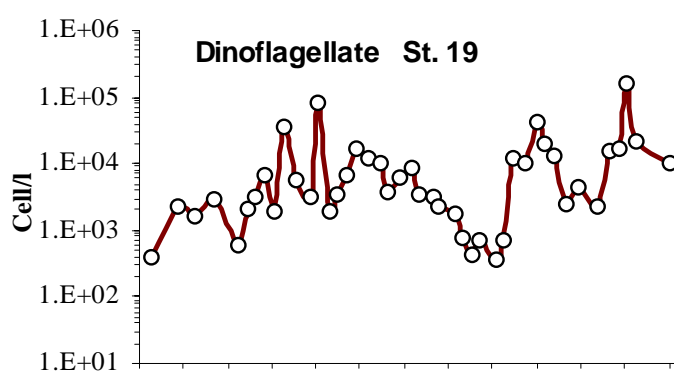
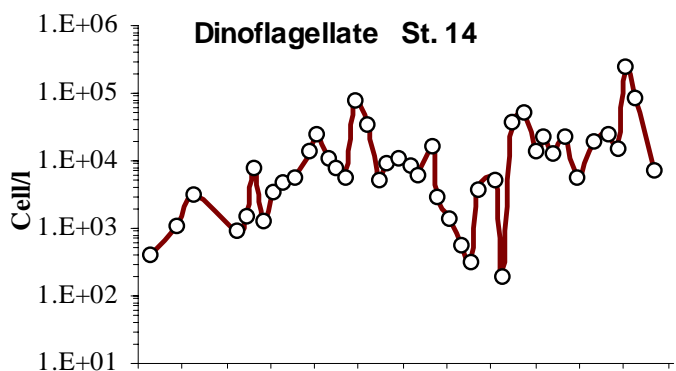
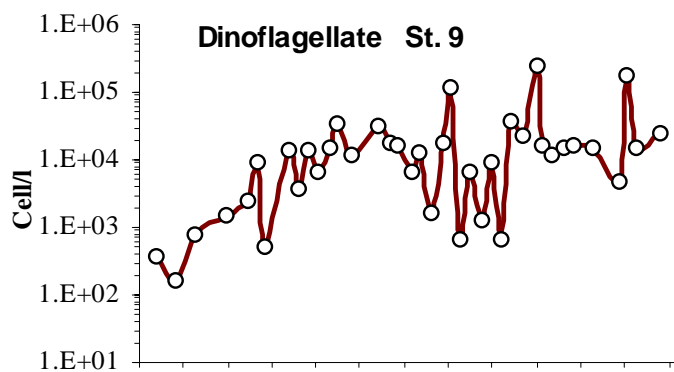
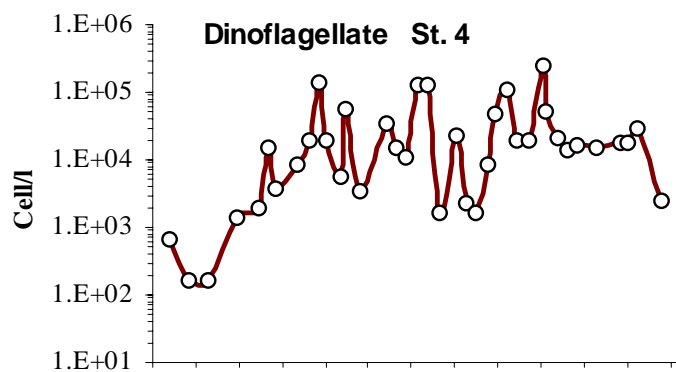
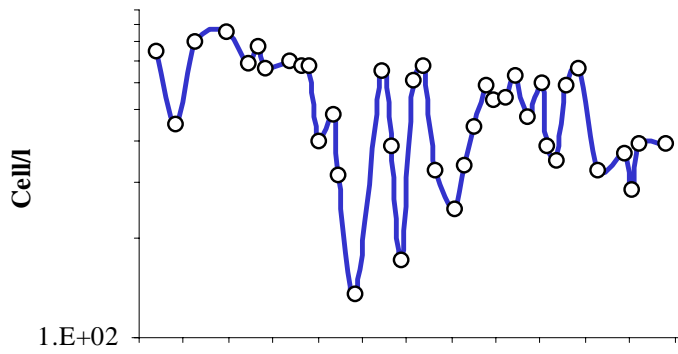
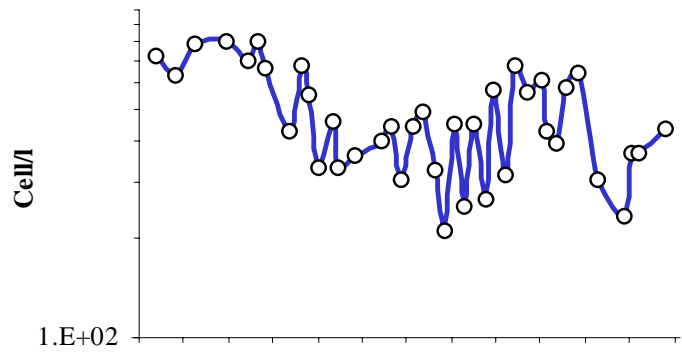


Figura 102 - Andamenti temporali delle Dinoflagellate e delle Altre nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (4), L. Adriano (9), Cesenatico (14), Cattolica (19).

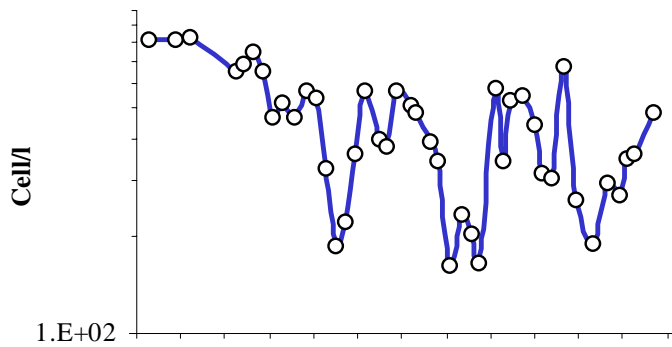
**Diatomee St. 4**



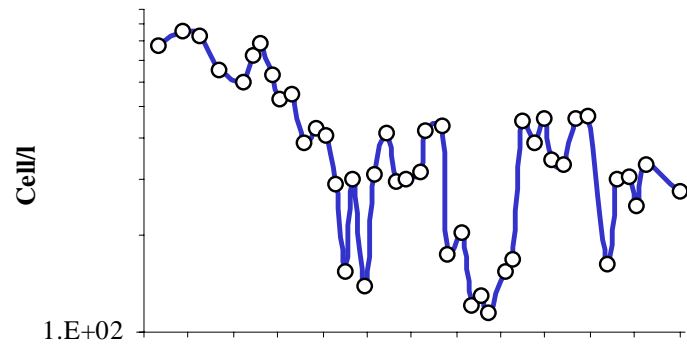
**Diatomee St. 9**



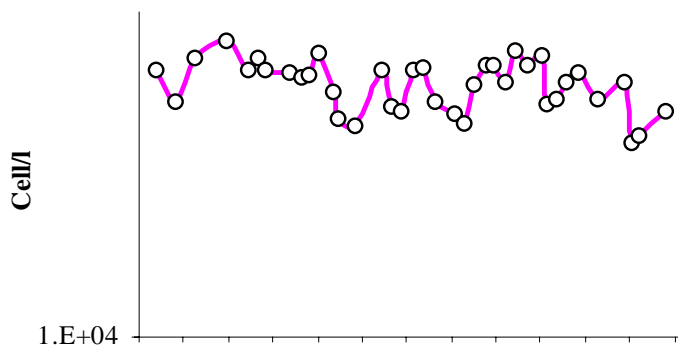
**Diatomee St. 14**



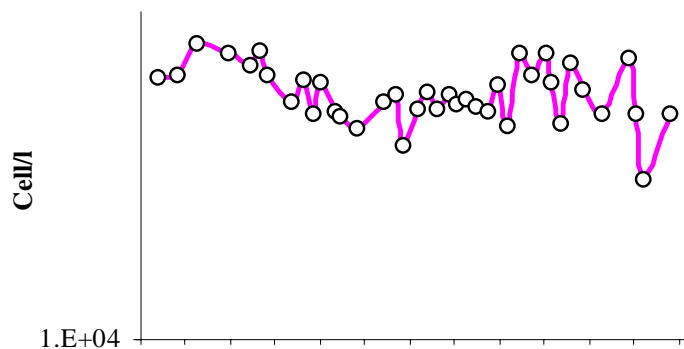
**Diatomee St. 19**



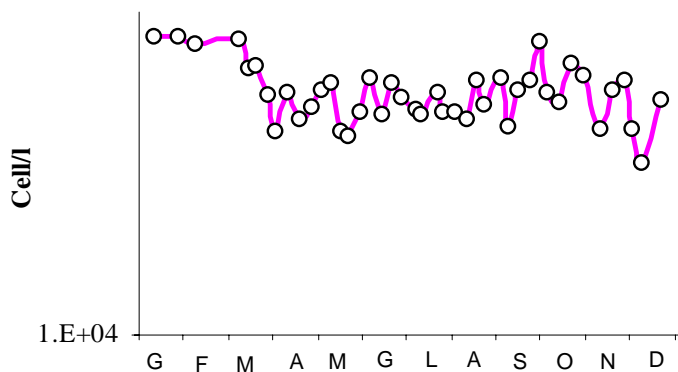
**Fitoplancton Totale St. 4**



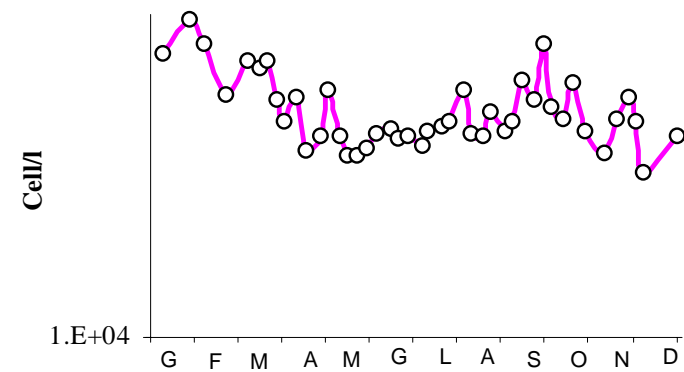
**Fitoplancton Totale St. 9**



**Fitoplancton Totale St. 14**



**Fitoplancton Totale St. 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>Pseudonitzschia spp.</i>												
<i>Asterionellopsis glacialis</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>Prorocentrum minimum</i>												
<i>Gymnodinium sp</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>Pseudonitzschia spp.</i>												
<i>Cylindroteca closterium</i>												

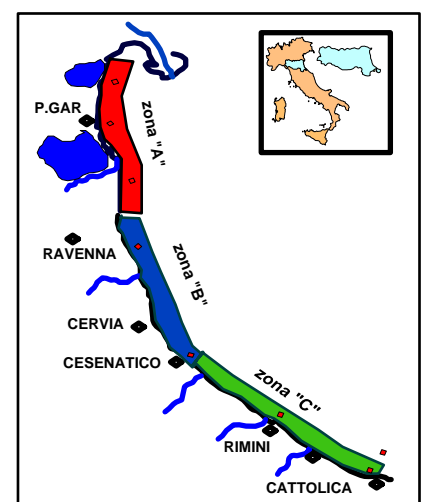


Figura 104 - Successione delle principali specie/generi responsabili delle fioriture/abbondanze microalgali nelle 3 subaree a 0.5 Km dalla costa. (Diatomee  $\geq 1.000.000$ , Dinoflagellate  $\geq 150.000$  Cell/L).

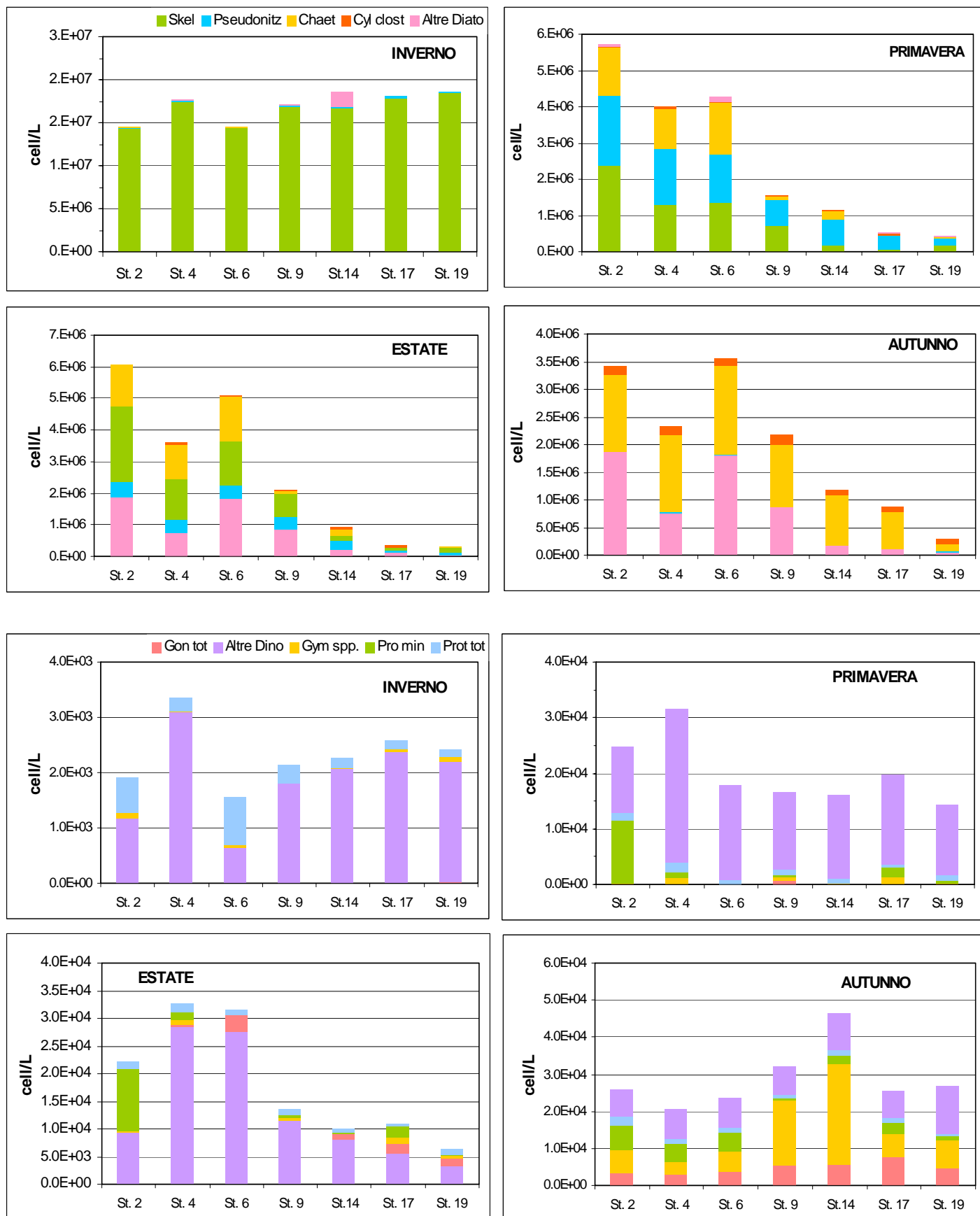


Figura 105 -R apporto stagionale tra le specie di Diatomee e Dinoflagellate maggiormente rappresentate nelle stazioni costiere (0.5 Km) sul loro totale.

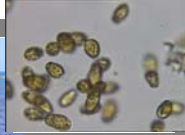


Fotografia al microscopio, della Diatomea *Pseudonitzschia* sp (Giugno-Agosto 2006).



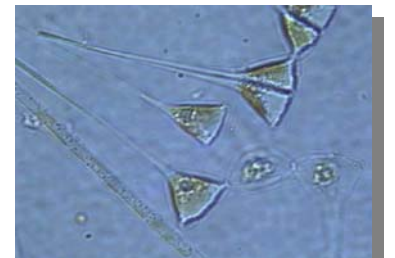
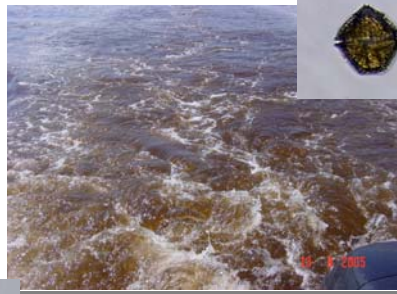
Fotografia al microscopio, della Diatomea *Skeletonema costatum* in fioritura (Gennaio-Aprile 2006)

Esempi di fioritura lungo la costa antistante Cesenatico e immagine al microscopio, della *Noctiluca scintillans* (dimensioni 200 - 1000  $\mu$ m)



Marea rossa della *Raphidoficea Fibrocapsa japonica* (Riccione Luglio 2006) e fotografia al microscopio, (dimensioni 20 - 30  $\mu$ m),

Fotografia al microscopio, della Diatomea *Chaetoceros* sp. (dimensioni assi perivalvari 2 - 40  $\mu$ m) Aprile- Maggio 2006.

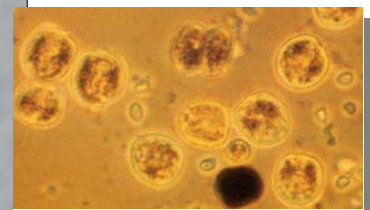


Fotografia al microscopio, Diatomea *Asterionellopsis glacialis* (Agos.-Sett.2006)

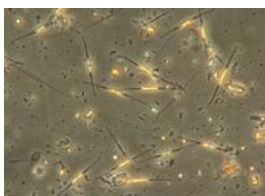


Fotografia al microscopio, Diatomea *Rhizosolenia fragilissima* (Novembre 2005)

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

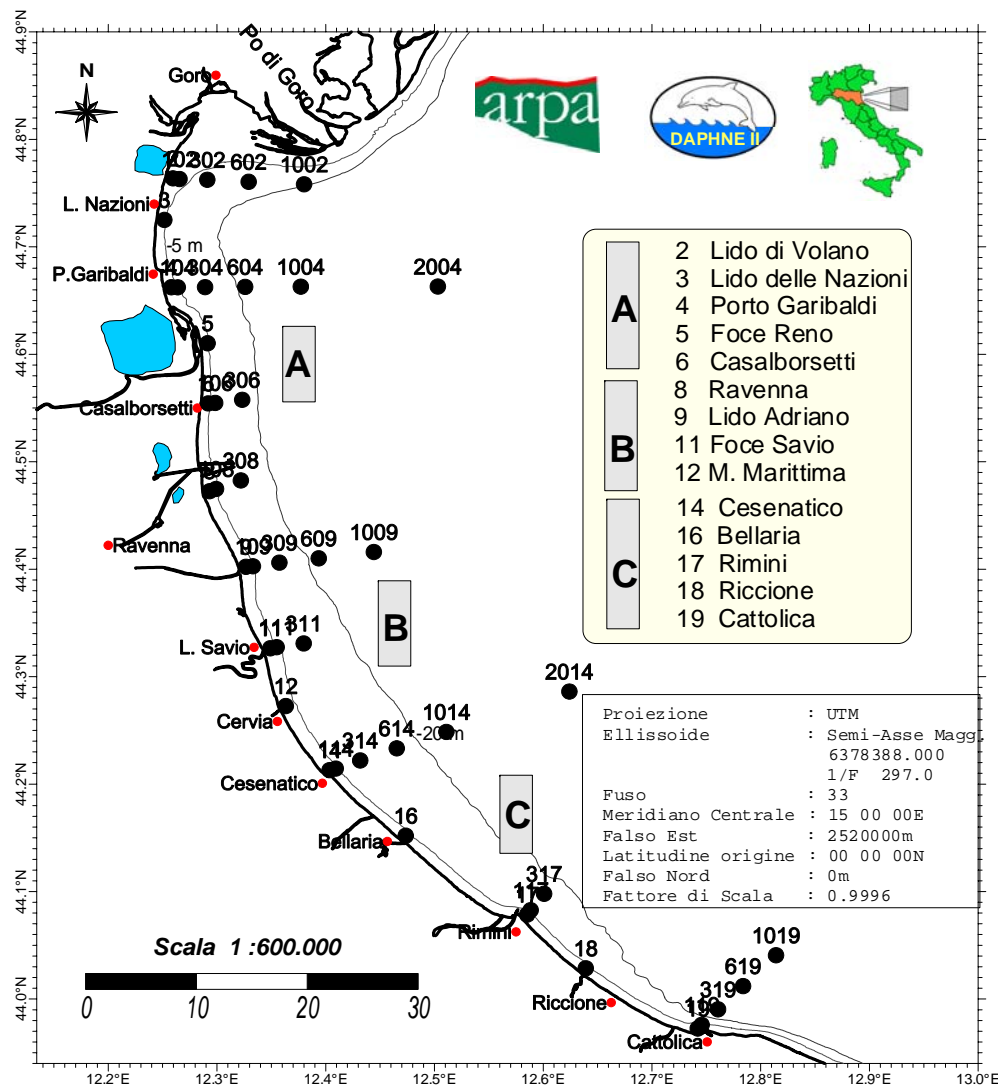


Fotografia al microscopio, Dinoflagellata *Prorocentrum minimum* (dimensioni 18 - 10  $\mu$ m) (Settembre 2006)



Fotografia al microscopio, Diatomea *Cylindroteca closterium* Settembre 2006

Figura 106 - Microalghe responsabili delle principali fioriture/abbondanze lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna durante il 2005-2006.



LOCALITA' (codici)	0.5 Km	1 Km	3 Km	6 Km	10 Km	20 Km
BAGNI 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 3/2000 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. xx.xxx° ED50	LAT. xx.xxx° ED50	LON xx°xx.xx' ED50	LAT xx°xx.xx' ED50	LAT xx°xx.xx' WGS84	LON 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 Goro 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2006																	
	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	8.26	18.45	29.56	7.94	1.46	9.48	275.60	13.20	51.98	737.84	32.59	4.32	424.25	272.77	32.17	5.73	2.31
Errore standard	0.02	1.15	0.62	0.27	0.10	1.21	47.79	1.81	26.41	92.76	2.23	0.87	50.63	86.29	10.66	0.13	0.10
Mediana	8.25	19.12	29.91	7.65	1.35	7.20	182.69	10.99	12.19	584.99	34.04	1.88	307.41	72.00	18.46	5.96	2.21
Moda	8.34		33.89	8.50	1.10	3.80		0.11	0.42			0.44					
Deviazione standard	0.13	6.92	3.74	1.62	0.59	7.26	286.74	10.87	158.43	556.53	13.37	5.24	303.77	517.72	63.98	0.80	0.61
Varianza campionaria	0.02	47.88	14.02	2.62	0.35	52.76	82218.91	118.14	25101.62	309730.32	178.63	27.46	92277.86	268030.68	4093.05	0.64	0.37
Curtosi	0.58	-0.89	-0.58	-0.81	2.94	2.58	2.96	-0.29	32.72	10.54	-0.98	3.49	-0.65	8.23	33.51	-0.76	1.53
Asimmetria	0.72	-0.43	0.03	0.41	1.43	1.71	1.54	0.70	5.61	2.78	-0.14	1.92	0.67	2.87	5.70	-0.67	0.95
Intervallo	0.57	23.82	14.74	5.70	3.00	29.90	1257.29	36.24	955.77	3091.09	49.61	20.13	1138.28	2310.00	391.43	2.87	2.90
Minimo	8.06	4.81	22.31	5.10	0.50	2.10	1.58	0.11	0.42	118.02	8.04	0.44	0.28	0.59	7.87	4.10	1.41
Massimo	8.63	28.63	37.05	10.80	3.50	32.00	1258.87	36.35	956.19	3209.11	57.64	20.57	1138.56	2310.60	399.29	6.96	4.30
Conteggio	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.04	2.34	1.27	0.55	0.20	2.46	97.02	3.68	53.61	188.30	4.52	1.77	102.78	175.17	21.65	0.27	0.21

Stazione cod. 4 Porto Garibaldi 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2006																	
	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	8.28	18.34	29.47	7.98	1.44	9.77	281.46	12.95	52.07	742.40	32.63	4.25	421.38	274.65	32.35	5.73	2.29
Errore standard	0.02	1.18	0.60	0.28	0.09	1.20	47.57	1.75	26.40	92.24	2.22	0.87	51.05	86.15	10.66	0.13	0.10
Mediana	8.27	19.12	29.91	7.65	1.35	7.44	238.93	10.99	12.19	584.99	34.04	1.88	307.41	79.96	19.57	5.96	2.19
Moda	8.34		33.89	8.50	1.10	3.80		0.11	0.42			0.44					
Deviazione standard	0.14	7.08	3.60	1.65	0.57	7.19	285.43	10.51	158.41	553.45	13.33	5.23	306.33	516.91	63.93	0.80	0.63
Varianza campionaria	0.02	50.11	12.95	2.74	0.32	51.75	81472.46	110.53	25093.1	306302.6	177.59	27.32	93836.76	267191.64	4087.67	0.64	0.39
Curtosi	0.40	-0.89	-0.69	-0.97	3.93	2.48	2.93	-0.13	32.73	10.74	-0.97	3.68	-0.68	8.26	33.53	-0.74	1.29
Asimmetria	0.76	-0.46	-0.10	0.36	1.55	1.66	1.50	0.69	5.61	2.82	-0.14	1.98	0.66	2.87	5.70	-0.68	0.91
Intervallo	0.57	23.82	14.16	5.70	3.00	29.90	1257.29	36.24	955.77	3091.09	49.61	20.13	1138.28	2310.00	391.43	2.87	2.90
Minimo	8.06	4.81	22.31	5.10	0.50	2.10	1.58	0.11	0.42	118.02	8.04	0.44	0.28	0.59	7.87	4.10	1.41
Massimo	8.63	28.63	36.47	10.80	3.50	32.00	1258.87	36.35	956.19	3209.11	57.64	20.57	1138.56	2310.60	399.29	6.96	4.30
Conteggio	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	2.40	1.22	0.56	0.19	2.43	96.58	3.56	53.60	187.26	4.51	1.77	103.65	174.90	21.63	0.27	0.21

Tabella 4 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 2 località Bagni di Volano e stazione cod. 4 località Porto Garibaldi.

Stazione cod. 6 Casalborsetti 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2006																	
	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	17.10	31.49	7.78	2.03	7.15	509.79	19.81	44.00	877.35	34.75	8.16	423.84	298.21	25.22	5.73	2.18
Errore standard	0.03	1.06	0.69	0.29	0.14	0.94	79.51	3.08	9.42	93.55	2.84	1.80	64.08	101.03	1.74	0.16	0.11
Mediana	8.25	18.06	32.37	8.00	1.80	4.50	356.89	15.52	26.22	675.03	31.36	2.45	232.94	62.45	22.96	5.93	2.24
Moda	8.19	24.29		6.60	1.10	3.00						0.44					
Deviazione standard	0.17	6.97	4.52	1.89	0.89	6.19	521.36	20.19	61.77	613.42	18.61	11.82	420.17	662.48	11.41	1.03	0.75
Varianza campionaria	0.03	48.53	20.41	3.59	0.79	38.36	271814.81	407.55	3816.07	376285.32	346.35	139.68	176544.58	438882	130.16	1.06	0.56
Curtosi	0.42	-1.32	3.19	0.54	0.27	0.10	-0.05	5.74	15.62	1.47	8.66	7.22	2.54	28.32	0.45	0.79	-0.31
Asimmetria	0.62	-0.25	-1.54	0.21	0.83	1.13	0.94	2.06	3.45	1.33	2.29	2.39	1.50	4.98	0.66	-0.48	-0.39
Intervallo	0.83	21.33	22.02	9.60	3.70	21.90	1850.27	101.49	357.65	2619.63	108.84	58.41	1916.89	4146.55	51.45	5.21	3.18
Minimo	7.91	5.44	15.01	3.60	0.50	0.30	1.20	0.11	0.42	198.00	9.27	0.44	5.42	3.28	8.56	2.71	0.21
Massimo	8.74	26.77	37.03	13.20	4.20	22.20	1851.47	101.60	358.07	2817.63	118.12	58.85	1922.31	4149.83	60.01	7.92	3.39
Conteggio	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	2.14	1.39	0.58	0.27	1.91	160.45	6.21	19.01	188.78	5.73	3.64	129.31	203.88	3.51	0.32	0.23

Stazione cod. 8 Marina di Ravenna 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2006																	
	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	8.32	17.94	32.69	7.85	2.34	7.18	186.15	8.24	11.51	462.84	21.31	2.95	190.84	117.42	28.57	5.13	2.10
Errore standard	0.02	1.13	0.53	0.30	0.19	1.24	36.67	1.21	1.87	45.61	1.95	0.58	38.82	24.86	6.02	0.16	0.13
Mediana	8.29	18.24	33.29	7.48	2.05	4.25	107.84	6.78	9.07	392.38	18.90	1.91	76.66	53.76	20.48	5.28	2.01
Moda	8.29	24.58	34.63	8.60	2.90	3.50		0.11	0.42			0.44					
Deviazione standard	0.13	6.97	3.28	1.87	1.19	7.65	226.06	7.47	11.52	281.16	12.02	3.59	239.33	153.28	37.10	0.98	0.82
Varianza campionaria	0.02	48.60	10.73	3.51	1.42	58.46	51100.87	55.86	132.68	79052.70	144.59	12.92	57276.90	23493.50	1376.64	0.96	0.67
Curtosi	3.66	-1.12	2.51	-0.76	-0.59	5.17	4.03	0.01	7.52	3.60	0.17	10.38	1.66	6.60	31.74	-0.78	4.02
Asimmetria	1.54	-0.31	-1.29	0.43	0.62	2.13	1.80	0.86	2.47	1.73	0.79	3.01	1.55	2.38	5.43	-0.01	1.51
Intervallo	0.65	22.88	15.75	7.11	4.40	36.10	1026.37	27.79	56.66	1300.21	49.46	18.30	887.58	718.33	234.29	3.89	4.46
Minimo	8.14	5.56	21.19	4.50	0.60	0.10	0.85	0.11	0.42	132.42	5.09	0.44	0.28	1.38	7.96	3.27	0.56
Massimo	8.79	28.44	36.94	11.61	5.00	36.20	1027.22	27.90	57.08	1432.62	54.55	18.74	887.86	719.71	242.26	7.16	5.02
Conteggio	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.04	2.29	1.08	0.62	0.39	2.51	74.30	2.46	3.79	92.42	3.95	1.18	78.66	50.38	12.20	0.32	0.27

Tabella 5 - Elementi di statistica descrittiva. 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 2006																	
	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	8.32	17.60	32.64	7.63	2.49	9.16	258.46	10.65	27.48	607.64	29.61	4.92	319.76	119.96	23.76	5.31	1.93
Errore standard	0.02	1.12	0.50	0.31	0.27	1.52	50.82	1.76	7.76	109.34	5.93	1.18	65.75	28.38	2.02	0.18	0.11
Mediana	8.28	18.18	33.31	7.25	2.05	4.75	136.37	8.15	10.24	422.63	21.80	1.73	141.28	56.80	21.66	5.30	1.89
Moda	8.24			8.30	0.90	4.40		0.11				0.44					
Deviazione standard	0.14	6.91	3.06	1.94	1.64	9.35	313.26	10.86	47.84	674.02	36.54	7.27	405.28	174.96	12.46	1.12	0.71
Varianza campionaria	0.02	47.73	9.38	3.75	2.68	87.45	98130.00	118.04	2288.2	454309.1	1335.49	52.87	164253.13	30612.21	155.31	1.26	0.50
Curtosi	-0.10	-1.08	-0.41	1.80	0.85	1.56	1.22	2.03	11.18	20.94	27.46	5.54	3.70	5.92	4.15	-0.65	-0.31
Asimmetria	0.81	-0.34	-0.50	-0.50	1.23	1.50	1.43	1.47	3.25	4.17	4.90	2.38	1.90	2.47	1.90	-0.48	0.28
Intervallo	0.54	22.95	11.83	10.10	6.20	36.70	1110.67	44.55	234.88	4020.03	228.54	31.99	1674.20	714.65	57.00	4.07	3.00
Minimo	8.12	5.22	24.79	1.30	0.80	0.20	0.62	0.11	0.42	119.74	4.72	0.44	0.28	1.64	10.15	2.84	0.51
Massimo	8.66	28.17	36.62	11.40	7.00	36.90	1111.29	44.66	235.30	4139.77	233.26	32.43	1674.48	716.28	67.15	6.91	3.51
Conteggio	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	2.27	1.01	0.64	0.54	3.07	102.96	3.57	15.72	221.55	12.01	2.39	133.21	57.51	4.10	0.37	0.23

Stazione cod. 14 Cesenatico 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2006																	
	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	8.26	17.24	33.67	7.56	1.93	7.38	163.07	12.04	26.46	462.28	26.23	3.54	180.41	165.15	21.00	5.24	2.45
Errore standard	0.02	1.04	0.39	0.27	0.14	1.51	25.61	1.51	4.46	32.55	2.39	0.79	24.84	46.56	1.84	0.13	0.11
Mediana	8.23	18.08	34.75	7.50	1.90	3.55	87.62	9.55	17.73	426.89	22.42	1.85	131.18	61.23	18.39	5.25	2.39
Moda	8.17		35.26	7.50	1.70	3.40			0.42			0.44	0.28				
Deviazione standard	0.13	6.91	2.58	1.81	0.94	10.01	169.85	10.00	29.56	215.89	15.86	5.23	164.76	308.86	12.20	0.86	0.70
Varianza campionaria	0.02	47.76	6.67	3.27	0.88	100.16	28849.63	99.94	873.58	46606.9	251.62	27.40	27145.02	95395.93	148.92	0.74	0.49
Curtosi	-0.13	-1.07	-0.28	0.49	-0.97	6.95	2.05	3.31	6.06	1.99	1.86	18.35	0.67	11.92	9.27	-0.27	-0.63
Asimmetria	0.67	-0.24	-0.84	-0.05	0.08	2.65	1.50	1.66	2.34	1.45	1.51	3.85	1.19	3.42	2.73	0.10	0.10
Intervallo	0.52	24.13	9.99	8.91	3.40	43.80	692.29	47.35	142.30	921.47	67.44	30.77	605.80	1431.95	66.21	3.61	2.84
Minimo	8.06	4.43	26.96	2.40	0.30	0.30	1.29	0.11	0.42	186.64	5.91	0.44	0.28	7.19	7.62	3.44	1.08
Massimo	8.58	28.56	36.95	11.31	3.70	44.10	693.58	47.46	142.72	1108.12	73.35	31.21	606.08	1439.13	73.83	7.05	3.92
Conteggio	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.04	2.10	0.79	0.55	0.28	3.04	51.64	3.04	8.99	65.64	4.82	1.59	50.09	93.90	3.71	0.26	0.21

Tabella 6 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 9 località Lido Adriano e stazione cod. 14 località Cesenatico.



Stazione cod. 17 Rimini 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2006																	
	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	8.28	17.38	34.38	7.64	2.54	6.13	114.86	7.75	12.46	356.32	20.54	3.06	124.04	139.47	29.88	4.96	2.38
Errore standard	0.02	1.04	0.34	0.25	0.23	1.35	15.41	0.82	1.54	22.15	3.56	1.70	18.08	23.25	6.47	0.15	0.11
Mediana	8.26	17.85	34.99	7.24	2.20	2.75	83.47	6.54	10.55	317.72	13.91	1.16	74.77	80.02	22.03	4.93	2.32
Moda	8.24		32.73	6.70	0.90	0.30						0.44	0.28				
Deviazione standard	0.10	6.87	2.27	1.64	1.54	8.95	102.24	5.42	10.20	146.94	23.64	11.29	119.93	154.21	42.94	0.98	0.76
Varianza campionaria	0.01	47.22	5.17	2.69	2.37	80.12	10453.34	29.40	104.12	21589.90	558.70	127.40	14384.11	23781.24	1844.14	0.97	0.57
Curtosi	0.19	-1.06	1.17	0.28	-1.21	7.82	0.29	-0.22	2.75	-0.43	13.40	43.33	-0.39	4.25	38.49	-0.71	0.23
Asimmetria	0.75	-0.29	-1.13	0.74	0.36	2.72	1.05	0.79	1.58	0.71	3.54	6.56	0.90	2.02	6.03	0.06	0.17
Intervallo	0.44	23.17	9.76	7.78	4.90	41.60	386.80	19.99	44.53	545.80	124.95	75.53	420.60	688.01	296.49	3.73	3.68
Minimo	8.12	4.70	27.46	4.50	0.30	0.10	1.27	0.11	0.42	153.23	1.63	0.44	0.28	1.37	3.23	3.27	0.67
Massimo	8.56	27.87	37.22	12.28	5.20	41.70	388.07	20.10	44.95	699.03	126.58	75.97	420.88	689.38	299.72	7.00	4.35
Conteggio	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	43.00	44.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.03	2.09	0.69	0.50	0.47	2.72	31.08	1.65	3.10	44.67	7.19	3.43	36.46	46.88	13.06	0.30	0.23

Stazione cod. 19 Cattolica 0.5 Km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2006																	
	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	17.23	35.07	7.53	2.71	4.71	102.77	7.14	11.16	317.47	16.88	1.82	106.86	109.24	21.93	4.75	2.51
Errore standard	0.02	1.04	0.27	0.25	0.23	1.11	13.60	0.85	1.39	20.82	1.76	0.23	16.42	22.20	1.51	0.17	0.13
Mediana	8.26	17.80	35.39	7.18	2.55	1.84	74.81	6.13	8.09	265.59	13.20	1.44	45.60	62.33	19.49	4.97	2.36
Moda	8.33	22.99	33.28	6.20	3.50	0.10						0.44					
Deviazione standard	0.13	6.87	1.80	1.66	1.55	7.38	90.23	5.61	9.25	138.10	11.69	1.53	108.93	147.25	10.02	1.08	0.84
Varianza campionaria	0.02	47.22	3.25	2.74	2.41	54.49	8140.83	31.45	85.61	19072.27	136.70	2.34	11865.36	21682.20	100.36	1.16	0.71
Curtosi	8.73	-1.00	1.86	0.43	-1.23	6.58	-0.21	0.16	3.94	0.87	8.10	10.31	0.28	10.10	9.13	0.18	3.92
Asimmetria	2.29	-0.30	-1.18	0.93	0.20	2.62	0.95	0.87	1.75	1.24	2.64	2.71	1.15	3.05	2.66	-0.29	1.39
Intervallo	0.75	23.93	8.65	7.29	5.10	33.50	321.10	21.28	45.05	563.01	57.09	8.45	396.10	731.88	55.23	5.23	4.76
Minimo	8.13	3.93	28.82	4.70	0.40	0.10	1.23	0.17	0.42	126.76	4.00	0.44	3.28	1.28	9.28	1.88	0.93
Massimo	8.88	27.86	37.47	11.99	5.50	33.60	322.32	21.45	45.47	689.77	61.09	8.89	399.38	733.17	64.51	7.11	5.69
Conteggio	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	42.00	44.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.04	2.09	0.55	0.50	0.47	2.24	27.43	1.71	2.81	41.99	3.55	0.47	33.12	44.77	3.05	0.34	0.26

Tabella 7 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 17 località Rimini e stazione cod. 19 località Cattolica.

SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI
<b>2 - 4</b>	<b>Elevato</b>	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
<b>4 - 5</b>	<b>Buono</b>	Acque moderatamente produttive Livello di trofia medio Occasionali intorbidimenti delle acque Occasionali anomale colorazioni delle acque Occasionali ipossie nelle acque bentiche
<b>5 - 6</b>	<b>Mediocre</b>	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
<b>6 - 8</b>	<b>Scadente</b>	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/semplicificazione 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 allorché 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 APAT).

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	Località	Distanza	n. dati	TRIX		Giudizio	Coeff. Efficienza.		Componente reale		Componente potenziale		% Componente "produttività reale"
Codice		costa Km		media	STD		media	STD	media	STD	media	STD	
2	Lido di Volano	0.5	43	5.73	0.80	Mediocre	-1.83	0.87	1.77	0.41	3.60	0.82	33.40
3	Lido delle Nazioni	0.5	43	5.60	1.16	Mediocre	-1.78	0.97	1.75	0.69	3.53	0.83	32.83
4	Porto Garibaldi	0.5	43	5.74	0.95	Mediocre	-1.91	0.86	1.75	0.59	3.65	0.79	32.02
5	Foce Reno	0.5	42	5.46	0.97	Mediocre	-1.87	1.13	1.60	0.70	3.46	0.88	31.19
6	Casalborsetti	0.5	43	5.53	1.05	Mediocre	-2.04	1.00	1.57	0.64	3.59	0.91	29.92
8	Marina di Ravenna	0.5	44	5.13	0.98	Mediocre	-1.67	1.03	1.50	0.64	3.16	0.88	32.06
9	Lido Adriano	0.5	44	5.31	1.12	Mediocre	-1.92	1.03	1.49	0.69	3.40	0.96	29.64
11	Lido di Savio	0.5	44	5.28	1.08	Mediocre	-1.86	0.84	1.53	0.70	3.39	0.72	30.18
12	Cervia	0.5	44	5.19	1.01	Mediocre	-1.87	0.81	1.45	0.70	3.30	0.74	29.15
14	Cesenatico	0.5	45	5.24	0.86	Mediocre	-2.12	0.76	1.34	0.65	3.46	0.61	26.75
16	Bellaria	0.5	44	4.94	1.09	Buono	-1.94	0.64	1.25	0.69	3.18	0.69	26.31
17	Rimini	0.5	43	4.96	0.98	Buono	-1.82	0.62	1.31	0.69	3.13	0.62	27.57
18	Riccione	0.5	43	4.73	0.93	Buono	-1.89	0.71	1.16	0.64	3.03	0.60	25.99
19	Cattolica	0.5	43	4.75	1.08	Buono	-1.96	0.69	1.14	0.73	3.07	0.61	24.59
102	Lido di Volano	1	11	5.37	0.95	Mediocre	-1.77	1.14	1.58	0.56	3.36	1.00	32.48
104	Porto Garibaldi	1	24	5.73	1.06	Mediocre	-2.00	0.82	1.72	0.65	3.69	0.78	31.01
106	Casalborsetti	1	11	4.62	1.20	Buono	-1.68	0.84	1.18	0.65	2.87	0.98	28.22
108	Marina di Ravenna	1	11	4.52	1.43	Buono	-1.48	0.61	1.33	0.73	2.70	0.89	30.01
109	Lido Adriano	1	24	5.13	1.11	Mediocre	-1.96	0.70	1.35	0.65	3.30	0.84	27.81
111	Lido di Savio	1	11	4.68	0.86	Buono	-1.60	0.30	1.26	0.47	2.86	0.59	29.80
114	Cesenatico	1	24	5.54	0.78	Mediocre	-2.16	0.81	1.44	0.67	3.59	0.67	27.51
117	Rimini	1	11	4.49	1.01	Buono	-1.77	0.62	1.03	0.67	2.75	0.68	24.63
119	Cattolica	1	24	4.59	1.22	Buono	-1.85	0.67	1.12	0.78	2.90	0.67	24.45
302	Lido di Volano	3	43	5.62	0.96	Mediocre	-1.87	0.85	1.69	0.62	3.56	0.80	31.66
304	Porto Garibaldi	3	43	5.40	0.94	Mediocre	-1.78	1.00	1.60	0.61	3.38	0.87	32.08
306	Casalborsetti	3	43	5.12	1.14	Mediocre	-1.77	0.83	1.44	0.63	3.21	0.94	30.43
308	Marina di Ravenna	3	43	5.22	0.98	Mediocre	-1.67	0.91	1.55	0.61	3.22	0.86	32.32
309	Lido Adriano	3	43	4.80	1.27	Buono	-1.77	1.00	1.28	0.79	3.02	0.96	27.61
311	Lido di Savio	3	11	4.24	1.21	Buono	-1.51	0.47	1.06	0.66	2.55	0.82	26.83
314	Cesenatico	3	46	4.73	1.30	Buono	-1.87	0.86	1.18	0.87	3.00	0.79	24.82
317	Rimini	3	43	4.41	1.21	Buono	-1.89	0.77	1.03	0.73	2.82	0.72	23.52
319	Cattolica	3	43	4.57	1.19	Buono	-1.75	0.75	1.10	0.78	2.80	0.72	24.74

Tabella 9 - Acque marino costiere dell'Emilia-Romagna (0.5-3 Km dalla costa) anno 2006. 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,  $(\text{Log}(\text{DINxPt}))$ , la loro differenza o meglio il Logaritmo del rapporto  $\text{Log}([\text{Clax}|\text{OD}\%]/[\text{DINxPt}])$ , 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) %
<b>ZONA "A"</b>	2-3-4-5-6-102-104-106-302-304-306	<b>5.50</b>	1.10	345	<b>68.0</b>	<b>33.0</b>
<b>ZONA "B"</b>	8-9-11-12-14-108-109-111-114-308-309-311-314	<b>5.10</b>	1.10	397	<b>54.0</b>	<b>21.0</b>
<b>ZONA "C"</b>	16-17-18-19-117-119-317-319	<b>4.70</b>	1.10	287	<b>40.0</b>	<b>12.0</b>

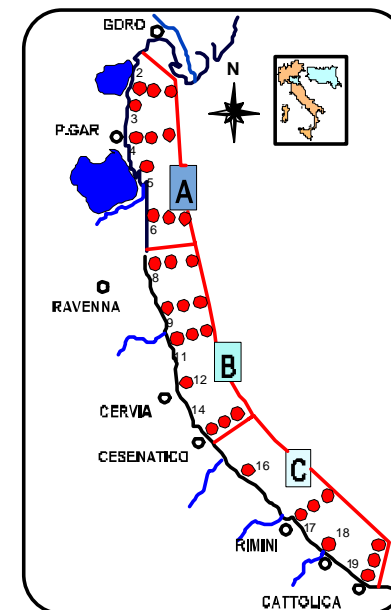


Tabella 10 - Acque costiere dell'Emilia-Romagna. Valutazione del rischio eutrofico. Anno 2006. Organizzazione dei dati di TRIX in Zone omogenee (0.5 - 3 Km) per medie e STD

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 qui viene adottata è la seguente ( F. Giovanardi. Relazione Completamento quadro conoscitivo ecosistema marino):

note la media  $\bar{X}_i$  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  $z = L - \bar{X}_i > 0$ , la Probabilità associata al rischio eutrofico è:  $P = 100(1-\beta)$ ;

Si

con  $z = L - \bar{X}_i < 0$ , la Probabilità risulterà:  $P = 100\beta$ .

Si

Nelle formule,  $\beta$  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.