RegioneEmilia-Romagna

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 2007

GESTIONE INTEGRATA ZONE COSTIERE

Finito di stampare nel mese di gennaio 2009

presso il Centro Stampa della Giunta Regionale

INDICE

Rapporto sullo stato di eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia-Romagna nel 2007

PARTECIPANTI ALL'INDAGINE

PRESENTAZIONE

SUMMARY **4**

1 Introduzione e finalità **5**

2 Materiali e metodi **7**

2.1 Parametri chimico-fisici *7*

2.2 Parametri meteo-marini *8*

2.3 Sali nutritivi *8*

2.4 Fitoplancton *10*

2.5 Analisi statistica e grafica *10*

3 Condizioni meteo-marine **11**

4 Risultati **11**

4.1 Temperatura *12*

4.2 Salinità *13*

4.3 Ossigeno disciolto *14*

4.4 pH *15*

4.5 Trasparenza (disco Secchi) *15*

4.6 Clorofilla "a" *16*

4.7 Fitoplancton *16*

4.7.1 Diatomee *17*

4.7.2 Dinoflagellate *17*

4.7.3 Altre Fitoflagellate *18*

4.8 Azoto nitrico *18*

4.9 Azoto nitroso *19*

4.10 Azoto ammoniacale *20*

4.11 Azoto totale *20*

4.12 Fosforo ortofosfato *21*

4.13 Fosforo totale *21*

4.14 Silice reattiva *22*

4.15 Rapporto N/P (frazione solubile) *22*

4.16 Rapporto Ntot/Ptot *25*

4.17 Rapporto Ntot sol/Ptot sol *25*

4.18 Indice Trofico (TRIX) *26*

4.19 Indice di Torbidità (TRBIX) *34*

5 Evoluzione dei processi trofici nel 2007 ..... **37**

5.1 Eutrofizzazione *37*

5.1.1 Evoluzione dei processi eutrofici nel 2007. Sintesi riassuntiva *48*

5.2 Aggregati mucillaginosi *52*

5.3 Macroalghe *52*

5.4 Meduse *52*

6 Conclusioni **54**

Figure e Tabelle **60**

ALLEGATO: Programma annuale delle attività 2008

INDICE delle TABELLE

Tabella 1 – Valori medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2007 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) 110

Tabella 2 - Località e codici delle stazioni di monitoraggio e relative distanze dalla costa. 163

Tabella 3 - Coordinate geografiche e caratteristiche batimetriche delle stazioni della rete di monitoraggio..... 164

Tabella 4 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 2 località Lido di Volano e stazione cod. 4 località Porto Garibaldi. 165

Tabella 5 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 6 località Casalborsetti e stazione cod. 8 località Marina di Ravenna. 166

Tabella 6 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 9 località Lido Adriano e stazione cod. 14 località Cesenatico. 167

Tabella 7 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione cod. 17 località Rimini e stazione cod. 19 località Cattolica. 168

Tabella 8 - Suddivisione della Scala Trofica riferita all'Indice Trofico TRIX in relazione allo Stato ed alle Condizioni dell'ecosistema. 169

Tabella 9 - Acque marino costiere dell'Emilia-Romagna (0.5-3 Km dalla costa) anno 2007. Classificazione Trofica basata sulle medie di TRIX e valori medi degli altri indici derivati per stazione di misura.. 170

Tabella 10 - Acque costiere dell'Emilia-Romagna. Valutazione del rischio eutrofico. Anno 2007. Organizzazione dei dati di TRIX in Zone omogenee (0.5 - 3 Km) per medie e STD..... 171

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. 62
Figura 2 - Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) 63
Figura 3 - Valori medi annuali portate fiume Po. Periodo 1917-2007..... 63
Figura 4 - Precipitazioni atmosferiche rilevate a Cesenatico 63
Figura 5 - Altezza onda rilevata dalla Boa Ondametrica installata a 6 Km dalla costa antistante Cesenatico..... 63
Figura 6 - Andamenti temporali della Temperatura (linea continua) e della Salinità (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa 64
Figura 7 - Andamenti temporali dell'Ossigeno Disciolto (linea tratteggiata) e del pH (linea continua) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa 65
Figura 8 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" (linea continua) e della trasparenza (barre verticali) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa 66
Figura 9 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO3 (linea continua) e del Nitrito N-NO2 (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa. 67
Figura 10 - Andamenti temporali dell' Azoto Ammoniacale N-NH3 (linea continua) e della Silice Si-SiO2 (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa..... 68
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..... 69
Figura 12 - Andamenti temporali dell' Azoto totale N-TOT in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa. ... 70
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..... 71
Figura 14 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa..... 72
Figura 15 - Andamenti temporali della Salinità in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa..... 73
Figura 16 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. 74
Figura 17 - Andamenti temporali del pH in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. 75
Figura 18 - Andamenti temporali della Trasparenza nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa 76
Figura 19 -Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. 77
Figura 20 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO3 in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa..... 78
Figura 21 - Andamenti temporali del Nitrito N-NO2 in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. 79
Figura 22 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH3 in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. 80
Figura 23 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. 81
Figura 24 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO4 in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. 82
Figura 25 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa..... 83
Figura 26 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa. 84
Figura 27 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa..... 85
Figura 28 - Andamenti temporali della Silice in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa..... 86
Figura 29 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico..... 87
Figura 30 - Andamenti temporali della Salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico 88
Figura 31 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico..... 89

Figura 32 - Andamenti temporali del pH in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico 90
Figura 33 - Andamenti temporali della trasparenza nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico 91
Figura 34 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico. 92
Figura 35 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO3 in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico 93
Figura 36 -Andamenti temporali del Nitrito N-NO2 in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico..... 94
Figura 37 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH3 in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico. 95
Figura 38 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie (linea continua)e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico..... 96
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 97
Figura 40 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico..... 98
Figura 41 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico. 99
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. 100
Figura 43 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale solubile/Fosforo total e solubile in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico..... 101
Figura 44 - Andamenti temporali della Silice in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico 102
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 103
Figura 46 - Portate Po e valori medi di Clorofilla "a" nelle tre subzone. La linea nera rappresenta il valore medio annuale del 2007. 104
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 2007, dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo..... 104
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. 105
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. 106
Figura 50 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2007 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 51 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2007 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 52 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2007 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. 109
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 2007 con riferimento al mese e giorno del profilo. 111
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 2007 con riferimento al mese e giorno del profilo. 112

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 2007 con riferimento al mese e giorno del profilo..... 113

Figura 56 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" (µg/l), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2007 con riferimento al mese e giorno del profilo. 114

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..... 115

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..... 116

Figura 59 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto. 117

Figura 60 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto..... 118

Figura 61 - Isolinee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto..... 119

Figura 62 - Isolinee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto. 120

Figura 63 - Isolinee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.... 121

Figura 64 - Isolinee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto. 122

Figura 65 - Fasi evolutive degli stadi di aggregazione della mucillagine. Immagini da archivio della Struttura Oceanografica Daphne..... 123

Figura 66 - Casi di affioramento di mucillagine lungo la costa dell'Emilia-Romagna dal 1989 al 2007. Immagini da archivio della Struttura Oceanografica Daphne. 124

Figura 67 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, dell'Indice Trofico nelle acque superficiali in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Valori medi mensili riferiti al 2007..... 125

Figura 68 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, dell'Indice Trofico nelle acque superficiali in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Valori medi mensili Valori medi mensili riferiti al 2007. 126

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). 127

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 128

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..... 129

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..... 130

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..... 130

Figura 74 - Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1996 al 2007 nelle stazioni costiere a 0.5 Km di Porto Garibaldi (st 4), Cesenatico (st 14), Cattolica (st 19) e nella stazione al largo 10 Km di Cattolica (st 1019) Nella tabella sono riportate, per ogni stazione le differenze di TRIX tra i valori medi e il t di Student del 2002 con quelli rilevati nel 2005, 2006, 2007 e le relative significatività (S= Significativo, n. S= non Significativo)..... 131

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). 132

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. 133

Figura 77 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema. 134

Figura 78 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema. 135

Figura 79 - Variazioni temporali e rapporti delle componenti che concorrono a determinare l'Indice Trofico TRIX nelle stazioni costiere. LOG(Chl x D%O) = Indicatore di produttività reale o diretta. LOG(DIN x PT) = Indicatore di produttività potenziale..... 136

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 137

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 %. 137

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..... 138

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 2007: medie stagionali. 139

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 2007: medie stagionali. 140

Figura 85 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, della Salinità nelle acque superficiali espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale. 141

Figura 86 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, della Clorofilla "a" nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale. 142

Figura 87 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, dei Nitrati N-NO3 nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale. 143

Figura 88 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, di Ammoniaca N-NH3 nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale. 144

Figura 89 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, di Fosforo P-PO4 nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale. 145

Figura 90 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, di Silice Si-SiO2 nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale. 146

Figura 91 - Classificazione delle acque costiere marine dell'Emilia-Romagna in base all'Indice Trofico TRIX calcolato come media per subarea nel 2007. 147

Figura 92 - Classificazione dello stato qualitativo della fascia costiera sulla base dell'Indice Trofico TRIX disaggregata in relazione all'influenza dei bacini costieri e padano. 148

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. 149

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. 150

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 151

Figura 96 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni costiere campione. 152

Figura 97 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali, calcolati per le stazioni costiere campione. 153
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. 154
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) 155
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) ... 156
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. 157
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)..... 158
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)..... 159
Figura 104 - Successione delle principali specie/generi responsabili delle fioriture/abbondanze microalgali nelle 3 subaree a 0.5 Km dalla costa.(Diatomee >= 1.000.000, Dinoflagellate >= 150.000 Cell/L)..... 160
Figura 105 -Rapporto stagionale tra le specie di Diatomee e Dinoflagellate maggiormente rappresentate nelle stazioni costiere (0.5 Km) sul loro totale. 161
Figura 106 - Microalghe responsabili delle principali fioriture/abbondanze lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna durante il 2007. Sono riportateanche immagini di Red Tide del 2005. 162
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)..... 163

PARTECIPANTI ALL'INDAGINE

Parametri chimico-fisici delle acque:

Giuseppe Montanari
Cristina Mazziotti
Stefano Serra
Margherita Benzi

Determinazione della biomassa fitoplanctonica:

Cristina Mazziotti
Margherita Benzi
Claudio Silvestri
Elisabetta Ardesi

Analisi dei nutrienti:

Carla Rita Ferrari
Paola Martini
Sandro Tarlazzi

Editing, elaborazione grafica e statistica:

Giuseppe Montanari
Stefano Serra
Margherita Benzi
Patricia Santini

Stesura del testo

Giuseppe Montanari
Attilio Rinaldi
Cristina Mazziotti
Carla Rita Ferrari

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti
Struttura Oceanografica Daphne
ARPA - Emilia-Romagna
V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC
daphne@.arpa.emr.it **http://www.arpa.emr.it/daphne/**

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

PRESENTAZIONE

Proponiamo anche quest'anno la rassegna dei dati rilevati dal Battello Oceanografico "Daphne II" nell'area di mare antistante la nostra Regione. Una tradizione ormai consolidata, che ha avuto origine dalle attività di monitoraggio e studio del sistema padano-adriatico iniziate nel lontano 1977. Trenta anni fa le acute ed estese crisi eutrofiche si riflettevano pesantemente sullo stato ambientale dell'alto Adriatico e su importanti attività sociali ed economiche, quali il turismo e la pesca. Gli interventi realizzati nei decenni successivi sulla base di quelle analisi ci hanno portato a ben altre condizioni di qualità e alla consapevolezza di quanto è necessario fare per mantenerle e migliorarle. La Regione Emilia-Romagna ha dunque sempre sostenuto le attività di studio dell'ambiente marino-costiero, per far luce su tre requisiti essenziali: la conoscenza dello stato ambientale dell'alto Adriatico, principio propedeutico ad una corretta informazione; la conoscenza dei diversi fattori che innescano fenomeni di degrado ambientale; l'acquisizione di dati oggettivi sull'efficacia delle strategie di pianificazione e risanamento attuate sul territorio della nostra Regione e del bacino padano, utile anche ad una razionale analisi del rapporto tra costi e benefici.

Dai dati che vi presentiamo, raccolti nel 2007, emerge una buona condizione rispetto all'eutrofia, con indicatori di qualità che possono essere considerati nella norma fisiologica considerate le caratteristiche del bacino adriatico e del più ampio sistema padano-adriatico. Le fioriture algali sono state in genere di modesta entità, compresi gli effetti collaterali riconducibili a carenza di ossigeno nelle acque di fondo e le conseguenti morie di organismi quali in particolare molluschi e crostacei. Questa situazione positiva trova riscontro nelle basse quantità dei nutrienti, che nella maggior parte dei casi si sono mantenuti su valori inferiori a quelli medi storici; una condizione senz'altro correlata al calo delle portate fluviali che, anche nel 2007, si sono attestate molto al di sotto delle medie riferite al lungo periodo. Se dunque da un lato registriamo un contenimento positivo dei fenomeni eutrofici, dall'altro vediamo confermata una preoccupante tendenza di diminuzione delle portate dei fiumi, a cominciare dal Po, che è diretta conseguenza dei cambiamenti climatici. Le anomalie del clima stanno incidendo a livello mondiale sulla quantità e qualità dell'acqua, sulla biodiversità e sugli habitat. Per contrastarle con efficacia occorrono interventi su tutte le matrici ambientali, fondati sulla prevenzione e una reale integrazione delle strategie di sviluppo sostenibile ad una scala ampia. Con questa consapevolezza la Regione è impegnata da tempo su due fronti: un governo unitario del bacino padano che tenga conto delle diverse vulnerabilità dei territori e una gestione integrata delle zone costiere su entrambe le sponde del nostro mare. Da qui la nostra partecipazione all'Euroregione Adriatica e a importanti programmi europei che hanno l'obiettivo di creare sinergia tra gli interventi di prevenzione, a partire dalla fondamentale azione di monitoraggio.

Lino Zanichelli
Assessore all'Ambiente e Sviluppo Sostenibile
Regione Emilia-Romagna

SOMMARIO

Le portate del fiume Po nel periodo estivo sono state scarse con valori generalmente inferiori a 350 mc/sec. La portata media annuale (717 mc/sec) è risultata infatti inferiore a quella registrata nel 2006 (796 mc/sec) e di circa la metà più bassa rispetto al dato poliennale. Anche il periodo invernale/primaverile è stato caratterizzato da basse portate del Po che hanno superato il valore di 1000 mc/sec in pochi casi.

Durante il mese di luglio nell'area costiera (100-200 m dalla battigia) antistante Riccione si è sviluppato un'intensa fioritura microalgale sostenuta dalla Raphidoficea *Fibrocapsa japonica* che ha determinato una colorazione rosso-bruna delle acque ed una forte riduzione della trasparenza.

Gli aggregati mucillaginosi nel 2007 non sono comparsi nel periodo estivo ma sono stati riscontrati, per la prima volta tra gennaio ed aprile. Lo stato di aggregazione del materiale mucillaginoso a forma di reticoli e di 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.

Dal rapporto azoto/fosforo si riconferma anche per il 2007 il ruolo del fosforo quale fattore limitante la crescita algale per la maggior parte delle stazioni monitorate sia in costa che al largo. Durante il periodo estivo il rapporto N/P tende ad abbassarsi notevolmente configurando condizioni di azoto-limitazione particolarmente nella zona costiera: questo andamento è stato già riscontrato nelle indagini degli anni precedenti.

Con riferimento infine al D.Lgs.152/99 e successive integrazioni (D.Lgs. 258/00) è stata effettuata la classificazione dello stato qualitativo ambientale delle acque costiere sulla base dell'andamento dell'indice trofico TRIX. A tal proposito possiamo confermare come il trend di miglioramento statisticamente significativo iniziato dal 2002 continui anche per il 2007.

I limitati casi di anossia nelle acque di fondo in autunno risultano, in termini di estensione e permanenza, localizzati con contenuti effetti sull'ecosistema.

SUMMARY

During the Summer the Po river-flows were lower than 350 mc/sec. The average annual flow (717 mc/sec) was inferior, these average was half as much as the average climatological measurement.

Also in Winter and in the Spring values higher than 1000 mc/sec were never reached.

During July, the marine coastal area facing Riccione (100-200 m from water's edge) showed a high intensity eutrophication event, with high concentration of biomass and red-brownish coloured waters, caused by the Raphidophycea *Fibrocapsa japonica.*

The mucilaginous material in summer 2007 did not happen but for the first time it were appeared between January and April; these appearances 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* spp. and mucilaginous formations was respected.

As in the previous years in 2007, on the basis of the N/P ratio, phosphorous was limiting factor in microalgal growth. During the Summer the N/P ratio decreased bringing to conditions of nitrogen limitation in coastal zone: this trend was already observed in previous years.

Taking into account the D.Lgs. 152/99 and subsequent changes (D. Lgs. 258/00) We classified the qualitative environmental state of coastal waters by the application of Trophic index (TRIX).

We can confirm a statistically significant improvement initiated by previous years (since 2002).

During the Autumn we reported hypoxic/anoxic conditions in limited areas of bottom waters in terms of time and extension: consequently the effects on ecosystem have been limited.

1 INTRODUZIONE E FINALITÀ

Nel ritenere utile documentare 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 2007 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 mucillaginosi. 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^2;
- 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 meteoclimatici 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 mucillaginosi, 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 2007 sono state 120.

2 MATERIALI E METODI

Il programma di monitoraggio condotto nel 2007 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 Salute in accordo alle disposizioni di legge in tema di balneazione (DPR 470/82 e successive integrazioni).

2.1 Parametri chimico-fisici

Le determinazioni dei parametri idrologici vengono effettuate mediante la strumentazione installata a bordo del battello oceanografico "Daphne II". Per l'esecuzione dei profili verticali di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, torbidità e clorofilla "a" si utilizza la sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 che, azionata da un verricello, viene calata sulla verticale. I dati acquisiti sono trasmessi al computer di bordo, mediati per ogni metro di profondità, visualizzati su monitor 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) è stata rilevata nella stazione antistante Cesenatico a 6.5 Km dal porto canale su un fondale di 10 m mediante una boa ondametrica Mod Datawel MKIII le cui coordinate WGS84 sono 12.3669° E 44.5101° N, gestita dal Servizio Idrometeorolologico dell’ARPA e collocata all’interno degli allevamenti di mitili della Soc. COPRALMO.
Le portate del fiume Po (Figura 2) sono state fornite dal Servizio Idro Meteo-Clima 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

Le portate del fiume Po nel 2007 hanno registrato un andamento caratterizzato da modesti picchi di portata nella tarda primavera e in autunno. Il valore medio annuale di portata è straordinariamente basso con solo 717 mc/sec (Figura 2), la metà rispetto al valore medio annuale di 1477 mc/sec calcolato sul periodo 1917-2007 (Figura 3). Il picco massimo di portata si è avuto il 26 novembre con 2,919.mc/sec, il più basso il 23 luglio con 293 mc/sec.

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 2007 nella stazione di Cesenatico è stato pari a 546 mm.

I dati dell’altezza dell’onda (Figura 5) si riferiscono alle misure rilevate da una boa ondametrica installata a metà maggio ‘07 a 6 Km al largo di Cesenatico. I dati mostrano una maggiore frequenza dei casi di mare mosso nel periodo autunno-invernale con picchi massimi attorno ai 3 m di altezza dell'onda.

4 RISULTATI

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

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

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

Da Figura 6 a Figura 44 vengono riportati gli andamenti temporali di tutti i parametri misurati per tutte le stazioni, in Figura 45 la mappa delle subaree costiere

(georeferenziata in Figura 107), in Figura 46 le distribuzioni dei valori medi di clorofilla “a” delle subaree, in Figura 47 la distribuzione delle zone ipossiche/anossiche manifestatesi nel corso del 2007.
In Figura 48 sono rappresentati i diagrammi T-S riportati per 3 periodi dell’anno (marzo, maggio, settembre 2007) 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 riporate nella Figura 98 e nei "Multiple Box and Whisker plot" (Figura 99 e Figura 100). Da Figura 101 a Figura 105 sono rappresentati gli andamenti temporali del fitoplancton con relativi diagrammi "Multiple Box and Whisker plot".
Nella Tabella 2 sono riportate le località ed i codici delle stazioni e nella Tabella 3 le relative coordinate geografiche e batimetriche. Da Tabella 4 a Tabella 7 vengono calcolati gli elementi di statistica descrittiva, in Tabella 8 la suddivisione della scala trofica riferita all’indice trofico TRIX e in Tabella 9 la classificazione trofica basata sulla media del TRIX ed il coefficiente di efficienza.In Tabella 10 sono indicati i valori medi di TRIX per aree omogenee con la valutazione del rischio eutrofico.

4.1 Temperatura

Le condizioni meteo-climatiche influiscono in maniera determinante sull'escursione termica nelle acque costiere. La temperatura delle acque superficiali presenta pertanto un andamento sinusoidale (Figura 6, Figura 14, Figura 29) con i valori minimi in gennaio-febbraio, ed i massimi nei mesi estivi (luglio-agosto). Il confronto con i valori medi climatologici rilevati nel lungo periodo (1993-2002) permette di osservare che il 2007 si distingue per gli alti valori di temperatura delle acque superficiali nella stagione invernale e primaverile (vedi, in Figura 50, lo scostamento rispetto alla norma). Si ripropongono inoltre valori al di sopra della norma nei mesi estivi compresi tra aprile e settembre. Le variazioni su piccola scala temporale, che normalmente si rilevano nelle acque superficiali, sono per lo più dovute ad apporti fluviali, incrementi di biomassa

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

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

Il valore di temperatura più elevato è stato registrato il 16 luglio con 26.6 °C nella stazione di Lido di Volano, il più basso nella stazione di Cattolica il 20 dicembre con 6.4 °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 rilevano nel 2007 livelli di stratificazione termica che rientrano nella norma. Sono comunque evidenti nel periodo compreso tra maggio e giugno. Le più evidenti condizioni di omeotermia si hanno nei mesi autunnali e 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) mostrano una sostanziale omogeneità in tutte le stazioni prese in esame.

4.2 Salinità

La salinità nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna è caratterizzata da una elevata variabilità. Detta condizione è da associarsi ai regimi di portata fluviale, all'azione di miscelamento generata dal moto ondoso, nonché a situazioni idrodinamiche particolari come i casi di upwelling che, in occasioni di venti spiranti da terra, richiamano in costa acque di fondo a più elevata salinità. Gli andamenti riconfermano un accentuato trend tendente all'aumento nel passare da Nord a Sud (condizione ben evidenziata nel diagramma di Box & Whiskers riportato in Figura 99). Le stazioni più settentrionali, 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 2007 con effetti inconsueti per questa parte dell'Adriatico; i valori di salinità tendono ad alzarsi rispetto alle medie calcolate sul lungo periodo. A tal riguardo è significativo l'incremento dei valori di salinità rispetto la norma nei periodi invernale e primaverile (Figura 50). Gli stessi aloclini risultano molto più attenuati rispetto alle normali condizioni strutturali (fisiche) di quest'area.
Il valore più basso di salinità è stato rilevato a Bagni di Volano il 16 aprile con 21,7 psu, il più elevato il 18 settembre a Cattolica con 37,4 psu.
L'andamento medio annuale riconferma il marcato gradiente con tendenza all'aumento Nord-Sud e da costa verso largo (Figura 94). I valori medi stagionali evidenziano in generale, ad esclusione del transetto 2, i valori più alti nel periodo estivo in coincidenza con la secca estiva del fiume Po (Figura 96).

4.3 Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto nelle acque superficiali mostra concentrazioni che in genere sono fortemente influenzate della biomassa autotrofa in sospensione. Le fluttuazioni attorno al valore fisico di saturazione sono per lo più conseguenti alla consistenza dei processi fotosintetici; valori in sovrasaturazione coincidono sempre con fioriture microalgali. Evidente a tal riguardo la correlazione tra i picchi di clorofilla "a" e gli incrementi del parametro.
Le stazioni settentrionali, interessate da più frequenti e consistenti blooms algali, presentano più accentuate variabilità del parametro 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. Nel 2007 i casi di ipossia con eventi tendenti all'anossia sono stati abbastanza circoscritti e limitati nel tempo. Detti eventi si sono manifestati in giugno, agosto e settembre nella sola area settentrionale e in ottobre in maniera più estesa nella parte settentrionale e nell'area prospiciente il porto di Ravenna (vedi Figura 47, Figura 57 e Figura 58).

Il valore più alto rilevato nelle acque di superficie è stato di 11,7 mg/l nella stazione di Porto Garibaldi il 18 settembe, quello più basso è di 4,2 mg/l registrato a Cesenatico il 18 giugno (vedi Tabella 4 e Tabella 7 di statistica descrittiva).
I valori medi annuali nelle acque superficiali (Figura 94) mostrano i valori più elevati nei transetti 2 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 più bassi 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

La variabilità del parametro è molto accentuata. Tale condizione riguarda soprattutto le stazioni settentrionali ove, tra l'altro, si rilevano i valori più elevati (Figura 7, Figura 17 e Figura 32). Il pH è in buona risonanza con l'ossigeno disciolto e con la clorofilla "a". Una maggiore stabilità del parametro nelle acque superficiali si osserva nella stagione estiva. Lungo il profilo 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 18 giugno con un valore di 7.95, quello più alto a Casalborsetti il 20 febbraio con 8,58.
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 e in autunno, i minimi in estate (Figura 96).

4.5 Trasparenza (disco Secchi)

Nell'Adriatico Nord-occidentale si rilevano valori di trasparenza delle acque molto variabili. Condizione dovuta a molteplici fattori: apporti fluviali veicolanti a mare, presenza di 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 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 primaverile (Figura 96).

Nelle stazioni costiere che presentano fondali non particolarmente profondi in più casi la lettura del Disco di Secchi corrisponde alla batimetrica del fondale. In 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 autunno, i valori più elevati si sono avuti in inverno nelle stazioni 2 e 4, in primavera nelle restanti (Figura 96).

4.6 Clorofilla "a"

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). Condizione ben evidenziata nel diagramma di Box & Whiskers riportato in Figura 99.
La correlazione con le portate del fiume Po, soprattutto per le stazioni collocate a Nord (Figura 46), è in genere buona anche se non sempre lineare. Si assiste infatti a picchi nella stagione invernale non preceduti da portate significative. La questione è conosciuta ed è da attribuire all'accentuata efficacia dei processi di dilavamento dei suoli in inverno per la ridotta assimilazione da parte della vegetazione terrestre in quiescenza vegetativa. Quindi concentrazioni mediamente alte di nutrienti con innesco di fioriture di diatomee.
Il valore più elevato si è registrato il 20 febbraio nella stazione costiera di Porto Garibaldi con 48.7 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 (ad esclusione della stazione 2), le più basse in estate (Figura 96).

4.7 Fitoplancton

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

4.7.1 Diatomee

Seguendo un andamento consolidato da qualche anno a questa parte, le Diatomee hanno fatto registrare concentrazioni inferiori rispetto all'anno passato. I quantitativi minori durante tutto l'anno si registrano nella stazione 19 mentre i maggiori nelle stazioni più settentrionali (2, 4, 6). Questo gruppo, tipicamente invernale-primaverile, in inverno ha fatto registrare basse abbondanze mentre quelle più alte (nel complesso delle stazioni monitorate) si hanno in estate e non in primavera. Da evidenziare il gradiente spaziale negativo nord-sud particolarmente evidente in primavera ed estate dove assume un andamento pressoché lineare (Figura 104). Il genere *Chaetoceros* spp. che domina la comunità in inverno primavera ed estate (Figura 104) dalla stazione 2 alla 9 (in inverno è taxon dominante anche nella stazione 14) cede il posto in autunno a *Pseudonitzschia* spp.. Anche *Skeletonema costatum*, se pur con quantitativi minori, risulta molto rappresentata dall' inverno all'estate. Il massimo valore di abbondanza dei generi *Chaetoceros* spp. e *Pseudonitzschia* spp. sono stati registrati rispettivamente il 16 aprile nella stazione 2 (24970144 cell/L) e il 1 ottobre nella stazione 4 (13074130 cell/L), mentre il massimo di *Skeletonema costatum* è stato registrato il 16 luglio nella stazione 2 (15146128 cell/L). Il massimo assoluto annuale di Diatomee totali è stato registrato il 17 settembre nella stazione 4 con un valore di 26596751 cell/L mentre il valore minimo assoluto è del 6 novembre con 300 cell/L nella stazione 2.

4.7.2 Dinoflagellate

Le abbondanze di Dinoflagellate sono nel complesso leggermente più elevate di quelle registrate l'anno passato ma i valori sono nettamente inferiori rispetto al contributo delle Diatomee. Il quantitativo massimo di Dinoflagellate totali (1960682 cell/L) si è registrato nella stazione 14 il 17 ottobre mentre il minimo è stato di 200 cell/L il 17 luglio nella stazione 19. I valori più bassi si registrano in inverno in tutte le stazioni monitorate (Figura 104). In primavera si assiste ad un aumento nelle stazioni a nord (2, 4, 6) e si instaura un lieve gradiente negativo nord-sud. In estate le abbondanze di questo gruppo diminuiscono rispetto alla primavera; questo in parte smentisce il trend stagionale tipico delle Dinoflagellate. Fa eccezione la stazione 17 in cui si registrano le medie stagionali maggiori di tutto il resto dell'anno dove invece risultano sempre inferiori a 30000 cell/L totali. In autunno le abbondanze sono le più elevate dell'anno nelle stazioni 2, 4, 6, 14 mentre nelle restanti stazioni non si evidenziano aumenti importanti. Dall'analisi qualitativa si evidenziano i taxa maggiormente rappresentati: in primavera ed estate prevalgono i generi *Gymnodinium* e *Protoperidinium* (st. 2, st. 4, st.

6). I massimi registrati di questi taxon sono rispettivamente: 101780 cell/L l'11 giugno nella stazione 4 e 398904 cell/L (*Protoperidinium bipes*) il 2 aprile. In autunno la comunità risulta abbastanza diversificata eccezione fatta per la stazione 2 dove predomina la specie *Prorocentrum micans* (276184 cell/L il 5 giugno nella stazione 2) e la stazione 4 dove predominano rappresentanti del genere *Gonyaulax* (1000188 cell/L di *Gonyaulax spinifera* il 16 ottobre).

4.7.3 Altre Fitoflagellate

Per quanto riguarda questo gruppo si osservano quantitativi diversi a seconda della stazione che non sono legati ad un particolare gradiente geografico nord-sud. Le stazioni 4 e 14 (questa ultima stazione deteneva il primato anche nel 2006) sono quelle in cui si registrano le abbondanze totali maggiori dimostrando così di avere le maggiori produttività; al contrario le stazioni 9 e 19 mostrano abbondanze totali minori. Stessa tendenza si può associare agli andamenti annuali. La stazione 4 si distingue per l'alta variabilità tra massimi e minimi relativi nel tempo. Qui si registrano dei picchi in primavera ed in autunno caratteristica che non si osserva nelle stazioni 9, 14, 19 dove invece le abbondanze maggiori si hanno solo in autunno. Sempre la stazione 4 mantiene abbondanze elevate anche in estate al contrario delle restanti stazioni che nel periodo estivo presentano valori medi inferiori. Il valore minimo (291579 cell/L) è stato registrato l'8 gennaio nella stazione 2 mentre il massimo registrato (44153216 cell/L) risale al 3 maggio sempre nella stazione 2. Per quanto riguarda le fioriture della Rafidoficea *Fibrocapsa japonica* verificatesi nel 2007 in alcuni tratti strettamente costieri, si rimanda al paragrafo 5 dove è riportata la descrizione degli eventi accaduti.

4.8 Azoto nitrico

L'azoto nitrico mostra 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 (in autunno nelle stazioni meridionali), 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 il 29 marzo con 892.9 µg/l (vedi Tabella 4). Negli istogrammi delle classi di frequenza (Figura 98) il più elevato numero di valori, circa il 47% dei casi, è compreso tra 1.3 e 91.1 µg/l. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 99) viene evidenziata l'ampia variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali.

4.9 Azoto nitroso

Questo parametro 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 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 Cesenatico il 30 gennaio con 44.1 µg/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 (Figura 98) si osserva come il 57% dei valori sono compresi tra 0.1 e 8.9 µg/l. Dal confronto con i valori medi sul lungo periodo (1993-2002) si evince che nel 2007 i dati di azoto nitroso presentano una netta riduzione in quasi tutti i mesi dell'anno (Figura 51).

4.10 Azoto ammoniacale

L'azoto ammoniacale presente nelle acque superficiali è in prevalenza di derivazione fluviale e costiera (insediamenti costieri). Nelle acque profonde tende a superare le concentrazioni superficiali nei periodi coincidenti con casi di sottosaturazione di ossigeno disciolto (ipossia/anossia). Dagli andamenti temporali (Figura 10, Figura 22 e Figura 37) si può osservare come le concentrazioni maggiori si rilevano nel periodo primaverile ed autunnale. Nelle acque superficiali la concentrazione più elevata è stata rilevata a Cesenatico il 18 gennaio con 105.6 µg/l.
Le medie annuali e le deviazioni standard (Figura 95) presentano concentrazioni tendenti alla diminuzione passando da costa verso il largo. I valori medi stagionali nelle acque superficiali delle stazioni costiere (Figura 97) mostrano i picchi più elevati in primavera, si caratterizza la stazione di Cesenatico (la 14) per gli alti valori in primavera e estate. Nel grafico relativo agli istogrammi di frequenza (Figura 98) si evidenzia come il 60 % delle determinazioni presenta concentrazioni comprese tra 0.4 e 14.4 µg/l. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 99) si nota una maggiore variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali. Anche per questo parametro si osserva una netta riduzione di valori medi per quasi tutti i mesi dell'anno rispetto ai valori medi climatologici calcolati sul lungo periodo (Figura 51)

4.11 Azoto totale

Andamento analogo alle altre componenti azotate. Mostra una forte variabilità e una buona correlazione con le portate fluviali (Figura 12, Figura 23, Figura 38 e Figura 2). I valori più elevati si 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 1619.4 µg/l è stato rilevato il 2 aprile a Bagni di Volano.
I valori medi annuali (Figura 95) presentano un trend tendente alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa al largo. Le medie stagionali (Figura 97) nelle stazioni costiere presentano i valori più elevati e le più ampie variazioni in inverno-primavera e in autunno, i più bassi in estate. Dagli istogrammi di frequenza (Figura 98) si può osservare come nel 57 % dei casi le concentrazioni sono comprese tra 230 e 448

µg/l. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 100) vengono mostrati il trend decrescente Nord-Sud e la maggiore variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali. Detta variabilità tende a diminuire e uniformarsi nelle stazioni meridionali. Anche per l'Azoto totale il confronto con i dati medi climatologici evidenzia la marcata riduzione di valori per quasi tutti i mesi dell'anno.

4.12 Fosforo ortofosfato

Le concentrazioni dell'ortofosfato (Figura 11, Figura 24 e Figura 39) mostrano un'elevata variabilità nelle stazioni costiere. Condizione attribuibile all'alternarsi del regime di marea e agli effetti che questi hanno sulla diffusione dei reflui. Nelle stazioni più al largo l'ortofosfato tende ad uniformarsi su valori più bassi e omogenei. Nelle acque di fondo le concentrazioni sono analoghe a 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 Marina di Ravenna l'8 febbraio con 20,00 µg/l (vedi Tabella 4). Le classi di frequenza (Figura 98) mostrano che nell'67% dei casi la concentrazione è compresa tra 0,4 e 2,4 µg/l. I valori medi annuali (Figura 95) mostrano le maggiori concentrazioni nelle stazioni costiere e tendono a decrescere passando da Nord a Sud. Le concentrazioni medie stagionali nelle stazioni costiere mostrano i valori più elevati nel periodo invernale e autunnale (Figura 97), i più bassi in estate. Nei diagrammi di Box e Whiskers (Figura 100), il parametro evidenzia le più alte variabilità nelle stazioni centro-settentrionali, più contenute e con una ridotta variabilità nelle stazioni meridionali. I valori medi confrontati con quelli climatologici rilevati nel lungo periodo, presentano una riduzione in quasi tutti i mesi (Figura 52).

4.13 Fosforo totale

Il fosforo totale mostra in genere una rilevante variabilità nelle concentrazioni. Questa condizione è particolarmente evidente nelle stazioni settentrionali (Figura 11, Figura 25 e Figura 40). Nelle acque di fondo le concentrazioni del fosforo totale sono in genere prossime a quelle rilevate in superficie con casi di superamento. La concentrazione più elevata misurata nelle stazioni costiere è stata di 66,57 µg/l rilevata a Porto Garibaldi il 16 ottobre.

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 una generale tendenza

alla diminuzione passando da Nord a Sud. Negli istogrammi di frequenza (Figura 98) si può notare come nel 58% dei casi le concentrazioni del parametro sono comprese tra 5,7 e 24 µg/l. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 100), viene evidenziata una tendenza alla diminuzione dei parametri statistici considerati da Nord a Sud (si distingue la stazione di Cesenatico). I valori medi confrontati con quelli climatologici rilevati nel lungo periodo, presentano una riduzione in quasi tutti i mesi (Figura 52).

4.14 Silice reattiva

Le concentrazioni della silice sono in stretta correlazione 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. Questo parametro essendo un buon tracciante di apporti di acqua dolce presenta una distribuzione analoga alla salinità con valori inversamente proporzionali (Figura 85 e Figura 94). Spazialmente quindi 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. Il valore più elevato è stato rilevato a Lido di Volano il 6 novembre con una concentrazione di 918,32 µg/l (vedi Tabella 4). I valori medi annuali (Figura 95) mostrano una evidente tendenza alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo. Si distingue il transetto 2 che, essendo investito direttamente dagli apporti del Po, mostra concentrazioni più o meno simili in ogni stazione (vedi sua posizione in Figura 1). Stagionalmente si rilevano le maggiori concentrazioni in inverno ed in autunno (Figura 97), le più basse in estate. Il diagramma multiplo di Box e Whiskers relativo alla silice reattiva (Figura 100) mette in luce la rilevante variabilità delle stazioni settentrionali, le meridionali presentano valori più bassi ed omogenei.

4.15 Rapporto N/P (frazione solubile)

Il rapporto N/P scaturisce dalla seguente equazione:

$$\frac{N\text{-}(NO3+NO2+NH3)}{P\text{-}(PO4)} = \Sigma \frac{N}{P}$$

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 e in autunno. Negli istogrammi di frequenza (Figura 98) viene evidenziato che nell' 56 % dei casi il valore N/P è compreso tra 2,6 e 126,8. 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 [i], è possibile rappresentare le fluttuazioni stagionali dei principali parametri di sistema in diagrammi come quelli riportati nelle Figura 77 e Figura 78. Differenti aree costiere possono essere collocate in questi diagrammi, in funzione dei rapporti molari medi N/P e dei corrispondenti rapporti $ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2}$, essendo questi ultimi una stima del grado di utilizzazione dei nutrienti.

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

$$Log(ChA/PO4)= Log\ b+ k\ Log(ChA/DIN),$$

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

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

Ma se k=1, allora sarà:

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

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

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

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 $ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2}$ rispetto al rapporto N/P) può essere seguita mese dopo mese, osservando le sue oscillazioni intorno ad un centro di gravità rappresentato dalla media annuale dei due rapporti.

---

[i] 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.

I diagrammi riportati nelle Figura 77 e Figura 78, si riferiscono all'andamento mensile dei rapporti elementari Clorofilla/Nutrienti rilevati in due aree significative della fascia costiera emiliano-romagnola, in un intero ciclo annuale. Sulle modalità di calcolo e sulle implicazioni di carattere teorico si rimanda alla bibliografia citata e ai rapporti annuali precedenti. Ci preme invece richiamare l'importanza di questi diagrammi nel rappresentare il sistema costiero nei suoi aspetti essenziali, di tipo trofo-dinamico. Attraverso questa rappresentazione grafica, possono essere descritte le proprietà dinamiche del sistema, utilizzando i tre soli parametri: Clorofilla, Azoto minerale disciolto e Ortofosfato solubile, che possono ben dirsi parametri fondamentali di stato trofico. Ricorrendo al logaritmo dei loro rapporti, possiamo infatti ricavare: 1) l'andamento del rapporto elementare N/P, che ci consente di individuare il nutriente che potenzialmente inibisce la crescita algale (i.e. il fattore limitante); 2) le variazioni dell'efficienza del sistema a produrre biomassa, a seconda dei nutrienti biodisponibili (i.e. il valore assunto dal rapporto ChA/(N*P)^0.5). Nel piano cartesiano, queste due proprietà possono essere lette sugli assi posti a 45° (N/P) e a –45° (efficienza). Per un intero ciclo annuale, l'evoluzione del sistema è perciò rappresentata in termini di limitazione-efficienza e di oscillazione dei punti (i.e. medie mensili), intorno al centroide rappresentato dalla media annuale. Disponendo dei dati prodotti dal monitoraggio di routine, in numero statisticamente significativo, è possibile quindi caratterizzare ogni area costiera e operare confronti nello spazio e nel tempo.

Venendo dunque al Sistema Po-Adriatico, osserviamo che nella zona nord (area Goro-CasalBorsetti in Figura 77), le notevoli variazioni a carico del rapporto N/P, da un massimo di oltre 500 in aprile a valori molto più bassi nel periodo estivo (< 30 in agosto), sono da riferire alla influenza delle portate padane, che raggiungono i massimi nel periodo primaverile - con elevati carichi di azoto che alzano il valore del rapporto N/P a mare - e i minimi nei mesi secchi estivi. D'altra parte la riduzione delle portate padane determina parimenti una riduzione dei carichi complessivamente veicolati in Adriatico, ciò che spinge il sistema ad incrementare l'efficienza. Nel diagramma questa peculiarità può essere letta osservando che i mesi primaverili (soprattutto aprile) occupano la parte in alto a sinistra del diagramma con alti valori di rapporto N/P e bassa efficienza, viceversa i mesi estivi occupano la parte in alto a destra, con bassi valori di N/P e invece alta efficienza. Nei tre mesi di novembre, dicembre e gennaio, il sistema è caratterizzato da una stasi evidente dei cicli algali, con bassi valori di clorofilla, bassa efficienza e valori di N/P prossimi alla media annuale. Questi tre mesi occupano infatti la parte bassa-centrale del diagramma, mentre dal mese di febbraio riprende con vigore l'attività di utilizzo dei nutrienti di origine padana e di produzione algale. Nella zona posta a sud del sistema costiero (Area Rimini-Cattolica: Figura 78), valgono le stesse considerazioni generali, ma è necessario sottolineare: 1) la minore variabilità stagionale

riscontrata (l'entità delle oscillazioni intorno alla media annuale è infatti meno marcata) e, 2) la ripresa anticipata dei cicli algali, a partire da gennaio.
Infine, dal confronto con gli anni precedenti, il sistema non ha mostrato differenze notevoli in relazione al valore medio annuo del rapporto N/P (N/P=130 nel 2006; N/P=129 nel 2007), mentre in termini di efficienza il 2007 ha fatto registrare valori mai osservati negli anni precedenti, in media con valori del rapporto [ChA/(N*P)^0.5], tre volte più alti che nel biennio 2003-2004 (9.04 rispetto a ~ 3). Nel 2006 era pari a 5.7. Il valore del parametro efficienza rimane elevato, anche prendendo in considerazione la zona sud (Figura 78). Per rendere conto di questi alti valori, possiamo concludere che, rispetto agli altri anni, nel 2007 il sistema Po-Adriatico ha prodotto mediamente più clorofilla per unità di nutrienti bio-disponibili, in altre parole ha "ottimizzato" le risorse disponibili per mantenere comunque elevati i livelli trofici.

4.16 Rapporto Ntot/Ptot

La distribuzione dei valori del rapporto azoto totale su fosforo totale (Figura 13, Figura 27, Figura 42) tendono ad avere una variabilità meno accentuata rispetto al rapporto dei solubili. La minore variabilità è dovuta al fatto che, mentre nel rapporto dei solubili inorganici si hanno di norma alti valori per l'esubero della frazione azotata (quella fosfatica agendo da fattore limitante viene in molti casi completamente assimilata dalla biomassa autotrofa), in quella dei totali vi è, a seguito della mineralizzazione prevista dalle procedure analitiche, il recupero del fosforo organico (particolato e organico solubile) che ponderalmente tende a riequilibrare il rapporto. Nelle acque di fondo (Figura 42) si hanno valori simili a quelli rilevati in superficie. Le medie annuali calcolate sulle stazioni dei transetti (Figura 95) presentano i più bassi valori nelle stazioni costiere, tendono ad aumentare in quelle al largo. Stagionalmente (Figura 97) le medie presentano i più alti valori in inverno-primavera e in autunno, i più bassi in estate.

4.17 Rapporto Ntot sol/Ptot sol

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

4.18 Indice Trofico (TRIX)

Approccio metodologico di sviluppo dell'Indice Trofico (TRIX)

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

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

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

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

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

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

- essere pertinenti ad un disegno di Indice Trofico per le acque 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” mg/m^3
- Ossigeno disciolto espresso in percentuale, come deviazione in valore assoluto dalla saturazione: Ass[100 - O.D. %] = |O.D.%|

b) Fattori nutrizionali:

- Fosforo totale espresso in µg/l
- DIN azoto minerale disciolto (N-NO3 + N-NO2 + N- NH3) in µg/l

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

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

Indice Trofico TRIX = (Log[Cha x |OD%| x N x P] - [-1.5])/1.2

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Nelle distribuzioni temporali e spaziali dei valori medi mensili (vedi Figura 67) dell'Indice Trofico (TRIX) in superficie si evidenzia, dalle mappe tematiche, una situazione diversificata rispetto all'andamento medio mensile riscontrato nell'anno precedente. Durante il periodo invernale (gennaio, marzo) l'Indice Trofico si presenta in uno stato "Mediocre" su tutta la fascia costiera, mentre la condizione di stato "Scadente" si colloca solo a sud del delta Po tra febbraio e marzo.
L'analisi più dettagliata delle distribuzioni spaziali del TRIX mostra che in gennaio tutta la costa presenta un Indice Trofico che identifica una condizione "Mediocre". In febbraio la situazione tende a diversificarsi e lo stato "Scadente" che sottende acque fortemente produttive, livelli di trofia elevati, alta torbidità delle acque e alterazioni delle comunità bentoniche, si estende a fino a 10 Km verso il largo nella zona settentrionale riducendosi in marzo nell'area immediatamente a ridosso del delta Po. A differenza di quanto rilevato lo scorso anno la zona meridionale e soprattutto nelle stazioni verso il largo lo stato ambientale è "Buono". 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 omogeneizzare, su un vasto territorio, gli elementi che concorrono alla definizione dell'Indice Trofico.
Nel periodo primaverile (aprile-maggio) confermando una tendenza del periodo, si instaura un evidente gradiente nord-sud poiché si modifica da un lato la circolazione delle acque costiere e dall'altro gli apporti veicolati dal Po tendono a diminuire.
In questo periodo si osserva una differenziazione territoriale in senso longitudinale della distribuzione del TRIX, che presenta uno stato "Scadente" tra il delta del Po e i Lidi Ferraresi; "Mediocre" da Ravenna fino a Cesenatico, "Buono" tra Cesenatico e Cattolica Cattolica e "Elevato" con Indice Trofico inferiore a 4, nelle zone verso il largo nell'area che si estende da Ravenna a Cattolica.
In giugno si osserva,rispetto a maggio, un peggioramento dello stato ambientale con la condizione di stato "Elevato" che si posiziona solo nella parte sud, mentre dal delta del Po a Cesenatico le acque mostrano uno stato ambientale "Mediocre" con TRIX compreso tra 5 e 6. Questa condizione in peggioramento rispetto all'anno precedente, è stata determinata dall'incremento degli apporti a mare di fattori eutrofizzanti generati sia nei bacini costieri ma soprattutto in quello padano con elevate portate del fiume Po.

Nel periodo estivo le condizioni di stato trofico tendono a mantenersi stabili soprattutto in luglio ed agosto dove 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, 2005 e 2006 sulla base dell'Indice Trofico e delle relative condizioni di stato qualitativo ambientale si può affermare che anche il periodo estivo 2007 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 del fiume Po, si osserva che oltre il 90% del territorio monitorato si colloca in una posizione di stato trofico "Mediocre" con Indice Trofico compreso tra 5 e 6 e "Scadente" nel 10% del territorio nell'area tra Porto Garibaldi e Cesenatico.

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

In sintesi, rispetto lo scorso anno si evince un incremento del TRIX particolarmente nel periodo estivo e nelle stazioni meridionali mentre in autunno si registra una situazione di stabilità ed una riduzione dell'Indice Trofico nel periodo invernale.

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 (48 % dei casi), stato trofico "Scadente", per la stazione 2 (0.5 Km Goro) e maggiore di 5, stato trofico "Mediocre", (74 % dei casi) per la stazione 4 (0.5 Km P. Garibaldi), valori leggermente inferiori rispetto la frequenza dei casi riscontrati nel 2006 ma di molto superiori se comparati con la situazione del 2003 e 2004.

Nelle predette stazioni le oscillazioni di TRIX sono abbastanza accentuate e in alcune 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".

A differenza delle stazioni situate nella parte settentrionale, quelle meridionali (17 Rimini, 19 Cattolica) per gran parte del periodo primaverile e estivo, sono caratterizzate da bassi Indici Trofici (inferiori a 5 unità di TRIX) che testimoniano uno stato qualitativo “Buono/Elevato” ed un quadro generale di condizioni ambientali con acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, assenza o occasionale presenza di colorazione, confermando 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 significativi che variano tra 0.29 e 0.77. 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 0.66 (Staz. 14 Cesenatico) e

0.89 (Staz 4, P. Garibaldi), 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 2.59 nella stazione 1019 ad un massimo di 7.21 nella stazione 4 (0.5 Km da P. Garibaldi) con un range di variazione di 4.67 unità di TRIX. Da notare che valori minimi vicini a 2 di TRIX rilevati nella zona antistante Cattolica sono stati osservati solo di rado negli ultimi 10 anni.

Confrontando la posizione del valore medio del 2007 del TRIX nelle quattro stazioni con i dati 2002, 2005 e 2006 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 leggero peggioramento dell'indice, nelle stazioni 4 e 14 i punti di indagine che rappresentano la zona centrale e settentrionale della costa subiscono un incremento dello stato trofico che, pur mantenendosi nella classe "Mediocre" si posizionano nella zona centrale della scala dimostrando un peggioramento 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 (Log(Cl"a"x |OD%|); 2) indicatori di produttività potenziale, (Log(DIN x 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 2007 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 periodo 1996-2007 (Figura 74), si evince un gradiente in diminuzione dell'Indice Trofico da nord verso sud; un peggioramento nelle stazioni costiere di Cesenatico e Cattolica rispetto al 2006 ed una diminuzione del valore nella stazione a 10 Km al largo di Cattolica e nella stazione a 0.5 Km antistante P. Garibaldi.

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

In inverno buona parte delle acque marine della costa presentano condizioni qualitative assimilabili alla classe "Mediocre/Scadente" in miglioramento però rispetto al 2006. Nella zona centro-meridionale nelle aree verso il largo (1-10 Km) il TRIX medio si

attesta invece in uno stato ambientale “Buono”. In primavera la costa, si presenta simile a quella riscontrata nel 2005 e 2006 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 posiziona in una condizione di stato ambientale “Buono/Elevato” con acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, elevata trasparenza, e assenza di anomale colorazioni.

Nei mesi autunnali, a seguito dell’aumento delle portate del fiume Po e del relativo carico eutrofico, si evidenzia, come nel 2006, che la costa risulta ancora divisa in tre parti: “Scadente nella zona settentrionale a ridosso del delta Po, “Mediocre” lungo la fascia costiera tra P. Garibaldi e Rimini, “Buono” nella zona meridionale verso il largo.

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

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

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

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

Anche se la variabilità è ampia, particolarmente per la zona settentrionale, si evidenzia una buona corrispondenza tra il valore di Indice Trofico ed il fattore di diluizione F%, soprattutto per le aree situate a 3 Km dalla costa; andamento confermato anche dallo stretto rapporto di dipendenza tra gli apporti di nutrienti da terra ed il TRIX (Figura 82), quantificato mediante una espressione di regressione con coefficiente di correlazione r=0.64 per la zona “A” (Goro-Ravenna).

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

Ai fini della classificazione deve essere considerato il valore medio annuale dell'Indice Trofico ed i risultati derivanti dall'applicazione del TRIX determineranno l'attribuzione di stato ambientale secondo la Tabella 8.
Come obiettivo intermedio da raggiungere entro il 2008 per la costa emiliano-romagnola, considerata area sensibile ai sensi dell'Art. 5 del predetto Decreto, si prende come riferimento un punteggio medio derivante dall'applicazione dell'Indice Trofico non superiore a 5.0 unità di TRIX.
Per la classificazione delle acque costiere marine in base al predetto Indice non vengono utilizzati i dati, come numero di stazioni e frequenza di campionamento, previsti dal D. Lgs 152/99, ma quelli rilevati in tutte le stazioni della rete di monitoraggio della costa emiliano-romagnola (da costa fino a 3 Km a frequenza settimanale/quindicinale, vedi Figura 107).
La metodologia seguita è stata quella di suddividere la fascia costiera in 9 subaree: a 0.5, 1 e 3 Km dalla costa, mediare quindi nell'arco dell'anno i valori di TRIX ricavati per le stazioni collocate all'interno delle rispettive subaree che sono rappresentative sia di numero sia di frequenza di rilevazione della subarea cui appartengono (Figura 91 e 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 5.17 +/- 0.87 di Deviazione Standard; però mentre nella subarea settentrionale ci si trova all'interno della condizione "Mediocre" (TRIX medio=5.49), nella parte meridionale (Cesenatico-Cattolica) ci si colloca all'interno dello stato "Buono" (4.7).
Tutta la fascia costiera mostra un trend stabile di questo Indice di stato Trofico in tutte le subaree confrontato con l'andamento dell'anno precedente. 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 4.9, 4,7 e 4.4.
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 26 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". L'ulteriore disaggregazione dei dati per territorio provinciale mette in evidenza che la Provincia di Ferrara e Forlì-Cesena presentano TRIX medio rispettivamente di 5.44 e 5.16 che equivalgono ad una stato ambientale "Mediocre", quelle di Ravenna, e Rimini mostrando un TRIX medio rispettivamente di 4.91, e 4.49 posizionandosi nella stessa classe nella condizione di stato "Buono" con un leggero miglioramento rispetto al 2006.

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 particellato 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 particellato 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.

$$\mathbf{TRSP_{(p)} = 30/(1+Ch^{(0.7)})}$$

Range di variabilità: Clorofilla "a" da 0.2 a 300 mg/m^3

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) $\mathbf{TRBR = TRSP_{(p)} / TRSP_{(a)}}$

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

$\mathbf{TRBIX = Log_2 (TRBR)}$

Una semplice interpretazione di questo indice è che le acque sono otticamente biosaturate riguardo la clorofilla se il TRBIX = 0; se il TRBIX = 1, il contributo della clorofilla e del particellato 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 delle subaree A, B e C a 0.5 Km.

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

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

Il confronto tra le subaree della costa mostra che nella zona centro-settentrionale la maggior parte dei valori, si distribuiscono sul quadrante B che identifica, in termini di TRBIX, una zona prevalentemente colorata da sviluppo di fitoplancton ed una bassa trasparenza; però circa il 40 % dei dati si posiziona nell'area A che sottendono acque poco o scarsamente colorate con presenza di torbidità dovuta anche alla componente minerale. Questa peculiare distribuzione generale dei dati nell'area centro-

settentrionale, sottolinea la forte variabilità riscontrata nel 2007 con periodi di elevata concentrazione di biomassa microalgale e situazioni di medio/alta trasparenza.
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 prevalentemente nel quadrante A con un aumento rispetto all'anno precedente dei valori, indicando una diminuzione dell'effetto della presenza della biomassa microalgale nella determinazione della trasparenza nella zona, quindi la torbidità eventualmente presente è dovuta in gran parte alla risospensione del sedimento e/o agli apporti di materiale inorganico fine dai bacini costieri.
La combinazione dell'indice Trofico TRIX e dell'Indice di Torbidità TRBIX intesi come componenti di un vettore, dovrebbe caratterizzare la qualità delle acque marine in maniera più generale e fornire mediante la sua applicazione un Indice Generale di Qualità.

5 EVOLUZIONE DEI PROCESSI TROFICI NEL 2007

Testi dei bollettini periodici.

5.1 Eutrofizzazione

Si riportano i testi dei bollettini settimanali emessi in tempo reale e riferiti al monitoraggio sullo stato trofico e sui principali eventi che hanno caratterizzato lo stato qualitativo dell'ecosistema marino costiero in Emilia-Romagna nel 2007.

Bollettino N 1 del 08 - 09 Gennaio 2007

Le frequenti condizioni di mare mosso che hanno caratterizzato la prima decade del mese hanno portato un miglioramento dello stato qualitativo delle acque costiere. In particolare il completo miscelamento della colonna d'acqua e il ricambio delle masse d'acqua hanno determinato una riduzione dei livelli di biomassa microalgale riscontrati nel precedente monitoraggio (dicembre 2007), che attualmente si attestano attorno a valori medio/bassi. Conseguentemente tutti i parametri idrologici rilevati rientrano all'interno del valore medio climatologico del periodo. Da segnalare l'incremento della trasparenza che oscilla mediamente tra 4 e 5 m di visibilità.

Bollettino N 2 del 29 - 30 Gennaio 2007

Nella fascia costiera monitorata (Goro – Cattolica) non si segnalano processi eutrofici in atto ne fioriture microalgali. Gli indicatori di biomassa microalgale sono generalmente bassi soprattutto lungo la fascia strettamente costiera; la zona al largo è interessata da acque leggermente meno salate. Le variabili idrologiche si presentano dalla superficie al fondo uniformi per effetto del miscelamento operato dal moto ondoso. In conseguenza della stabilità meteo-marina del periodo e degli scarsi apporti dai bacini costieri si ha un incremento della trasparenza.

Bollettino N 3 del 05 - 06 Febbraio 2007

La fascia costiera dell'Emilia Romagna è caratterizzata da livelli di biomassa microalgale medio/bassi, in regressione da Nord verso la parte meridionale della costa al limite della condizione eutrofica. Gli scarsi apporti dai bacini costieri e soprattutto dal bacino padano (le portate medie attuali sono più basse del 50% rispetto al valore medio poliennale del periodo) tendono a mantenere elevata la salinità che si distribuisce uniformemente dalla superficie al fondo. La colonna d'acqua si rileva omogenea e ben ossigenata in tutti gli strati. La trasparenza è buona (attorno ai 2 metri). Da segnalare che la temperatura dell'acqua in superficie è superiore di circa 1,8 °C rispetto alla media climatologica del periodo. Persistono nella colonna d'acqua, negli strati tra 6-12 metri e sul fondo nelle stazioni verso il largo, aggregazioni di materiale mucillaginoso a conformazione di grossi filamenti e reticoli che, considerato il colore e la densità del materiale, sarebbero di produzione non recente.

Bollettino N 4 del 19 - 20 Febbraio 2007

Lo stato qualitativo delle acque costiere evidenzia un peggioramento rispetto il precedente monitoraggio.

Gli indici trofici sono in in aumento configurando una condizione di eutrofizzazione lungo tutta la fascia costiera emiliano-romagnola, estesa anche nelle stazioni verso il largo (6-10 Km) nell'area centro-settentrionale. La biomassa microalgale presente conferisce una colorazione marrone alle acque superficiali e determina una sensibile riduzione della trasparenza che oscilla attorno al metro di profondità. La presenza di acque dolci lungo tutta l'area in esame testimonia come il processo eutrofico in atto sia sostenuto da apporti di nutrienti (azoto/fosforo) sversati sia dai bacini costieri che da quello padano. Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, nella subarea "a" si segnalano, sia in alcune stazioni in costa che a 3 Km, casi di ipossia.

Bollettino N 5 del 06 - 08 Marzo 2007

Lo stato qualitativo delle acque costiere antistanti l'Emilia-Romagna evidenzia un miglioramento delle condizioni trofiche rispetto al monitoraggio precedente con valori medi di clorofilla "a" inferiori ai 7µg/L. La zona settentrionale della costa rimane interessata dalla presenza di acque dolci superficiali che si estendono fino a 10 Km al largo. Elevata la torbidità delle acque superficiali nella zona centro-settentrionale della costa, nell'area più meridionale i valori di trasparenza osservati risultano più elevati. I valori di ossigeno disciolto lungo la colonna d'acqua rientrano nella norma, fanno eccezione alcune aree bentoniche antistanti Marina di Ravenna e Porto Corsini che tendono all'ipossia. Le temperature delle acque superficiali sono di circa 3 °C superiori la media climatologica del periodo. Nella zona centro-meridionale della costa dai 3 ai 20 Km, alle quote batimetriche comprese tra i -5 e i -10, m si osservano aggregazioni di materiale mucillaginoso a conformazione di filamenti, flocculi e reticoli densi. Per effetto dei venti di libeccio della scorsa settimana il materiale mucillaginoso presente in profondità è stato trasportato verso costa con la conseguente formazione di aggregati mucosi di piccole dimensioni nelle acque superficiali.

Bollettino N 6 del 28 - 29 Marzo 2007

Le acque costiere antistanti l'Emilia-Romagna presentano valori di clorofilla "a" medio alti, in particolare nella zona settentrionale e in quella centrale. Valori di trasparenza e salinità bassi lungo la costa evidenziano sversamenti di acque dolci in atto sia dal bacino padano che dai bacini costieri. Sempre il forte apporto di acque dolci è la causa della presenza di tronchi e arbusti alla deriva. I valori di ossigeno disciolto lungo la colonna d'acqua non presentano anomalie. Le temperature delle acque superficiali si mantengono al di sopra della norma del periodo.

Bollettino N 7 del 02 - 03 Aprile 2007

Gli apporti di acque dolci sversati dai fiumi, dal Po in particolare, conseguentemente alle prolungate precipitazioni della scorsa settimana, hanno da un lato determinato una riduzione della salinità e dall'altro elevato gli indicatori di biomassa microalgale a seguito di apporti di fattori nutritivi. Gran parte delle acque costiere sono pertanto caratterizzate da una condizione di eutrofizzazione sostenuta prevalentemente da Diatomee che si manifestano con una colorazione verde-marrone delle acque, in regressione da nord verso sud e da costa verso il largo. Nella parte centro-settentrionale gli alti livelli di biomassa microalgale si estendono fino a 6 Km dalla costa con una riduzione della trasparenza che varia da 1,5 a 2 m. Sebbene sussistano variazioni di ossigeno tra la superficie ed il fondo, a livello del sedimento non si riscontrano condizioni di carenza di ossigeno ed in generale la struttura della colonna d'acqua risulta miscelata. Infatti la temperatura, che oscilla tra 12 e 13 °C, rientra nella variazione media del periodo e si mostra omogenea dalla superficie al fondo. Le immagini rilevate con telecamera subacquea da costa fino a 20 Km al largo, non evidenziano aggregazioni significative di materiale

mucillaginoso; soltanto nella stazione a 3 Km antistante Cattolica si osservano formazioni mucillaginose a forma di reticolo.

Bollettino N 8 del 16 - 17 Aprile 2007

Lo stato qualitativo delle acque costiere evidenzia una condizione di eutrofizzazione sostenuta da masse di acque dolci di origine padana che, soprattutto nell'area settentrionale, fanno sì che il valore medio di salinità si attesti sui 24 psu. Nella stessa area la colorazione delle acque verde-marrone è dovuta e Diatomee e a fitoflagellati minori di origine fluviale. Rispetto al precedente monitoraggio, 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 (Casalborsetti-Porto Garibaldi). Le temperature delle acque superficiali risultano incrementate soprattutto nella zona settentrionale dove gli apporti di acque dolci in mare sono consistenti. Le immagini rilevate con telecamera subacquea da costa fino a 20 Km al largo evidenziano lungo la colonna d'acqua, aggregazioni mucillaginose a forma di reticolo, in particolare nella zona centro-settentrionale della costa.

Bollettino N 9 del 02 - 03 Maggio 2007

Il cambiamento della circolazione delle acque costiere di quest'ultimo periodo, causato dall'intensificarsi dei venti da sud-est, ha favorito il trasporto di acqua ad alta salinità dal largo verso costa determinando un sensibile miglioramento dello stato qualitativo. Se si esclude la zona a ridosso del delta del Po caratterizzata da bassa salinità, livelli trofici al limite dello stato eutrofico e da temperature elevate (19.0-19.5 °C), in gran parte della fascia costiera i livelli di biomassa microalgale sono medio-bassi, la salinità è alta e le concentrazioni di ossigeno sono omogenee sull'intera colonna d'acqua. Sebbene la temperatura tenda a diminuire rispetto al precedente monitoraggio, attestandosi sui valori medi del periodo, sussistono forti variazioni tra la superficie e il fondo con la formazione di ampi termoclini negli strati intermedi che possono limitare gli scambi tra lo strato superficiale e quello profondo. La trasparenza è bassa nella parte settentrionale della costa (1.0-1.5 m) e tende progressivamente ad aumentare procedendo verso la zona meridionale. Le indagini effettuate sulla presenza di materiale mucillaginoso evidenziano che il fenomeno riscontrato nel mese di aprile si è dissolto e allo stato attuale non si riscontrano aggregazioni significative.

Bollettino N 10 del 08 - 09 Maggio 2007

La fascia costiera è caratterizzata da condizioni ambientali che contraddistinguono due zone ben differenziate. La prima zona, che si estende del delta Po fino a Ravenna, è interessata da un processo di eutrofizzazione determinato da microalghe del gruppo delle Diatomee che si manifestano con una colorazione verde delle acque ed una riduzione della trasparenza che oscilla tra 1 e 2 m. L'aumento della biomassa microalgale è determinato dall'apporto di nutrienti trasportati dal Po a seguito delle precipitazioni che nei giorni scorsi hanno interessato parte del bacino padano. La seconda zona, antistante la parte meridionale della costa, (Cesenatico-Cattolica) si distingue per i bassi livelli di clorofilla, alta trasparenza, elevata salinità che in generale attestano uno stato ambientale "Buono/Elevato". La temperatura superficiale della parte settentrionale della costa è superiore alla media del periodo, mentre da Ravenna a Cattolica si allinea al valore medio climatologico della prima decade di maggio. Le osservazioni effettuate con la telecamera subacquea non hanno rilevato alcuna aggregazione di materiale mucillaginoso.

Bollettino N 11 del 14 - 15 Maggio 2007

Il vento di Libeccio/Ponente (Sud/Ovest) dei giorni scorsi ha determinato un rapido ricambio delle acque costiere apportando un ulteriore miglioramento dello stato qualitativo ambientale. In estrema sintesi le acque di superficie sono state trasportate verso il largo con il conseguente richiamo in costa delle acque profonde, determinando un innalzamento della salinità ed un incremento della trasparenza. La zona settentrionale è caratterizzata da concentrazioni medio/basse di biomassa microalgale che risultano in diminuzione rispetto la scorsa settimana e sempre più confinata alla zona costiera a ridosso del delta del Po. L'area meridionale è priva di fioriture microalgali e tutti i parametri idrologici rientrano nella variazione media del periodo sia in superficie che sul fondo.

Bollettino N 12 del 21 - 24 Maggio 2007

Lungo la fascia costiera antistante l'Emilia-Romagna permane una condizione di stato "Buono/Elevato". Lo scarso apporto dai fiumi costieri e dal bacino del Po mantiene basso il livello della biomassa microalgale e, conseguentemente, le acque mostrano una salinità elevata e alta trasparenza che nelle stazioni al largo raggiunge 7-8 m. Da rilevare l'ulteriore incremento delle temperature di superficie che si attestano attorno ai 23°C (valore superiore alla media del periodo) che tendono ad aumentare di 2-3 °C nella zona di balneazione a causa dell'assenza di moto ondoso e delle alte temperature atmosferiche che caratterizzano il periodo. Tutti gli altri parametri idrologici rilevati rientrano nella variazione media del periodo. Sebbene persista una forte stratificazione termica tra la superficie ed il fondo, a livello del fondale si riscontra una buona ossigenazione delle acque.

Bollettino N 13 del 30 - 31 Maggio 2007

Il monitoraggio effettuato lungo la fascia costiera antistante l'Emilia Romagna conferma, in generale, una "Buona" condizione; i livelli di biomassa microalgale risultano essere nella norma ad eccezione della zona compresa tra Lido delle Nazioni e Bagni di Volano che registra elevati valori di clorofilla a partire dai 500 metri fino ai 3 Km dalla costa, evidenziando una limitata condizione di trofia che visivamente si manifesta con una colorazione verde-marrone delle acque e bassa trasparenza. Le temperature medie delle acque superficiali risultano essere in leggera diminuzione rispetto la settimana scorsa, sia nella zona settentrionale della costa che nella zona meridionale, condizione dovuta alla instabilità meteo-marina. Il mare mosso dei giorni scorsi ha miscelato l'intera colonna d'acqua rendendo uniformi i parametri idrologici. I valori di ossigeno disciolto registrati rientrano nella norma, la salinità risulta essere in lieve aumento sia nelle aree settentrionali che in quelle centro-meridionali.

Bollettino N 14 del 04 - 05 Giugno 2007

Nell'area centro-settentrionale della costa è in atto un processo di eutrofizzazione intenso ed esteso, anche nella zone al largo (6-10 Km dalla costa), con livelli di biomassa microalgale che superano di 2-3 volte il limite di eutrofia. La fioritura microalgale, determinata prevalentemente da Diatomee, si manifesta con una colorazione verde delle acque ed una riduzione della trasparenza che varia attorno al metro. Lo sviluppo del fitoplancton è determinato dall'apporto di sostanze nutritive, in particolare veicolate dal fiume Po e conseguenti alle precipitazioni dei giorni scorsi che hanno interessato il bacino padano. Le portate del Po infatti sono quadruplicate nell'arco di una settimana passando da circa 400 mc/sec del 29-5 a 1630 mc/sec attuali provocando nel contempo una sensibile riduzione della salinità nelle zone soggette ad eutrofia. La temperatura dell'acqua rientra nella variazione media del periodo (22-23 °C) e l'ossigeno disciolto in superficie è in sovrasaturazione mentre a livello del fondale si riduce di

circa il 50% nelle stazioni a maggiore profondità. Nella parte più meridionale della costa le condizioni dello stato qualitativo dell'ecosistema sono buone con assenza di fenomeni eutrofici.

Bollettino N 15 del 11 - 13 Giugno 2007

Il monitoraggio sullo stato qualitativo delle acque costiere evidenzia una condizione di eutrofizzazione nella parte settentrionale della costa (Goro-Ravenna) caratterizzata da un forte sviluppo di microalghe, in intensificazione rispetto la scorsa settimana, in particolare nelle stazioni al largo e a ridosso del delta padano. Il processo eutrofico in atto, che si manifesta con una colorazione verde delle acque ed una riduzione della trasparenza è favorito dalle condizioni meteo-marine stabili ed è alimentato dai continui apporti di elementi nutritivi, in quest'area la salinità tende ulteriormente a ridursi anche nelle stazioni più distanti dalla costa. In generale l'ossigeno disciolto sul fondo tende a diminuire configurando una condizione di carenza di ossigeno con focolai di anossia a 3 Km antistante P. Garibaldi. Nella zona centrale della costa, sebbene i livelli di biomassa microalgale riscontrati siano medio/bassi, nella fascia costiera (0.5-3 Km) si registra una condizione di ipossia, più accentuata nell'area antistante L. di Savio e Milano Marittima. Detto stato è compatibile con casi di sofferenza degli organismi di fondo che è stato osservato nei giorni scorsi. Nella parte meridionale della costa (Rimini-Cattolica) lo stato qualitativo delle acque è "Buono" ed è caratterizzato da condizioni idrologiche che rientrano in un quadro di normalità del periodo. Da segnalare l'aumento della temperatura (2-3°C) rispetto alla media del periodo con punte di oltre 26 °C nelle zone soggette ad eutrofia.

Bollettino N 16 del 18 - 19 Giugno 2007

La forte libecciata della scorsa settimana ha provocato un tangibile miglioramento dello stato qualitativo dell'ecosistema costiero che attualmente si presenta in una condizione ambientale "Buono/Elevata". Le acque costiere, che la scorsa settimana erano in una condizione di eutrofizzazione, sono state sospinte verso il largo con il conseguente richiamo in costa delle acque profonde. Conseguentemente la temperatura superficiale si è ridotta di 2-3 °C e, soprattutto, sono aumentate la salinità, la trasparenza e si sono abbassati i livelli di biomassa microalgale. Permane una condizione di eutrofizzazione nella zona costiera settentrionale a ridosso del delta del Po, alimentata dagli apporti di nutrienti immessi dal bacino padano, che determina uno stato di anossia delle acque di fondo localizzato nell'area costiera tra Goro e Lido delle Nazioni.

Bollettino N 17 del 25 - 26 Giugno 2007

Il monitoraggio sullo stato qualitativo delle acque costiere conferma la condizione di stato ambientale "Buono/Elevato" già riscontrata la scorsa settimana. La sostenuta dinamica delle masse d'acqua favorisce il ricambio nella zona costiera allineando tutti i parametri idrologici alla condizione di normalità del periodo. In particolare si riscontra un aumento della salinità, della trasparenza ed una ulteriore riduzione della biomassa microalgale soprattutto nella zona meridionale della costa. Permane uno stato di eutrofia limitato alla fascia costiera che si estende tra Porto Garibaldi e Goro, mentre la condizione di carenza/assenza di ossigeno nelle acque di fondo rilevata nel precedente monitoraggio nella medesima zona si è completamente risolta.

Bollettino N 18 del 02 - 03 Luglio 2007

Lo stato ambientale delle acque costiere permane pressochè invariato rispetto al monitoraggio effettuato la scorsa settimana. In generale la fascia costiera è caratterizzata da salinità elevate, alta trasparenza e medio/basse concentrazioni di biomassa. Limitatamente alla zona a ridosso del delta padano persiste una

condizione di eutrofia sostenuta dagli apporti sversati dal fiume Po. Nella zona costiera (0.5-1 Km) dell'area settentrionale (lidi ferraresi) si riscontra una situazione di anossia delle acque bentiche. A seguito della sostenuta dinamica delle masse d'acqua, causata essenzialmente dai venti del terzo quadrante (Sud-Ovest), tutti i parametri idrologici risultano omogenei nella colonna d'acqua. Si segnala una limitata fioritura microalgale sostenuta dalla fitoflagellata *Fibrocapsa japonica* in un'area prettamente costiera antistante Riccione, che si manifesta con una colorazione rosso-bruno delle acque superficiali ed una riduzione della trasparenza.

Bollettino N 19 del 09 - 12 Luglio 2007

Per avverse condizioni meteomarine la zona monitorata è stata controllata nelle giornate del 9 luglio (Cesenatico - Cattolica) e del 12 luglio (Cesenatico - Goro). E' stata rilevata una circoscritta area eutrofica corrispondente alla zona a ridosso del delta del fiume Po. I valori di salinità si presentano medio-alti anche a seguito delle condizioni di mare mosso verificatesi nei giorni precedenti. La temperatura delle acque è in diminuzione rispetto alla settimana precedente.. In genere, per tutti i parametri misurati, la colonna d'acqua presenta omogeneità dalla superficie al fondo. I valori di trasparenza non sono particolarmente elevati per la presenza di detrito sedimentario sospeso dalle già citate condizioni di mare mosso. La concentrazione della clorofilla "a" si mantiene su valori medio-bassi ad esclusione dell'area prossima al delta del Po (Max valore di Clorofilla "a" 13.3 µg/l nella stazione 2).

Bollettino N 20 del 16 - 17 Luglio 2007

Perdura un generale stato qualitativo "Buono" dell'ambiente marino costiero antistante l'Emilia-Romagna. Il monitoraggio effettuato ha registrato un aumento di circa 2 °C della temperatura delle acque superficiali sia nell'area centro-settentrionale che in quella meridionale della costa. I valori dell'ossigeno disciolto lungo la colonna d'acqua rientrano nella norma; fa eccezione l'area antistante Lido delle Nazioni e Bagni di Volano dove si è registrata, nelle acque prossime al fondo, una situazione tendente all'ipossia. In questa ultima stazione permangono valori alti di clorofilla "a" in una zona compresa tra i 500 e i 1000 metri da costa. La salinità si mantiene su valori medio-alti, pressoché invariati rispetto al controllo precedente. Nell'area centro-settentrionale la trasparenza delle acque risente ancora della presenza di materiale particellato sospeso. Nell'area costiera (100-200 m dalla battigia) antistante il litorale riccionese si registra la presenza di in intensa fioritura microalgale sostenuta dalla fitoflagellata *Fibrocapsa japonica* che determina una colorazione rosso-bruna delle acque e una forte riduzione della trasparenza.

Bollettino N 21 del 23 - 24 Luglio 2007

Le acque costiere dell'Emilia-Romagna non sono interessate da fioriture microalgali. Su tutta la costa infatti gli indicatori di stato eutrofico si mantengono bassi particolarmente nella zona centro-meridionale che è caratterizzata da un'elevata trasparenza delle acque. L'evento determinante che ha contribuito al miglioramento dello stato qualitativo delle acque è stato il vento da sud-ovest (Libeccio) che la scorsa settimana ha spirato per più giorni. Infatti le acque di superficie sono state sospinte verso il largo con il conseguente richiamo in costa di quelle di fondo che risultano più salate, più fredde e più trasparenti e che hanno generato un rapido ricambio delle masse d'acqua. Questo modello di circolazione, peraltro già ripresentato più volte in questo mese, ha determinato un innalzamento della salinità ed una riduzione della temperatura che si attesta al di sotto della media del periodo nonostante le alte temperature atmosferiche.

Sempre per effetto del fenomeno predetto l'ossigeno disciolto risulta inferiore alla saturazione in superficie e tende all'ipossia nelle acque di fondo nel tratto di costa antistante la provincia di Ferrara.

Bollettino N 22 del 30 Luglio – 02 Agosto 2007

L'intensa mareggiata che ha caratterizzato la fascia costiera dell'Emilia-Romagna ha provocato il completo miscelamento della colonna d'acqua uniformando i parametri idrologici dalla superficie al fondo. Sebbene permanga ancora torbidità di tipo minerale dovuta alla risospensione del sedimento, gli indicatori di stato trofico si mantengono su valori medio-bassi confermando il trend positivo del periodo ed in particolare gli strati prossimi al fondale risultano ben ossigenati. Le altre variabili idrologiche analizzate non si discostano in modo significativo dal dato medio climatologico nell'area monitorata.

Bollettino N 23 del 06– 07 Agosto 2007

Lo stato qualitativo generale delle acque costiere antistante l'Emilia-Romagna presenta una condizione ambientale che può essere definita "Buona". Medio\bassi i livelli di biomassa microalgale, in riduzione rispetto la scorsa settimana soprattutto nella zona settentrionale (Ravenna-Delta Po) e in aumento la trasparenza delle acque. Tutti i parametri idrologici rilevati rientrano nella variabilità media del periodo, la colonna d'acqua risulta ben rimescolata dalla superficie al fondo con assenza di stratificazione. La salinità in superficie si posiziona su valori medio-alti variabili tra 34 e 36.5 PSU, attestando il basso contributo degli apporti dai fiumi costieri e dal bacino del Po. Nella zona che si estende da Goro a Ravenna l'ossigeno sul fondo tende a diminuire raggiungendo la condizione di ipossia nell'area costiera a sud del Delta del Po. Nel tratto di costa antistante Cervia è stata rilevata un'anomala colorazione rosso scuro delle acque costiere (fino a 50 m dalla battigia) determinata dalla contemporanea presenza di fitoplancton (Diatomee e Rafidoficee) associato ad abbondante quantità di detrito fine organico.

Bollettino N 24 del 13– 14 Agosto 2007

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna non sono presenti fioriture microalgali e la situazione dell'ecosistema marino rimane pressochè invariata rispetto la scorsa settimana, attestandosi su uno stato ambientale "Buono" soprattutto nella zona meridionale della costa (Rimini-Cattolica). Nonostante l'incremento delle portate fluviali a seguito delle recenti precipitazioni, la salinità, anche nelle stazioni costiere, si mantiene su valori medio-alti variando da 35 a 36.9 psu. La temperatura superficiale dell'area registra una riduzione di circa 1.5 °C rispetto alla media climatologia del periodo e risulta compresa tra 24.5 e 25.0 °C. Permane una condizione di ipossia limitata all'area costiera antistante Lido delle Nazioni.

Bollettino N 25 del 21– 24 Agosto 2007

Il monitoraggio della fascia costiera emiliano-romagnola non presenta fioriture microalgali in atto anche se è da segnalare un discreto incremento dei valori di clorofilla "a" nell'area quella prossima alla foce del Po. Tale condizione coincide con un lieve incremento delle portate fluviali che, conseguentemente, hanno determinato un abbassamento, rispetto ai dati risalenti alla scorsa settimana, dei valori di salinità. Le concentrazioni dell'ossigeno disciolto rientrano nella norma, non si rilevano condizioni di sottosaturazione (ipossie, anossie) nelle acque di fondo. La temperatura delle acque superficiali mostra un calo di circa 1,5°C rispetto al valore medio del periodo. L'incremento della biomassa fitoplanctonica e la risospensione del particellato fine operata dal moto ondoso riducono il valore di trasparenza delle acque. I valori dei parametri misurati risultano in genere omogenei sull'intera colonna d'acqua.

Bollettino N 26 del 27– 28 Agosto 2007

La zona monitorata dell'area marino-costiera dell'Emilia-Romagna presenta un incremento nei valori di clorofilla "a" nell'area più settentrionale, quella prossima al delta del fiume Po. Nella stessa area sono state rilevate condizioni di sottosaturazione dei valori di ossigeno disciolto nelle acque di fondo nelle stazioni a 3 e a 6 Km dalla costa. La diminuzione dei valori di salinità nella stessa area evidenzia l'avvenuta immissione di acque fluviali di origine padana. La temperatura delle acque superficiali è aumentata mediamente di 1°C rispetto ai valori rilevati la precedente settimana. Scarsa la trasparenza delle acque nell'area più settentrionale per l'elevata presenza di Diatomee in sospensione, mediamente buona nelle aree centrali e meridionali.

Bollettino N 27 del 03-06-07 Settembre 2007

Lungo la fascia costiera centro-settentrionale dell'Emilia-Romagna è in atto un processo di eutrofizzazione che si estende anche nelle zone a 3-6 Km dalla costa. Lo sviluppo microalgale determinato dalla proliferazione di Diatomee conferisce una colorazione verde alle acque di superficie ed una riduzione generale della trasparenza che si assesta attorno al metro di visibilità. Mentre in superficie l'ossigeno risulta in sovrasaturazione, sul fondo si osserva una generale riduzione di circa il 50% che raggiunge la condizione di anossia nella zona costiera compresa tra Lido delle Nazioni ed il delta del Po.

Bollettino N 28 del 11-12 Settembre 2007

La fascia costiera antistante l'Emilia-Romagna è caratterizzata da una condizione di stato qualitativo della acque costiere Buona. Questo anche a seguito di una intensa mareggiata che ha riportato i parametri idrologici e biologici entro il quadro di normale variabilità del periodo. L'aumento dei valori di salinità e la diminuzione della biomassa microalgale attestano un miglioramento delle condizioni trofiche del sistema rispetto il precedente monitoraggio. I valori di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e di fondo rientrano nella norma. La temperatura delle acque è in diminuzione rispetto alla settimana scorsa. I valori di trasparenza sono bassi anche per la presenza di detrito sospeso dalle condizioni di mare mosso.

Bollettino N 29 del 17-18 Settembre 2007

Le acque costiere mostrano una stato qualitativo ambientale "Buono/Elevato" nella zona che si estende da Casalborsetti a Cattolica. Nella predetta area gli indicatori di biomassa microalgale sono molto bassi, la salinità è alta (35-37 psu), la trasparenza elevata (10 m nelle stazioni offshore) e la colonna d'acqua risulta ben miscelata con assenza di stratificazioni. Questa condizione è essenzialmente determinata dall'effetto dei regimi dei venti di Sud-Est e Sud-Ovest degli ultimi giorni che hanno causato il trasporto di acque profonde verso la costa. Nella fascia costiera compresa tra il delta del Po e P. Garibaldi invece è in atto un processo di eutrofizzazione che interessa la zona fino a 3-6 Km dalla battigia. Lo sviluppo della biomassa microalgale, determinato essenzialmente da Diatomee del genere *Nitzschia*, si manifesta con una colorazione verde delle acque di superficie ed una concomitante riduzione della trasparenza. Il bloom microalgale è conseguente agli apporti di elementi nutritivi generati nel bacino padano, come si evince anche dalla riduzione della salinità riscontrata nella medesima zona. Nella parte centro-settentrionale l'ossigeno sul fondo si riduce di circa il 50% rispetto la superficie e raggiunge la condizione di ipossia nelle stazioni collocate a 6-10 Km dalla costa.

Bollettino N 30 del 24 Settembre 2007

Le condizioni dello stato ambientale dell'ecosistema costiero sono in miglioramento rispetto la scorsa settimana, particolarmente nella zona settentrionale dove gli indicatori di biomassa microalgale si sono ridotti di circa il 50%. Anche le condizioni di ossigenazione dei fondali, che nel precedente monitoraggio

risultavano basse, a seguito del mare mosso e di un generale ricambio delle masse d'acqua sono rientrate nella normalità. Da rilevare, in generale, l'aumento della trasparenza media delle acque e l'omogeneità dei parametri idrologici sulla colonna d'acqua.

Bollettino N 31 del 01-02 Ottobre 2007

Dall'analisi dei dati sullo stato qualitativo dell'ecosistema costiero si evince che la fascia costiera risulta divisa in due parti. La zona settentrionale è caratterizzata da una condizione di eutrofizzazione determinata prevalentemente da Diatomee del genere *Nitzschia spp* che genera una colorazione verde/marrone delle acque, indici alti di biomassa microalgale e scarsa trasparenza (attorno a 1,5 m). La stabilità meteo-marina del periodo, unitamente agli apporti di elementi nutritivi veicolati recentemente dai bacini costieri e soprattutto dal fiume Po sono gli elementi che sostengono la fioritura in atto. Nella parte centrale e meridionale della costa, invece, le condizioni dell'ambiente marino sono "Buone/Elevate" caratterizzate da elevata trasparenza, bassi valori di Clorofilla "a", alta salinità e omogeneità della colonna d'acqua. Da rilevare, nella zona centrale della costa, focolai eutrofici (marea rossa) di limitate dimensioni causate dallo sviluppo della Dinoflagellata *Gonyaulax spinifera*.

Bollettino N 32 del 10-12 Ottobre 2007

Il monitoraggio questa settimana è stato effettuato solamente nel tratto compreso tra Bagni di Volano e Cesenatico a causa di condizioni meteomarine avverse. Si è osservato una situazione trofica classificabile tra il medio nella zona centrale e l'elevato nel tratto più settentrionale. Infatti gli indicatori trofici indicano una condizione di salinità bassa sia in costa che al largo e concentrazioni di clorofilla "a"che si attestano su valori medio-alti. Il controllo dell'ossigeno disciolto rileva una situazione di anossia sul fondo nelle stazioni più a ridosso del delta padano che si estende dai 500 m ai 3 Km e una situazione tendente all'ipossia nella zona centrale della costa a 3 Km lungo il transetto di Lido Adriano. La temperatura media delle acque superficiali, per quanto influenzata dagli apporti dolci provenienti dai bacini costieri e dal bacino padano, risulta essere di 2°C in meno rispetto ai controlli della settimana precedente.

Bollettino N 33 del 16-17 Ottobre 2007

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna persiste una condizione di eutrofizzazione che tende ad estendersi verso la zona centrale della costa. La fioritura algale si manifesta con una colorazione verde delle acque superficiali, è causata dalla proliferazione di microalghe appartenenti al gruppo delle Diatomee ed interessa le zone fino a 3-6 Km dalla costa. Nelle acque costiere della zona meridionale (Cesenatico-Cattolica) gli indicatori di stato trofico si riducono sensibilmente configurando una condizione di stato ambientale "Buono". Nell'area che si estende tra Ravenna e il delta Po si osservano macchie di qualche centinaia di metri di colore rosso dovute a fenomeni di "marea rossa" causati dall'abnorme sviluppo monospecifico della microalga *Gonyaulax spinifera*, riscontrata anche 2 settimane fa nella stessa zona. Rispetto al precedente monitoraggio la condizione di ossigenazione delle acque di fondo tende a migliorare; infatti lo stato di anossia si rileva soltanto in un'area molto localizzata a ridosso del delta del fiume Po ove si osserva anche una riduzione della salinità. Nelle stazioni più distanti dalla costa lungo la colonna d'acqua si rileva l'inversione termica con acque più fredde in superficie rispetto a quelle di fondo.

Bollettino N 34 del 06-07 Novembre 2007

I venti provenienti da Nord della scorsa settimana hanno determinato un incremento della circolazione costiera ed una conseguente diluizione/dispersione dei fattori eutrofici che avevano caratterizzato la fascia costiera dal delta Po a Cesenatico. Nella predetta area i livelli di biomassa microalgale sono medio/bassi e tendono a livellarsi, in quasi tutte le stazioni monitorate, tra 4 e 7 µg/l di clorofilla, attestando un a riduzione delle condizioni trofiche. Il mare mosso del fine settimana, miscelando la colonna d'acqua, ha portato a un generale aumento della salinità che si posiziona su valori compresi tra 32 e 33 psu. La trasparenza risulta scarsa, variabile tra 1 e 2 metri, a seguito sia della risospensione del sedimento che per la presenza di biomassa microalgale in sospensione. La temperatura superficiale, che oscilla tra 13 e 14 °C, mostra una riduzione rispetto al valore medio climatologico del periodo.

Bollettino N 35 del 19-20 Novembre 2007

Il moto ondoso della scorsa settimana ha attivato la circolazione e soprattutto operato un completo miscelamento della colonna d'acqua. Conseguentemente, dalla superficie al fondo, i parametri idrologici risultano omogenei. Nonostante la salinità risulti medio/alta, variabile da 33 a 35 psu, lungo la fascia costiera si osserva un incremento della biomassa microalgale rispetto la scorsa settimana con valori più alti nella zona meridionale della costa. Il campo di variazione delle grandezze idrologiche rilevate rientra nella media del periodo a eccezione della trasparenza che risulta inferiore al metro nella zona meridionale a causa del moto ondoso che ha risospeso il materiale fine del sedimento e per la presenza di biomassa microalgale. Tutto lo strato prossimo al fondale presenta una buona ossigenazione, vicino alla saturazione, mentre la temperatura di superficie mostra un raffreddamento rispetto alla media poliennale del periodo di circa 2-3 °C.

Bollettino N 36 del 04-05 Dicembre 2007

Il monitoraggio effettuato questa settimana lungo la fascia costiera emiliano-romagnola evidenzia un'attiva circolazione delle masse d'acqua determinata da frequenti eventi di mare mosso manifestatisi nei giorni precedenti. La colonna d'acqua risulta ben miscelata con valori omogenei di tutti i parametri idrologici misurati. Si osserva una diminuzione della salinità nell'area centro-meridionale rispetto al monitoraggio precedente con valori medi attorno ai 30/31 psu, l'area più settentrionale registra valori di salinità che si mantengono pressoché costanti. I valori di indice trofico non evidenziano particolari situazioni di trofia dell'ecosistema marino: fa eccezione l'area compresa tra Cervia e Lido Adriano con valori di biomassa microalgale che si attestano sui 10-11 µg/l configurando una condizione di eutrofia. Buona la trasparenza delle acque lungo tutta la costa con valori medi superiori ai 2.5 metri, nonostante un po' di torpidità dovuta a materiale fine risospeso dal moto ondoso. Si mantengono buone anche le condizioni di ossigeno disciolto lungo tutta la colonna d'acqua sia nella zona settentrionale della costa che nelle zone centro-meridionali. I valori della temperatura delle acque superficiali si mantengono pressoché invariati rispetto al controllo precedente.

Bollettino N 37 del 19-20 Dicembre 2007

La fascia costiera in questo periodo è caratterizzata da una sostenuta circolazione delle acque con direzione parallela alla costa verso Sud conseguente alle mareggiate dei giorni scorsi ed alimentata dai venti dei quadranti settentrionali (Nord-Est, Nord-Ovest). Detta dinamica mantiene miscelata la colonna d'acqua rendendo omogenee le variabili idrologiche dalla superficie al fondo. Gli indicatori di stato trofico sono in riduzione rispetto al precedente monitoraggio con valori medi di clorofilla "a" variabili tra 4 e 5 µg/l su tutta la costa. La completa ossigenazione del fondale, prossima alla saturazione, e l'assenza di fioriture microalgali attestano una situazione "Buona/Elevata" dell'ecosistema marino. La

risospensione del sedimento a seguito del mare mosso mantiene bassa la trasparenza che risulta inferiore ad 1 m. La temperatura dell'acqua è inferiore rispetto alla media climatologica del periodo di circa 2 °C, soprattutto nelle stazioni costiere (fino a 1 Km) dell'area centro-meridionale della costa.

5.1.1 Evoluzione dei processi eutrofici nel 2007. Sintesi riassuntiva

Gennaio – Febbraio 2007

Le frequenti condizioni di mare mosso che hanno caratterizzato il mese di gennaio hanno portato un miglioramento dello stato qualitativo delle acque costiere; gli indicatori di biomassa microalgale si mantengono medio/bassi e nella fascia costiera monitorata (Goro – Cattolica) non si segnalano processi eutrofici in atto ne fioriture microalgali.

In febbraio nella prima decade si registra un incremento dei livelli di biomassa microalgale in regressione da Nord verso la parte meridionale della costa al limite della condizione eutrofica. La temperatura dell'acqua in superficie è superiore di circa 1,8 °C rispetto alla media climatologica del periodo e nelle stazioni verso il largo persistono nella colonna d'acqua, aggregazioni di materiale mucillaginoso a conformazione di grossi filamenti e reticoli. Verso la fine del mese lo stato qualitativo delle acque costiere peggiora e gli indici trofici sono in in aumento configurando una condizione di eutrofizzazione lungo tutta la fascia costiera emiliano-romagnola, estesa anche nelle stazioni verso il largo (6-10 Km). La biomassa microalgale presente conferisce una colorazione marrone alle acque superficiali e determina una sensibile riduzione della trasparenza

Marzo – Aprile 2007

In marzo si osserva un miglioramento delle condizioni trofiche rispetto al monitoraggio precedente con valori medi di clorofilla "a" inferiori ai 7µg/L con sottosaturazione di ossigeno in alcune aree bentoniche antistanti Marina di Ravenna e Porto Corsini che tendono all'ipossia. Le temperature delle acque superficiali sono di circa 3 °C superiori la media climatologica del periodo. Continua la presenza di materiale mucillaginoso a conformazione di filamenti, flocculi e reticoli densi nella zona centro-meridionale della costa dai 3 ai 20 Km, alle quote batimetriche comprese tra i -5 e i -10, m si osservano aggregazioni Per effetto dei venti di libeccio della scorsa settimana il materiale mucillaginoso presente in profondità è stato trasportato verso costa con la conseguente formazione di aggregati mucosi di piccole dimensioni nelle acque superficiali.

Agli inizi di aprile gli apporti di acque dolci sversati dal fiume dal Po hanno da un lato determinato una riduzione della salinità e dall'altro elevato gli indicatori di biomassa microalgale a seguito di apporti di fattori nutritivi. Pertanto si osserva una condizione di eutrofizzazione sostenuta prevalentemente da Diatomee con colorazione verde-marrone delle acque, che nella parte centro-settentrionale si estende fino a 6 Km dalla costa. Nella terza decade del mese si riscontra una condizione di eutrofizzazione dovuta e

Diatomee e fitoflagellati nell'area settentrionale con colorazione delle acque verde-marrone. Lungo la colonna d'acqua, si riscontrano aggregazioni mucillaginose a forma di reticolo, in particolare nella zona centro-settentrionale della costa però in regressione.

Maggio – Giugno 2006

Il cambiamento della circolazione delle acque costiere di fine aprile inizio maggio conseguenti all'intensificarsi dei venti da sud-est (Scirocco) provoca un sensibile miglioramento dello stato qualitativo dell'ecosistema marino determinando il trasporto di acqua dal largo verso costa con caratteristiche di alta salinità, bassi livelli di biomassa microalgale e buona ossigenazione sia in superficie sia sul fondo.

A partire dai controlli dell'8/9 maggio si evidenzia una netta diversificazione delle condizioni ambientali lungo la costa antistante l'Emilia Romagna in funzione delle concentrazione di biomassa microalgale e quindi stati qualitativi nettamente diversi.

La prima zona si estende da Goro a Ravenna è caratterizzata da valori bassi di salinità, elevati valori di clorofilla "*a*" determinati da alte concentrazioni di fitoplancton che danno una intensa colorazione verde/marrone alle acque e contribuiscono a ridurre sensibilmente la trasparenza; l'altra zona, che comprende l'area di costa tra Cesenatico e Cattolica, è caratterizzata al contrario da bassi livelli di biomassa microalgale, valori medio/alti di salinità e buona trasparenza delle acque che configurano uno stato qualitativo "BUONO/ELEVATO" dell'ecosistema marino costiero.

In aiuto ad un miglioramento generale della qualità ambientale lungo la fascia costiera soprattutto nell'area centro-settentrionale, intervengono a partire da metà maggio condizioni meteo marine instabili e venti di Libeccio/Ponente (Sud/Ovest) che portano ad un rimescolamento di tutta la colonna d'acqua con omogeneizzazione dei parametri idrologici dalla superficie al fondo. Questa "buona" condizione tende a persistere fino alla fine del mese anche se la zona compresa tra Lido delle Nazioni e Bagni di Volano rimane sempre caratterizzata da alti valori degli indici trofici. Lo sviluppo e il mantenimento di queste fioriture microalgali sostenute principalmente da Diatomee che, nella zona più a nord della costa si estendono dai 500 m fino ai 10 Km al largo, è determinato dall'apporto di fattori nutritivi (azoto/fosforo) veicolati in particolare dal fiume Po che in occasione di forti precipitazioni sul bacino padano ha visto quadruplicare le portate a mare nell'arco di una settimana (inizio giugno) passando da circa 400 mc/sec a 1630 mc/sec. Queste immissioni importanti contribuiscono inoltre a diminuire la salinità delle acque superficiali ed aumentarne la torpidità.

Rimane sempre buona la qualità ambientale dell'ecosistema marino nell'area più meridionale tra Cesenatico e Cattolica con una completa ossigenazione sia in superficie che sul fondo, bassi livelli degli indici trofici, elevata trasparenza delle acque e valori medio-alti di salinità.

Fenomeni meteorologici favorevoli contribuiscono spesso a disperdere i fenomeni eutrofici in atto lungo la costa adriatica di fronte all'Emilia Romagna come è successo ad esempio intorno alla metà di giugno dove una forte libecciata ha portato ad un generale miglioramento dello stato qualitativo ambientale. Una sostenuta dinamicità delle masse d'acqua ha favorito il ricambio completo di masse d'acqua, determinando un allineamento di tutti i parametri idrologici alla condizione di normalità del periodo. Rimane sempre un po' critica l'area a ridosso del delta padano anche se il rilevamento dei valori di ossigeno disciolto non indicano situazioni di ipossia/anossia sul fondo.
La situazione che si presenta a fine giugno si mantiene pressoché invariata anche durante il mese successivo attestando una generale condizione qualitativa ambientale "BUONA" lungo tutta la fascia costiera con gli indicatori stato trofico che si mantengono su valori bassi, alta la trasparenza delle acque, buona l'ossigenazione lungo la colonna e medio-alti i valori della salinità. Come a giugno la zona che si discosta da questa buona condizione ambientale rimane quella antistante la provincia di Ferrara dove permangono alti i valori di clorofilla "*a*" e soprattutto si registrano situazioni di carenza di ossigeno sul fondo che delineano una condizione di ipossia.

Luglio – Agosto 2007

Da segnalare durante il mese di luglio nell'area costiera (100-200 m dalla battigia) antistante il litorale riccionese la presenza di un'intensa fioritura microalgale sostenuta dalla fitoflagellata *Fibrocapsa japonica* che ha determinato una colorazione rosso-bruna delle acqua e una forte riduzione della trasparenza.
Ad agosto l'ecosistema marino costiero è caratterizzato in generale da livelli medio/bassi di biomassa microalgale e i parametri idrologici rientrano tutti nella variazione media del periodo; la salinità si posiziona su valori medio-alti variabili tra i 34 e 36.5 PSU, sottolineando lo scarso contributo dai fiumi costieri e dal bacino padano e la temperatura media che varia dai 25.0 ai 25.8°C risulta inferiore di 1°C rispetto la climatologia del periodo.
A fine mese tendono ad aumentare i valori di clorofilla "*a*" nella zona settentrionale dovuta ad aumento della presenza di fitoplancton (Diatomee) sostenuta dall'arrivo di nutrienti (azoto/fosforo) veicolati dal bacino padano. Questa condizione di elevata produttività delle acque si accentua a settembre con l'estensione anche alle zone a 3-6 Km dalla costa. L'intenso sviluppo microalgale (Diatomee) conferisce una colorazione verde delle acque superficiali ed una riduzione generale della trasparenza. Mentre l'ossigeno in superficie risulta in sovrasaturazione, sul fondo si osserva una riduzione di circa il 50% e nella zona compresa tra Lido delle Nazioni e il Delta padano si registrano anche situazioni di completa assenza di ossigeno (anossia).

Settembre – Ottobre 2007

Eventi di mareggiata come effetto anche dei regimi dei venti di Sud-Est e Sud-Ovest a metà settembre, hanno aiutato l'ecosistema a ripristinare una condizione qualitativa migliore con un completo rimescolamento della colonna d'acqua e un trasporto di acque "pulite" dal largo verso la costa riportando i parametri idrologici e biologici entro il quadro di normale variabilità del periodo. Il miglioramento delle condizioni trofiche del sistema è attestato da valori di ossigeno buoni sia in superficie che sul fondo, aumento della salinità, diminuzione della biomassa fitoplanctonica e quindi di clorofilla "*a*".

Durante il monitoraggio del 16/17 ottobre si è rilevato nella zona un fenomeno di "marea rossa" di limitate dimensioni causate da una fioritura eccezionale di *Gonyaulax spinifera*, microalga appartenenti al gruppo delle Dinoflagellate, fenomeno che si è ripetuto anche a distanza di una quindicina di giorni con le stesse caratteristiche ma con maggior estensione (Ravenna-Bagni di Volano).

Novembre – Dicembre 2007

Il mese di novembre è stato caratterizzato da condizioni meteo-marine perturbate di con venti provenienti dai quadranti settentrionali che hanno determinano un incremento della circolazione costiera con conseguente dissolvimento del fenomeno eutrofico nella parte settentrionale della costa dell'Emilia Romagna, attestando uno stato qualitativo ambientale "BUONO" con medio/bassi livelli di biomassa microalgale, buona trasparenza e valori di salinità che rientrano nella variazione media del periodo. La colonna d'acqua risulta instabile favorendo il rimescolamento delle acque e omogenizzandi i parametri idrologici dalla superficie al fondo. Da rilevare la riduzione della temperatura nella terza decade del mese che variava da 13 14 °C con una riduzione rispetto al valore climatologico del periodo di circa 2°C.

Questa condizione di forte variabilità si mantiene anche nel mese di dicembre durante il quale i livelli di biomassa microalgale non raggiungono lo stato di eutrofia, ad eccezione della zona che si estende tra Cervia e Lido Adriano dove le concentrazioni di Clorofilla "a si attestano su valori tra 10-11 µg/L. La colonna d'acqua risulta benrimescolata con assenza di stratificazioni ed anche l'ossigenazione dei fondali si allinea attorno alla saturazione e su valori vicini a qulelli riscontrati in superficie. Nonostante la bassa trasparenza dovuta alla risospensione del materiale fine inorganico, la fine del periodo è caratterizzato da assenza di fioriture microalgali che attestano una condizione "Buono/Elevato" dell'ecosistema marino.

5.2 Aggregati mucillaginosi

Gli aggregati mucillaginosi nel 2007 non sono comparsi nel periodo estivo ma sono stati riscontrati per la prima volta in gennaio e febbraio e, a fasi alterne anche nei mesi di marzo ed aprile. Lo stato di aggregazione del materiale mucillaginoso a forma di reticoli e filamenti ha interessato soprattutto la colonna d'acqua delle zone verso il largo 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*), alle Codiaceae (*Codium fragile)* e alla classe delle Rodoficee come *Polysiphonia sp.*, *Ceramium* sp e, soprattutto, *Aglaothamnion tenuissimum*. Quest'ultima specie ha un aspetto globoso-sferico con un diametro di 5-7 cm di colore bruno-rossastro, non è ancorata ad alcun supporto e tende ad aggregarsi nelle zone a maggior ristagno ed a spiaggiarsi in occasione di mareggiate anche di modesta entità. L'impatto è comunque di sola natura estetica, necessitando solo di periodiche raccolte attraverso rastrellamenti operati dai servizi comunali.

5.4 Meduse

Significative presenze di *Aurelia aurita* si sono avute nella stagione primaverile, Si è riproposta anche nell'estate 2007 la presenza della cubomedusa *Carybdea marsupialis*. Si tratta di una specie con distribuzione costiera. Come di norma avviene la loro presenza è stata da più fonti segnalata in diverse aree della costa regionale con il massimo di densità numerica nel periodo luglio - settembre. Questa specie ha un potere

urticante medio. 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 dipendenti dagli 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 (717 mc/sec) è risultata inferiore a quella registrata nel 2006 (796 mc/sec) e di circa la metà più bassa rispetto al dato medio poliennale (1477 mc/sec). Anche il periodo invernale/primaverile è stato caratterizzato da basse portate del Po che hanno superato il valore di 1000 mc/sec in pochi casi.

Un anno quindi con scarse portate dai bacini imbriferi che si sono tradotte in una riduzione dei carichi di nutrienti. Condizione ben evidenziata nelle Figura 50 e Figura 51 ove vengono mostrati gli scostamenti verso una media climatologica poliennale delle concentrazioni relative al 2007. In particolare se si focalizza l'attenzione sui nutrienti solubili (ortofosfato nitrati, nitriti e ammoniaca) si nota come le loro concentrazioni siano nella quasi totalità dei mesi inferiori alla media storica (climatologia).

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

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

Il 2007 è iniziato evidenziando uno stato qualitativo generale "BUONO" dell'ecosistema marino lungo le coste dell'Emilia Romagna, con valori di biomassa microalgale medio/bassi, buona trasparenza delle acque e parametri idrologici omogeneamente distribuiti lungo la colonna e tutti rientranti nella media del periodo. Elevati valori di salinità si mantengono fino a metà febbraio determinati da bassi apporti dai bacini costieri e soprattutto dal bacino padano e dalla circolazione generale delle masse d'acqua. Nel periodo predetto le portate medie del Po sono risultate più basse del 50% rispetto al valore poliennale del periodo.

Il controllo lungo la colonna d'acqua con telecamera filoguidata, in dotazione del Battello Oceanografico Daphne II, ha rilevato tra fine gennaio ed inizio febbraio la presenza negli strati compresi tra 6-12 metri e sul fondo nelle stazioni verso il largo, di materiale mucillaginoso con formazione di grossi filamenti e reticoli.

A partire da metà febbraio si verifica un peggioramento dello stato qualitativo ambientale dell'ecosistema costiero con l'instaurarsi di una condizione di elevata trofia specialmente nell'area centro-settentrionale che si estende anche verso il largo. Elevati valori di biomassa microalgale determinano inoltre, come conseguenza visiva, una colorazione verde/marrone delle acque e una sensibile riduzione della trasparenza. Durante il mese di marzo continuano a verificarsi apporti di elementi eutrofizzanti (azoto/fosforo) veicolati dai bacini costieri e dal bacino padano che incrementano e sostengono le fioriture fitoplanctoniche caratterizzate da individui appartenenti al gruppo delle Diatomee. Questa condizione ambientale porta a rilevare una certa criticità in un'area limitata compresa tra Marina di Ravenna e Porto Corsini con valori di ossigeno sul fondo tendenti all'ipossia.
Si segnalano durante i controlli sulla temperatura delle acque, sia nel mese di febbraio sia a marzo, valori medi superficiali superiori rispetto la media climatologica del periodo, rispettivamente di circa 1,3°C e di 3°C.
La presenza di questa situazione di elevata trofia lungo la fascia costiera emiliano-romagnola si registra anche ad aprile rilevandosi però in regressione da nord verso sud e da costa verso il largo; il processo di eutrofizzazione risulta sostenuto oltre che da Diatomee anche da Fitoflagellati di acque dolci di origine padana che mantengono visibilmente colorate le acque (verde/marrone) e bassa la trasparenza,. La immissione di acque dolci in mare oltre a sostenere queste intense fioriture microalgali contribuiscono ad abbassare i valori di salinità che arrivano a misurare in certe zone 24 psu. Continuano a verificarsi, anche se in maniera molto limitata (Porto Garibaldi-Casalborsetti), condizioni di limitazione di ossigeno sul fondo tendenti all'ipossia.
Il cambiamento della circolazione delle acque costiere di fine aprile inizio maggio conseguenti all'intensificarsi dei venti da Sud-Est (Scirocco) provoca un sensibile miglioramento dello stato qualitativo dell'ecosistema marino determinando il trasporto di acqua dal largo verso costa con caratteristiche di alta salinità, bassi livelli di biomassa microalgale e buona ossigenazione sia in superficie sia sul fondo.
A partire dai controlli dell'8/9 maggio si evidenzia una netta diversificazione delle condizioni ambientali lungo la costa antistante l'Emilia Romagna in funzione delle concentrazione di biomassa microalgale e quindi stati qualitativi nettamente diversi.
La prima zona si estende da Goro a Ravenna è caratterizzata da valori bassi di salinità, elevati valori di clorofilla "*a*" determinati da alte concentrazioni di fitoplancton che danno una intensa colorazione verde/marrone alle acque e contribuiscono a ridurre sensibilmente la trasparenza; l'altra zona, che comprende l'area di costa tra Cesenatico e Cattolica, è caratterizzata al contrario da bassi livelli di biomassa microalgale, valori medio/alti di salinità e buona trasparenza delle acque che configurano uno stato qualitativo "BUONO/ELEVATO". dell'ecosistema marino costiero.
In aiuto ad un miglioramento generale della qualità ambientale lungo la fascia costiera soprattutto nell'area centro-settentrionale, intervengono a partire da metà maggio condizioni meteo marine instabili e venti di Libeccio/Ponente (Sud/Ovest) che portano

ad un rimescolamento di tutta la colonna d'acqua con omogeneizzazione dei parametri idrologici dalla superficie al fondo. Questa "buona" condizione tende a persistere fino alla fine del mese anche se la zona compresa tra Lido delle Nazioni e Bagni di Volano rimane sempre caratterizzata da alti valori degli indici trofici che sostengono il processo eutrofico che si manifesta con acque che presentano una colorazione verde/marrone e determinano una limitata trasparenza.
Lo sviluppo e il mantenimento di queste fioriture microalgali sostenute principalmente da Diatomee che, nella zona più a nord della costa si estendono dai 500 m fino ai 10 Km al largo, è determinato dall'apporto di fattori nutritivi (azoto/fosforo) veicolati in particolare dal fiume Po che in occasione di forti precipitazioni sul bacino padano ha visto quadruplicare le portate a mare nell'arco di una settimana (inizio giugno) passando da circa 400 mc/sec a 1630 mc/sec. Queste immissioni importanti contribuiscono inoltre a diminuire la salinità delle acque superficiali ed aumentarne la torbidità.
Rimane sempre buona la qualità ambientale dell'ecosistema marino nell'area più meridionale tra Cesenatico e Cattolica con una buona ossigenazione sia in superficie che sul fondo, bassi livelli degli indici trofici, elevata trasparenza delle acque e valori medio-alti di salinità.
Fenomeni meteorologici favorevoli contribuiscono spesso a disperdere i fenomeni eutrofici in atto lungo la costa adriatica di fronte all'Emilia Romagna come è successo ad esempio intorno alla metà di giugno dove una forte libecciata ha portato ad un generale miglioramento dello stato qualitativo ambientale. Una sostenuta dinamicità delle masse d'acqua ha favorito il ricambio completo, determinando un allineamento di tutti i parametri idrologici alla condizione di normalità del periodo. Rimane sempre un po' critica l'area a ridosso del delta padano anche se il rilevamento dei valori di ossigeno disciolto non indicano situazioni di ipossia/anossia sul fondo.
La situazione che si presenta a fine giugno si mantiene pressoché invariata anche durante il mese successivo attestando una generale condizione qualitativa ambientale "Buona" lungo tutta la fascia costiera con gli indicatori stato trofico che si mantengono su valori bassi, alta la trasparenza delle acque, buona l'ossigenazione lungo la colonna e medio-alti i valori della salinità. Come a giugno la zona che si discosta da questa Buona condizione ambientale rimane quella antistante la provincia di Ferrara dove permangono alti i valori di clorofilla "*a*" e soprattutto si registrano situazioni di carenza di ossigeno sul fondo che delineano una condizione di ipossia.
Da segnalare durante il mese di luglio nell'area costiera (100-200 m dalla battigia) antistante il litorale riccionese la presenza di un'intensa fioritura microalgale sostenuta dalla fitoflagellata *Fibrocapsa japonica* che ha determinato una colorazione rosso-bruna delle acqua e una forte riduzione della trasparenza.
Ad agosto l'ecosistema marino costiero è caratterizzato in generale da livelli medio/bassi di biomassa microalgale e i parametri idrologici rientrano tutti nella variazione media del periodo; la salinità si posizione su valori medio-alti variabili tra i 34 e 36.5 PSU, sottolineando lo scarso contributo dai fiumi costieri e dal bacino padano

e la temperatura media che varia dai 25.0 ai 25.8°C risulta inferiore di 1°C rispetto la climatologia del periodo.
A fine mese tendono ad aumentare i valori di clorofilla "*a*" nella zona settentrionale dovuta ad aumento della presenza di fitoplancton (Diatomee) sostenuta dall'arrivo di nutrienti (azoto/fosforo) veicolati dal bacino padano.
Questa condizione di elevata produttività delle acque si accentua a settembre con l'estensione anche alle zone a 3-6 Km dalla costa. L'intenso sviluppo microalgale (Diatomee) conferisce una colorazione verde delle acque superficiali ed una riduzione generale della trasparenza. Mentre l'ossigeno in superficie risulta in sovrasaturazione, sul fondo si osserva una riduzione di circa il 50% e nella zona compresa tra Lido delle Nazioni e il Delta padano si registrano anche situazioni di completa assenza di ossigeno(anossia).
Eventi di mareggiata come effetto anche dei regimi dei venti di Sud-Est e Sud-Ovest a metà settembre, hanno aiutato l'ecosistema a ripristinare una condizione qualitativa migliore con un completo rimescolamento della colonna d'acqua e un trasporto di acque "pulite" dal largo verso la costa riportando i parametri idrologici e biologici entro il quadro di normale variabilità del periodo. Il miglioramento delle condizioni trofiche del sistema è attestato da valori di ossigeno buoni sia in superficie che sul fondo, aumento della salinità, diminuzione della biomassa fitoplanctonica e quindi di clorofilla "*a*":
Buona rimane la situazione nell'area più meridionale lungo la fascia costiera, fino alla fine dell'anno con assenza di fenomeni eutrofici. Più difficile invece la situazione nella zona centro settentrionale dove gli indicatori di stato trofico rimangono sempre su valori medio-alti configurando, in alcuni periodi, situazioni di criticità. Il controllo del 10/12 ottobre ha rilevato anossia sul fondo nelle stazioni più vicine al delta del Po fino ai 3 Km al largo dalla costa e una ipossia lungo il transetto di Lido Adriano.
Durante il monitoraggio del 16/17 ottobre si è sviluppato un fenomeno di "marea rossa" di limitate dimensioni causate da una fioritura eccezionale di *Gonyaulax spinifera*, microalga appartenenti al gruppo delle Dinoflagellate, fenomeno che si è ripetuto anche a distanza di una quindicina di giorni con le stesse caratteristiche ma con maggior estensione (Ravenna-Bagni di Volano).
Venti provenienti da Nord ad inizio novembre e condizioni di mare mosso hanno determinato un'attivazione nella circolazione delle masse d'acqua ed una conseguente diluizione e dispersione del fenomeno eutrofico registrato durante tutto ottobre. I parametri idrologici misurati lungo tutta la colonna d'acqua risultano omogenei e rientranti nella norma del periodo. Buoni si mantengono i livelli di ossigeno misurati sia in superficie sia sul fondo anche nelle zone più sensibili. L'ultimo monitoraggio del 2007 ha mostrato una qualità ambientale dell'ecosistema marino costiero "BUONO" con bassi valori di indice trofico e temperature delle acque superficiali inferiori rispetto alla media climatologica del periodo di circa 2°C soprattutto nell'area centro-meridionale della costa.

Gli aggregati mucillaginosi nel 2007 non sono comparsi nel periodo estivo ma sono stati riscontrati, per la prima volta tra gennaio e aprile. 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. Tra gli altri eventi degni di nota si ricorda la presenza massiva nel periodo primaverile della medusa *Aurelia aurita* e in estate di *Carybdea marsupialis*. In quest'ultimo caso si tratta di una specie con potere urticante medio che predilige le acque strettamente costiere.

Dal rapporto azoto/fosforo si riconferma anche per il 2007 il ruolo del fosforo quale fattore limitante la crescita algale per la maggior parte delle stazioni monitorate sia in costa che al largo.

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

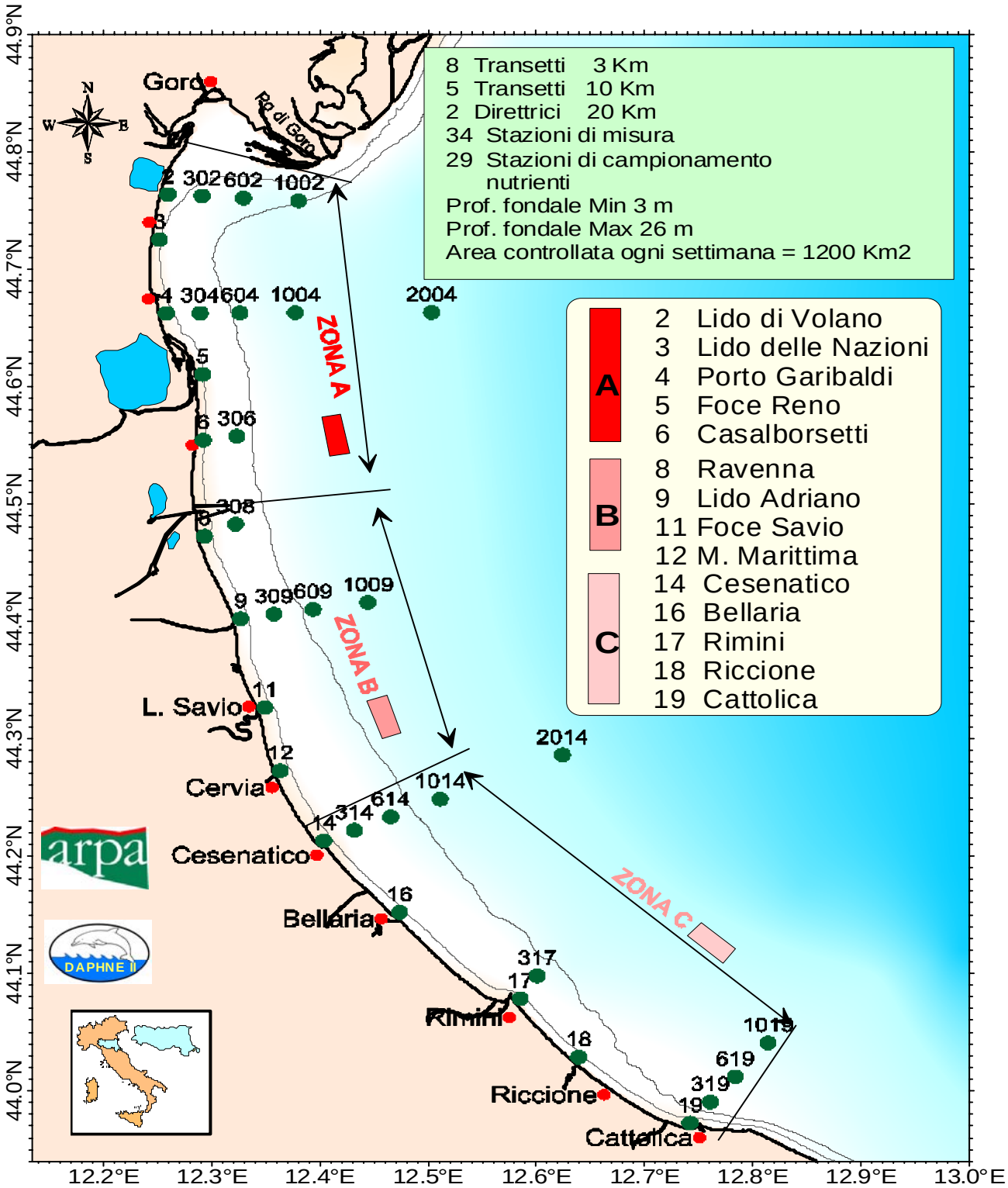
A modulare il predetto rapporto contribuisce in maniera determinante la componente azotata che derivando in gran parte da fonti diffuse, veicolata quindi dalle precipitazione e dagli apporti fluviali, si mantiene elevata in inverno ed autunno riducendosi di circa un ordine di grandezza nel periodo estivo.

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

Lo stato dell'ecosistema marino migliora 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. 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. In sintesi il 2007 ha presentato indicatori di qualità trofica buoni, che si allineano, confermando il trend in miglioramento, con quelli riscontrati dal 2003 al

2006. I limitati casi di anossia nelle acque di fondo in autunno risultano, in termini di estensione e permanenza, localizzati con limitati effetti sull'ecosistema.

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.

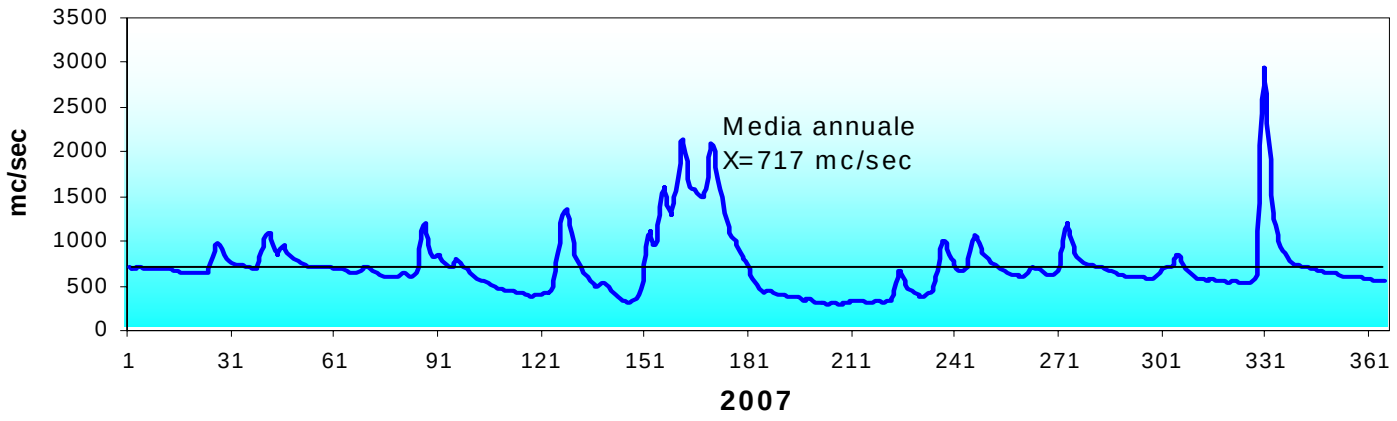


Figura 2 - Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE)

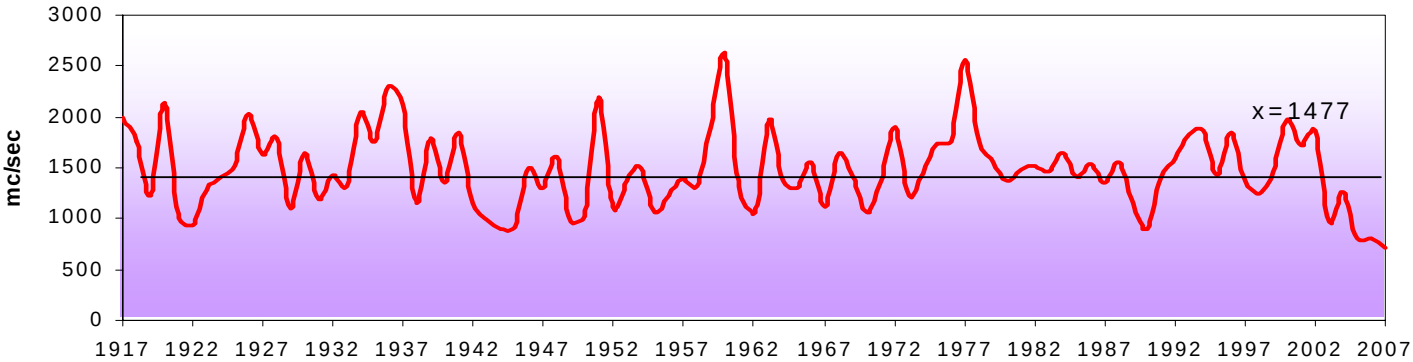


Figura 3 - Valori medi annuali portate fiume Po. Periodo 1917-2007

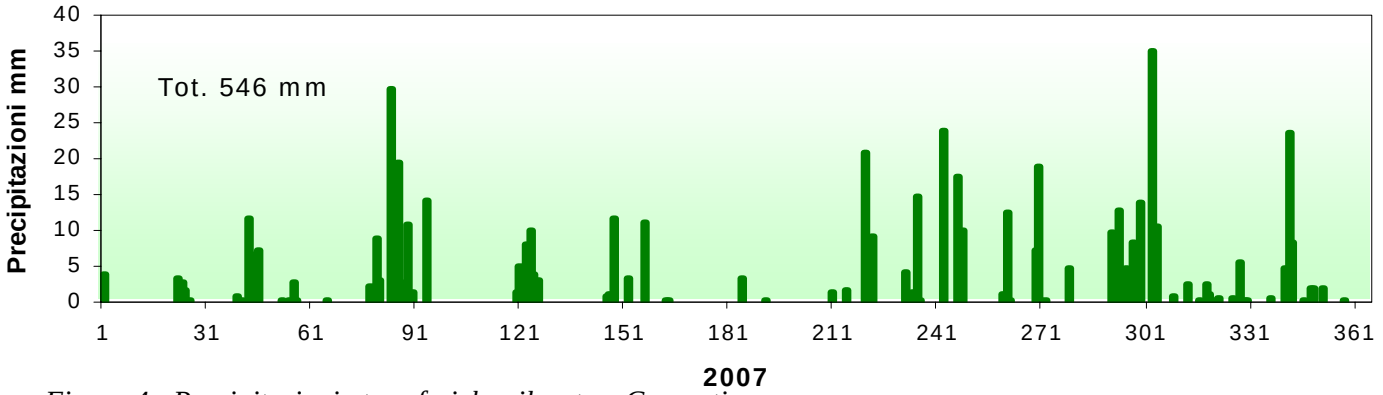


Figura 4 - Precipitazioni atmosferiche rilevate a Cesenatico

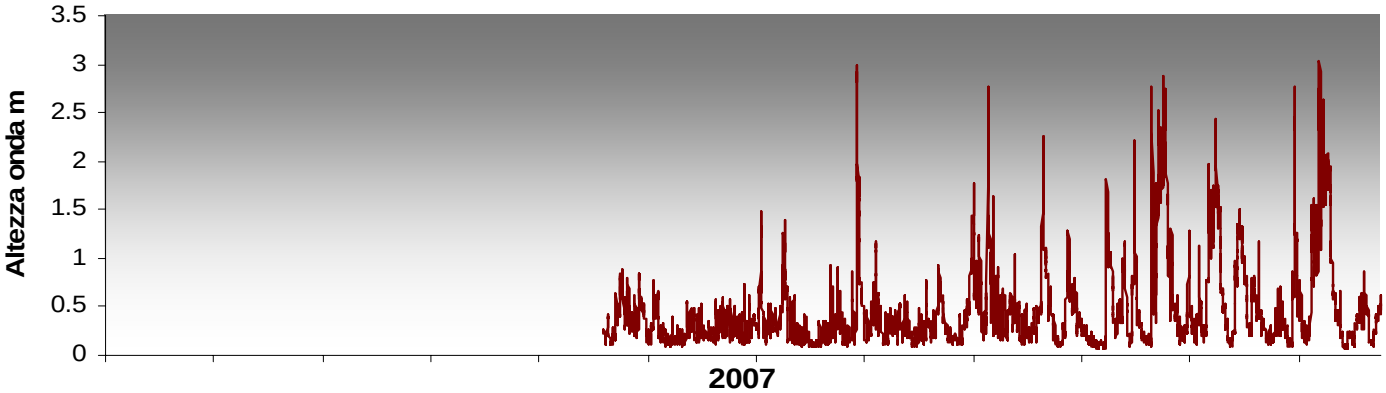
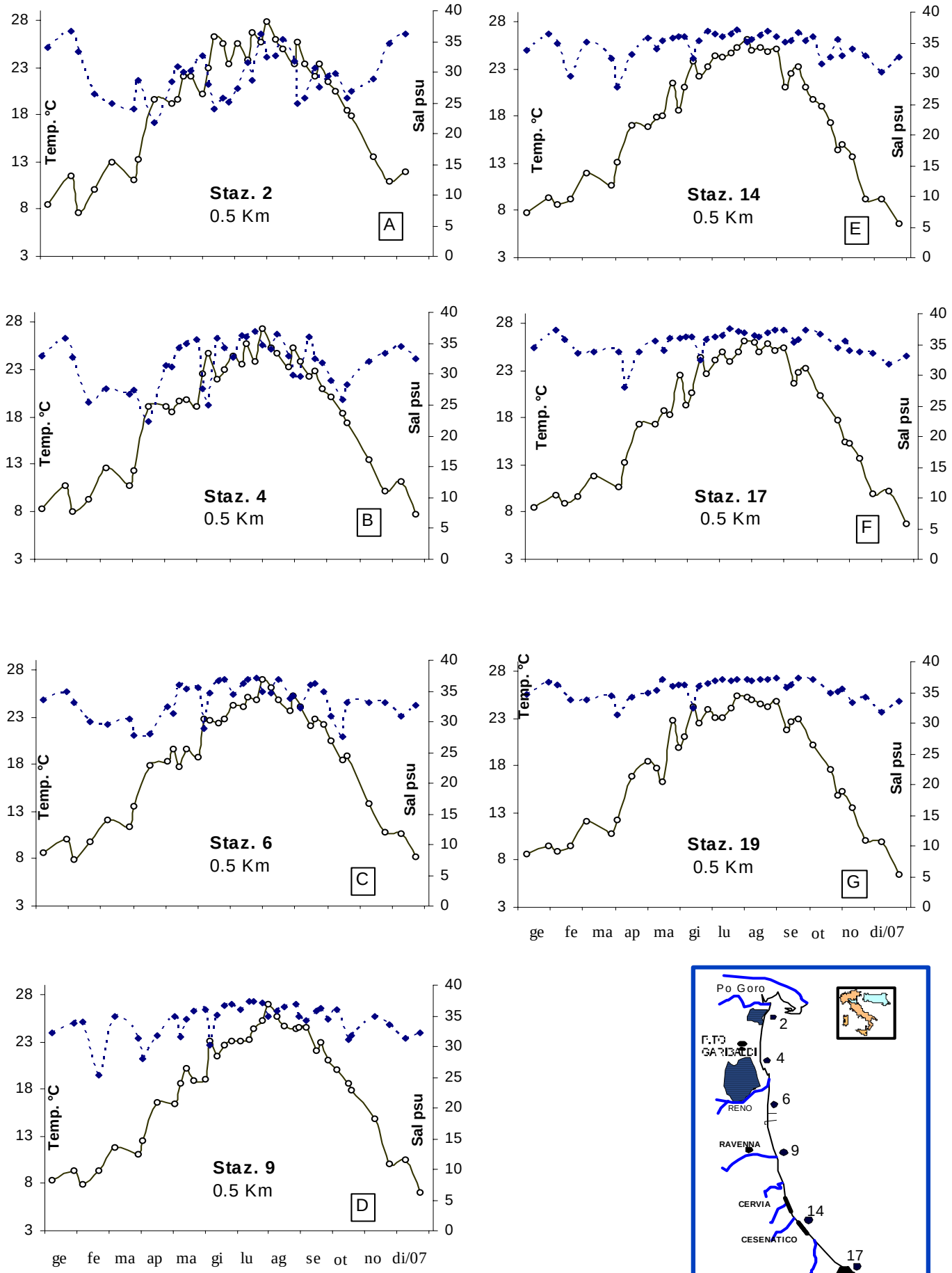


Figura 5 - Altezza onda rilevata dalla Boa Ondametrica installata a 6 Km dalla costa antistante Cesenatico



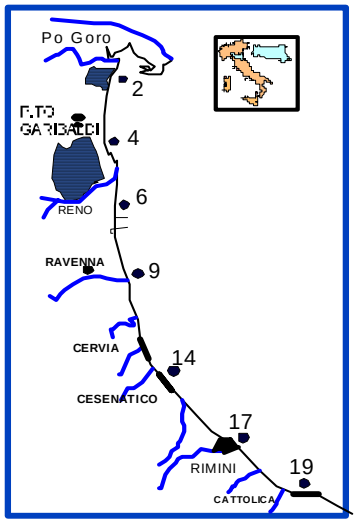


Figura 6 - Andamenti temporali della Temperatura (linea continua) e della Salinità (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

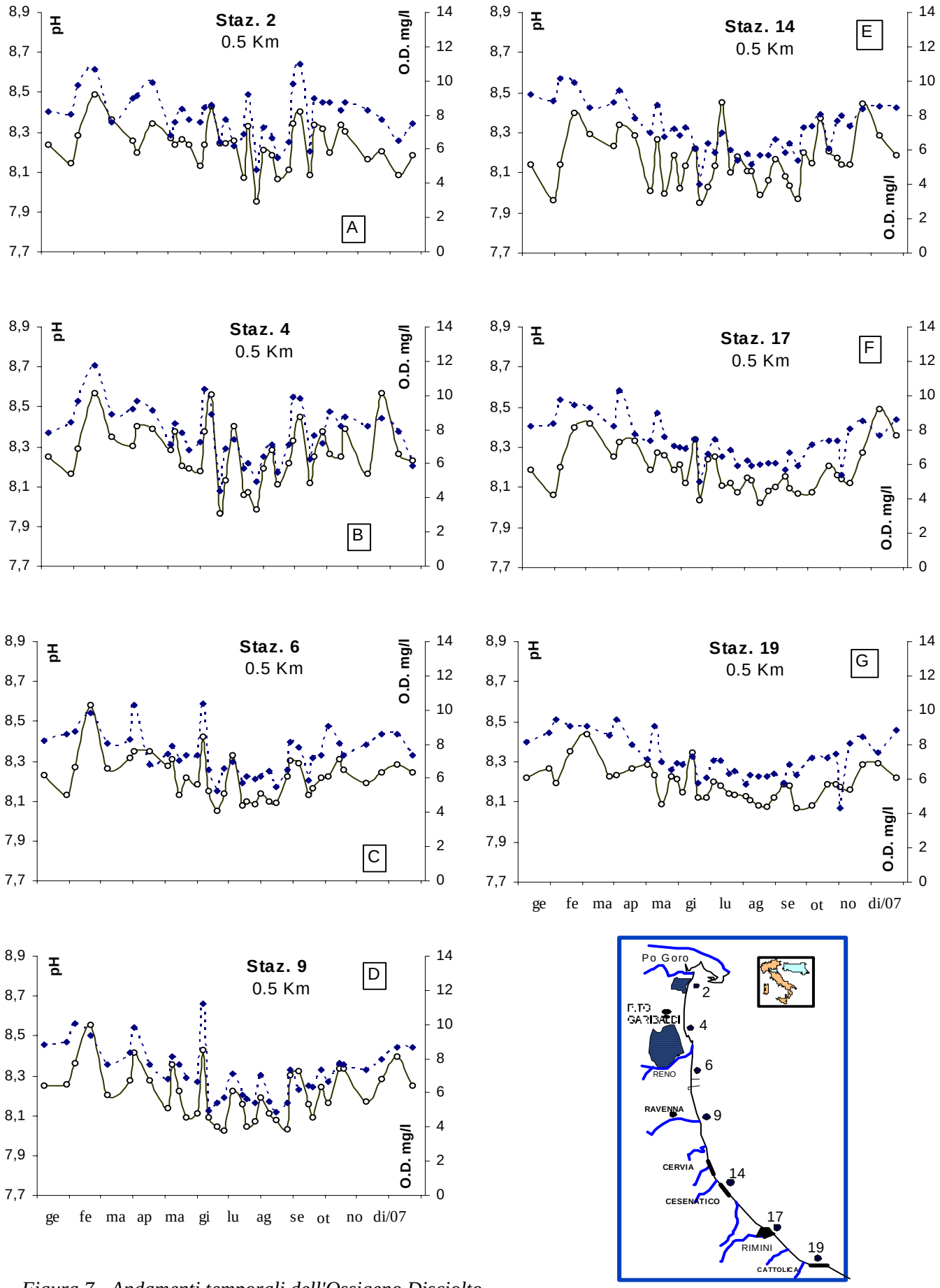


Figura 7 - Andamenti temporali dell'Ossigeno Disciolto (linea tratteggiata) e del pH (linea continua) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

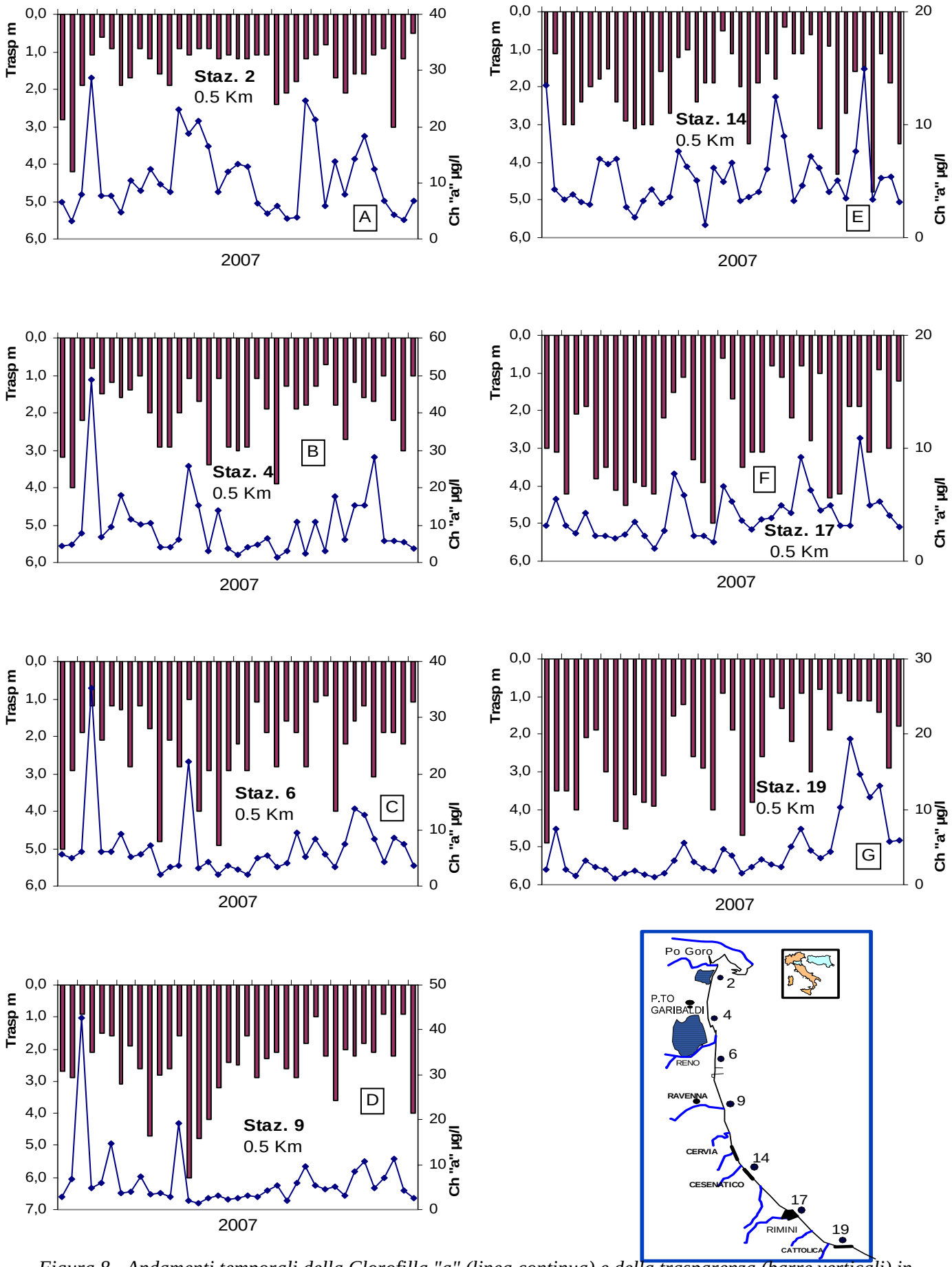


Figura 8 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" (linea continua) e della trasparenza (barre verticali) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

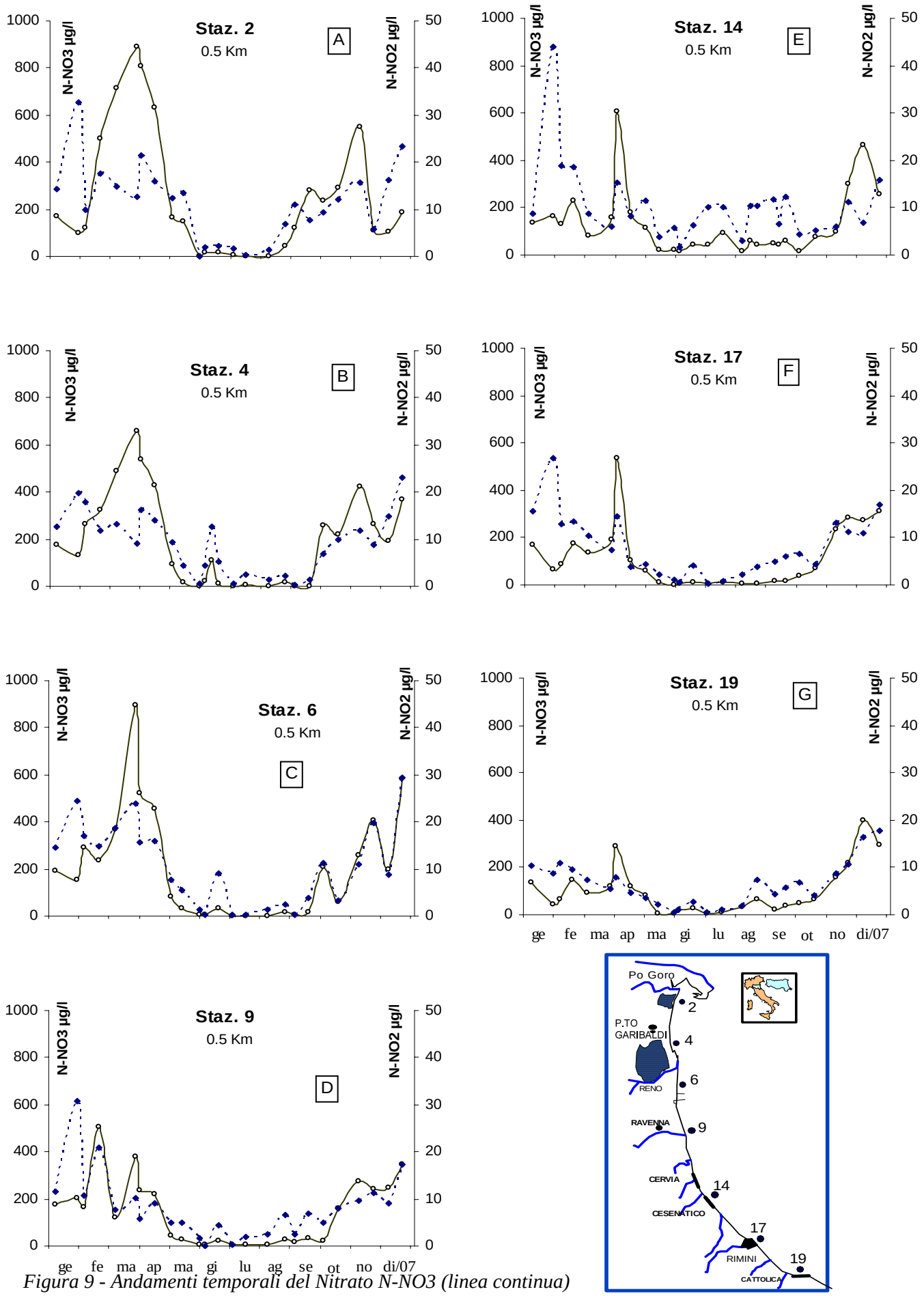


Figura 9 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO3 (linea continua) e del Nitrito N-NO2 (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.

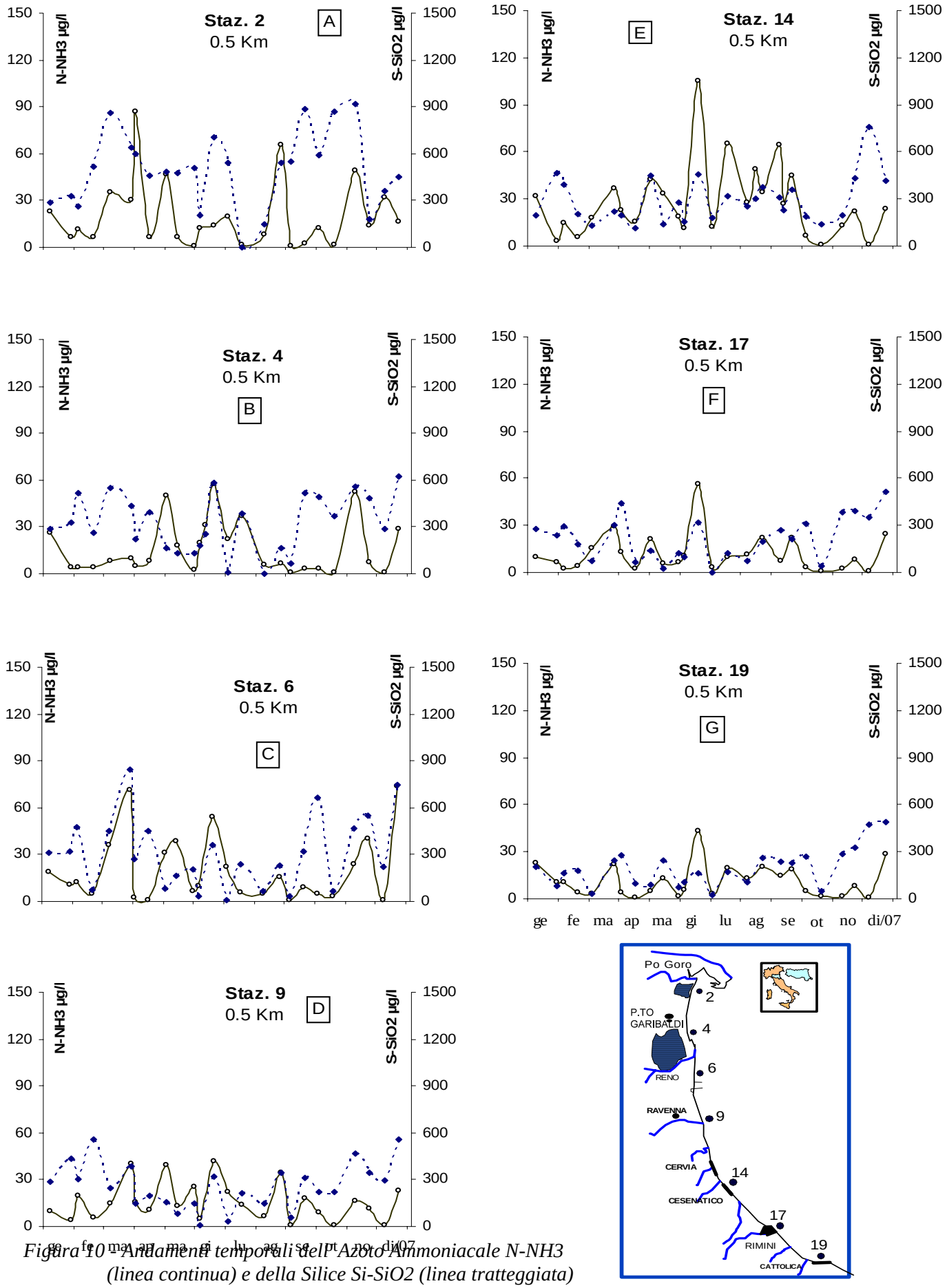


Figura 10 – Andamenti temporali dell'Azoto Ammoniacale N-NH3 (linea continua) e della Silice Si-SiO2 (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

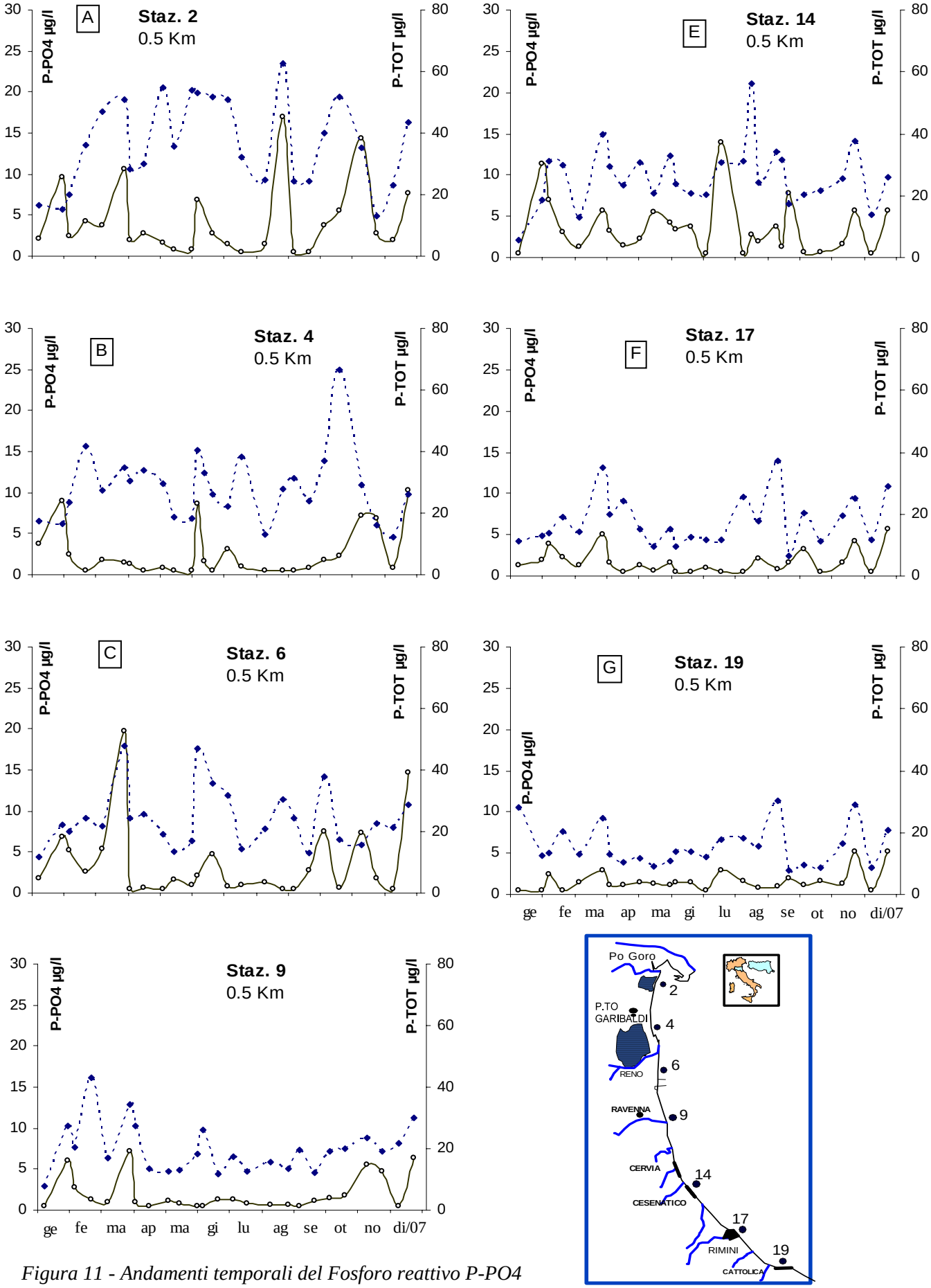
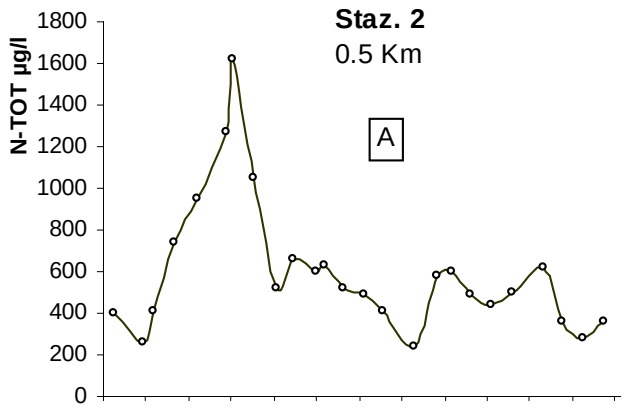
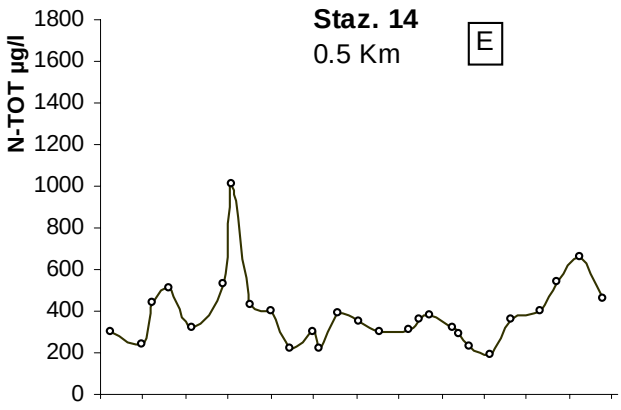
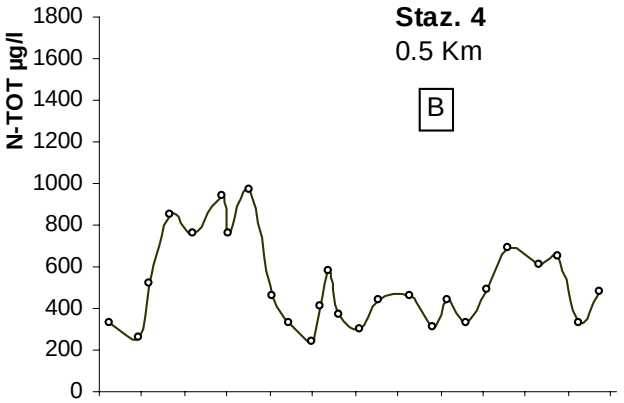
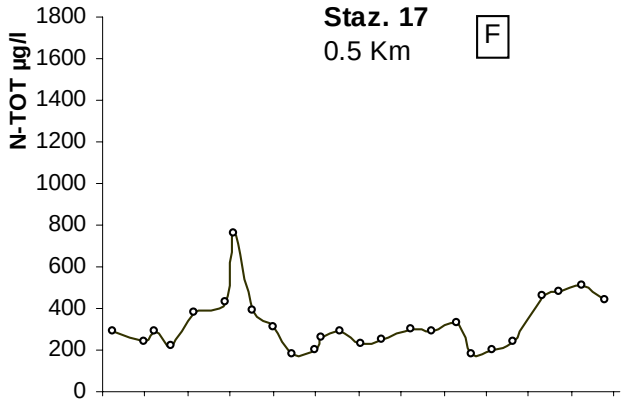


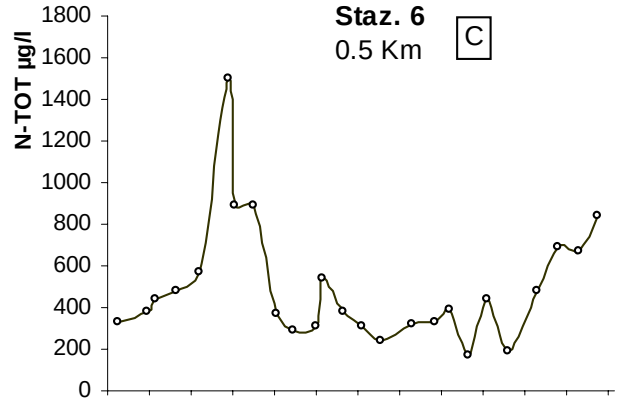
Figura 11 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO4 (linea continua) e del fosforo totale P-TOT (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

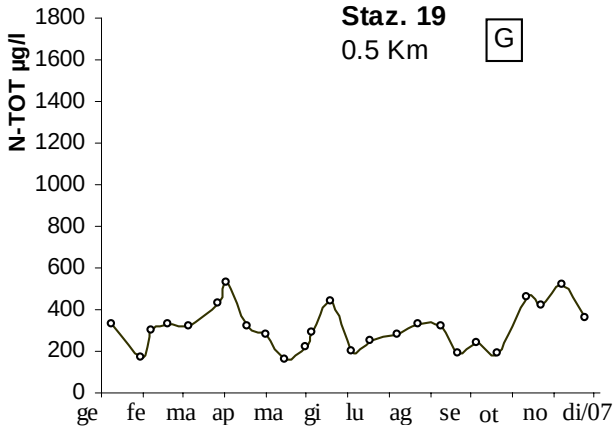


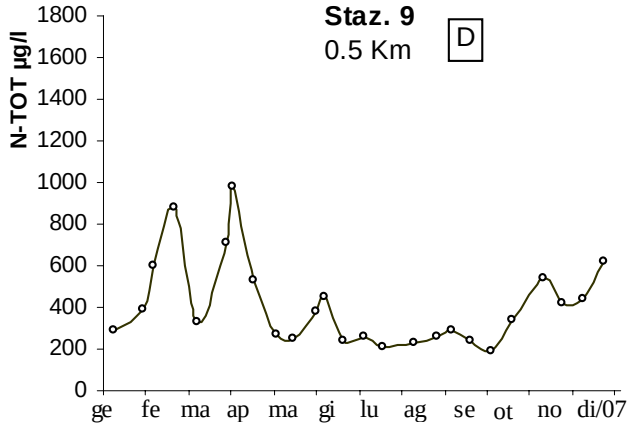












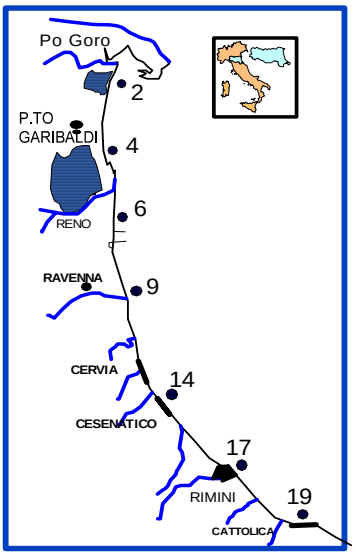


Figura 12 - Andamenti temporali dell' Azoto totale N-TOT in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa.

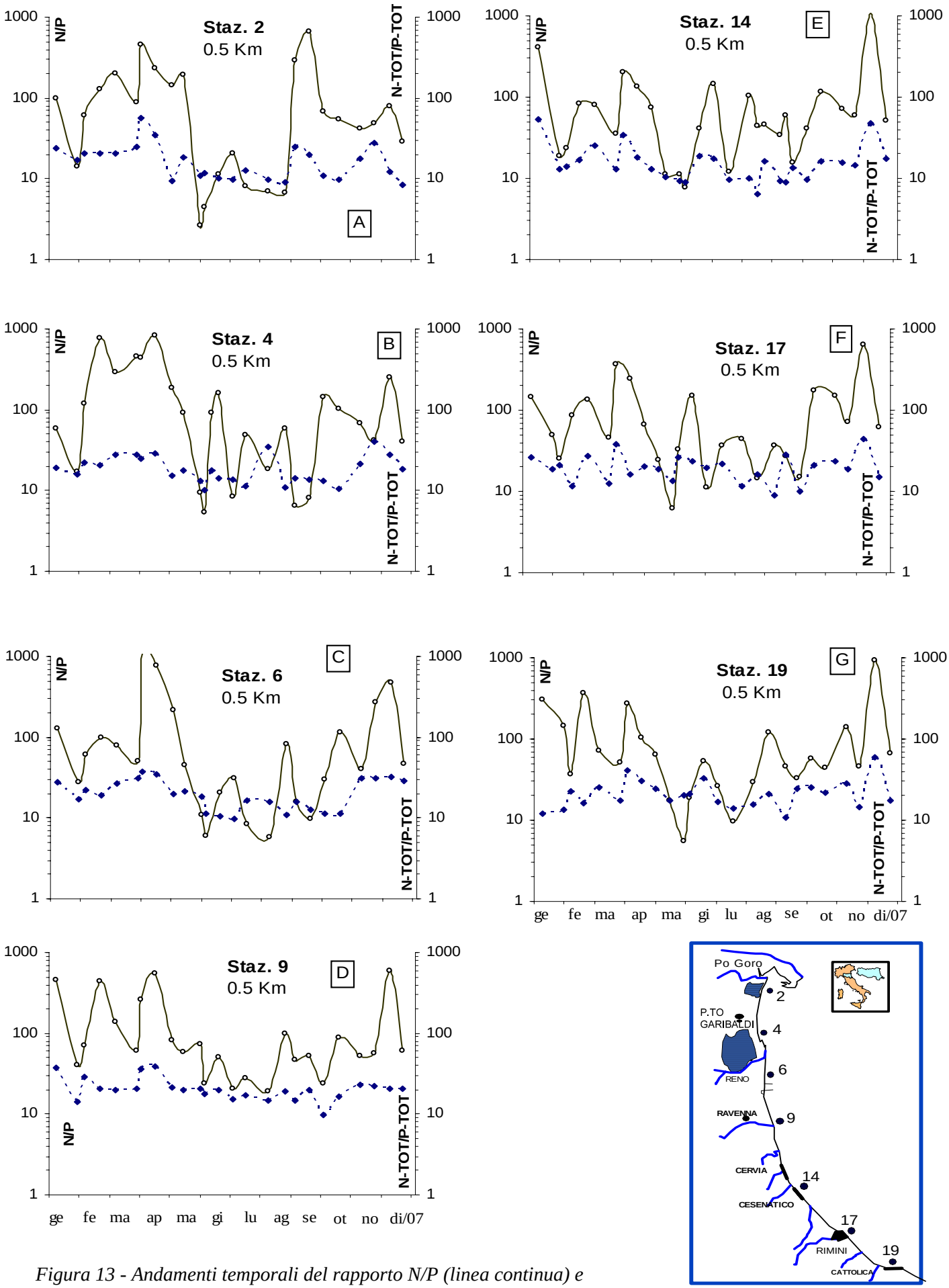


Figura 13 - Andamenti temporali del rapporto N/P (linea continua) e del rapporto N-TOT/P-TOT (linea tratteggiata) in superficie nelle stazioni a 0.5 Km dalla costa

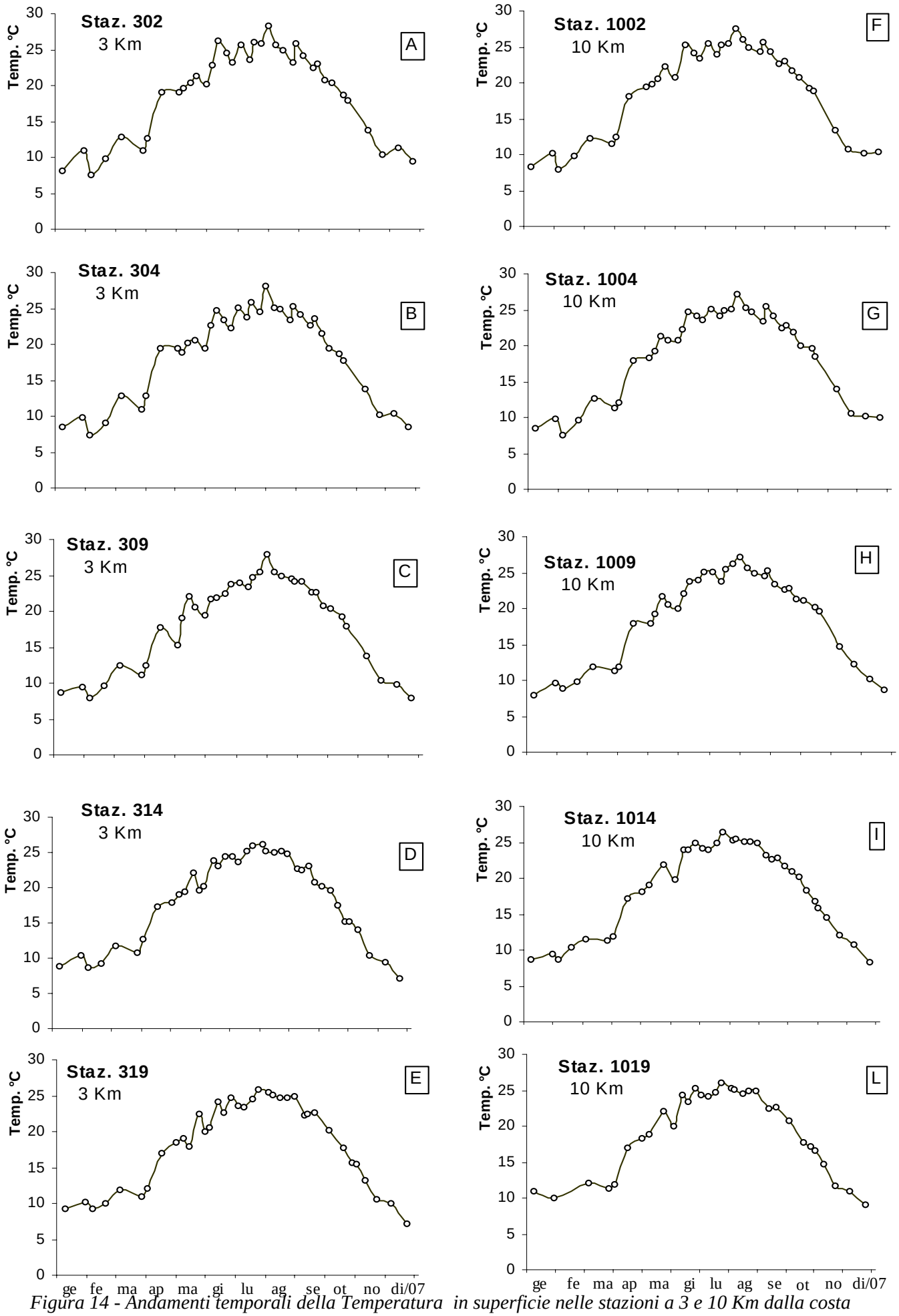


Figura 14 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

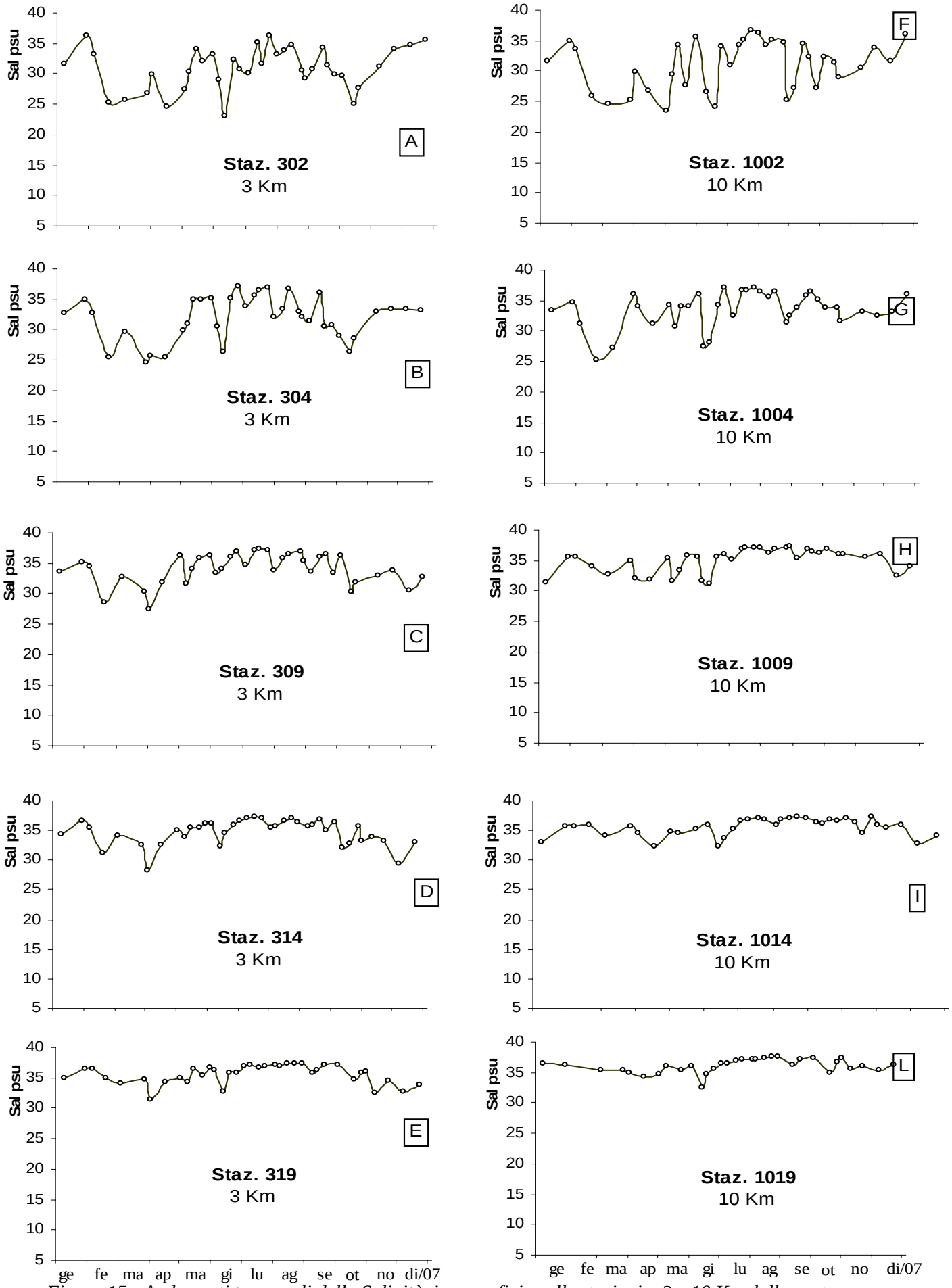


Figura 15 - Andamenti temporali della Salinità in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

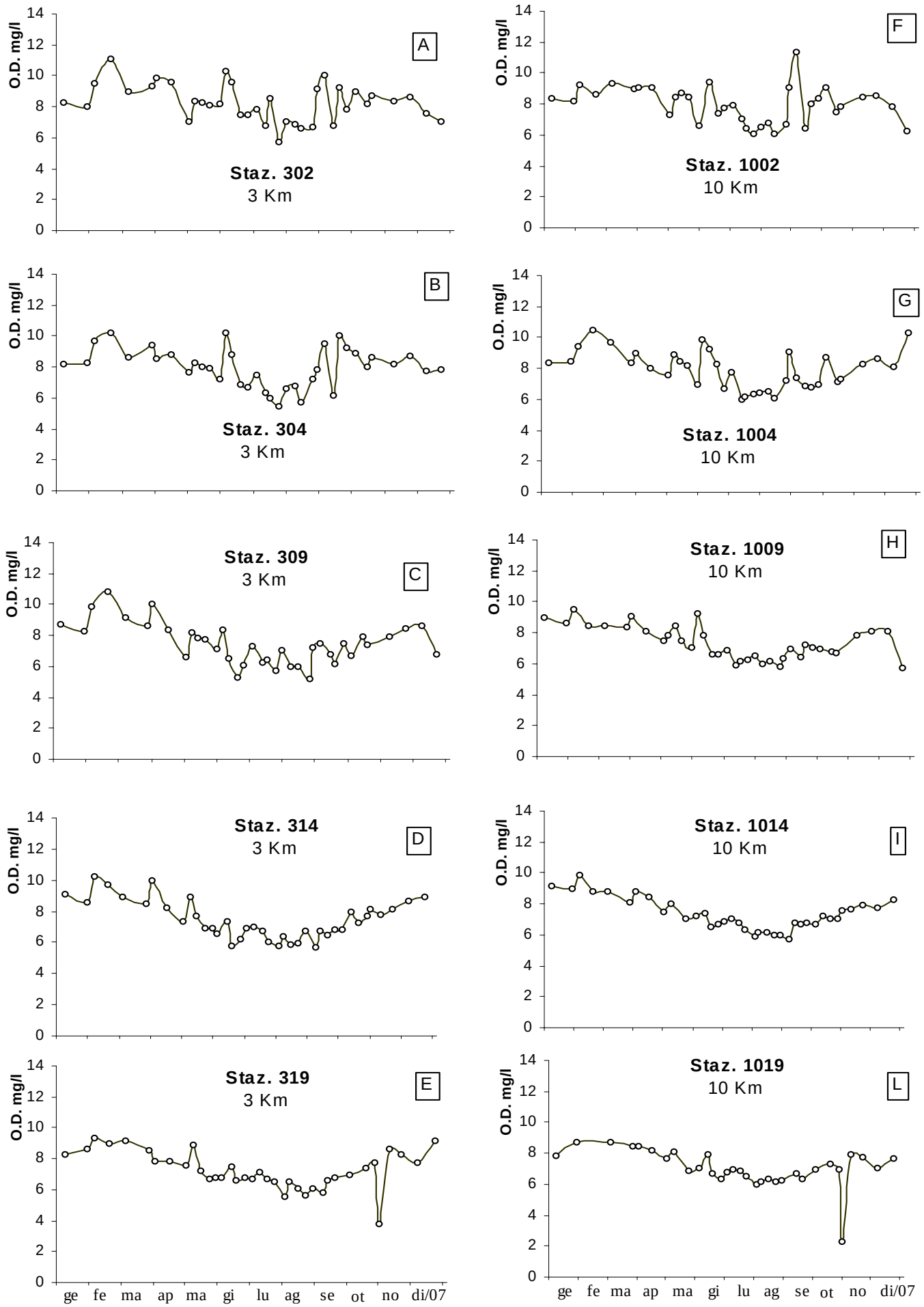


Figura 16 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

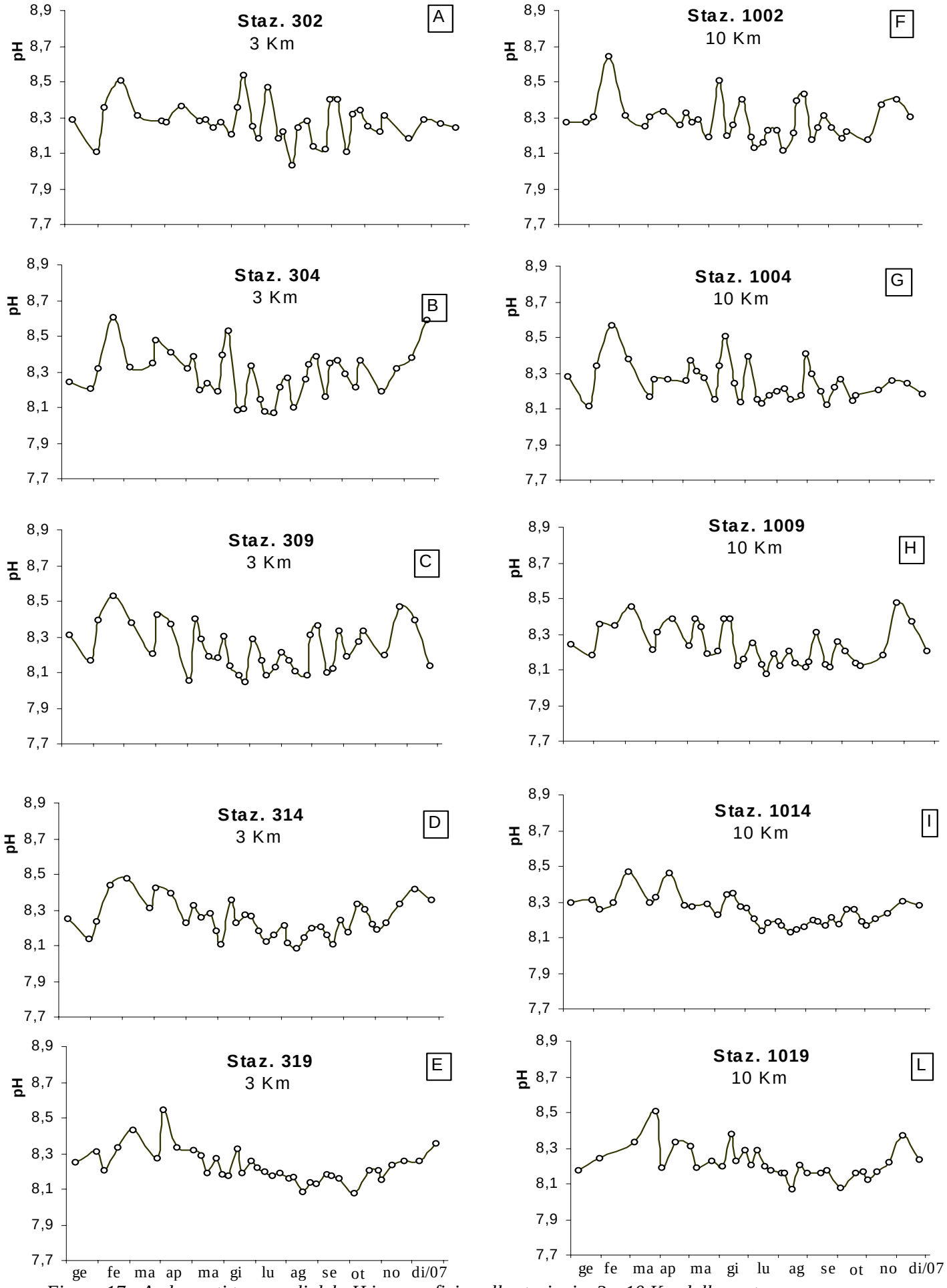


Figura 17 - Andamenti temporali del pH in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

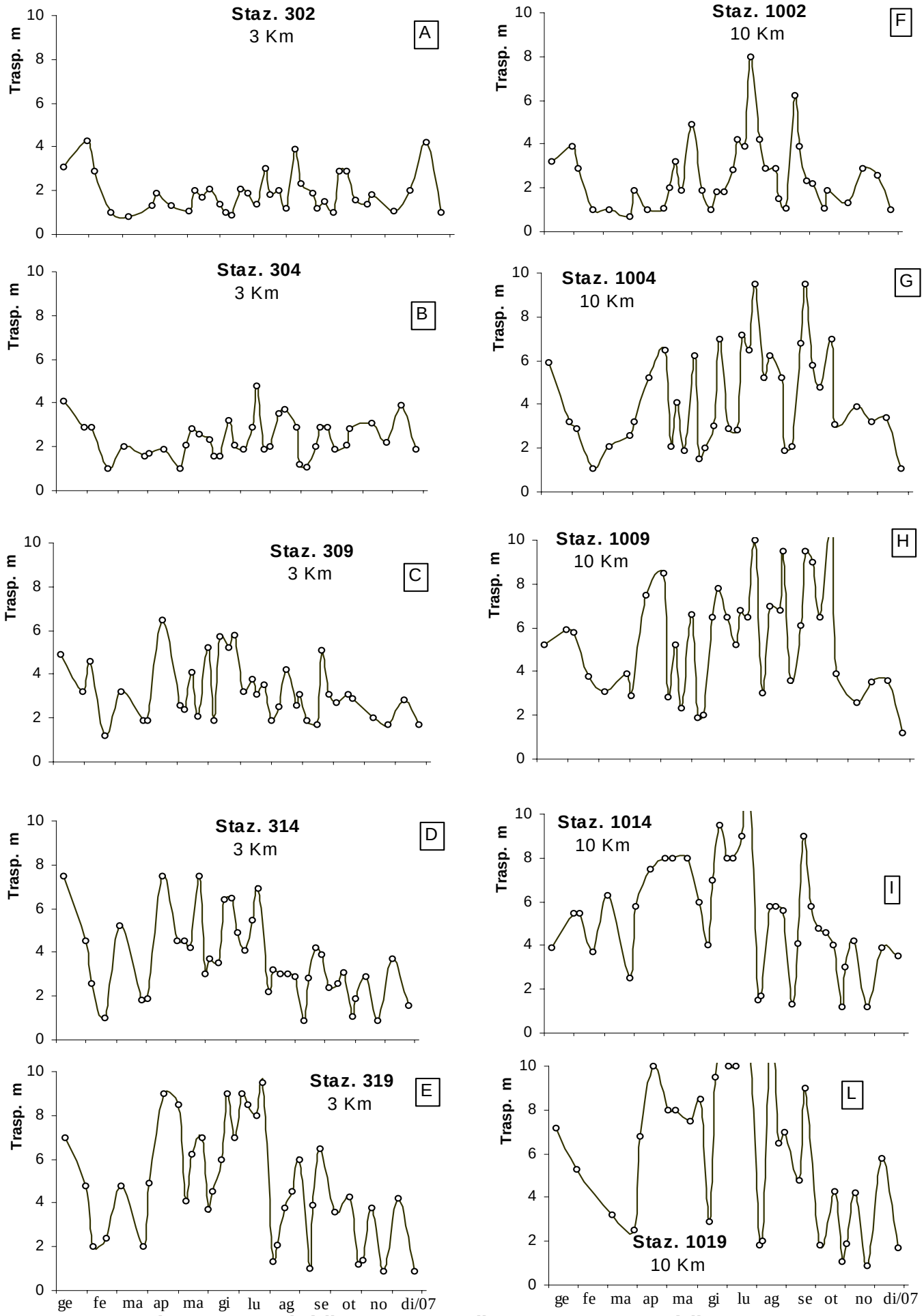


Figura 18 - Andamenti temporali della Trasparenza nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

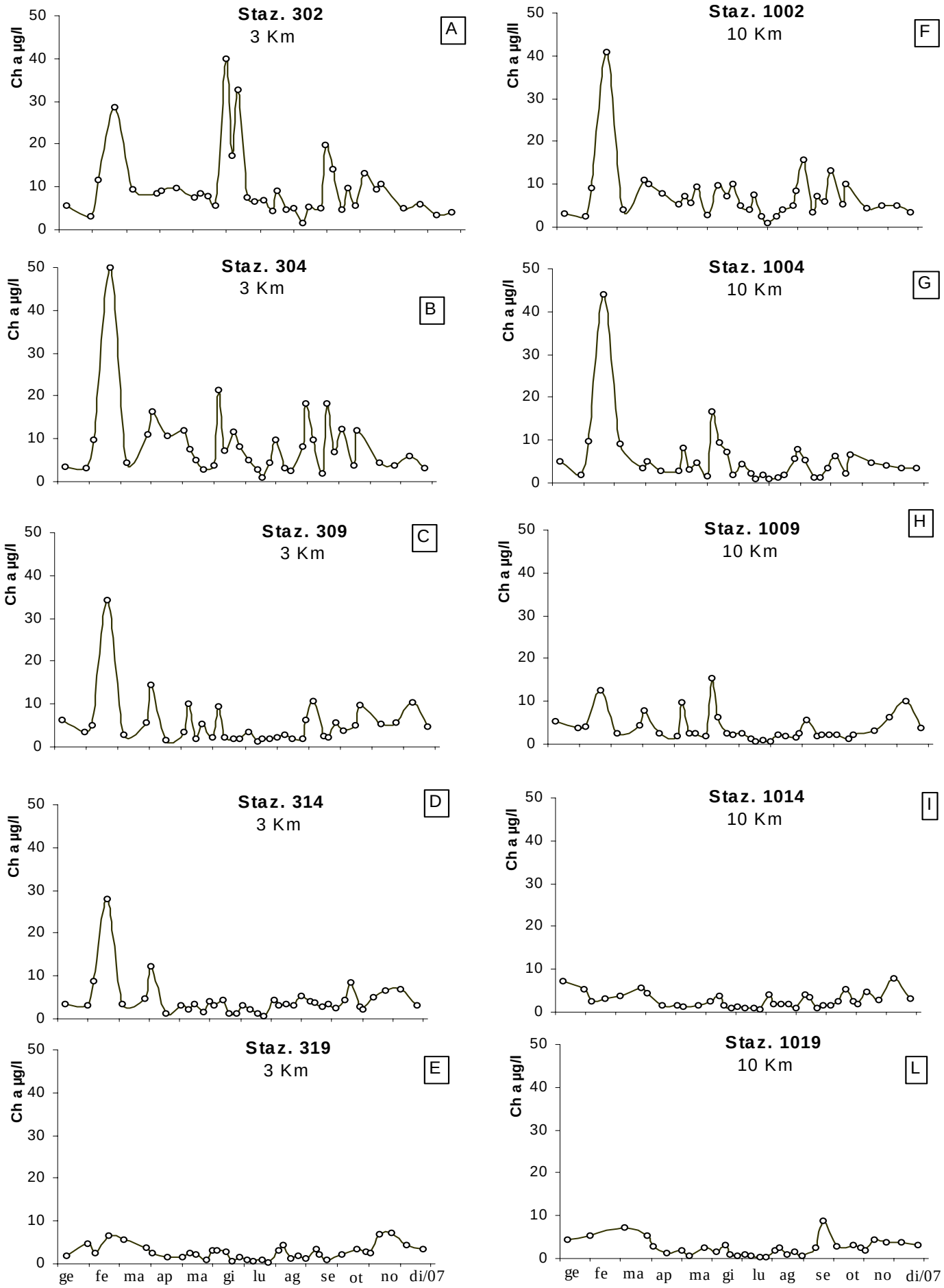


Figura 19 -Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

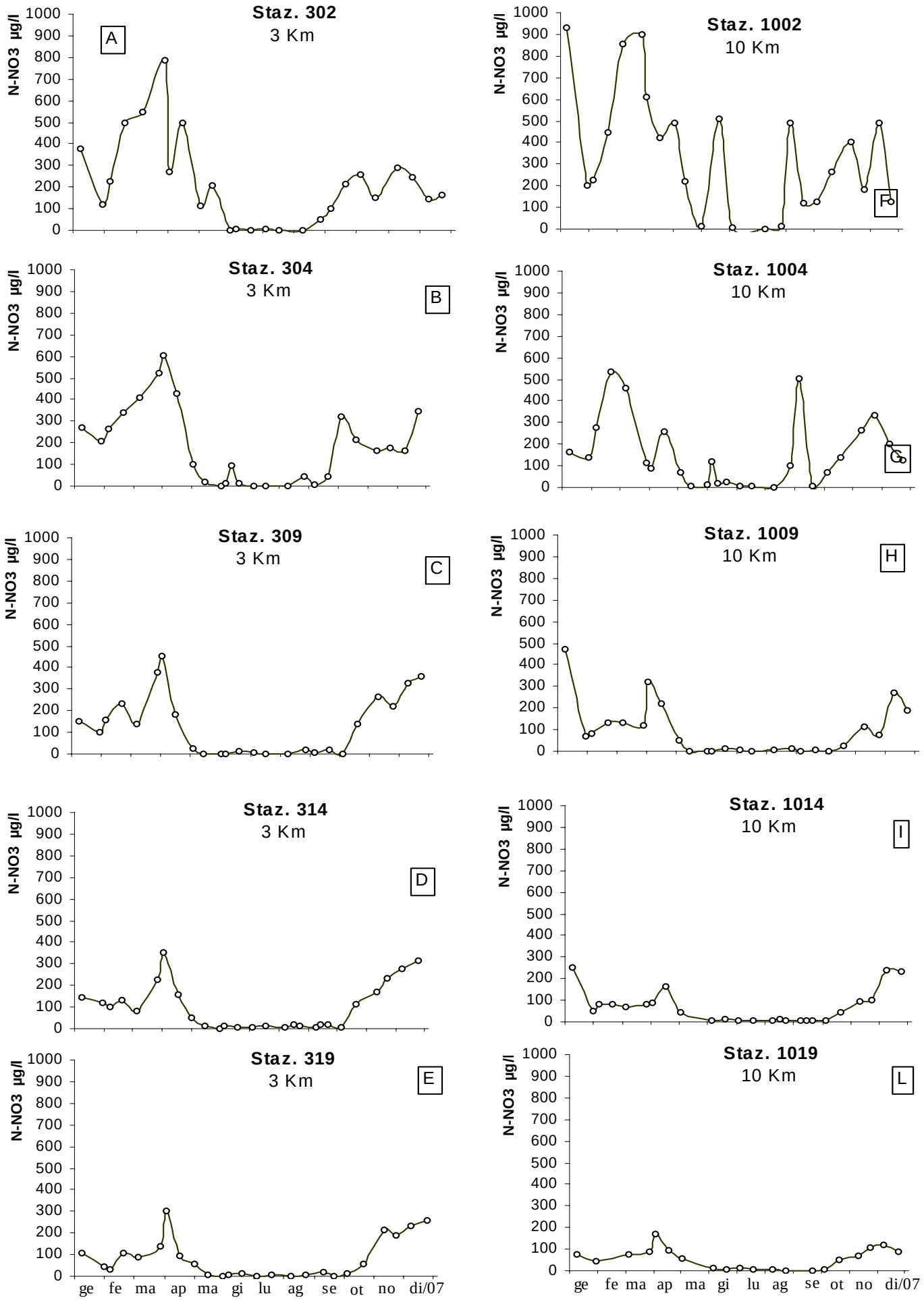


Figura 20 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO3 in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

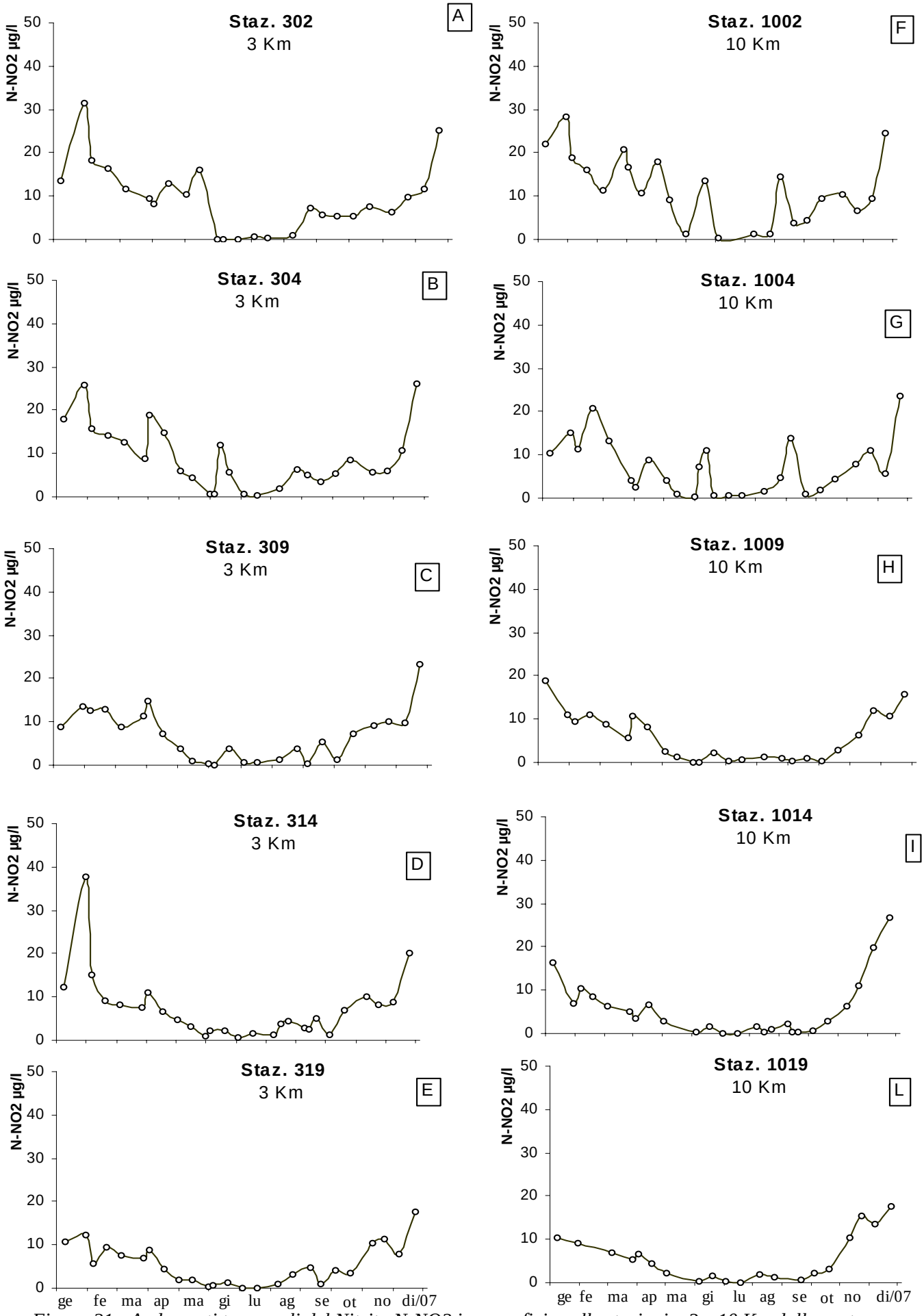


Figura 21 - Andamenti temporali del Nitrito N-NO2 in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

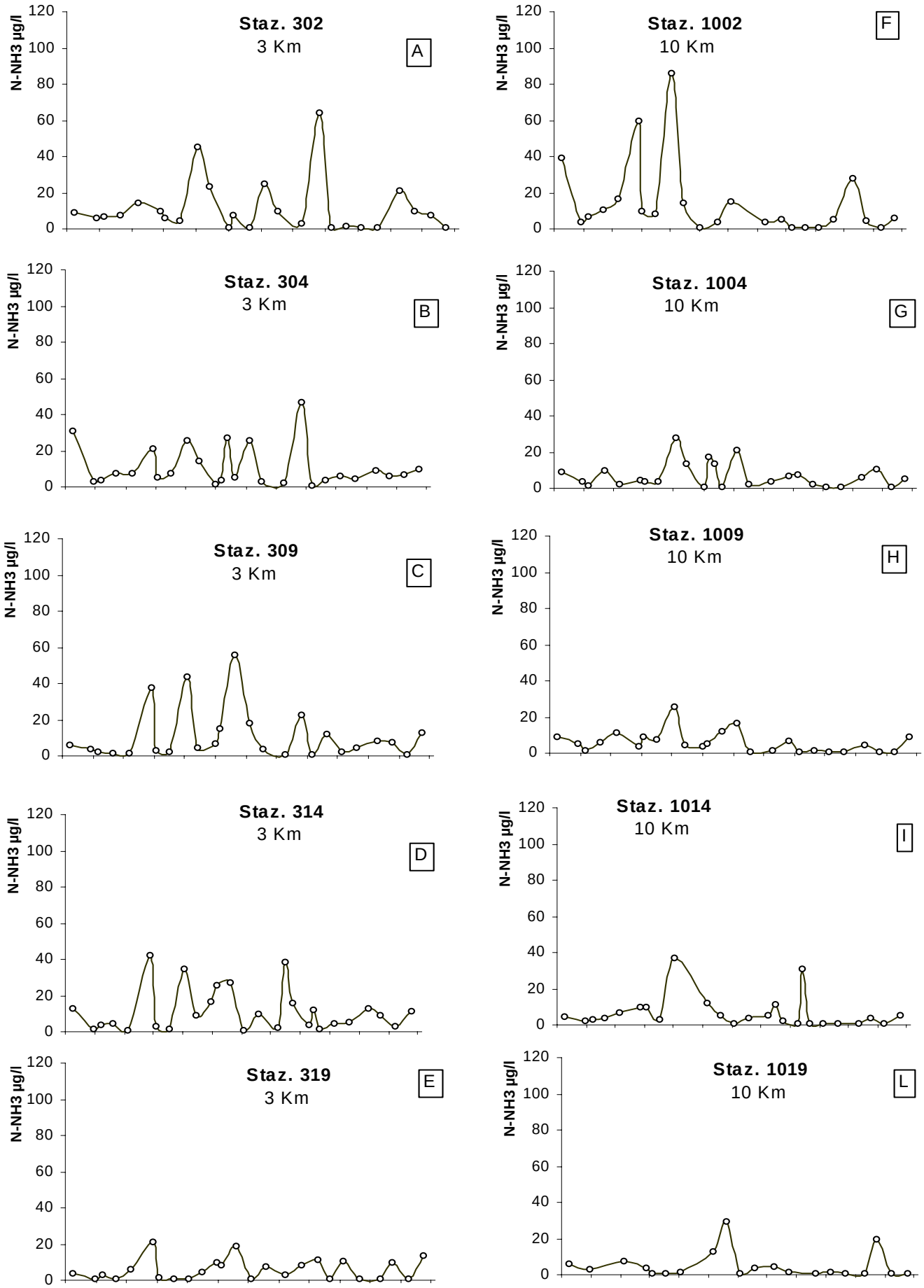


Figura 22 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH3 in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

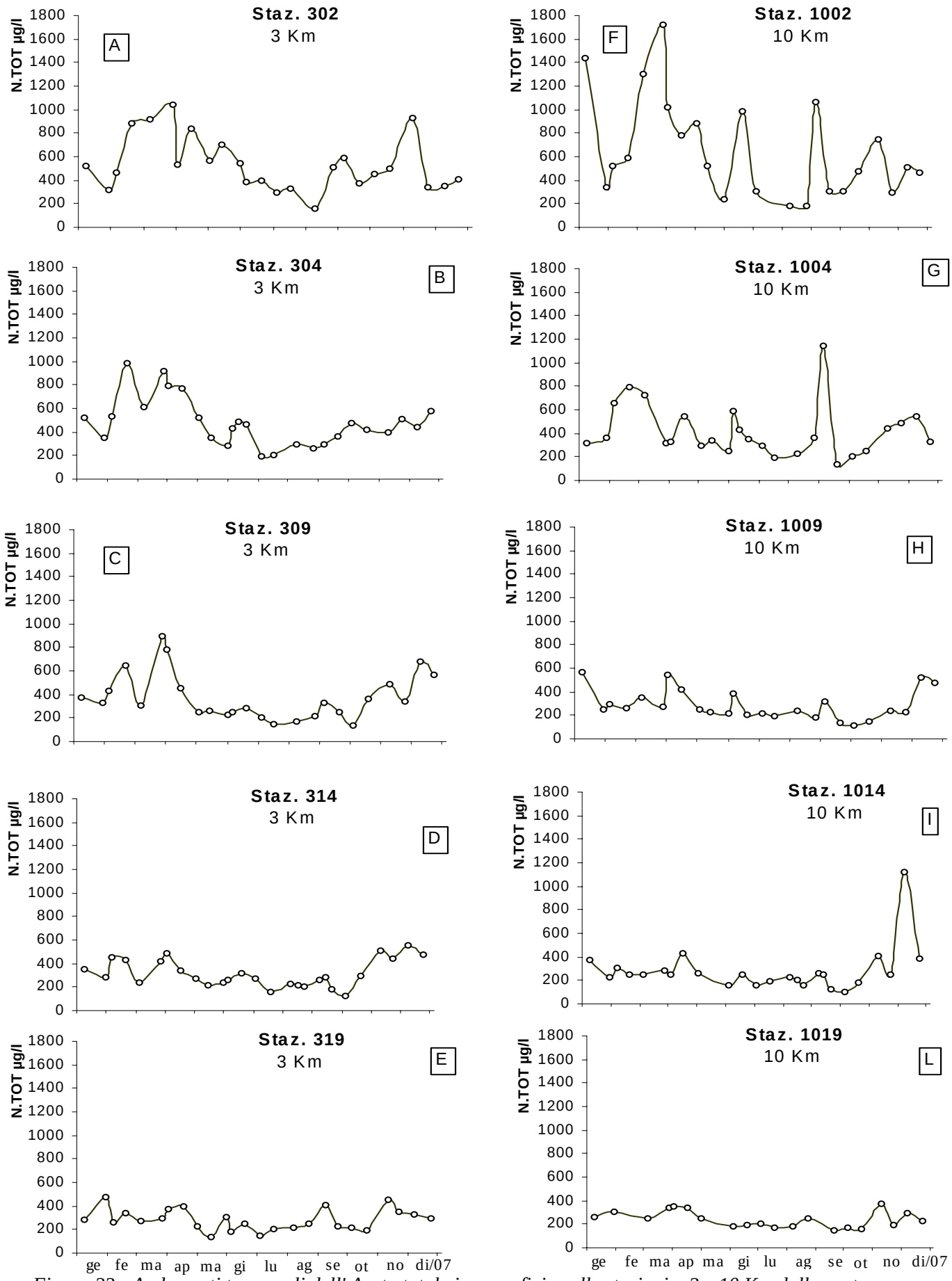


Figura 23 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

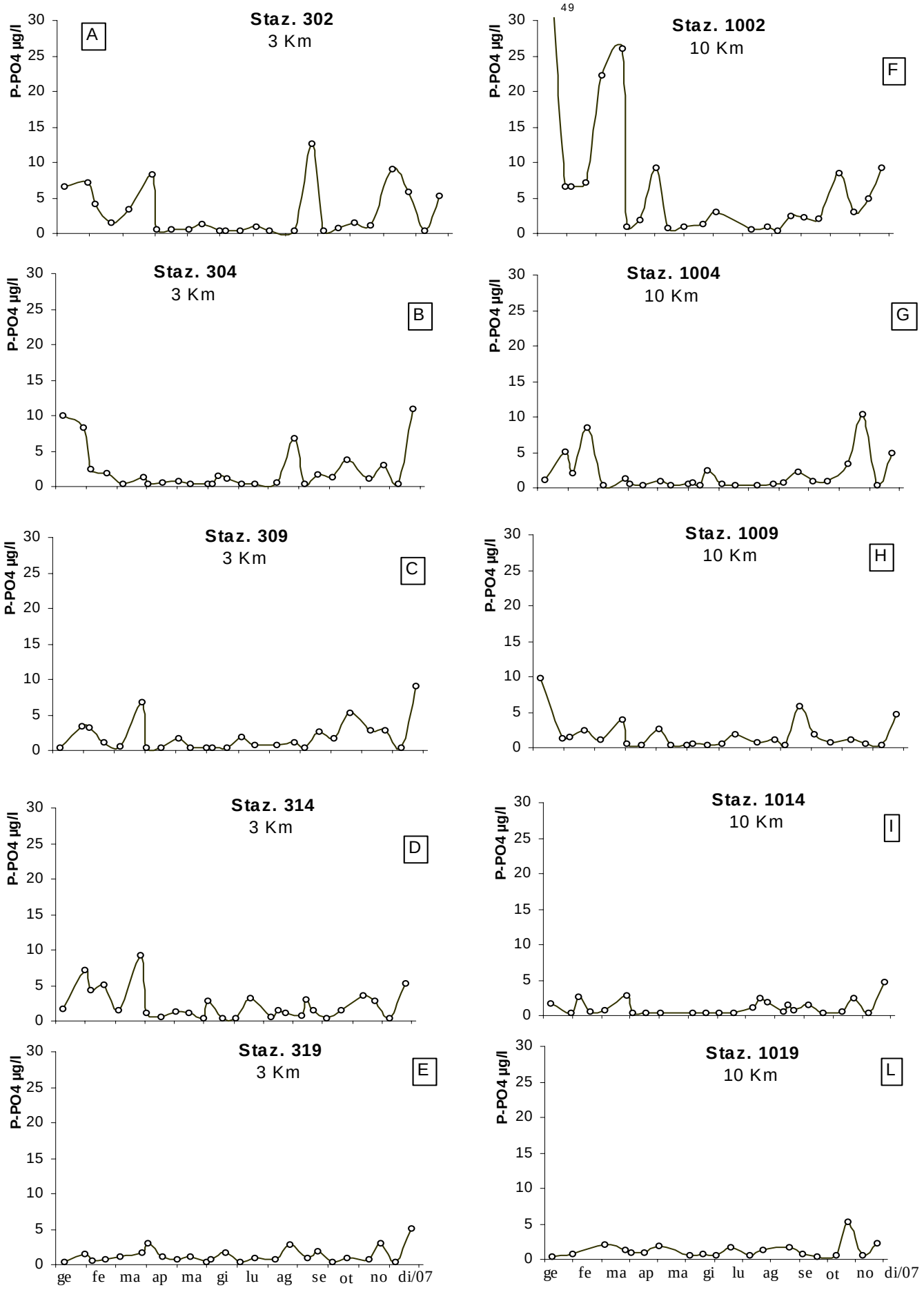


Figura 24 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO4 in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

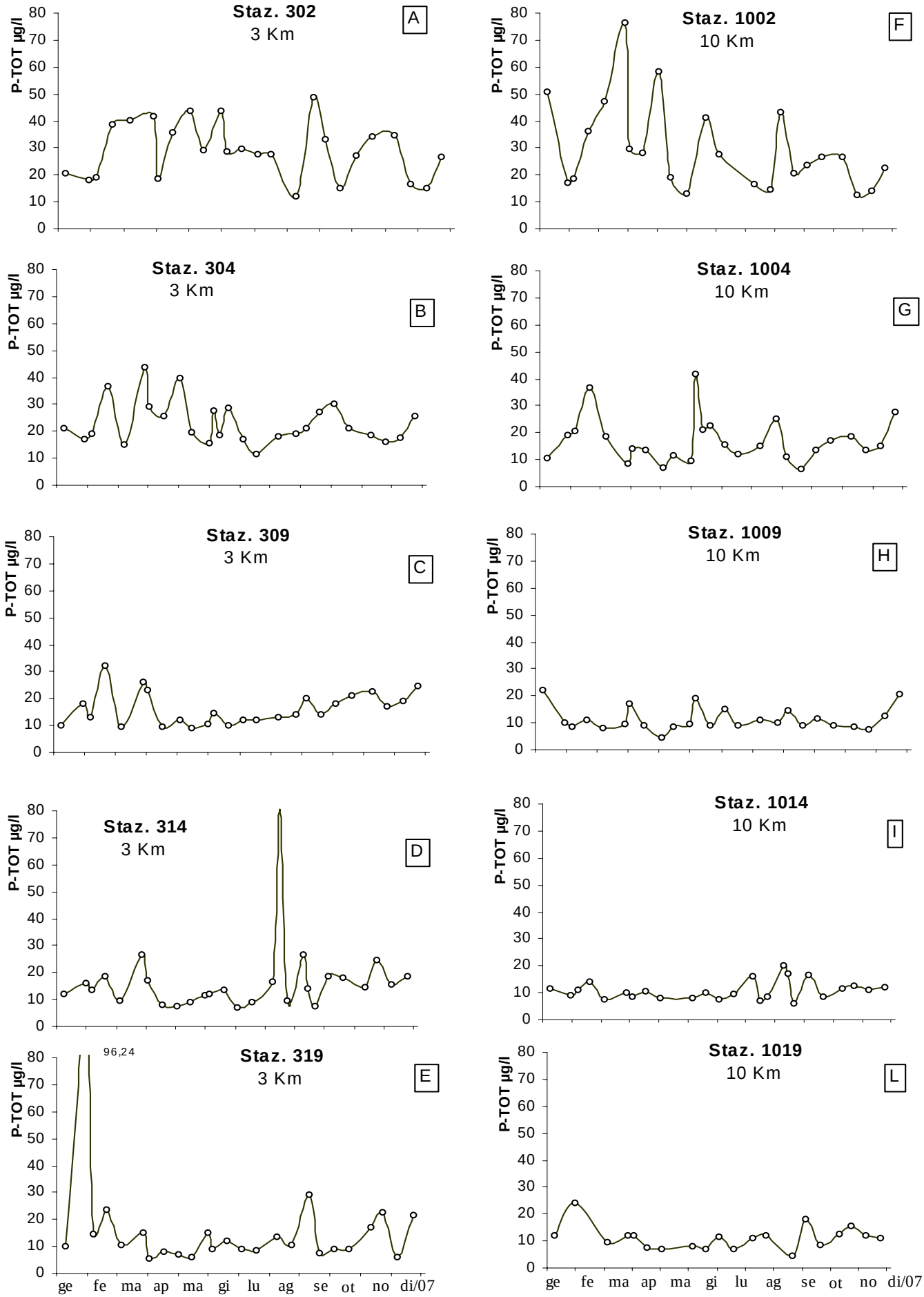


Figura 25 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa

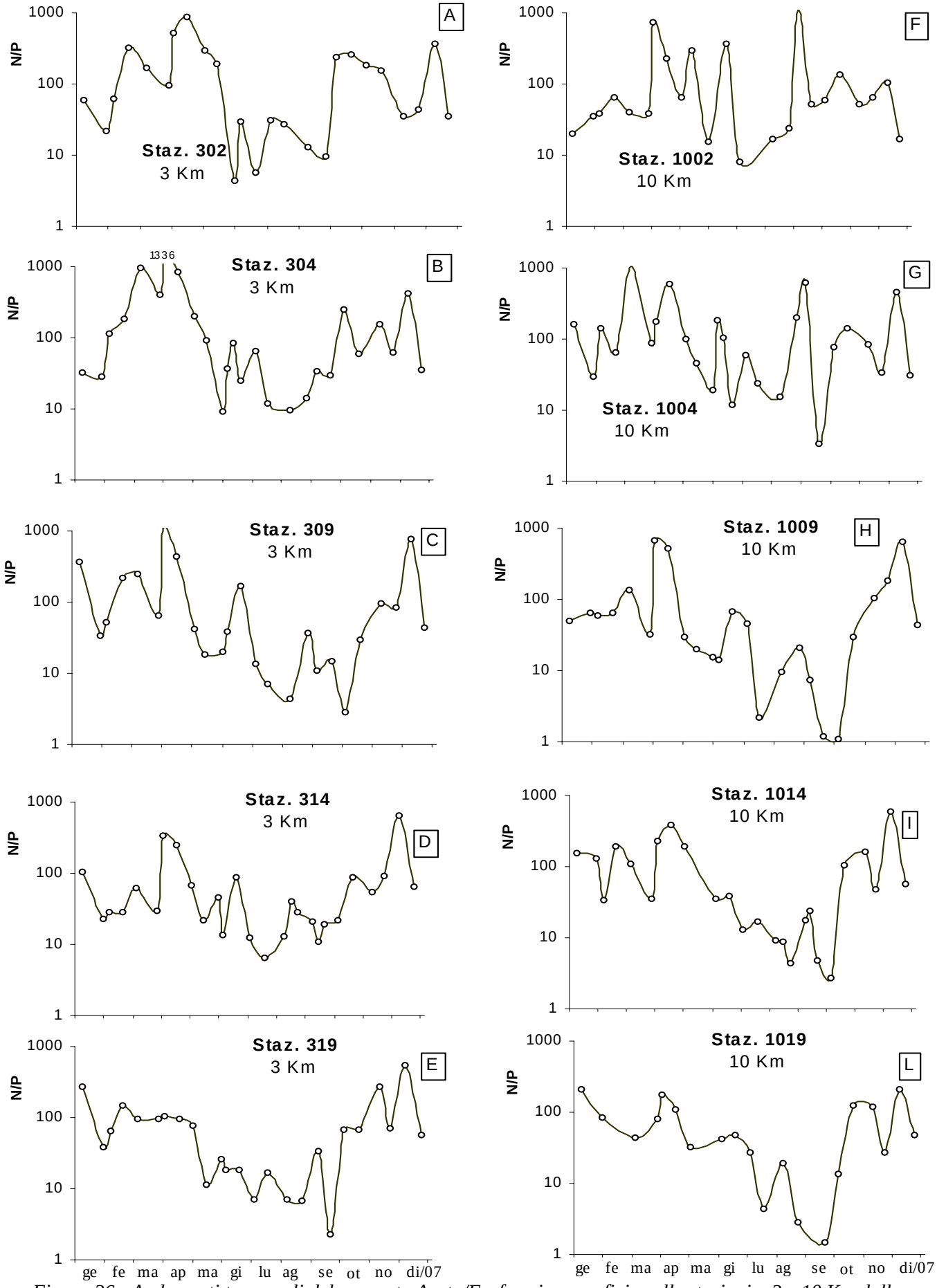


Figura 26 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

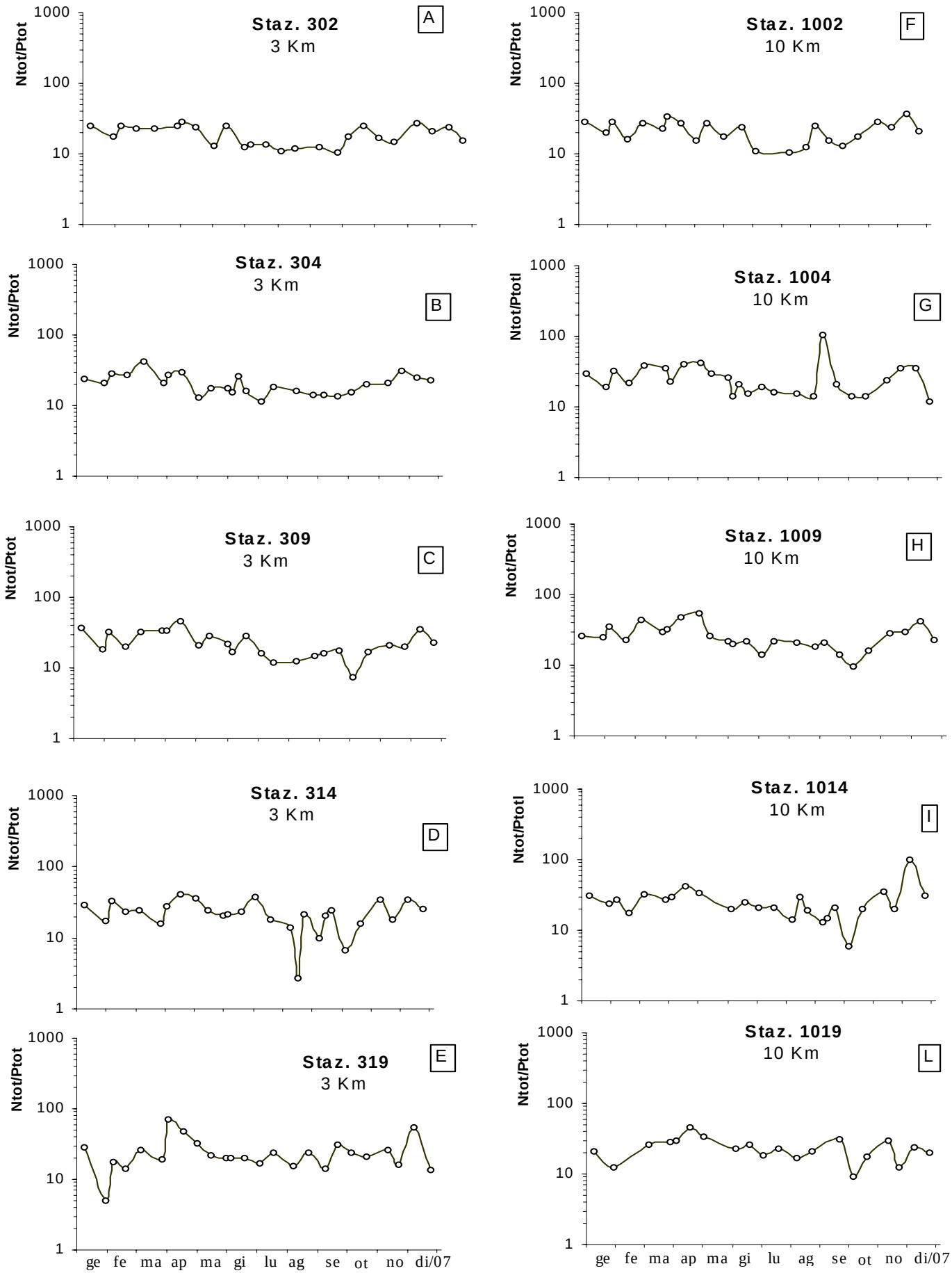


Figura 27 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa.

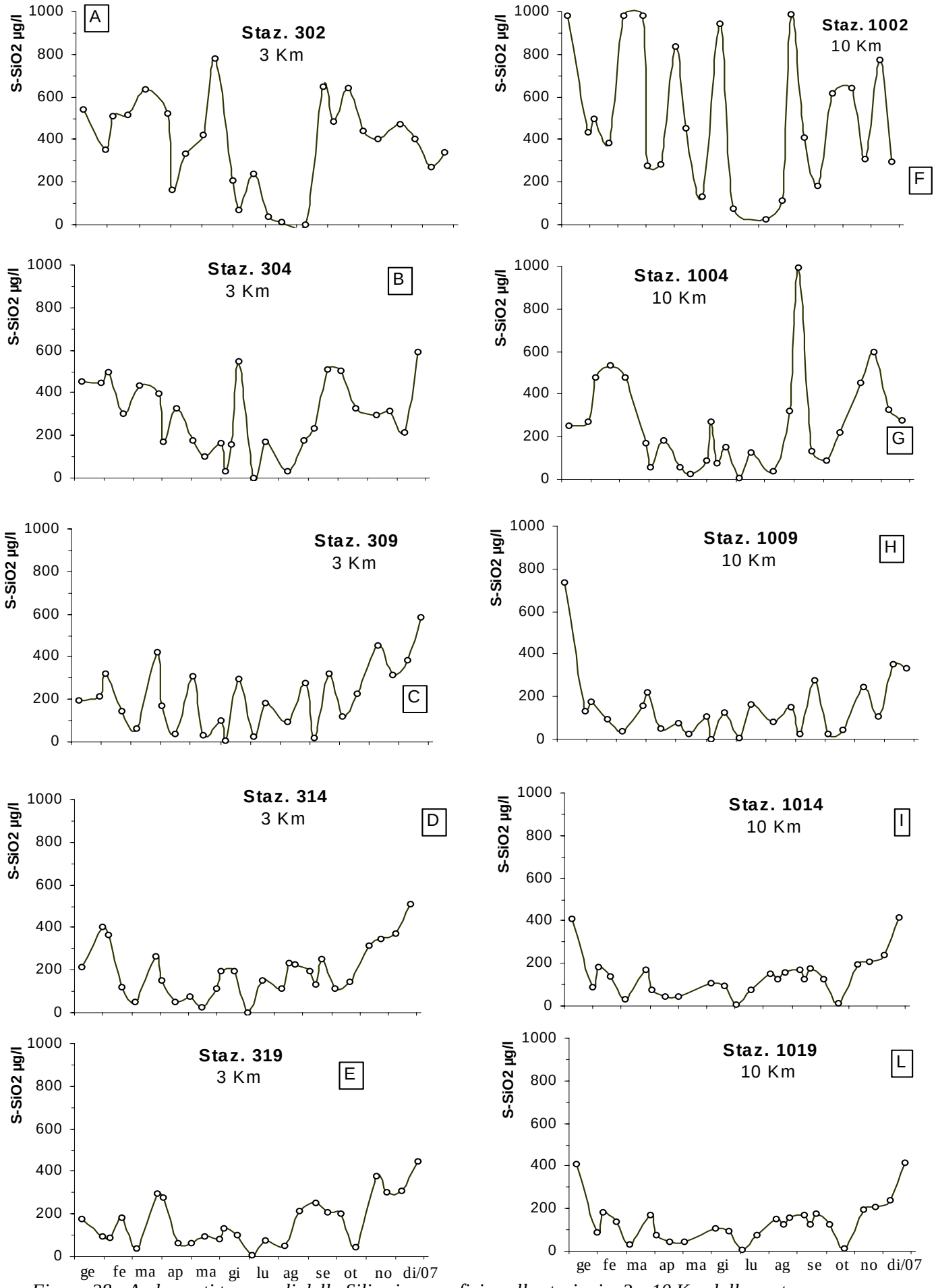
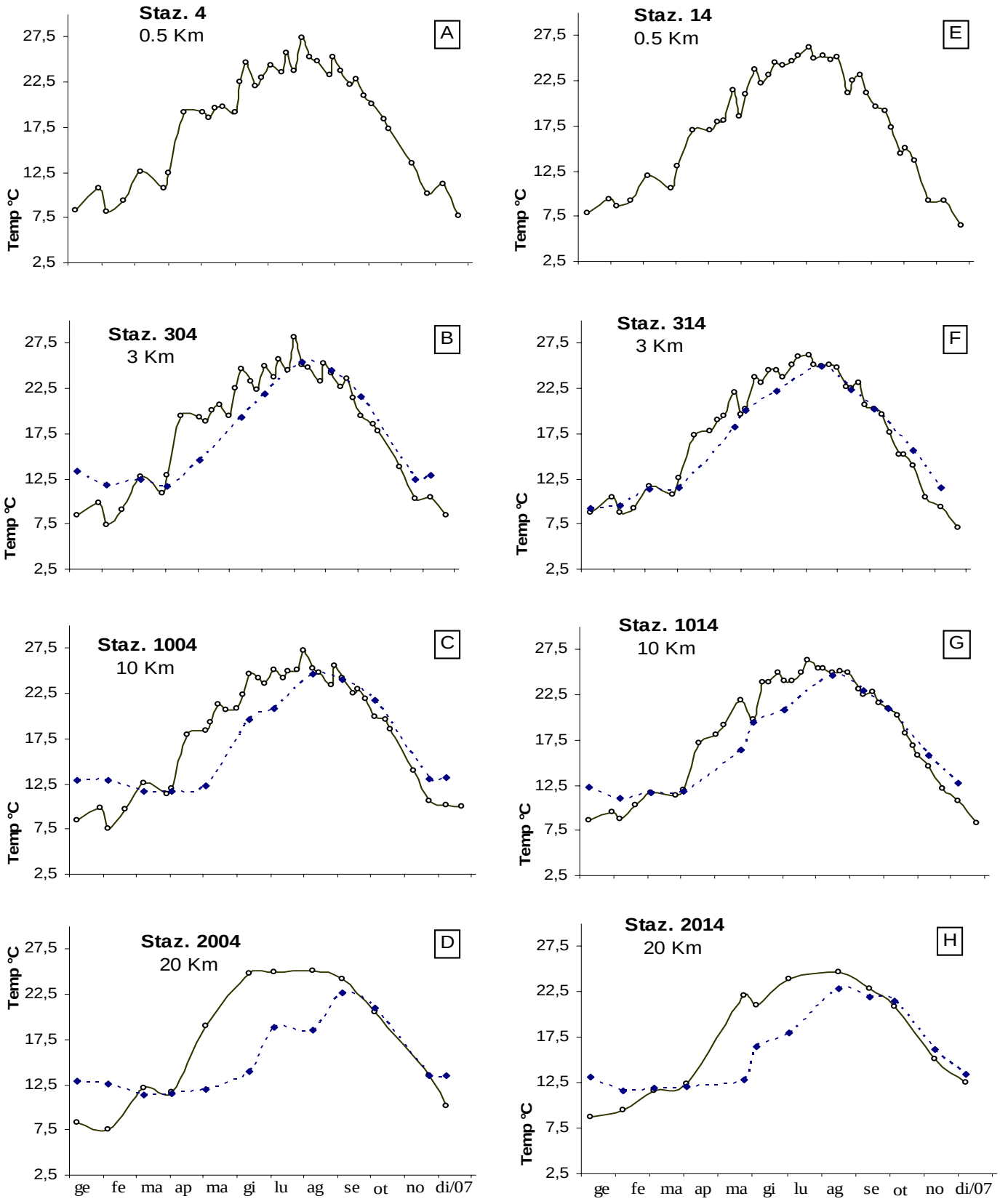


Figura 28 - Andamenti temporali della Silice in superficie nelle stazioni a 3 e 10 Km dalla costa



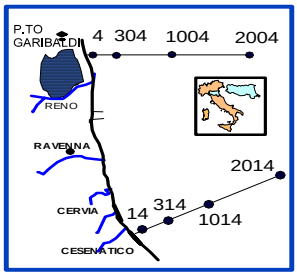
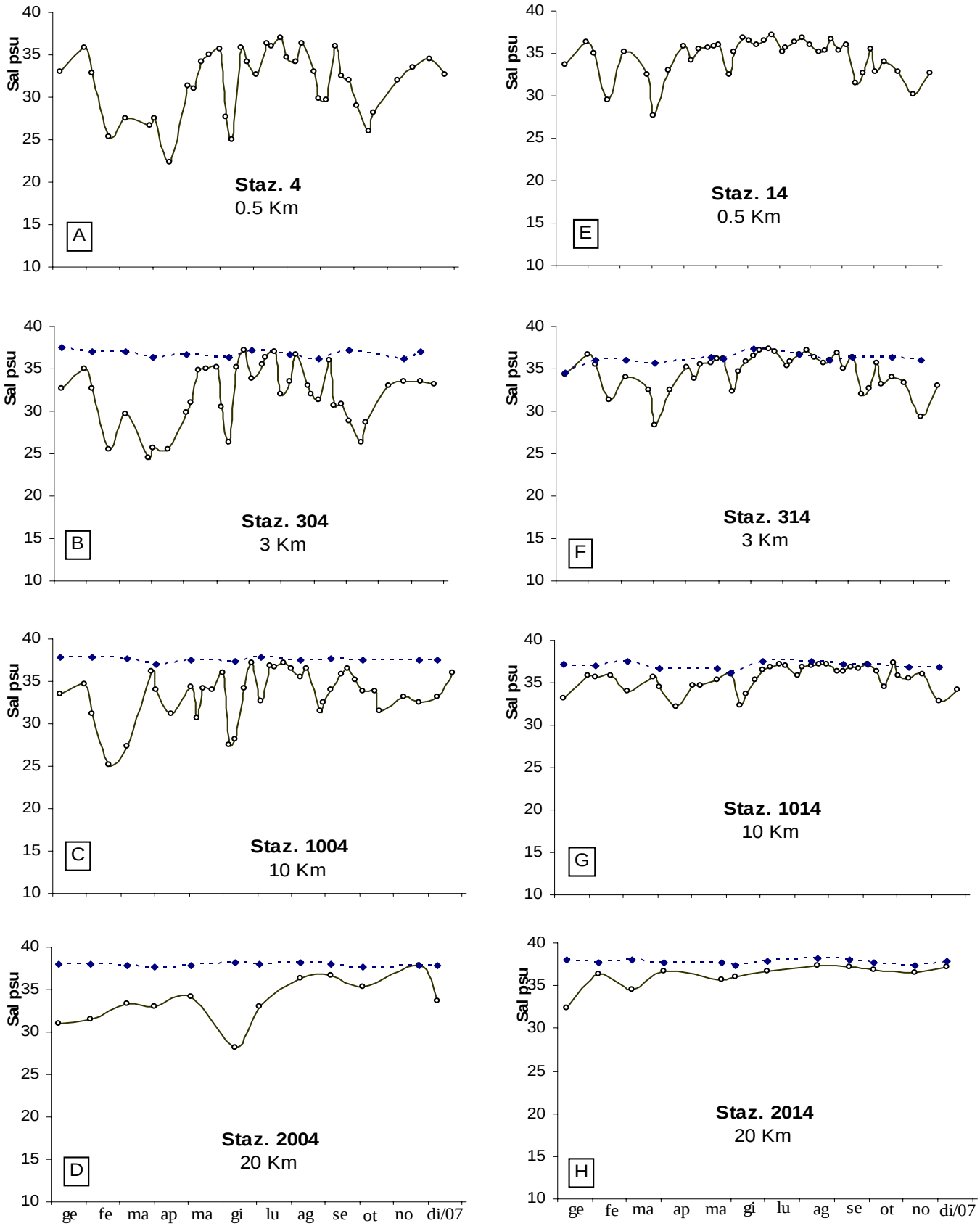


Figura 29 - Andamenti temporali della Temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



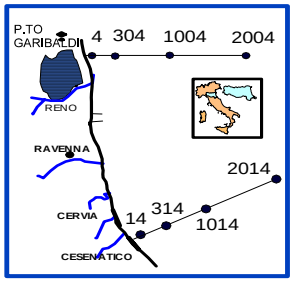
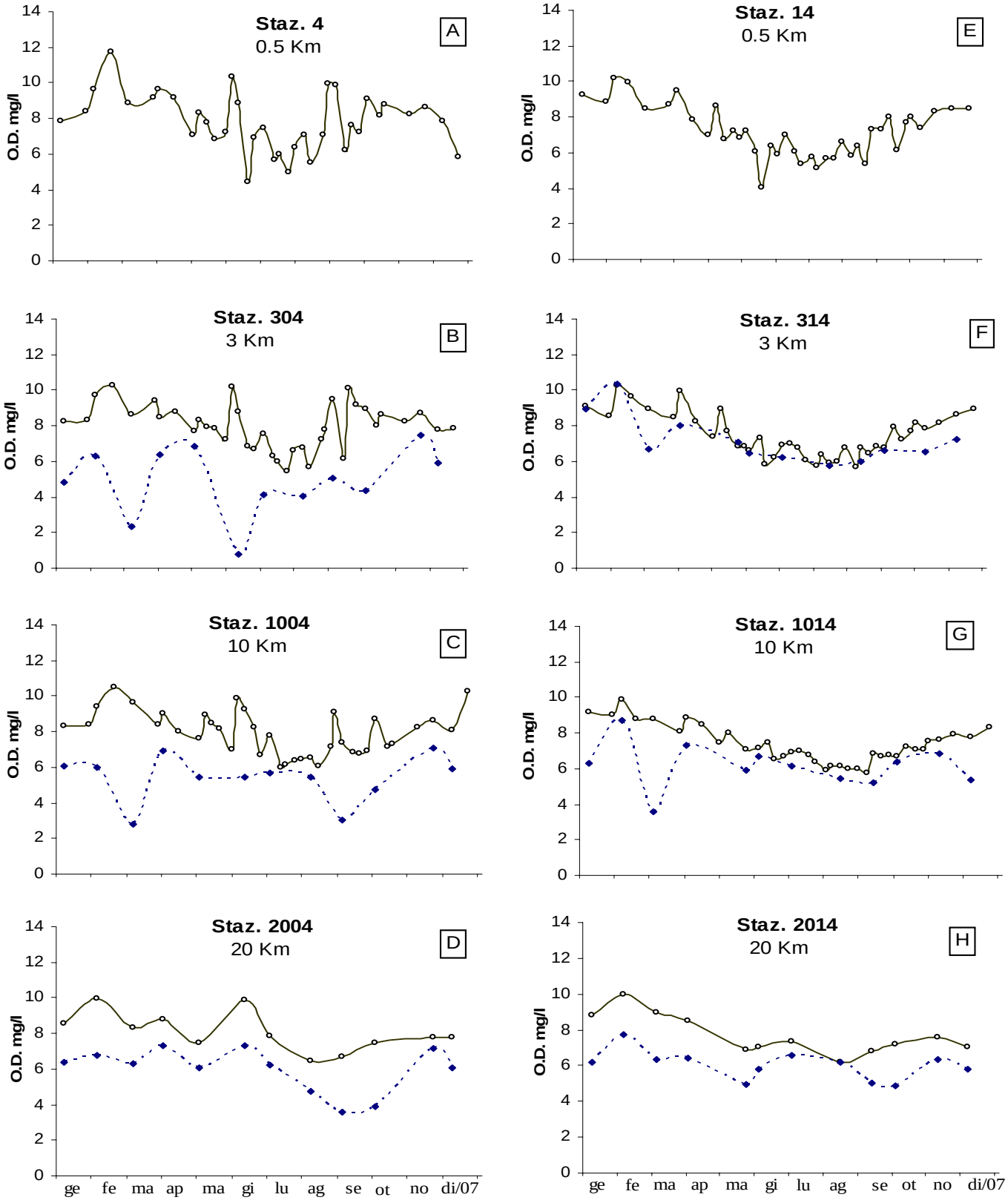


Figura 30 - Andamenti temporali della Salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



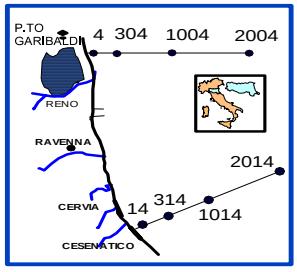
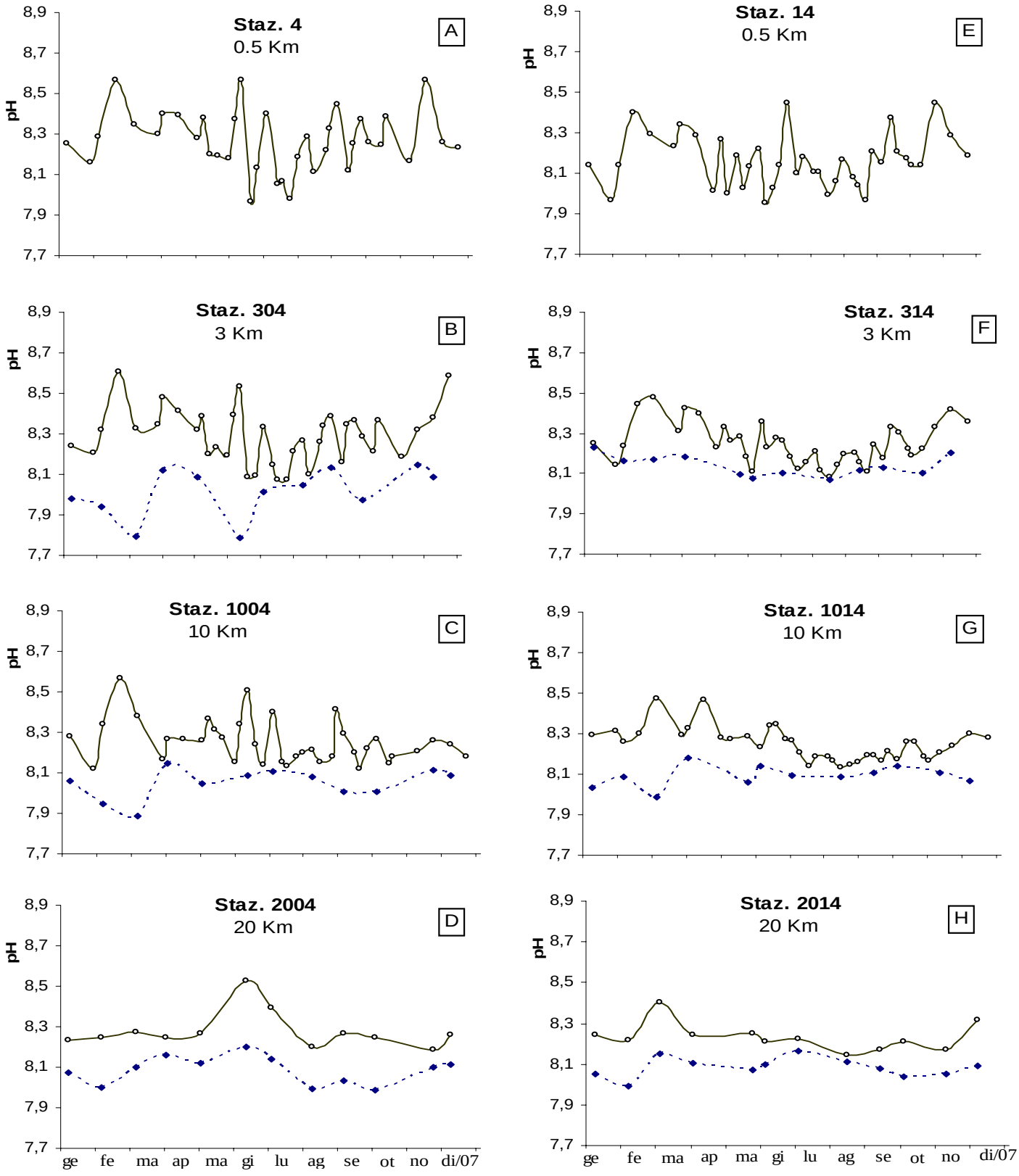


Figura 31 - Andamenti temporali dell' Ossigeno in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



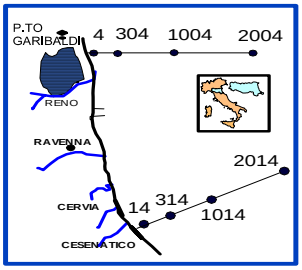
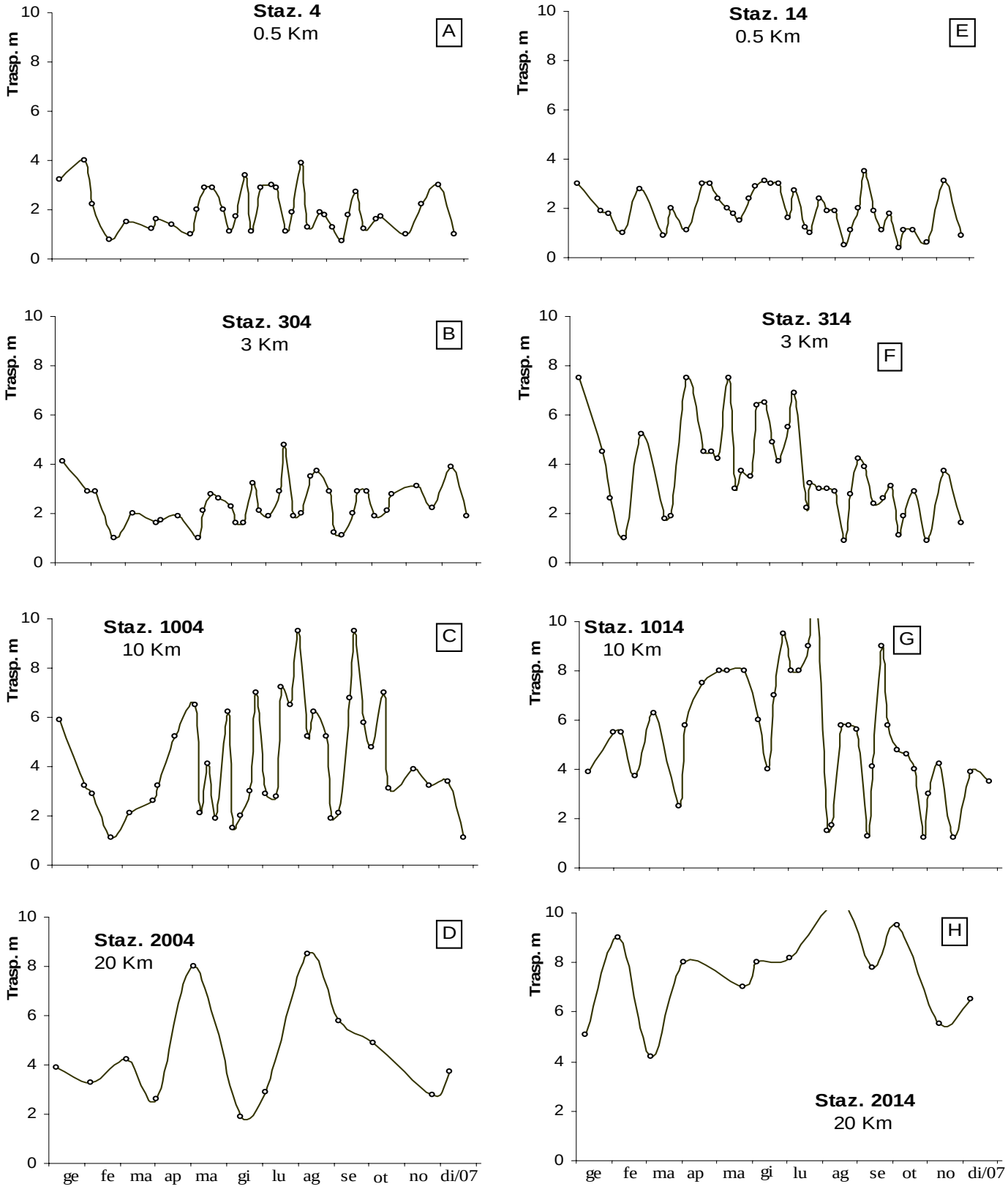


Figura 32 - Andamenti temporali del pH in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



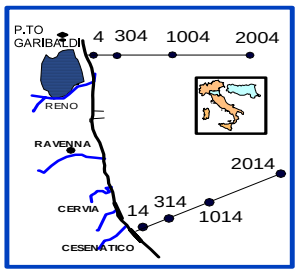
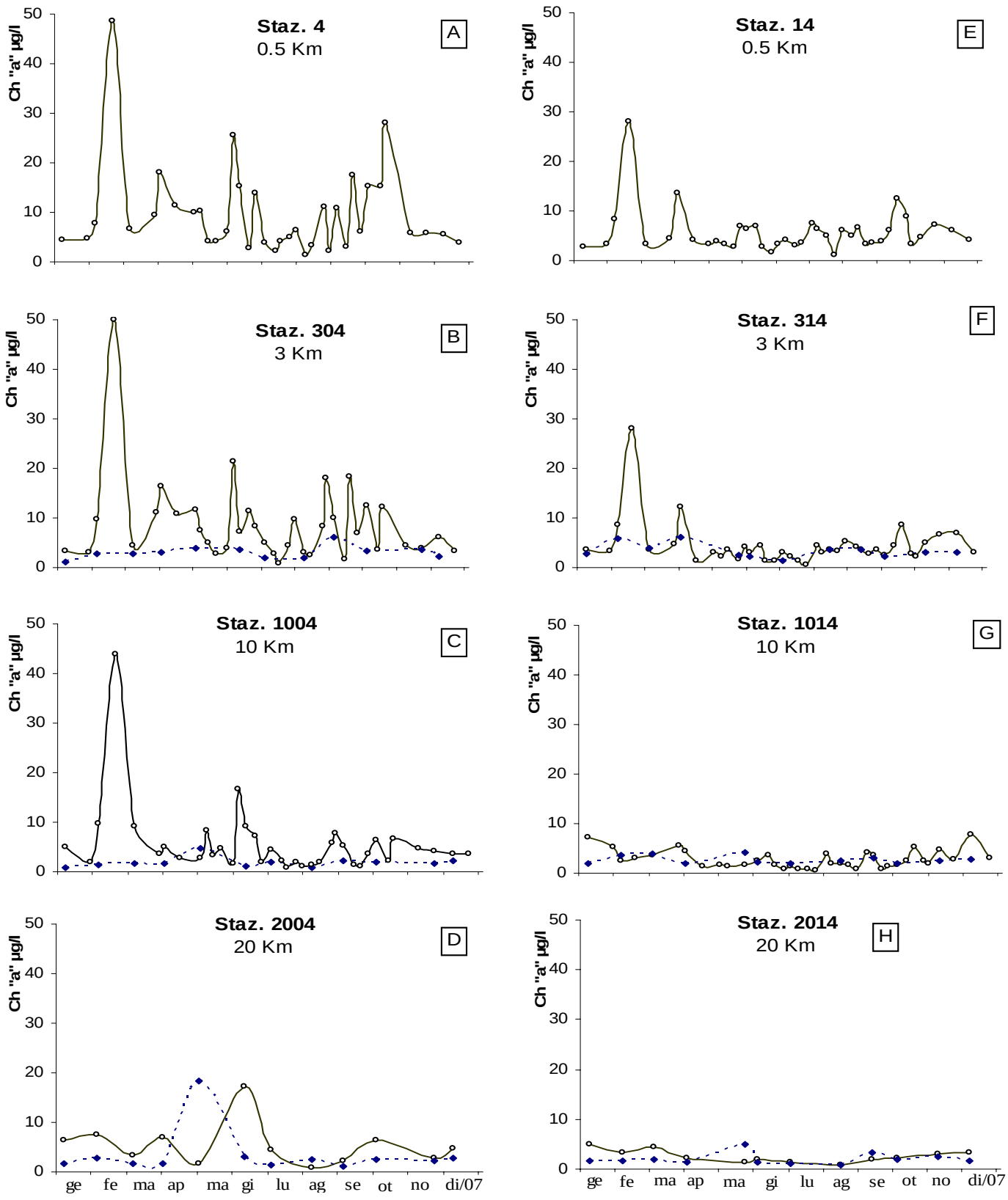


Figura 33 - Andamenti temporali della trasparenza nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



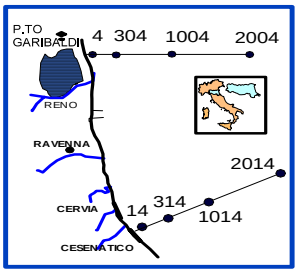
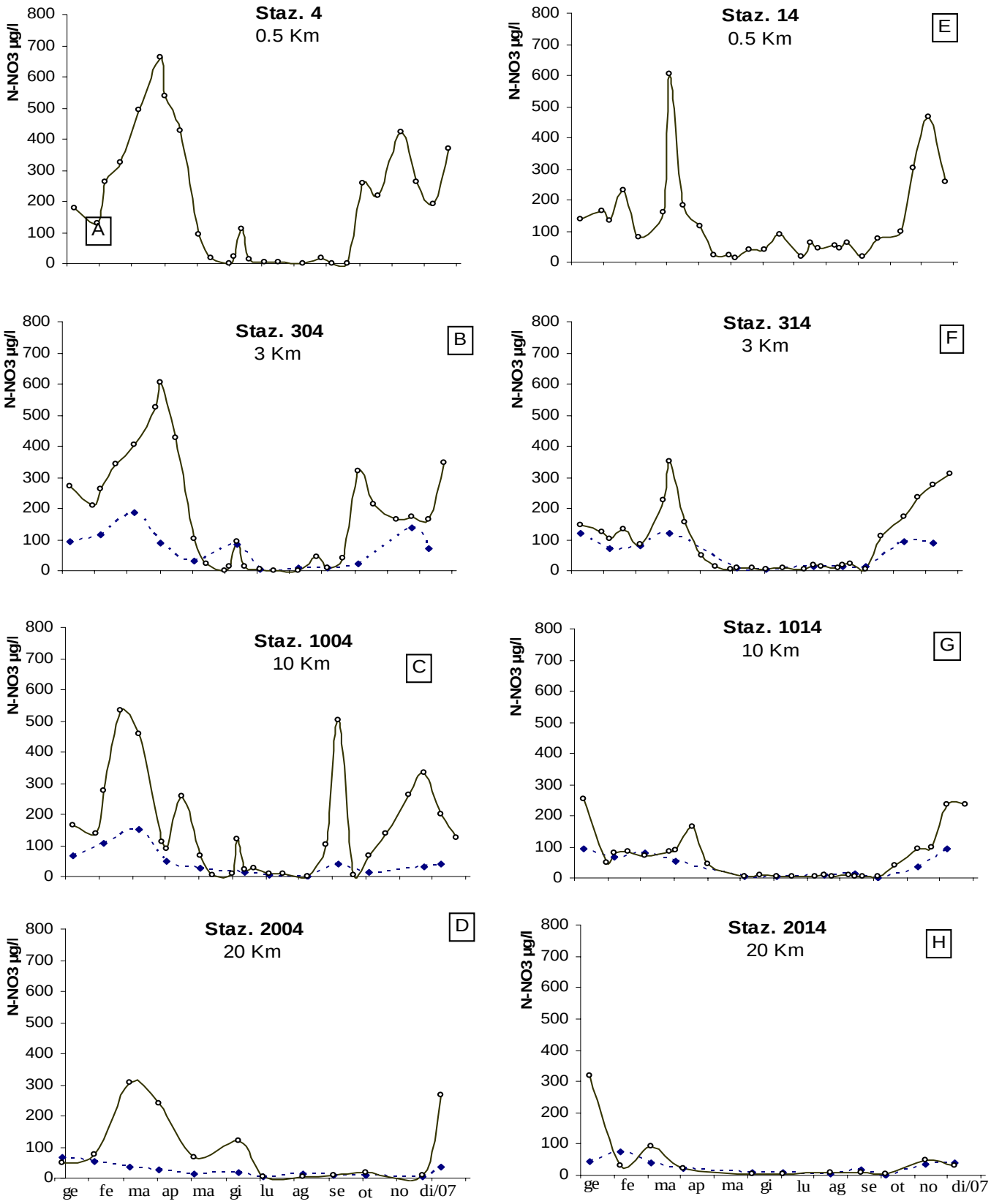


Figura 34 - Andamenti temporali della Clorofilla "a" in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



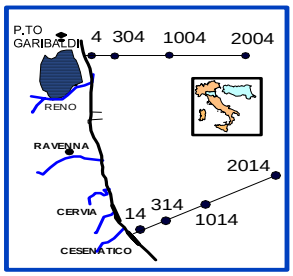
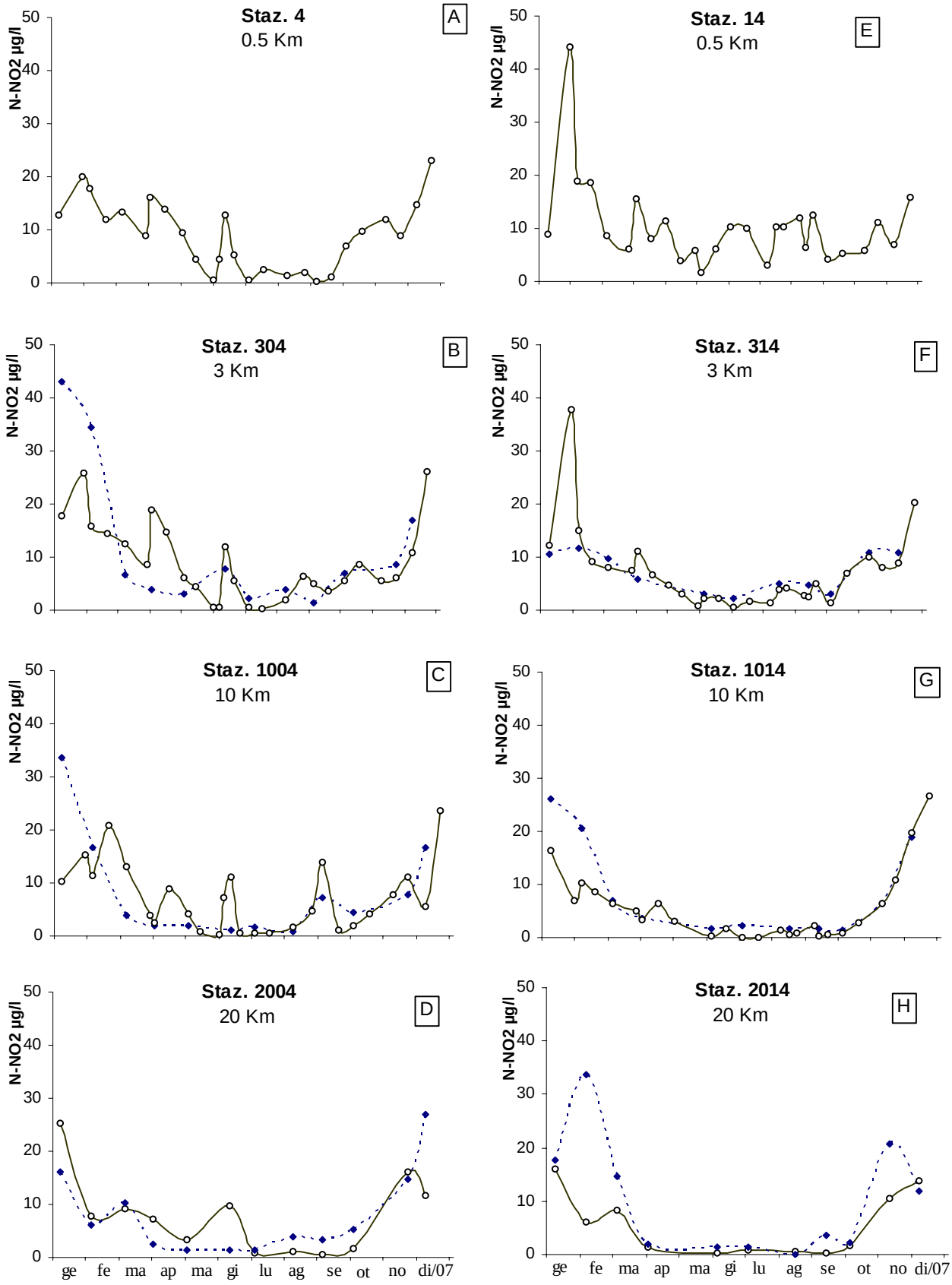


Figura 35 - Andamenti temporali del Nitrato N-NO3 in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



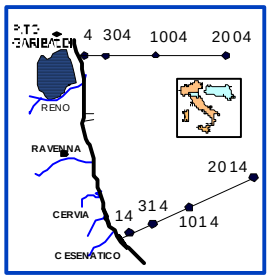
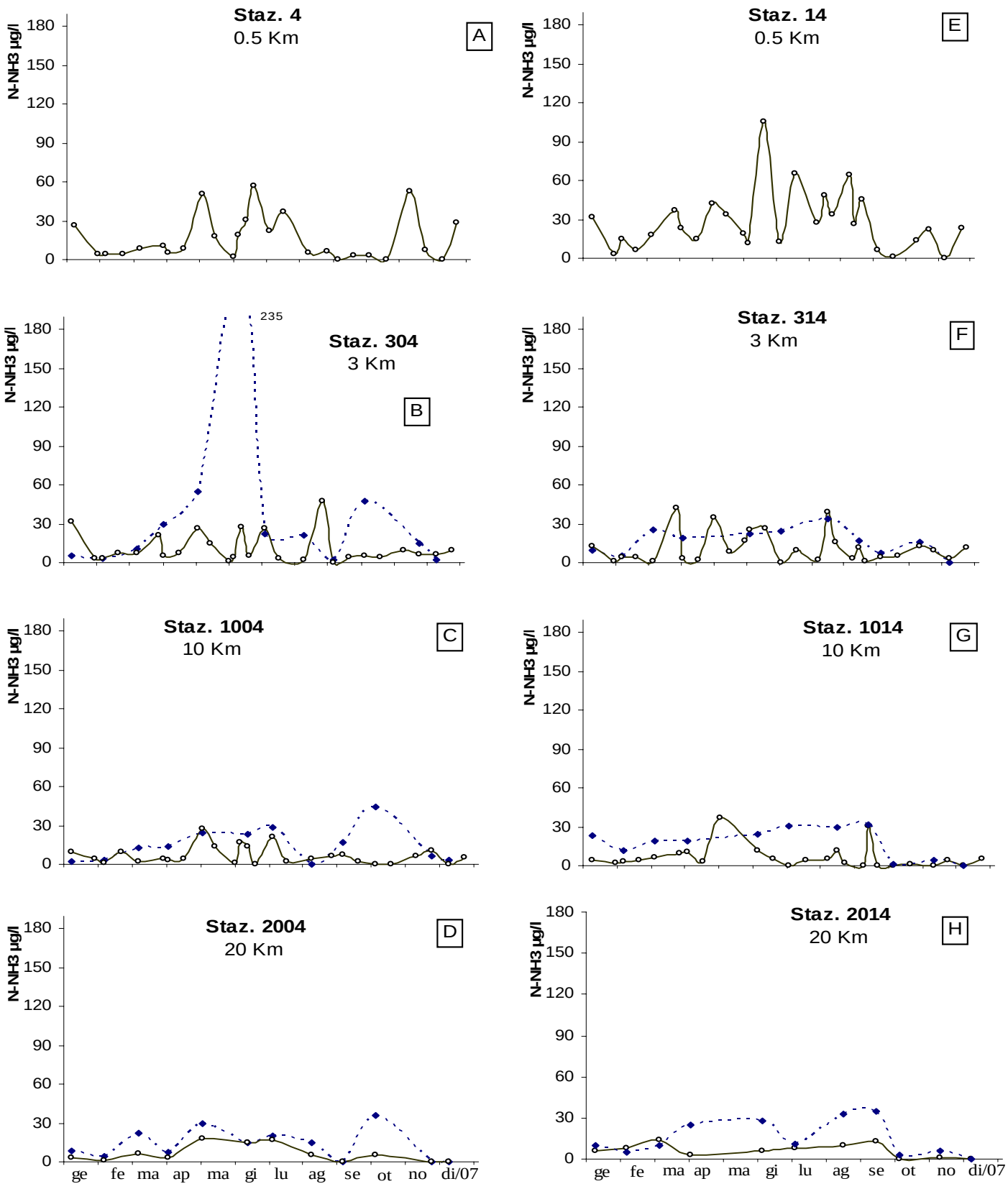


Figura 36 -Andamenti temporali del Nitrito N-NO2 in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



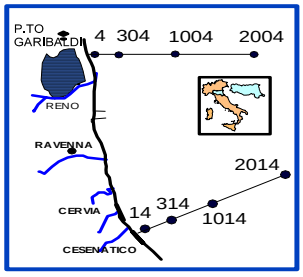
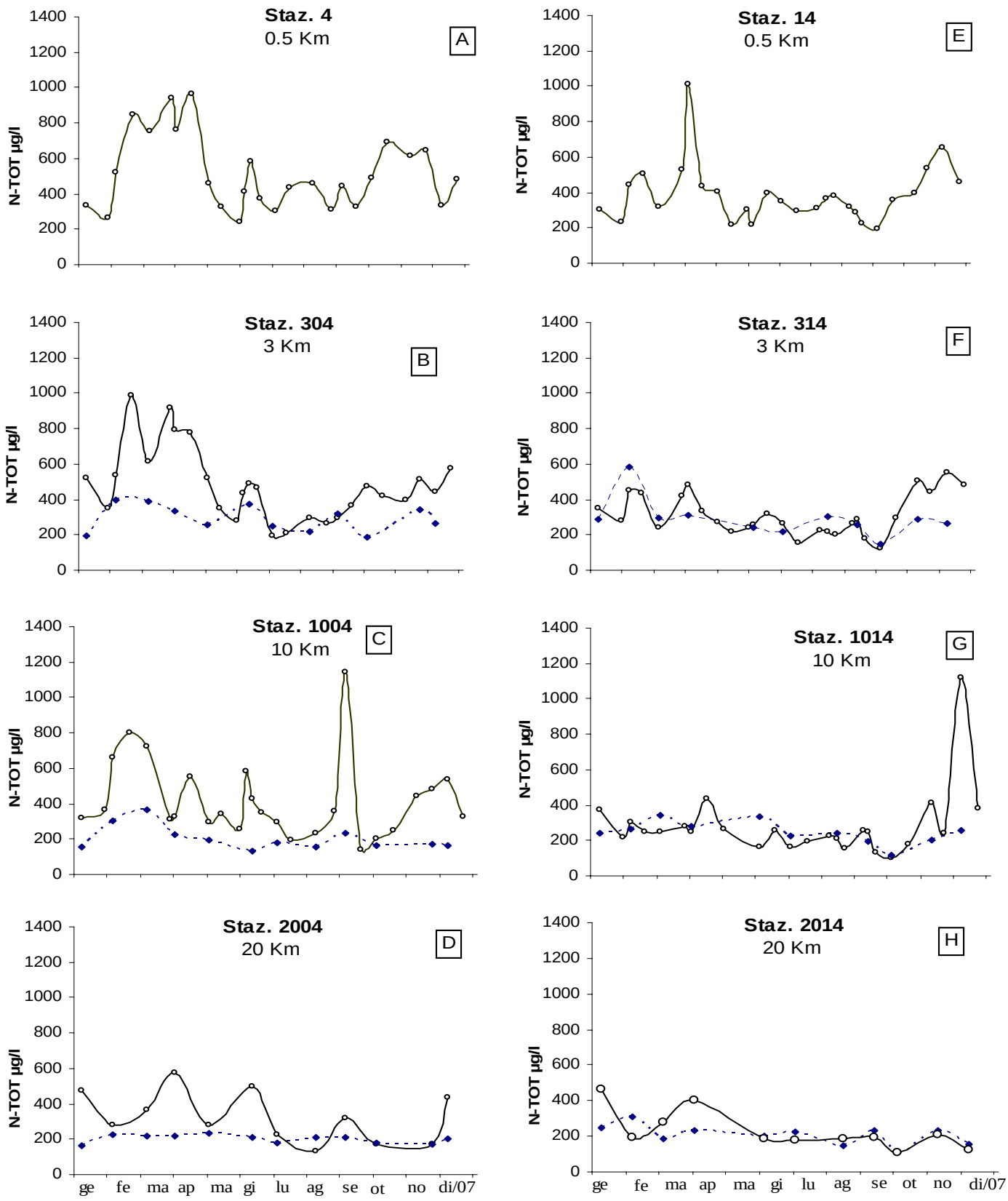


Figura 37 - Andamenti temporali dell' Azoto ammoniacale N-NH3 in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



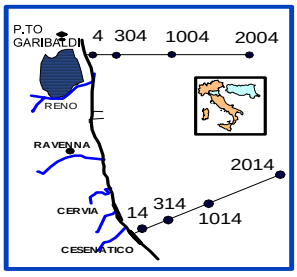
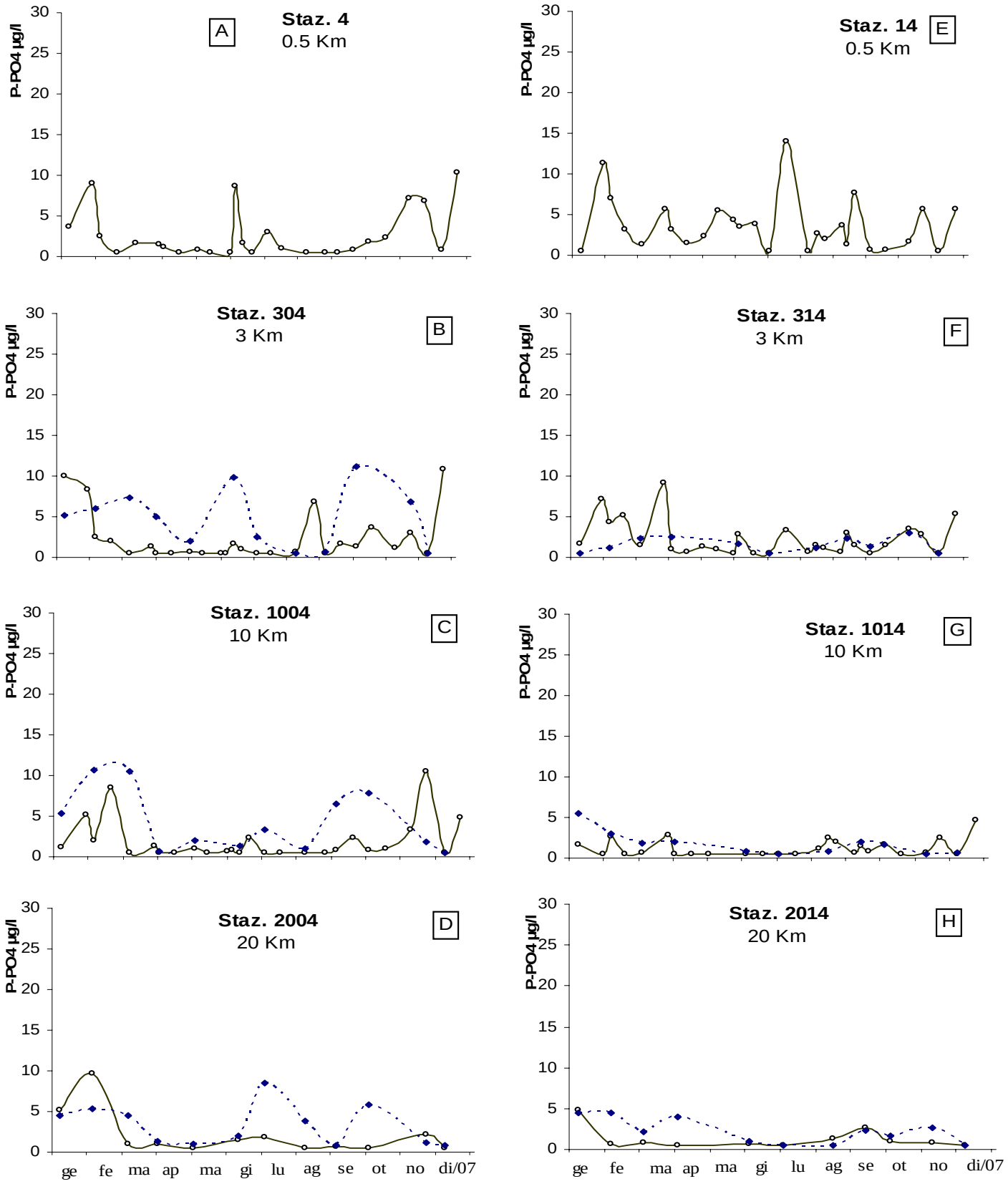


Figura 38 - Andamenti temporali dell' Azoto totale in superficie (linea continua)e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



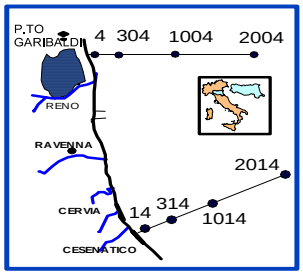
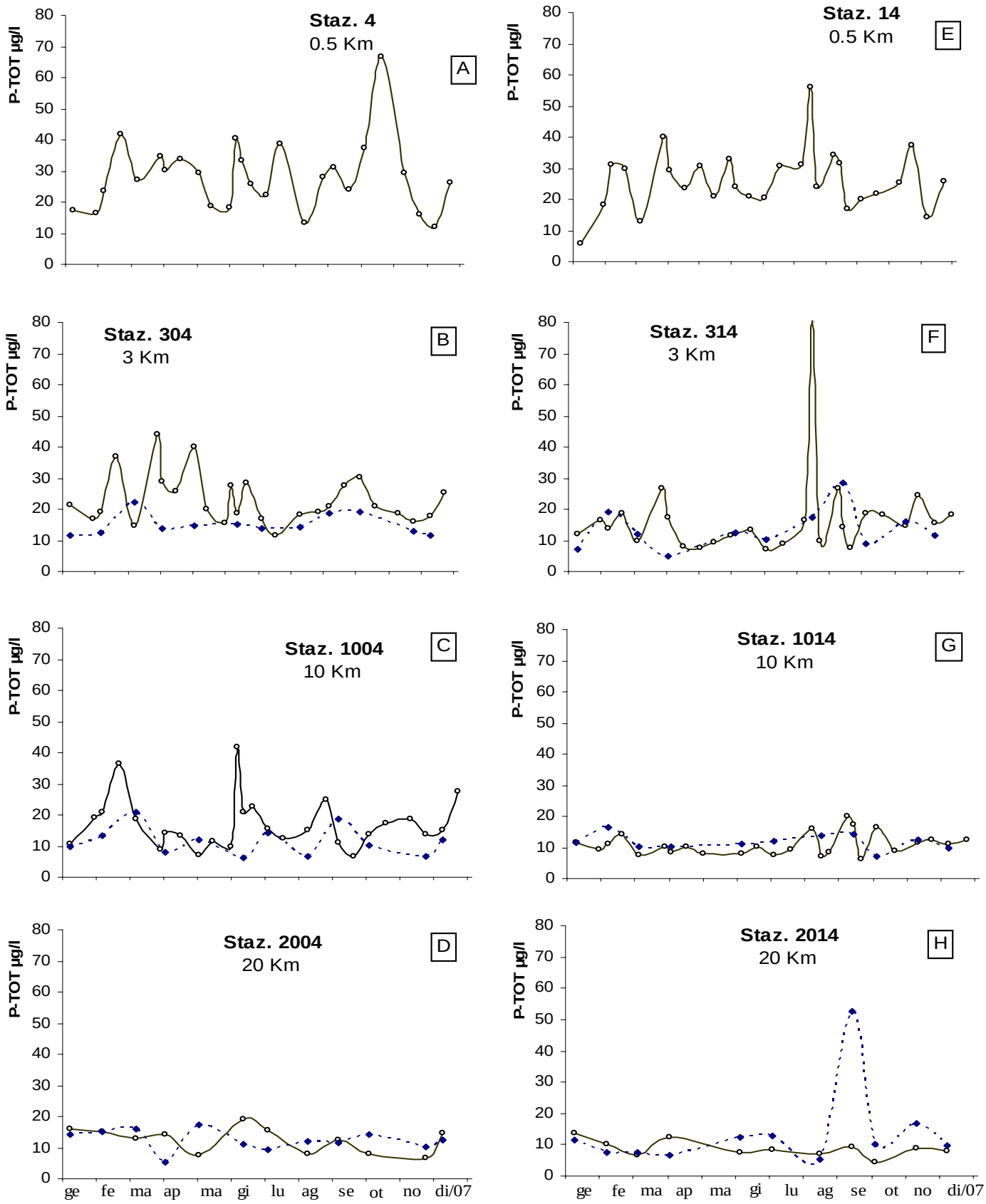


Figura 39 - Andamenti temporali del Fosforo reattivo P-PO4 in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



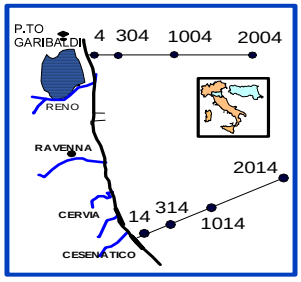
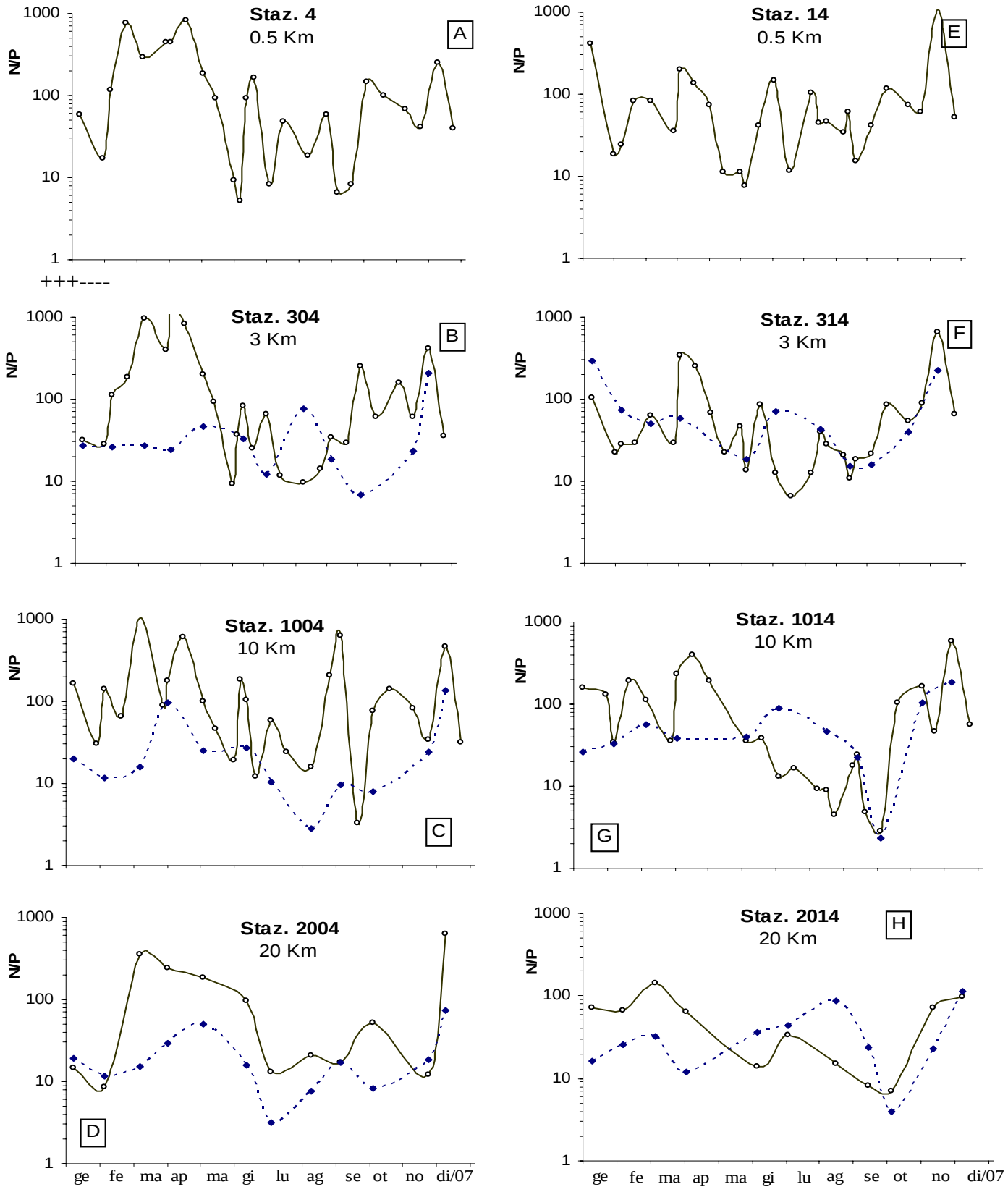


Figura 40 - Andamenti temporali del Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



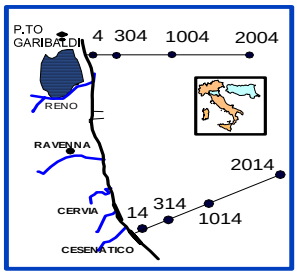
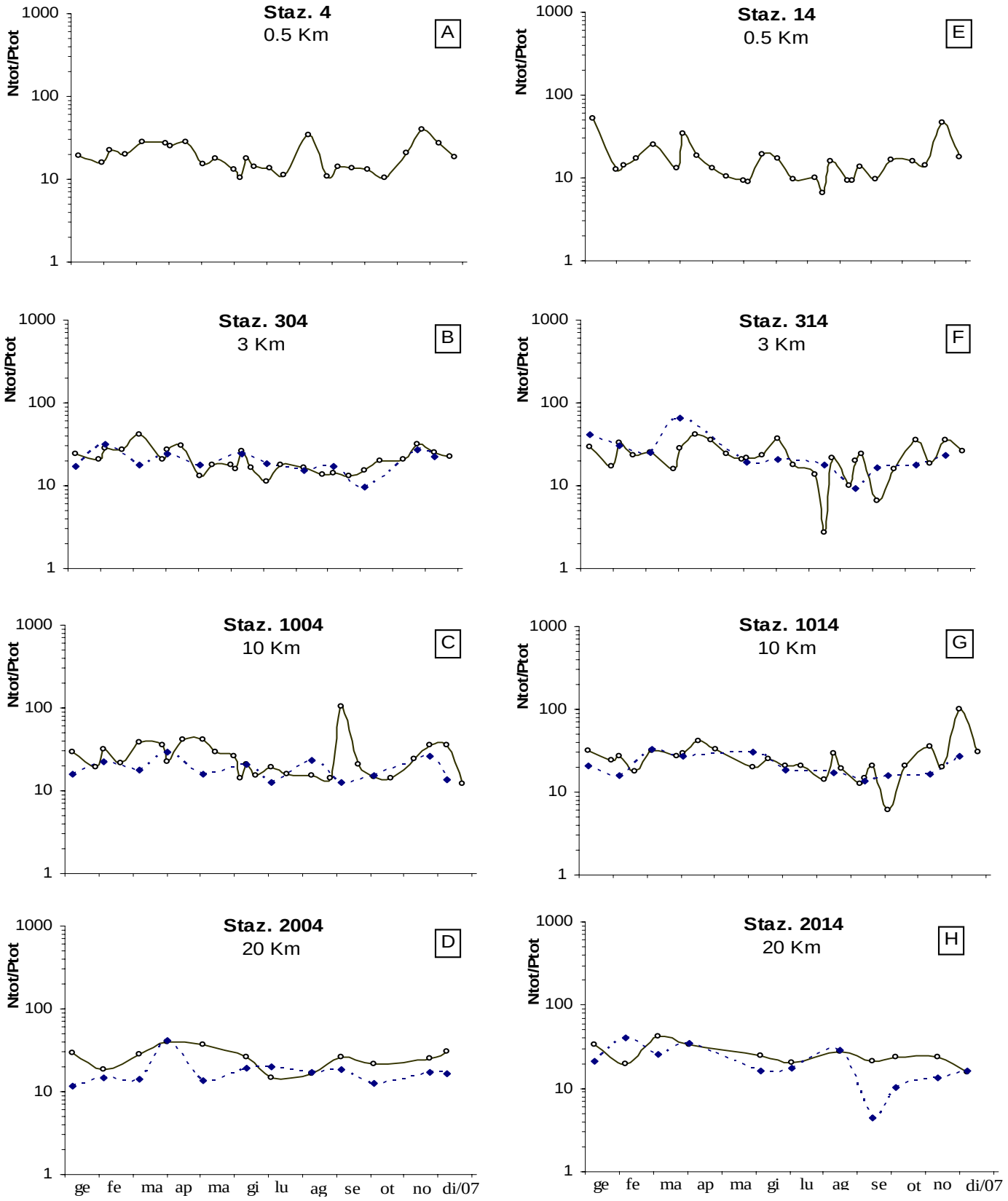


Figura 41 - Andamenti temporali del rapporto Azoto/Fosforo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



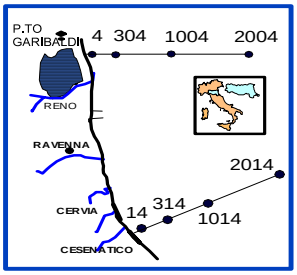
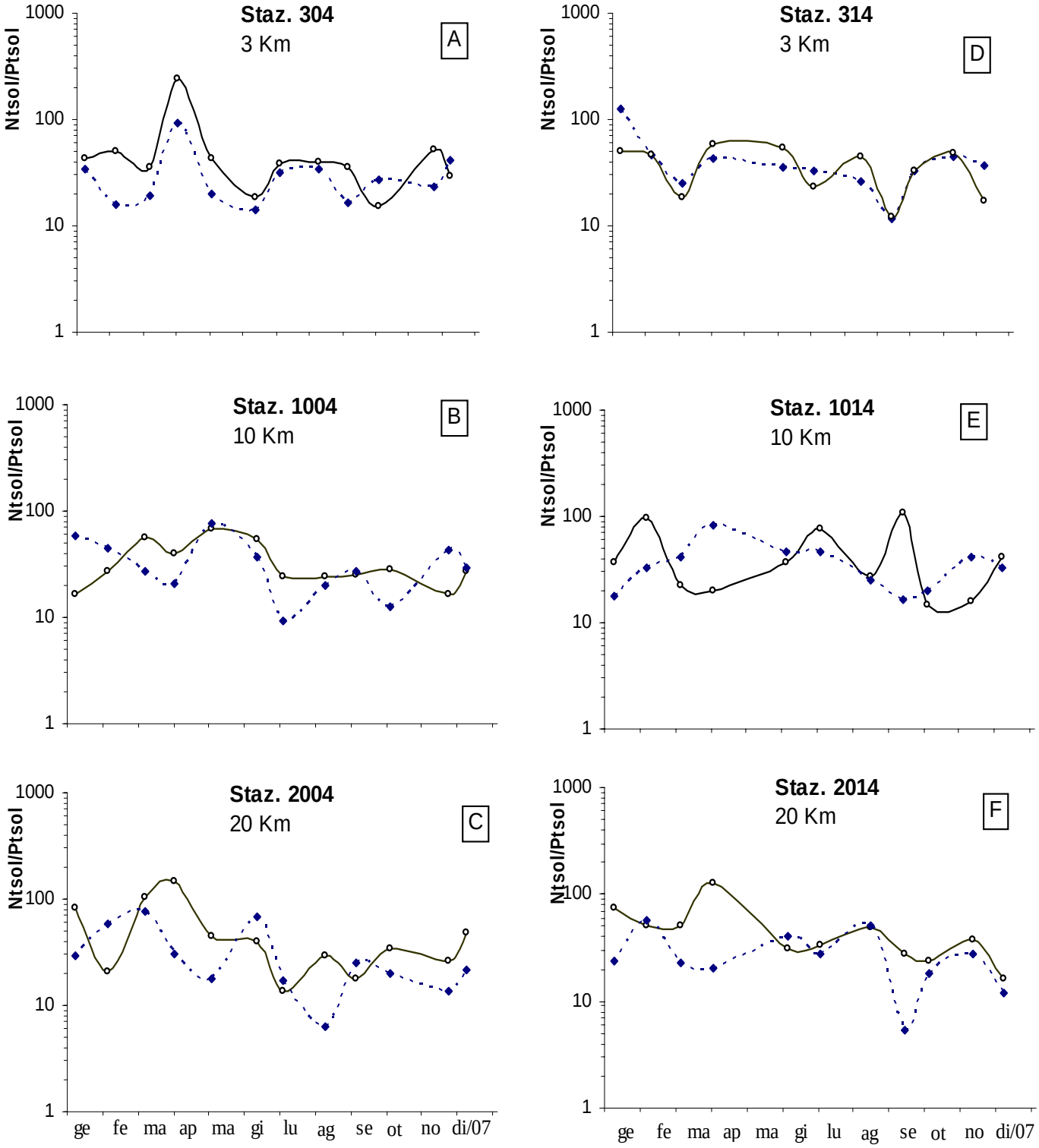


Figura 42 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale/Fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico.



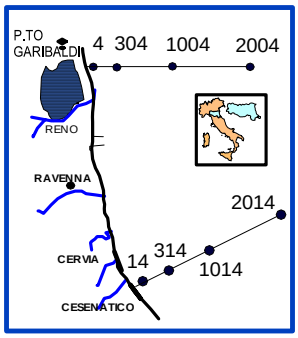
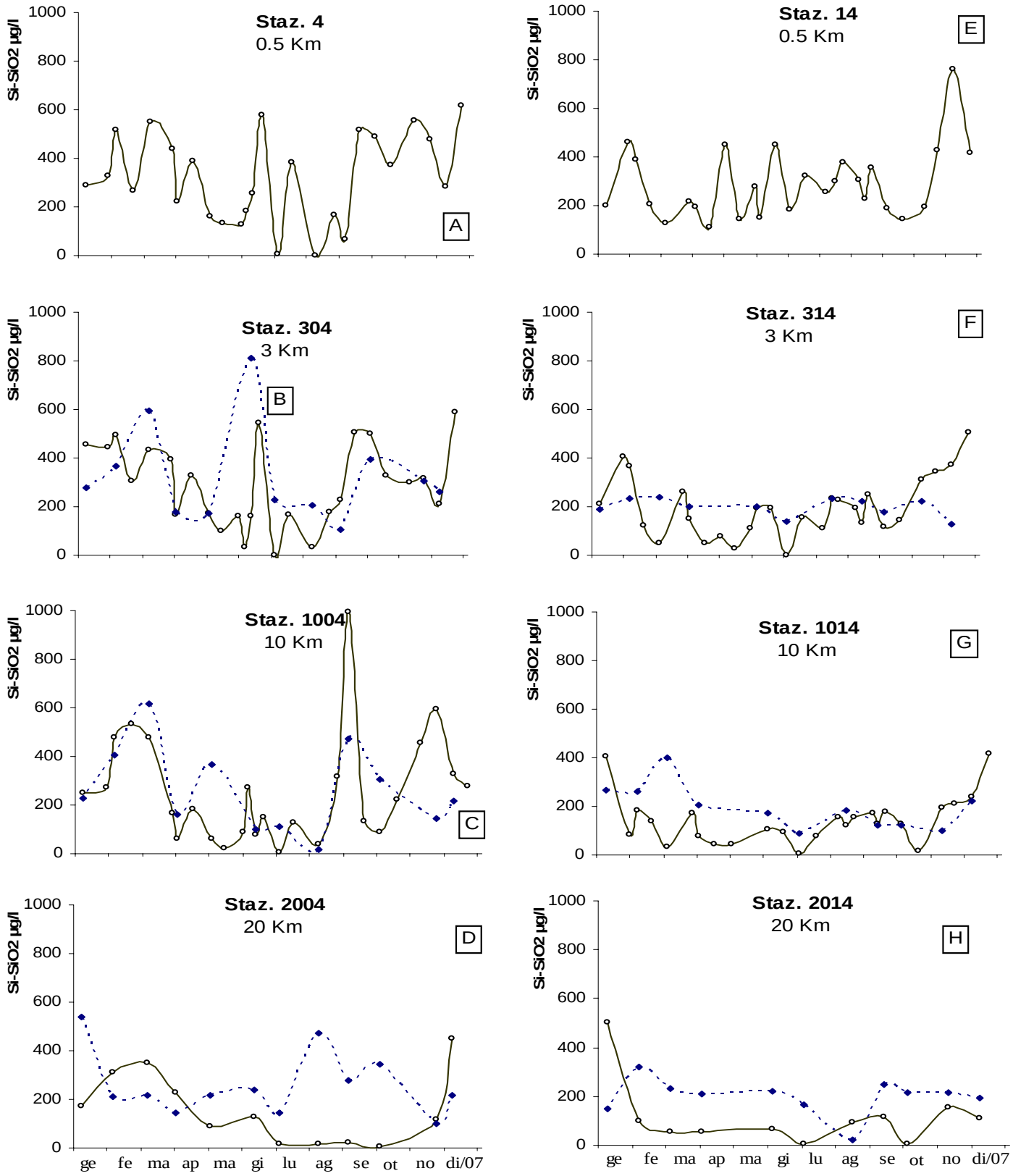


Figura 43 - Andamenti temporali del rapporto Azoto totale solubile/Fosforo total e solubile in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico



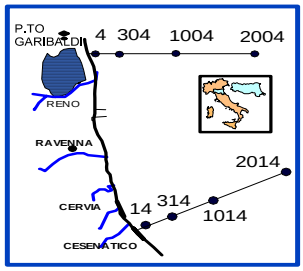


Figura 44 - Andamenti temporali della Silice in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle direttrici di P. Garibaldi e Cesenatico

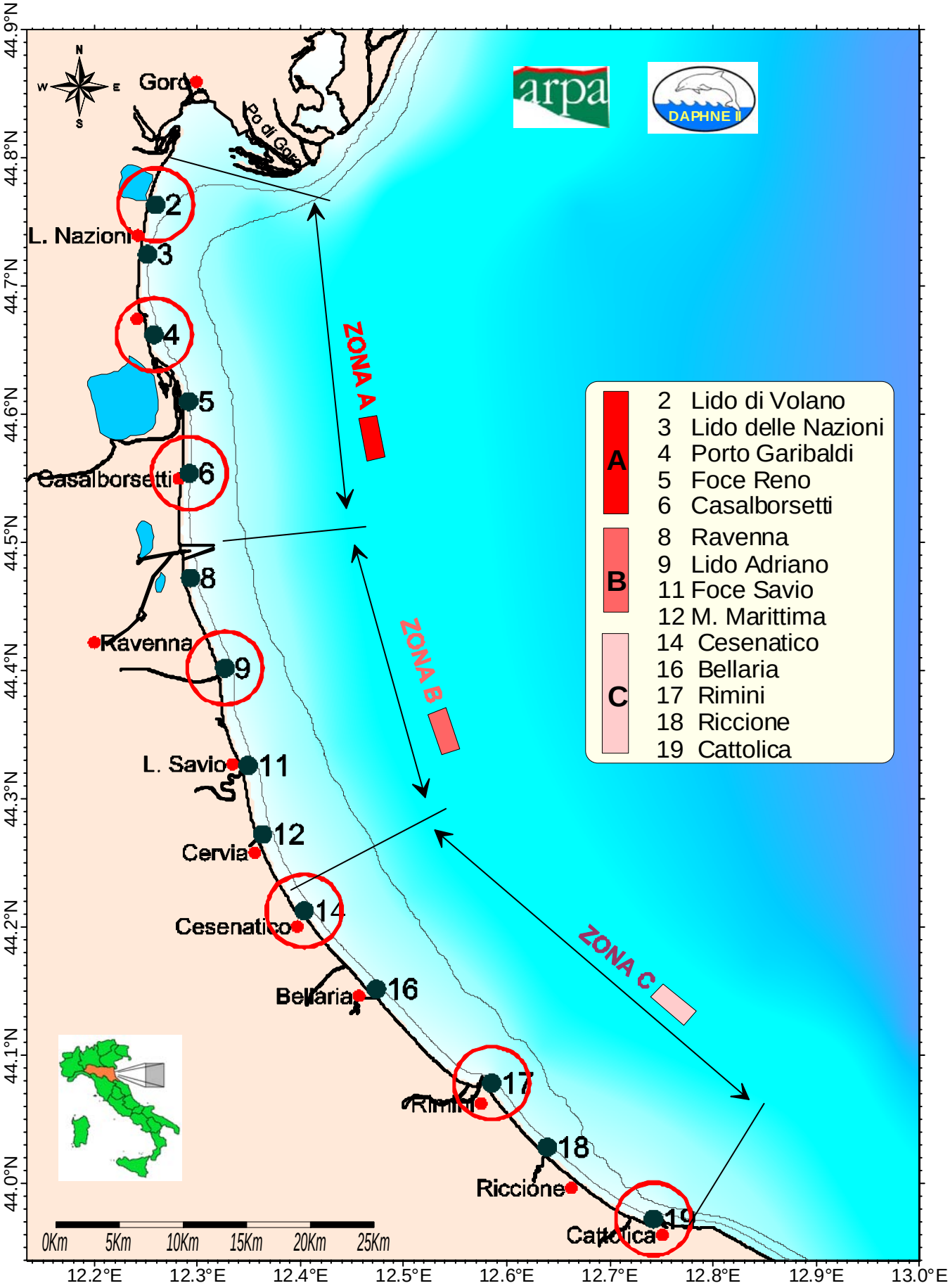


Figura 45 - Suddivisione in 3 subaree delle stazioni costiere (0.5 Km) monitorate. Nei cerchi in rosso sono evidenziate le stazioni costiere prese in considerazione per l'analisi degli andamenti delle variabili rilevate nelle campagne di monitoraggio

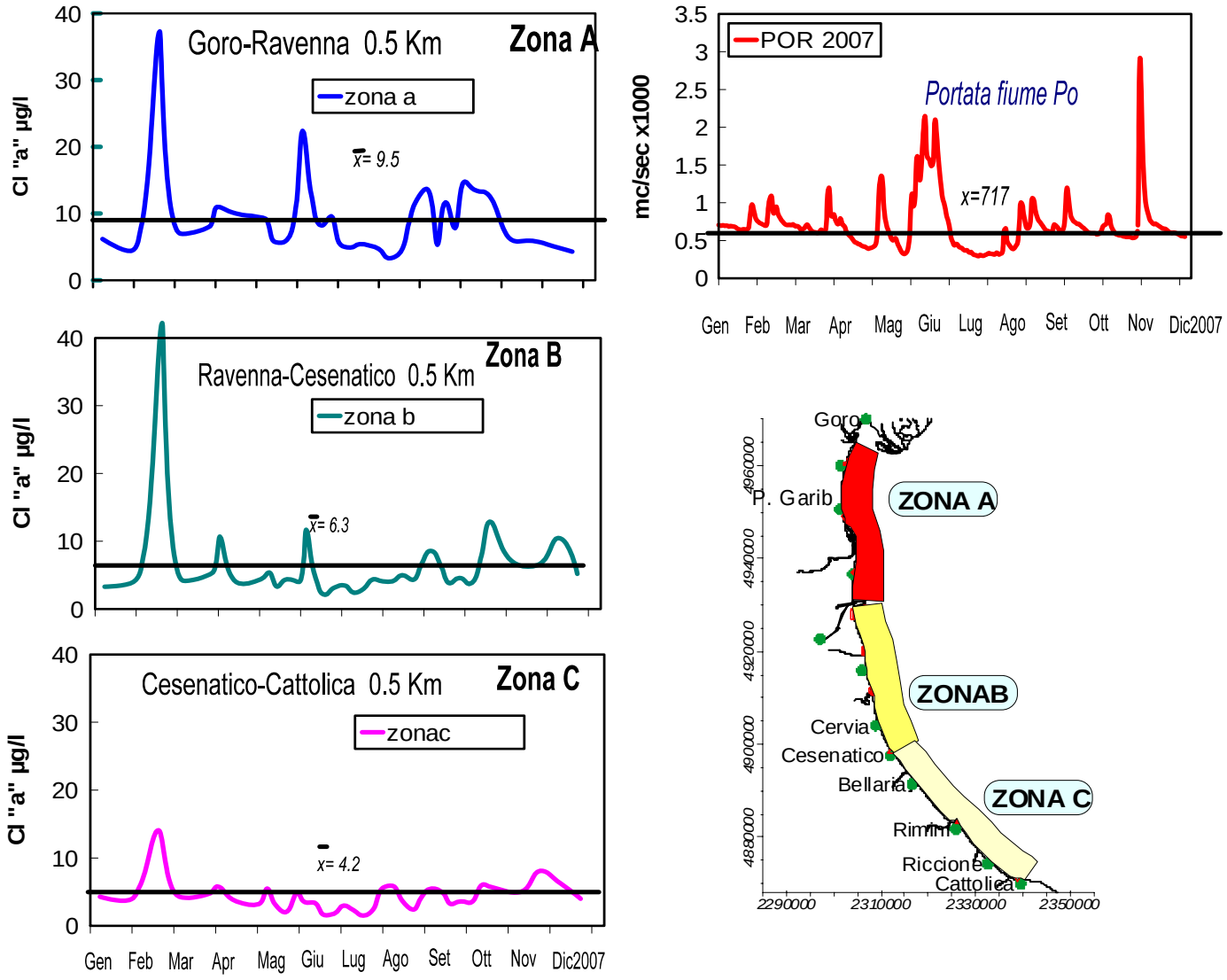


Figura 46 - Portate Po e valori medi di Clorofilla "a" nelle tre subzone. La linea nera rappresenta il valore medio annuale del 2007.

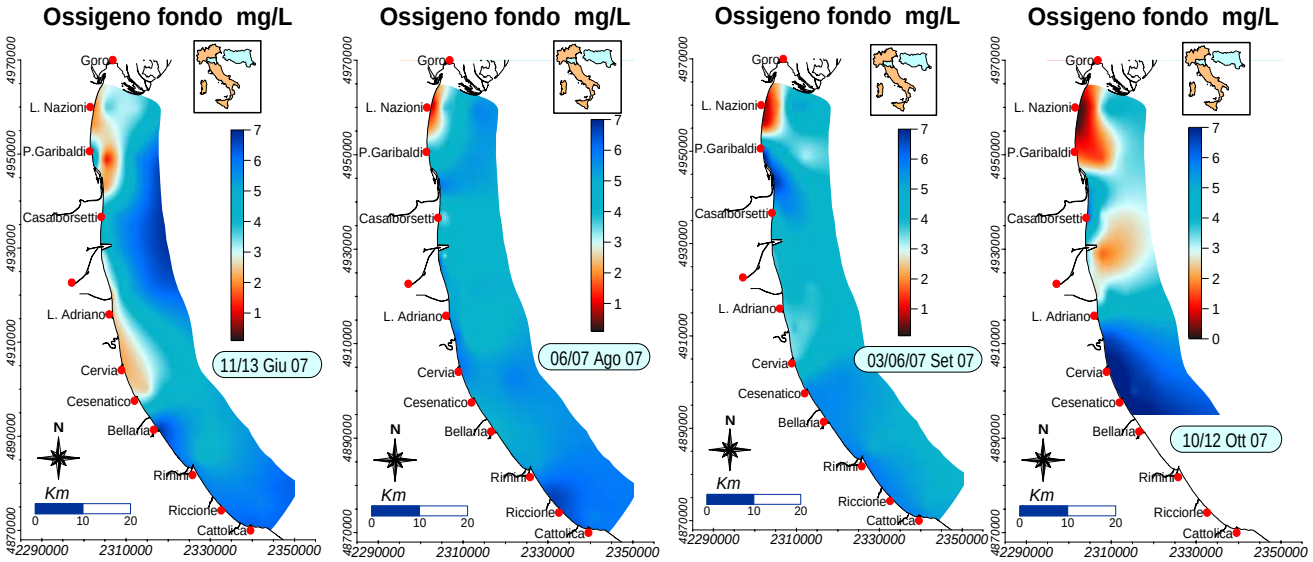


Figura 47 - Mappe di distribuzione delle condizioni anossiche (concentrazione di ossigeno disciolto inferiore a 1 mg/l) ed ipossiche (concentrazione di ossigeno disciolto compreso tra 1 mg/l e 3 mg/l) delle acque di fondo nel 2007, dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo.

Diagramma TS (Temperatura/Salinità) - Marzo - Maggio - Settembre 2007

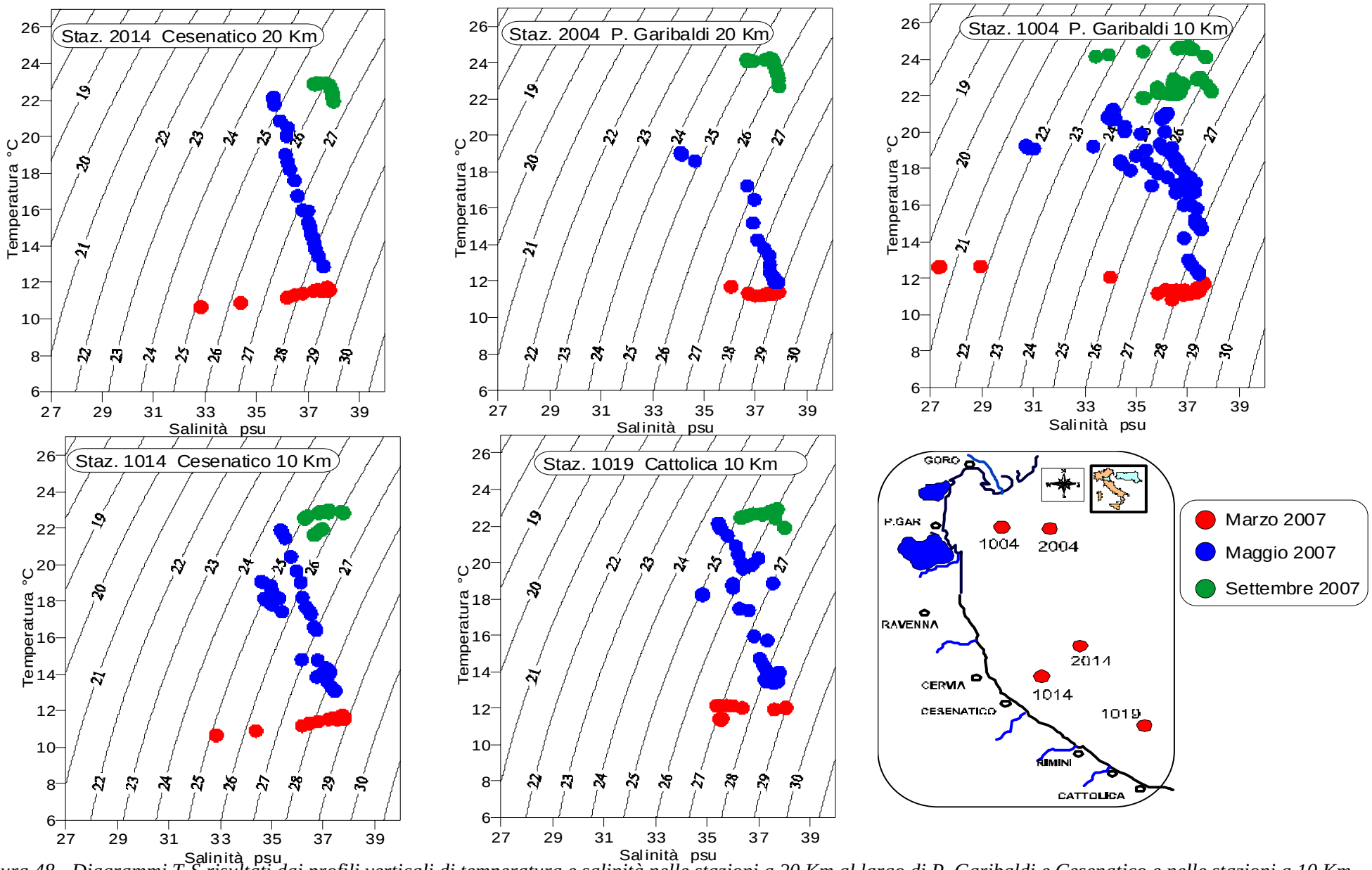


Figura 48 - Diagrammi T-S risultati dai profili verticali di temperatura e salinità nelle stazioni a 20 Km al largo di P. Garibaldi e Cesenatico e nelle stazioni a 10 Km dalla costa antistante P. Garibaldi, Cesenatico e Cattolica.

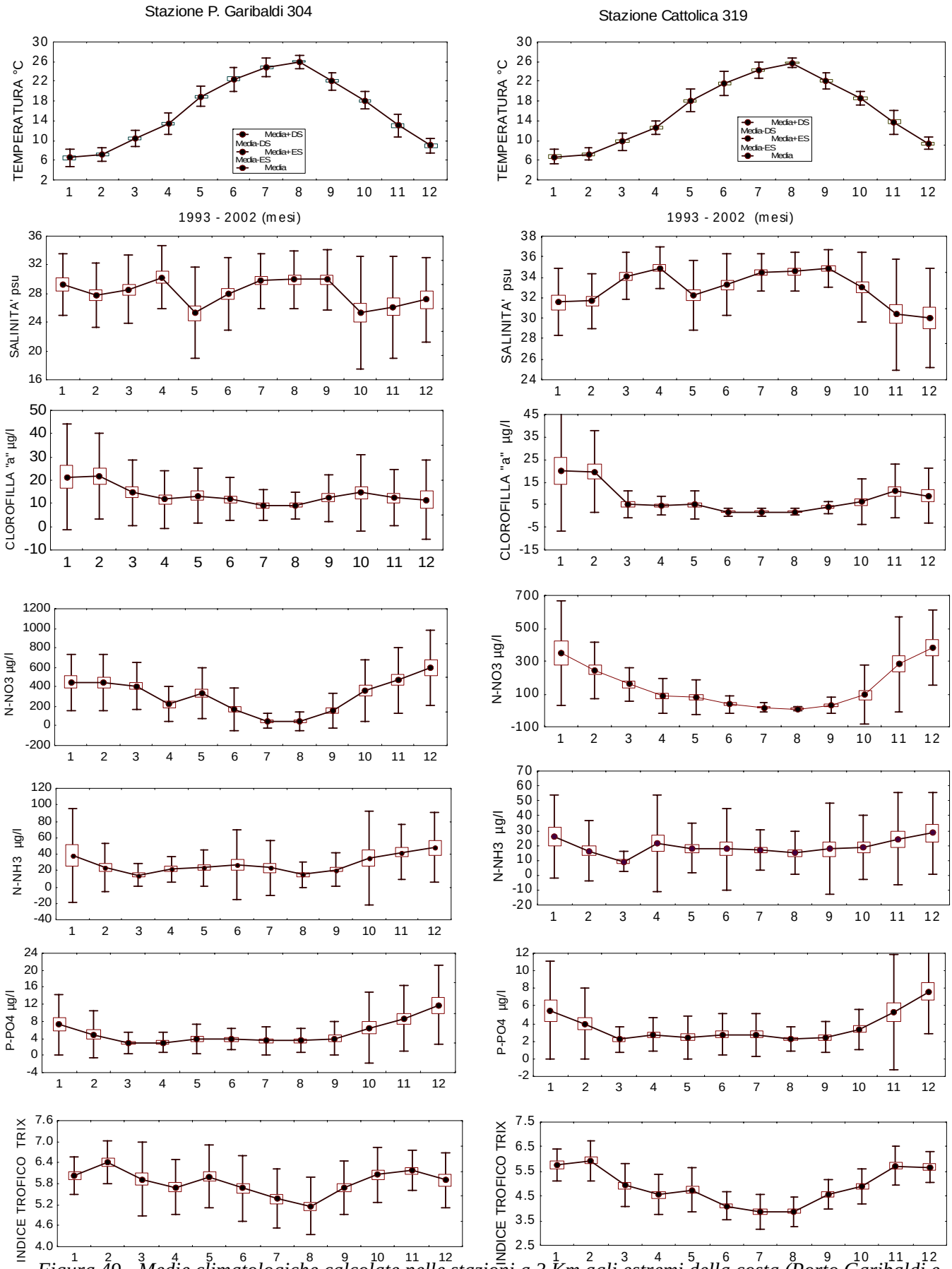


Figura 49 - Medie climatologiche calcolate nelle stazioni a 3 Km agli estremi della costa (Porto Garibaldi e Cattolica). Sono rappresentati i valori medi mensili e la deviazione standard delle principali variabili chimico-fisiche calcolate nel periodo 1993-2002.

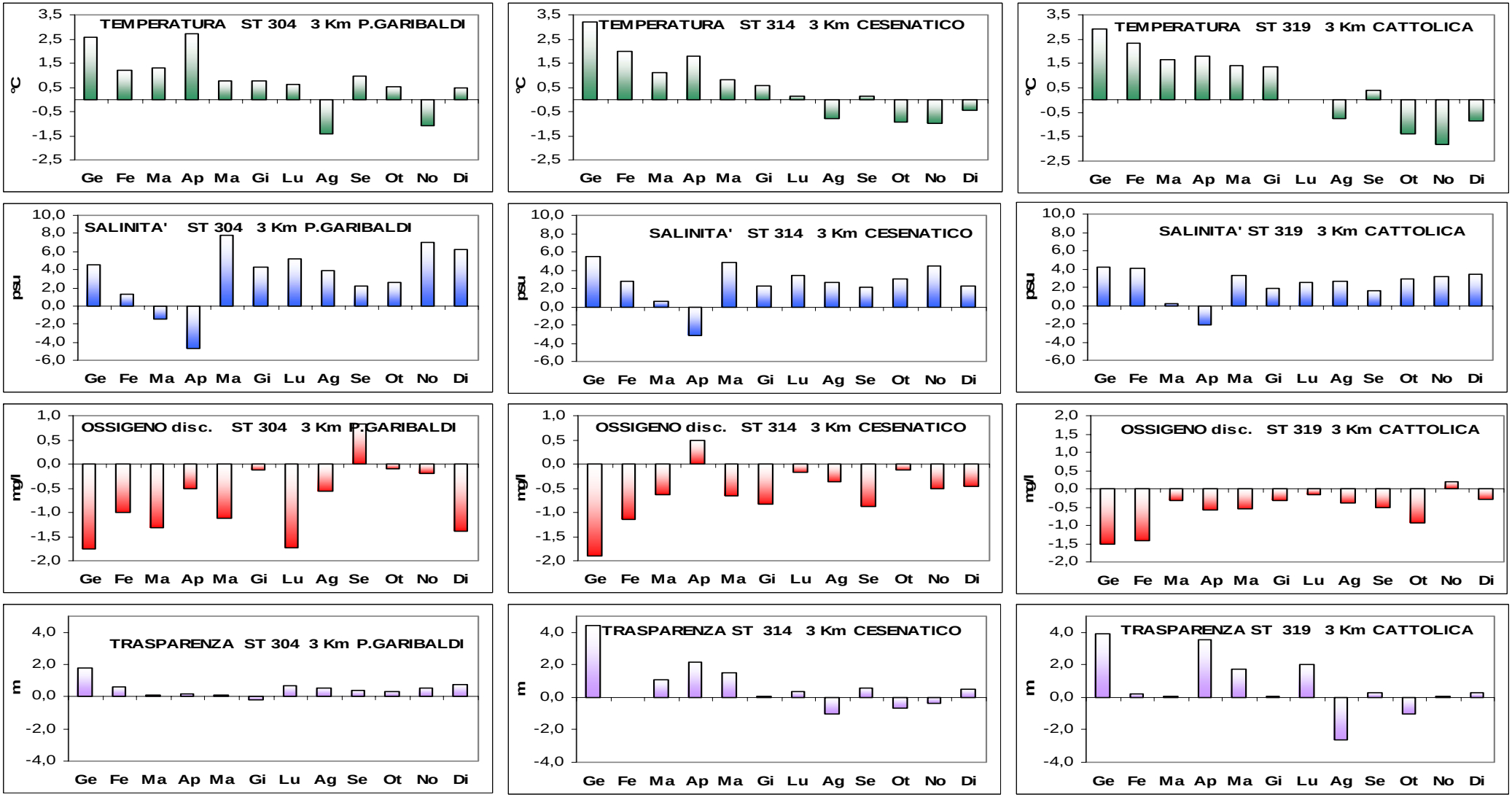


Figura 50 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2007 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.

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.

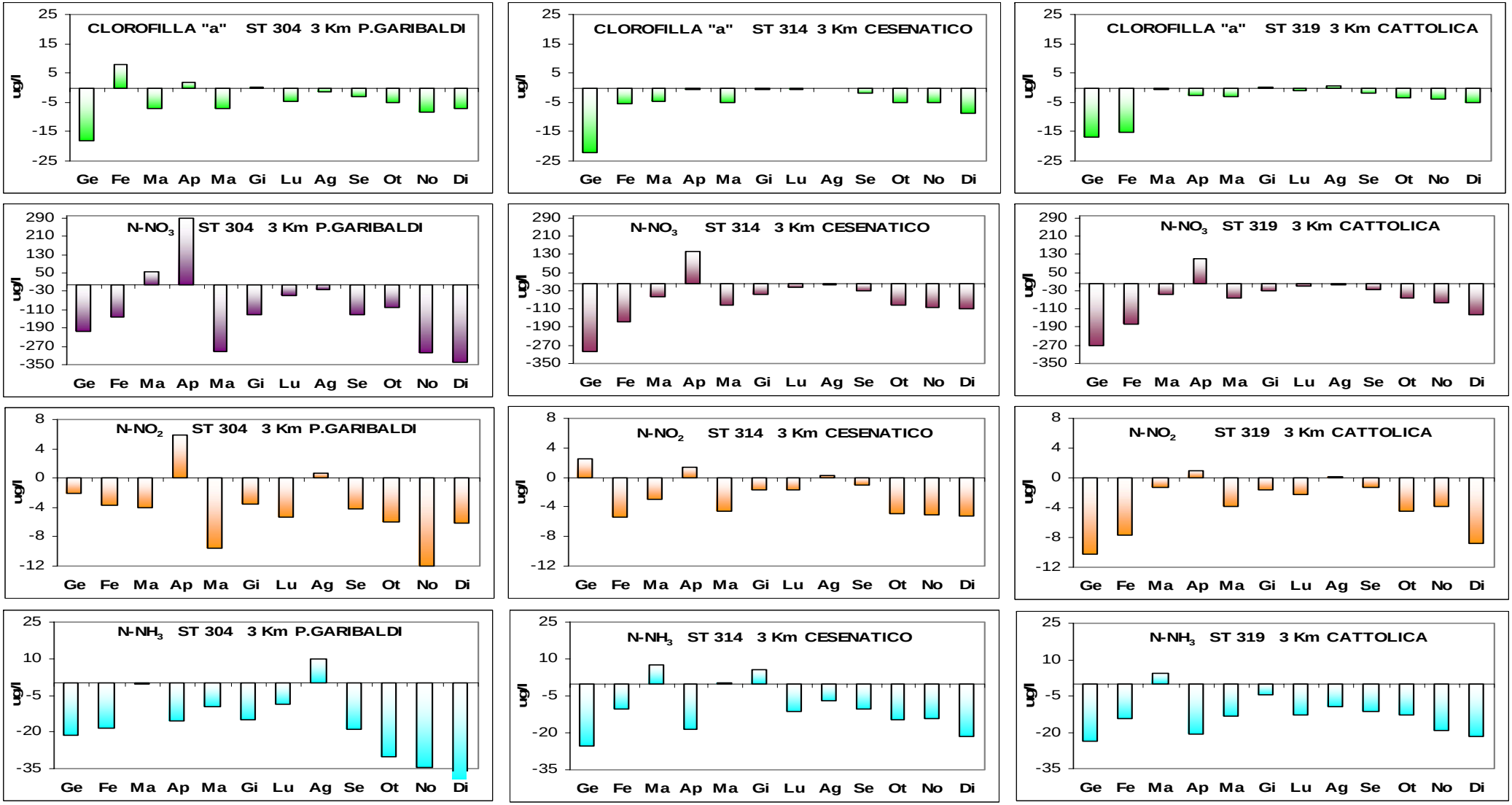


Figura 51 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2007 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.

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.

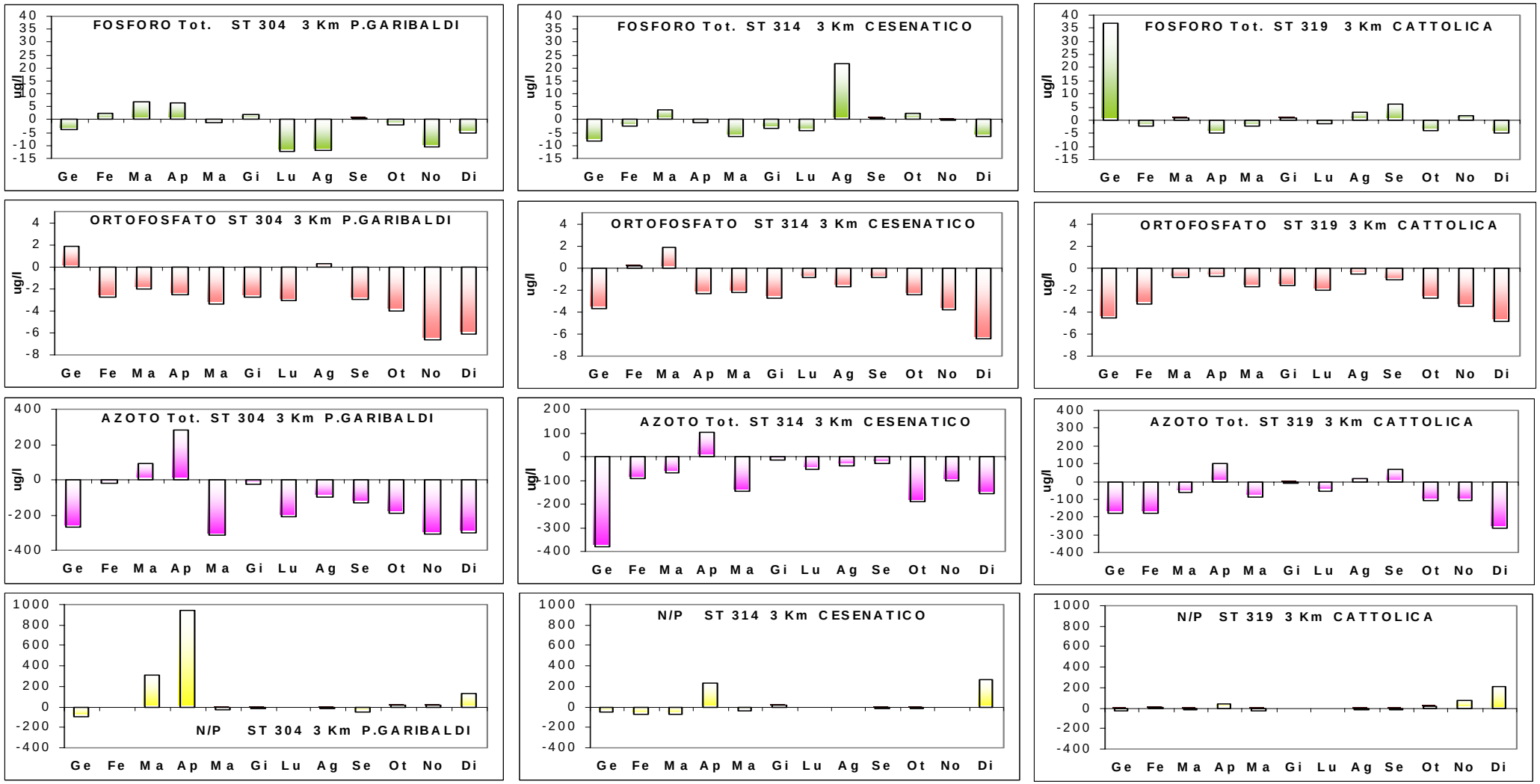


Figura 52 - Variazione degli andamenti medi mensili dei parametri chimico-fisici rilevati nel corso del 2007 in 3 stazioni collocate rispettivamente a 3 Km dalla costa antistante Porto Garibaldi (cod. 314), Cesenatico (cod. 314) e Cattolica (cod. 319) in confronto al valore medio climatologico.

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

MESI	STAZ	pH	TEMP	SAL	odf	Ods	DSEC	ClA	NO3	NO2	NH3	PT	PO4	N-T	NP
Ge	**304**	8.22	9.11	33.83	6.0	8.3	3.5	3.2	240.8	21.8	17.1	19.1	9.2	435.8	30.3
Fe	**304**	8.46	8.25	29.10	4.0	10.0	2.0	29.9	301.9	15.1	5.6	27.8	2.2	759.1	150.0
Ma	**304**	8.34	11.83	27.12	5.2	9.0	1.8	7.8	465.8	10.6	14.1	29.4	0.9	766.8	687.0
Ap	**304**	8.45	16.17	25.62	4.5	8.7	1.8	13.7	515.9	16.9	6.2	27.3	0.5	785.9	1084.7
Ma	**304**	8.27	19.68	33.17	6.3	7.8	2.2	6.2	41.2	3.7	14.0	25.1	0.5	381.1	99.5
Gi	**304**	8.28	23.22	32.32	4.1	8.1	2.1	12.1	40.6	6.1	12.2	25.0	1.0	463.5	48.7
Lu	**304**	8.17	25.44	34.96	3.7	6.4	2.7	4.5	2.0	0.5	14.6	14.2	0.4	200.8	38.6
Ag	**304**	8.24	24.62	33.79	2.9	6.9	2.8	8.0	22.4	4.2	24.6	18.6	3.7	280.6	11.8
Se	**304**	8.32	22.97	32.21	4.6	8.7	2.2	9.2	25.7	4.3	2.2	24.2	1.1	329.8	31.5
Ot	**304**	8.29	18.63	27.93	3.4	8.5	2.3	9.4	267.2	7.0	5.0	25.7	2.5	446.3	155.6
No	**304**	8.25	11.99	33.20	7.6	8.5	2.7	4.2	170.6	5.8	7.5	17.5	2.1	451.7	109.0
Di	**304**	8.48	9.44	33.35	6.4	7.8	2.9	4.6	256.1	18.4	8.2	21.5	5.7	510.4	225.6
MESI	STAZ	pH	TEMP	SAL	odf	Ods	DSEC	ClA	NO3	NO2	NH3	PT	PO4	N-T	NP
Ge	**314**	8.20	9.58	35.48	8.5	8.8	6.0	3.4	133.4	25.0	7.2	14.2	4.4	316.2	63.4
Fe	**314**	8.34	8.98	33.34	10.2	10.0	1.8	18.4	118.5	12.1	4.3	16.1	4.7	442.8	28.5
Ma	**314**	8.40	11.23	33.28	7.3	8.7	3.5	4.1	154.2	7.8	21.6	18.2	5.3	330.6	46.2
Ap	**314**	8.41	15.01	30.45	7.9	9.1	4.7	6.8	253.4	8.8	2.4	12.7	0.9	409.5	295.3
Ma	**314**	8.26	19.58	35.22	7.2	7.5	4.7	2.9	21.6	2.8	20.1	9.4	0.9	242.8	45.5
Gi	**314**	8.24	22.89	34.72	4.8	6.5	5.0	2.5	9.4	2.1	26.3	12.7	1.6	288.2	50.0
Lu	**314**	8.18	24.80	36.97	6.1	6.7	5.4	1.8	7.2	1.1	5.1	8.0	1.9	212.6	9.5
Ag	**314**	8.15	25.22	36.26	5.3	6.2	2.9	4.0	11.9	3.1	18.9	35.5	1.1	217.1	26.7
Se	**314**	8.18	22.22	35.91	5.8	6.4	3.0	3.6	15.9	3.5	5.6	16.1	1.7	244.0	16.8
Ot	**314**	8.24	17.54	34.01	6.4	7.6	2.2	4.1	57.6	4.2	5.0	18.4	0.9	208.6	54.3
No	**314**	8.28	12.23	33.67	7.0	8.0	1.9	5.8	203.3	9.1	10.9	19.5	3.2	474.3	72.6
Di	**314**	8.39	8.28	31.18	7.6	8.8	2.7	5.0	295.1	14.6	7.4	17.1	2.9	515.8	361.1
MESI	STAZ	pH	TEMP	SAL	odf	Ods	DSEC	ClA	NO3	NO2	NH3	PT	PO4	N-T	NP
Ge	**319**	8.28	9.65	35.71	8.0	8.5	5.9	3.4	77.2	11.4	2.3	53.1	1.0	379.7	155.7
Fe	**319**	8.27	9.57	35.77	8.7	9.2	2.2	4.6	70.0	7.5	2.1	19.0	0.7	296.4	107.2
Ma	**319**	8.35	11.43	34.38	6.9	8.9	3.4	4.8	112.5	7.2	13.4	12.7	1.4	279.9	94.5
Ap	**319**	8.44	14.45	32.83	8.8	7.9	7.0	2.1	199.6	6.6	1.1	6.8	2.0	387.2	100.4
Ma	**319**	8.25	19.54	35.52	7.7	7.4	5.9	2.0	20.7	1.4	4.9	9.5	0.8	224.4	38.7
Gi	**319**	8.24	22.98	35.16	6.0	6.9	6.6	2.1	8.0	1.1	13.5	10.7	1.2	215.0	18.4
Lu	**319**	8.20	24.33	36.98	6.6	6.8	8.8	0.7	5.8	0.1	3.9	8.7	0.7	174.3	11.9
Ag	**319**	8.14	24.99	37.25	5.6	6.0	3.5	2.4	4.5	2.2	5.6	12.1	1.8	234.5	6.9
Se	**319**	8.17	22.46	36.46	4.5	6.4	3.8	2.1	9.6	2.8	6.0	18.4	1.4	318.6	18.1
Ot	**319**	8.16	17.26	35.94	5.4	6.5	2.6	2.7	35.6	3.7	5.7	9.1	0.7	201.8	66.4
No	**319**	8.25	11.88	33.54	7.4	8.4	2.4	7.0	199.6	10.8	5.1	19.8	1.9	403.2	169.6
Di	**319**	8.31	8.56	33.39	7.5	8.4	2.6	4.0	245.6	12.6	6.9	13.8	2.8	314.7	302.6

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 2007 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)

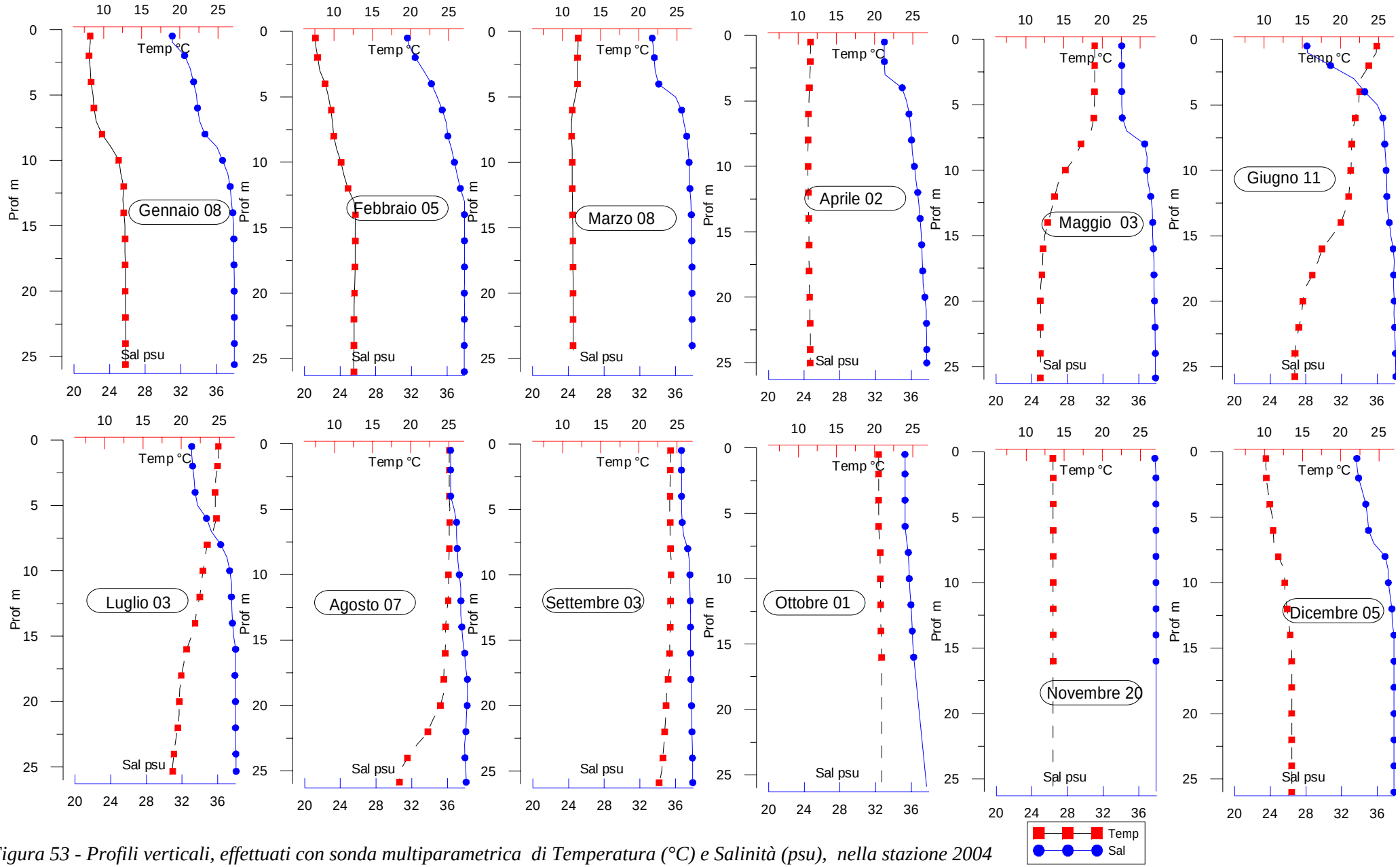


Figura 53 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Temperatura (°C) e Salinità (psu), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2007 con riferimento al mese e giorno del profilo.

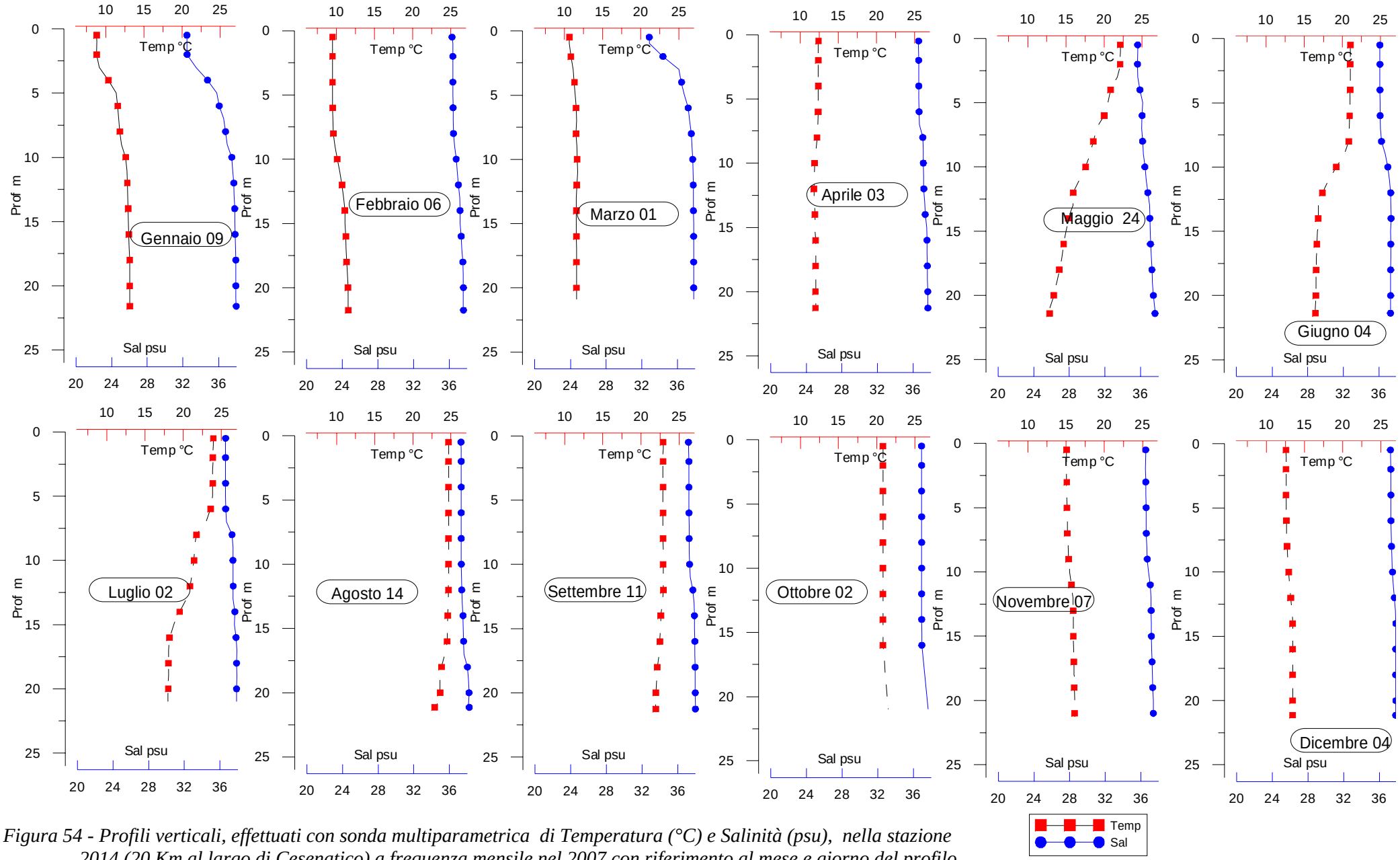


Figura 54 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Temperatura (°C) e Salinità (psu), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2007 con riferimento al mese e giorno del profilo.

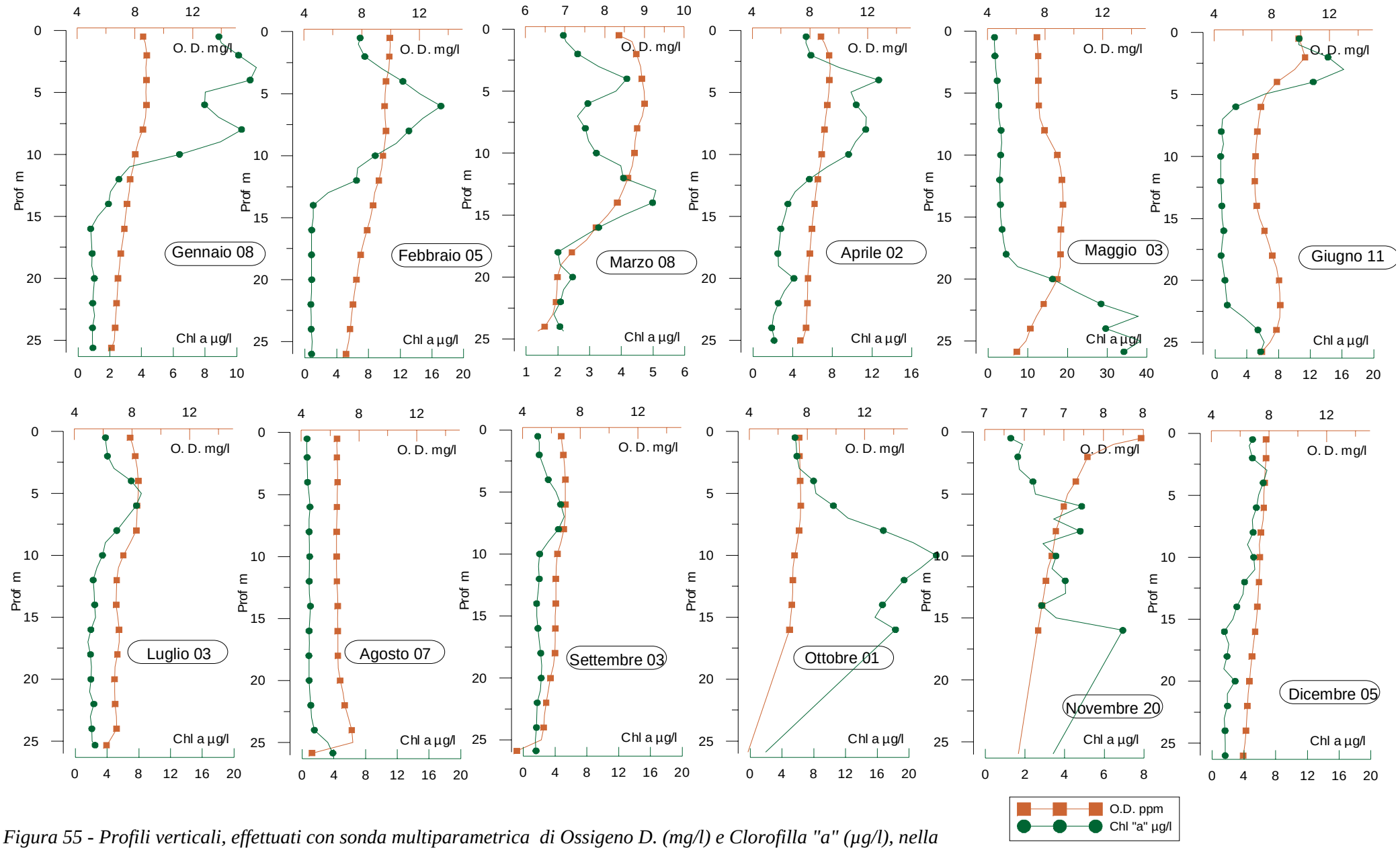


Figura 55 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" (µg/l), nella stazione 2004 (20 Km al largo di Porto Garibaldi) a frequenza mensile nel 2007 con riferimento al mese e giorno del profilo.

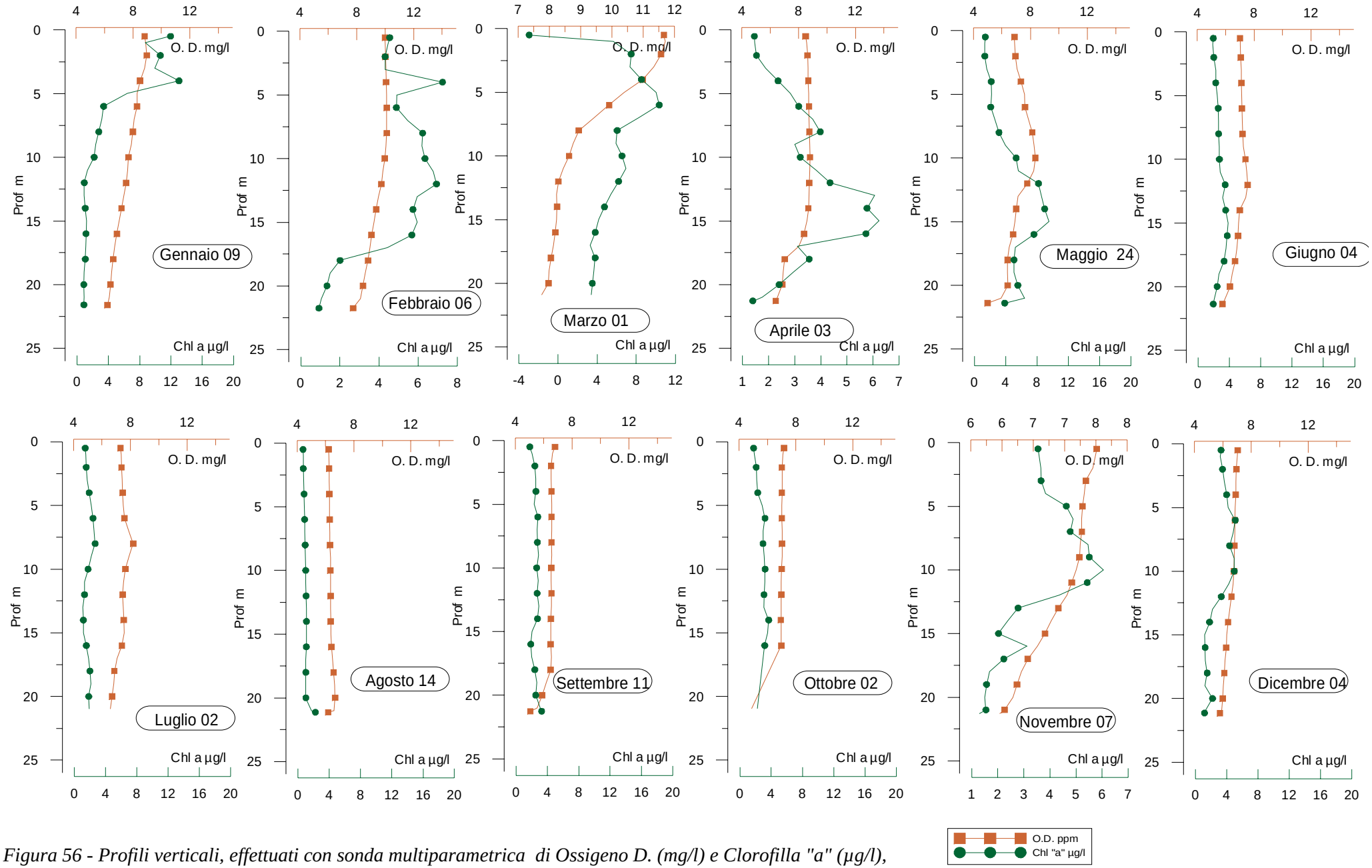


Figura 56 - Profili verticali, effettuati con sonda multiparametrica di Ossigeno D. (mg/l) e Clorofilla "a" (µg/l), nella stazione 2014 (20 Km al largo di Cesenatico) a frequenza mensile nel 2007 con riferimento al mese e giorno del profilo.

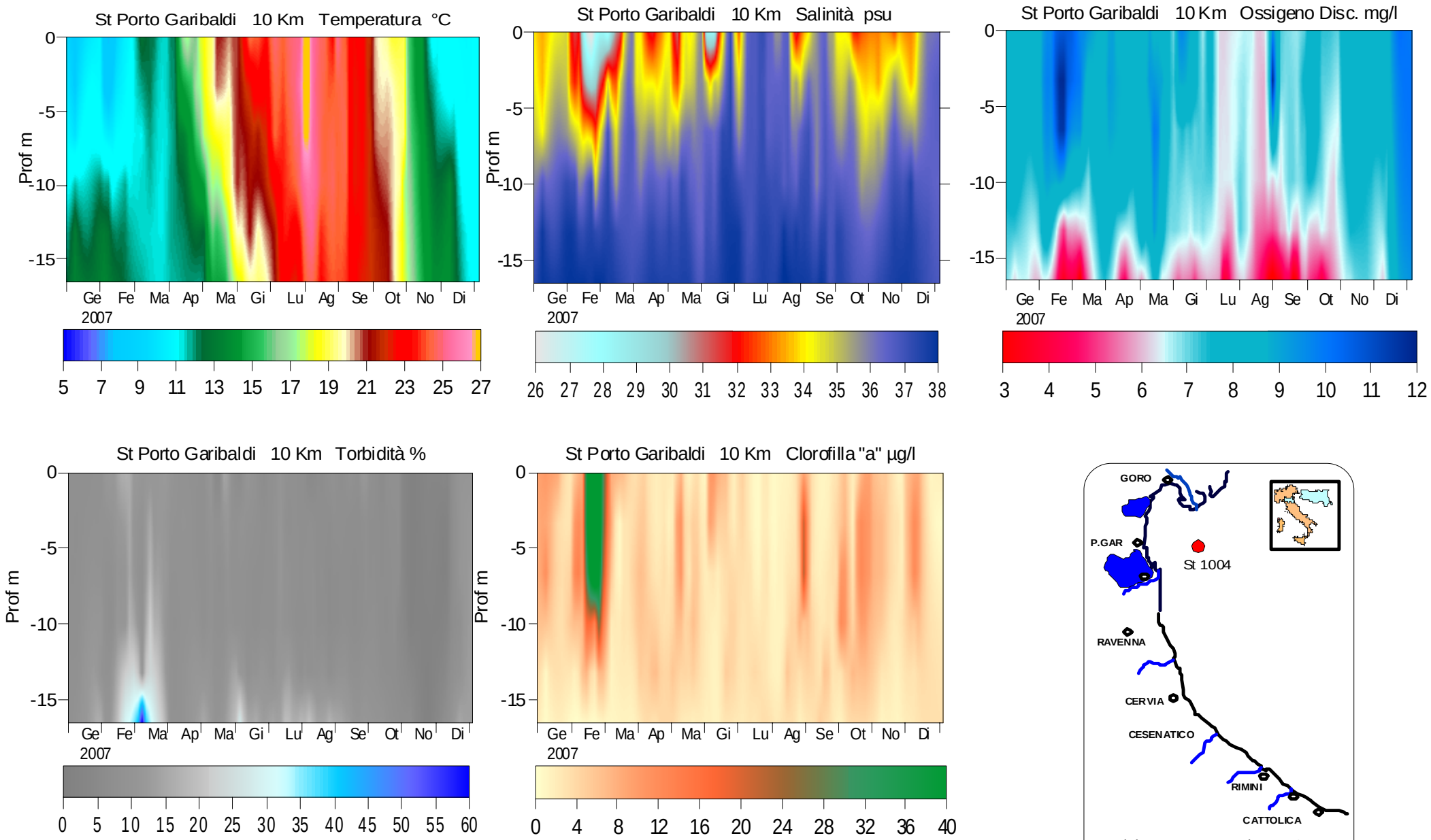


Figura 57 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Torbidità e Clorofilla "a" rilevate nei monitoraggi settimanali, nella stazione 1004 (10 Km al largo di Porto Garibaldi), dalla superficie al fondo.

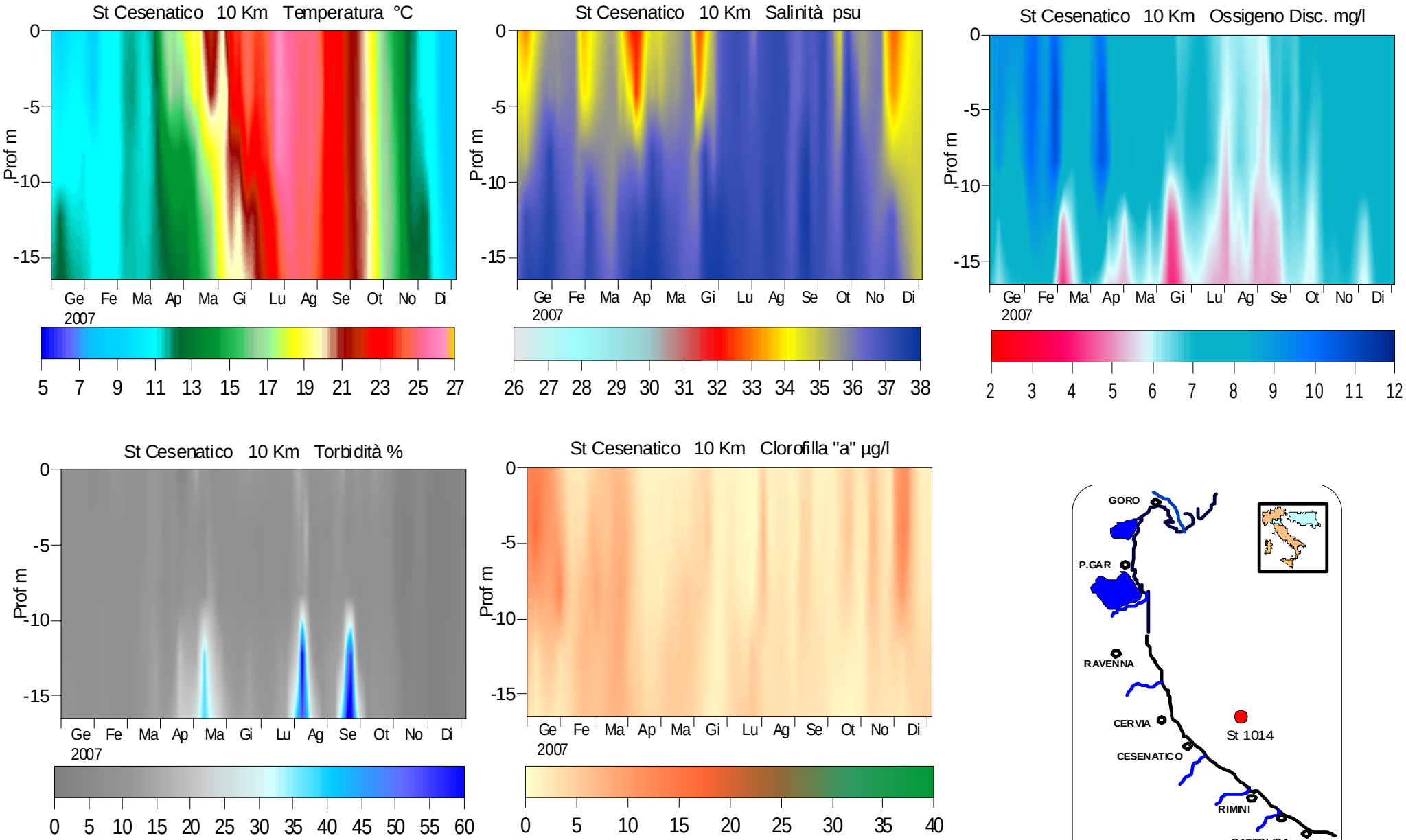


Figura 58 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Torbidità e Clorofilla "a" rilevate nei monitoraggi settimanali, nella stazione 1014 (10 Km al largo di Cesenatico), dalla superficie al fondo.

TEMPERATURA °C Sezione transetto Cesenatico 0-20 Km

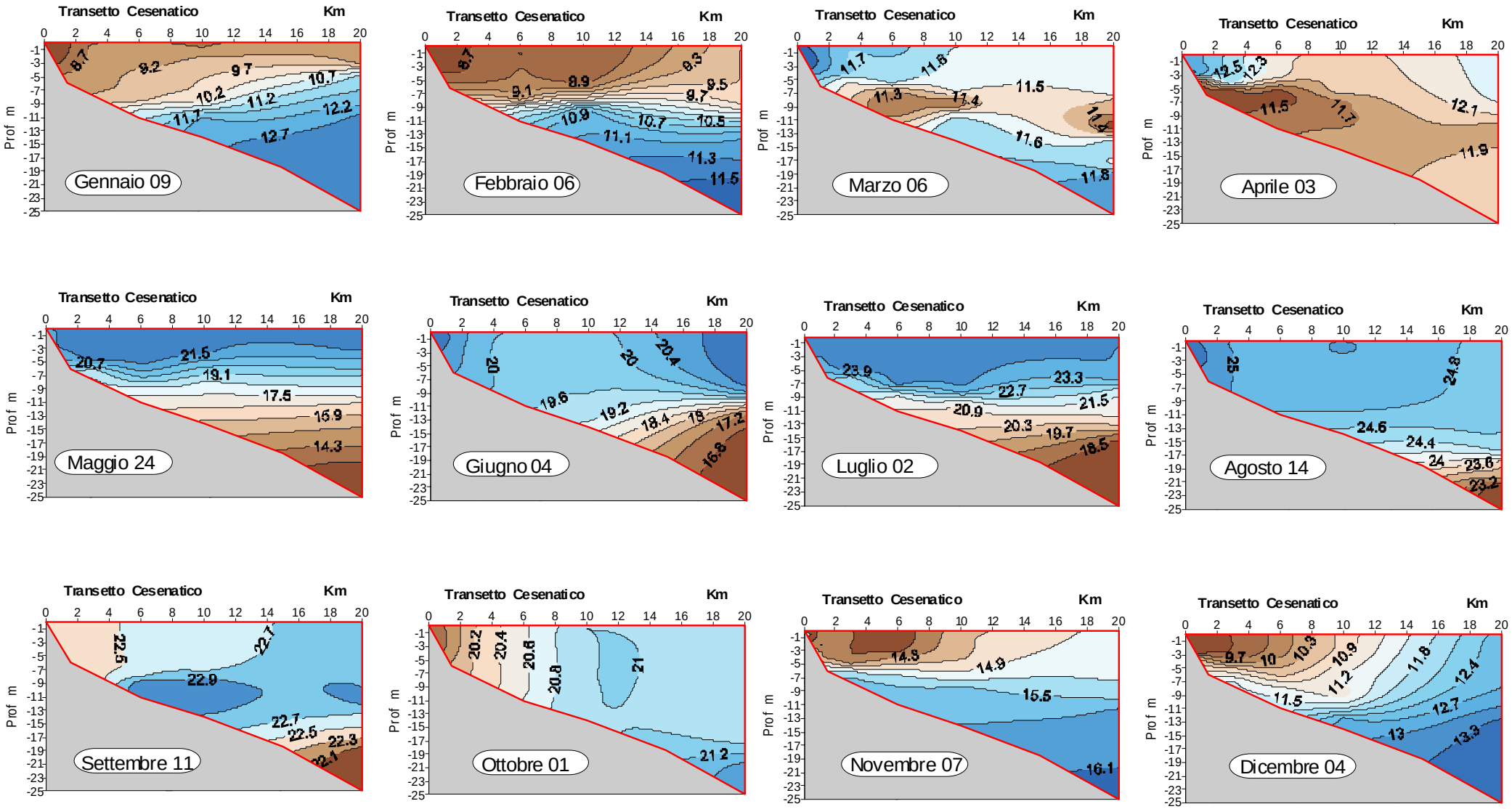


Figura 59 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

TEMPERATURA °C Sezione transetto Porto Garibaldi 0-20 Km

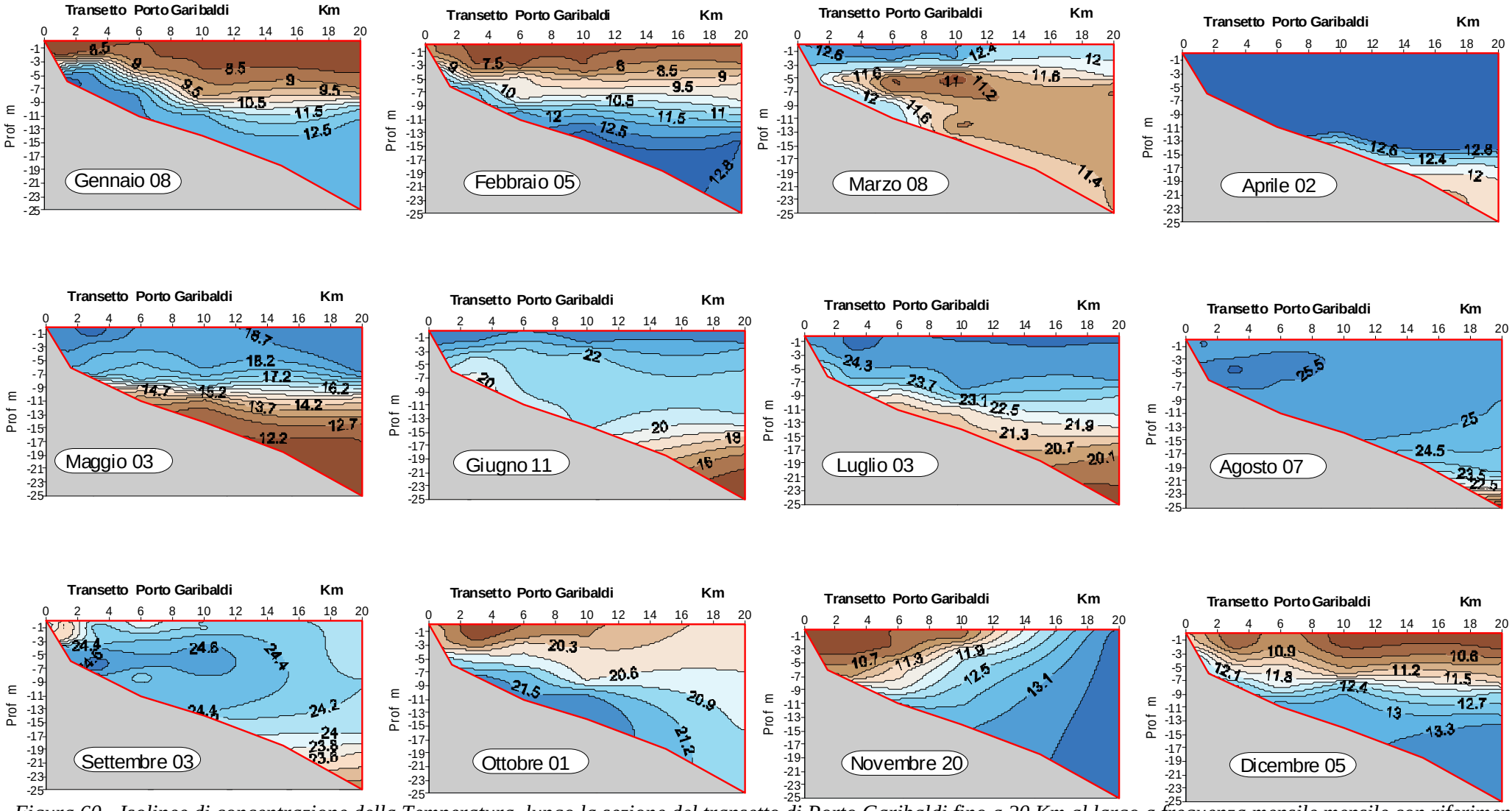


Figura 60 - Isolinee di concentrazione della Temperatura, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

SALINITA' psu Sezione transetto Cesenatico 0-20 Km

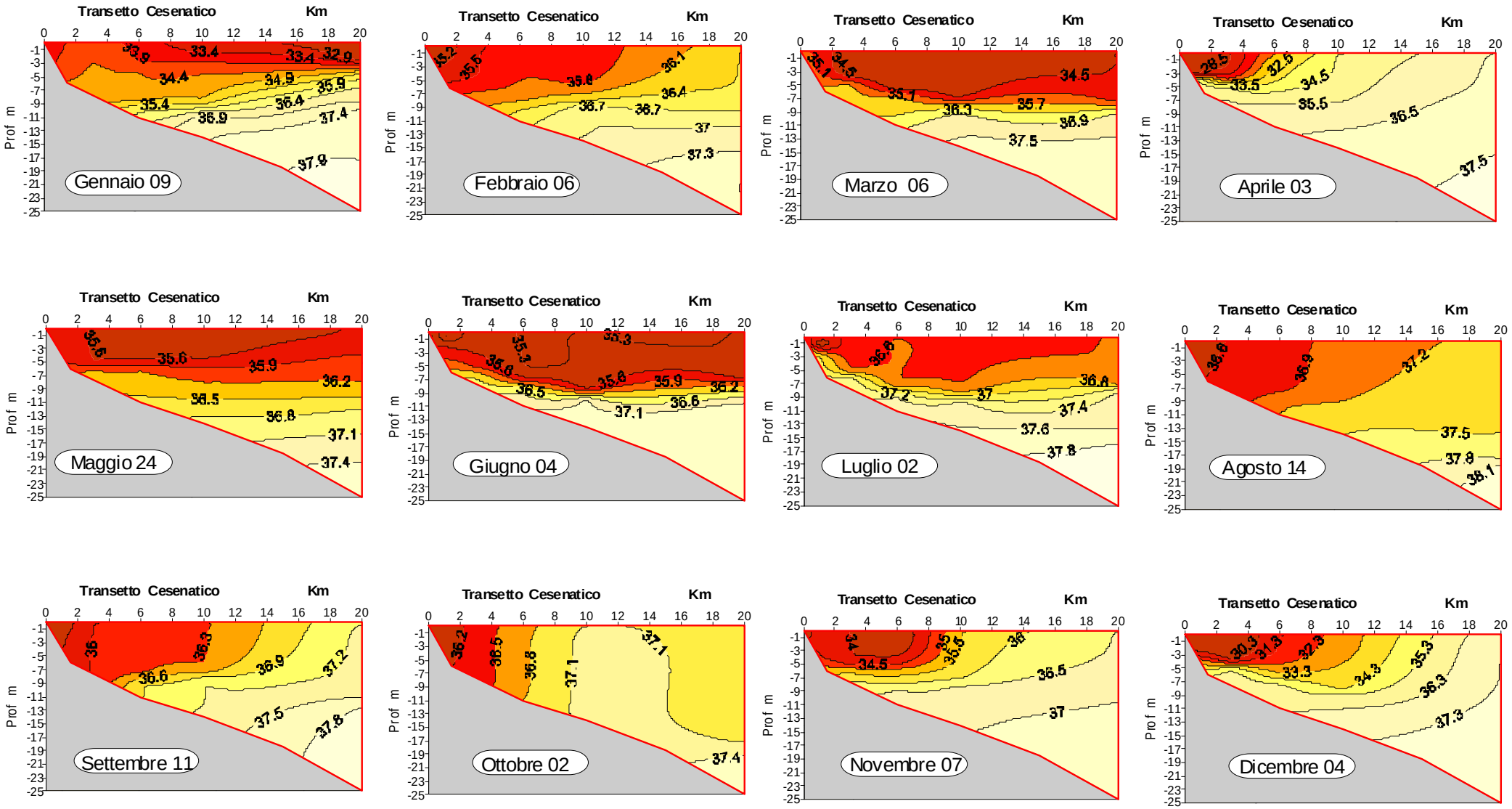


Figura 61 - Isolinee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

SALINITA' psu Sezione transetto Porto Garibaldi 0-20 Km

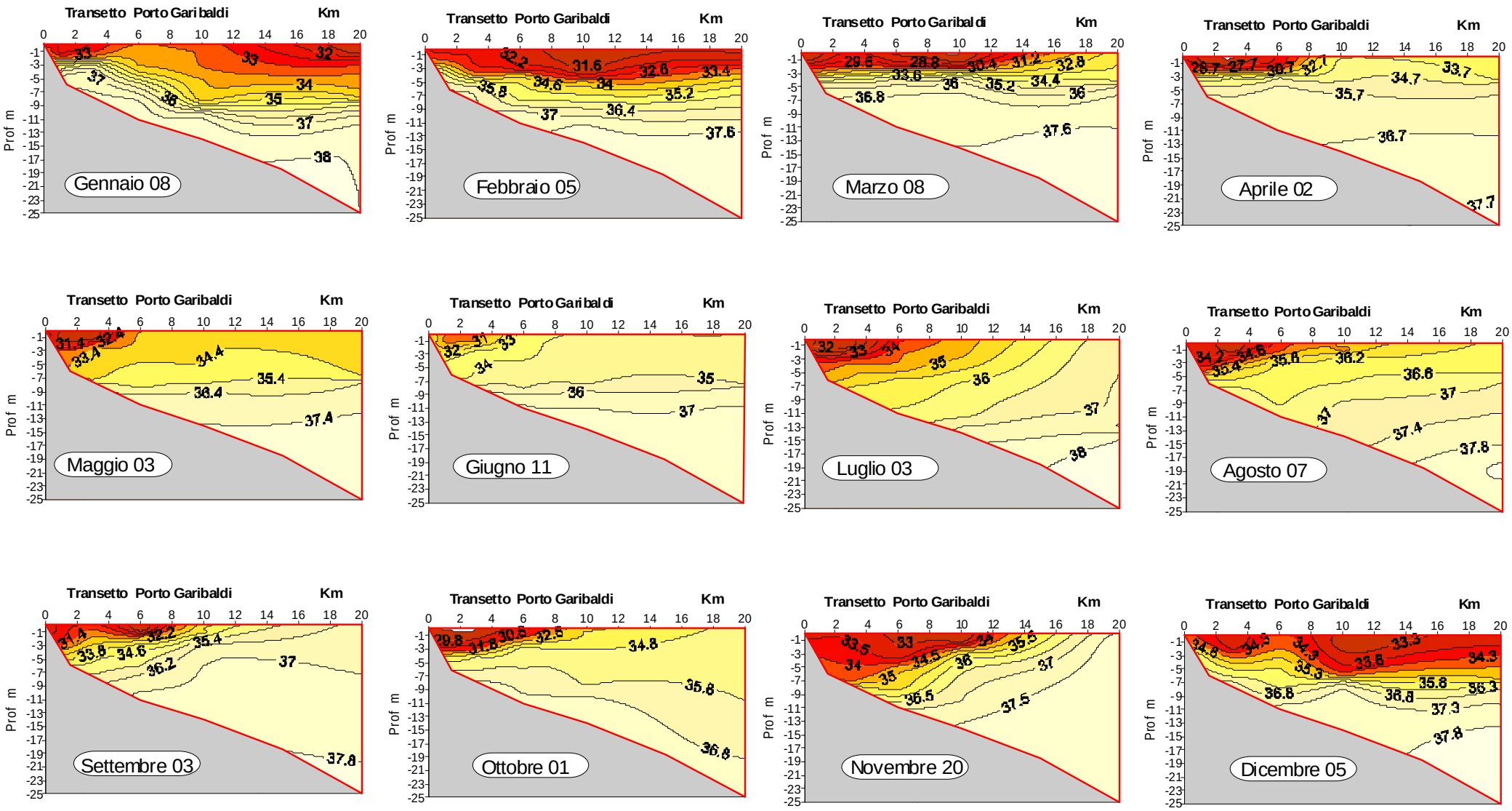


Figura 62 - Isolinee di concentrazione della Salinità, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

OSSIGENO ppm Sezione transetto Cesenatico 0-20 Km

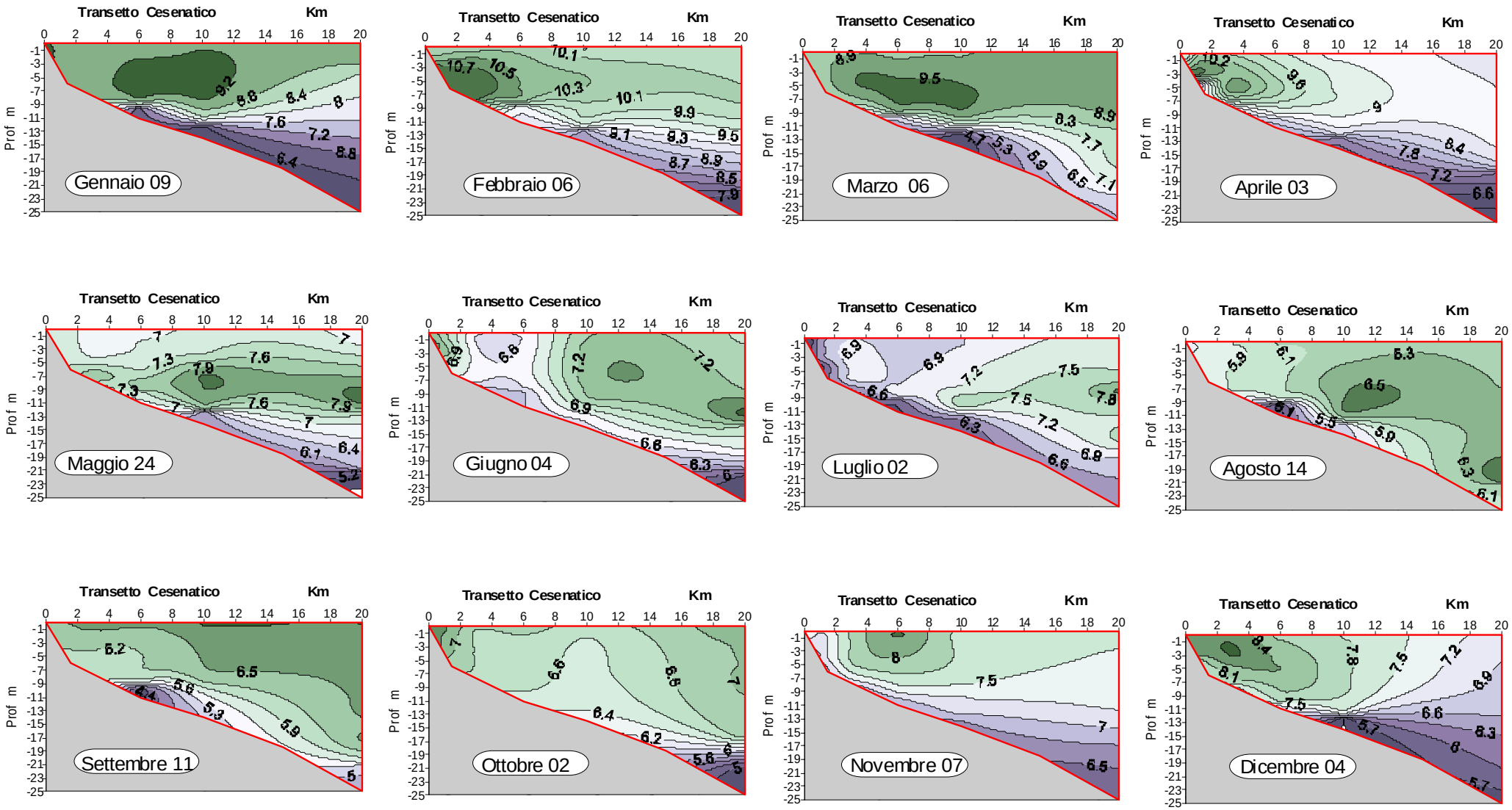


Figura 63 - Isolinee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Cesenatico fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

OSSIGENO ppm Sezione transetto Porto Garibaldi 0-20 Km

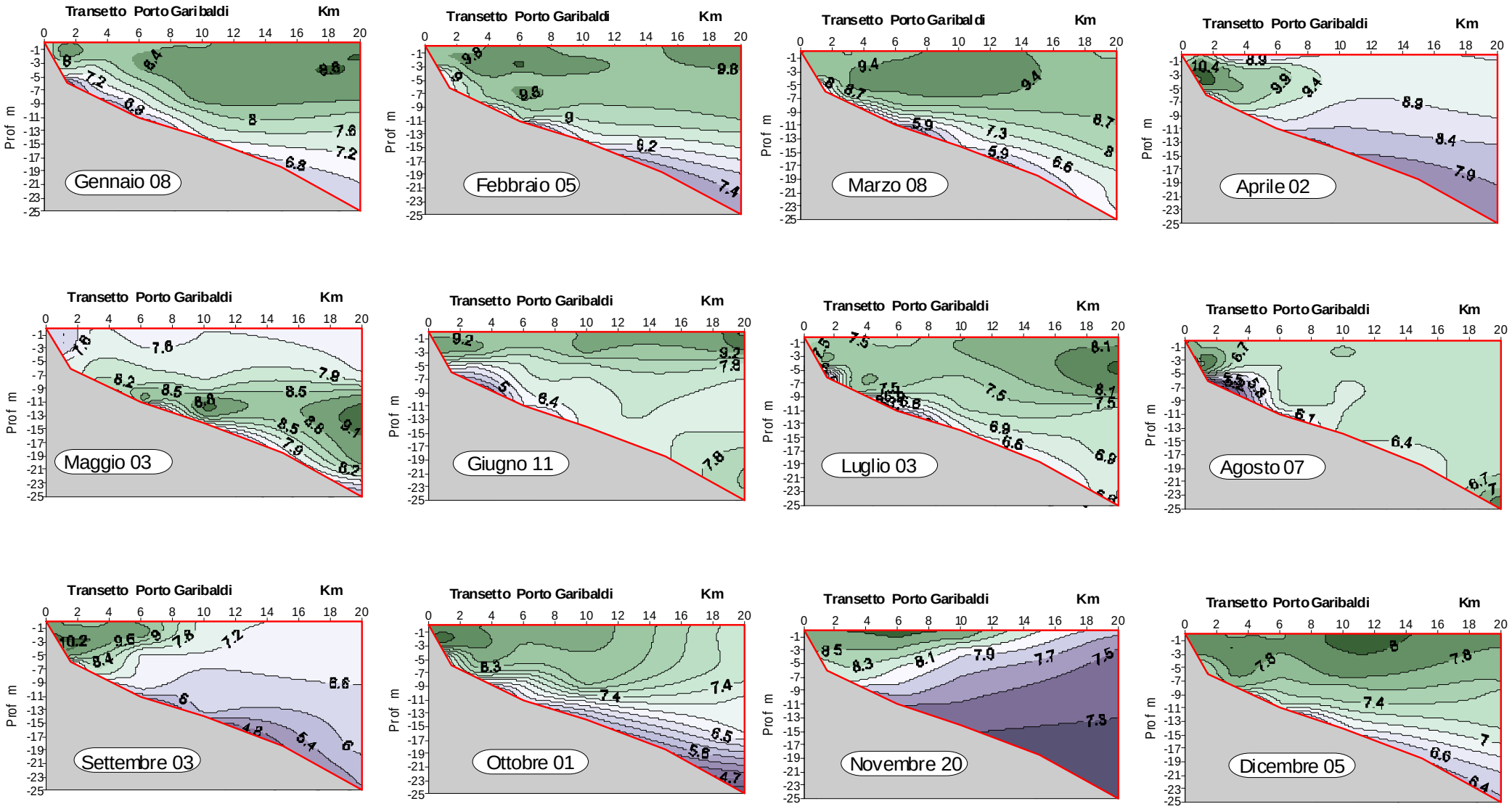


Figura 64 - Isolinee di concentrazione dell' Ossigeno, lungo la sezione del transetto di Porto Garibaldi fino a 20 Km al largo a frequenza mensile mensile con riferimento al mese e giorno delle misure sul transetto.

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

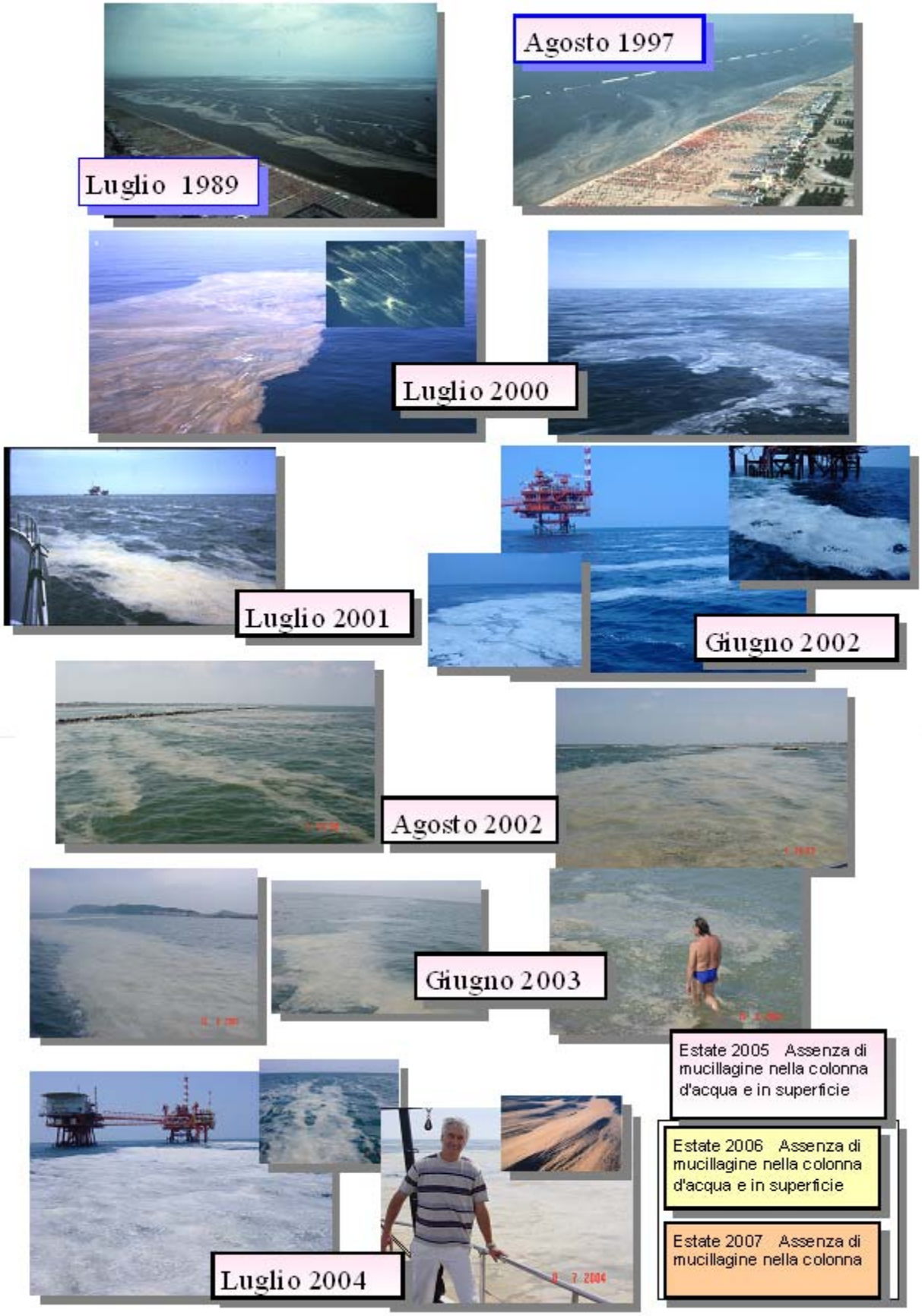
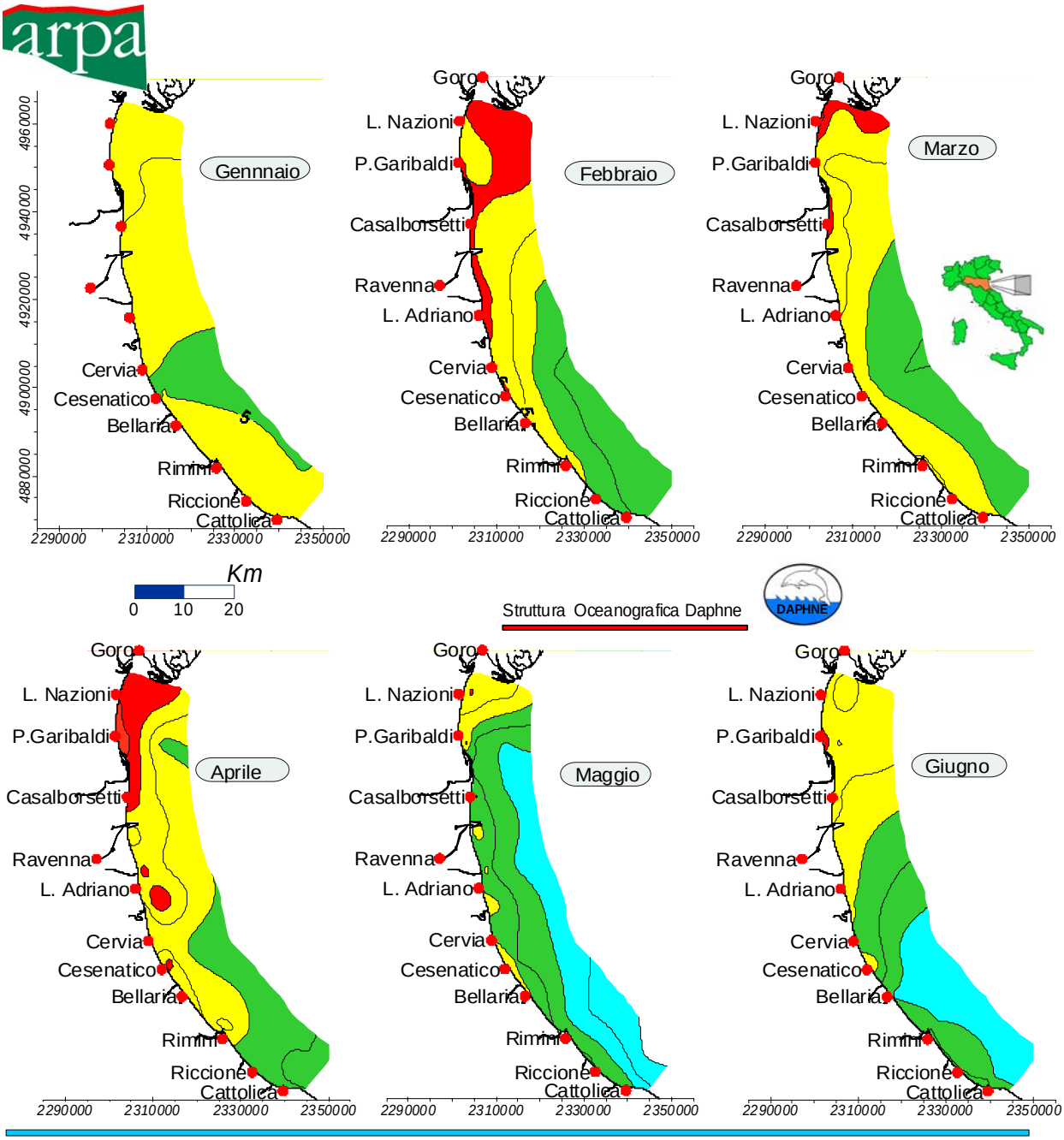
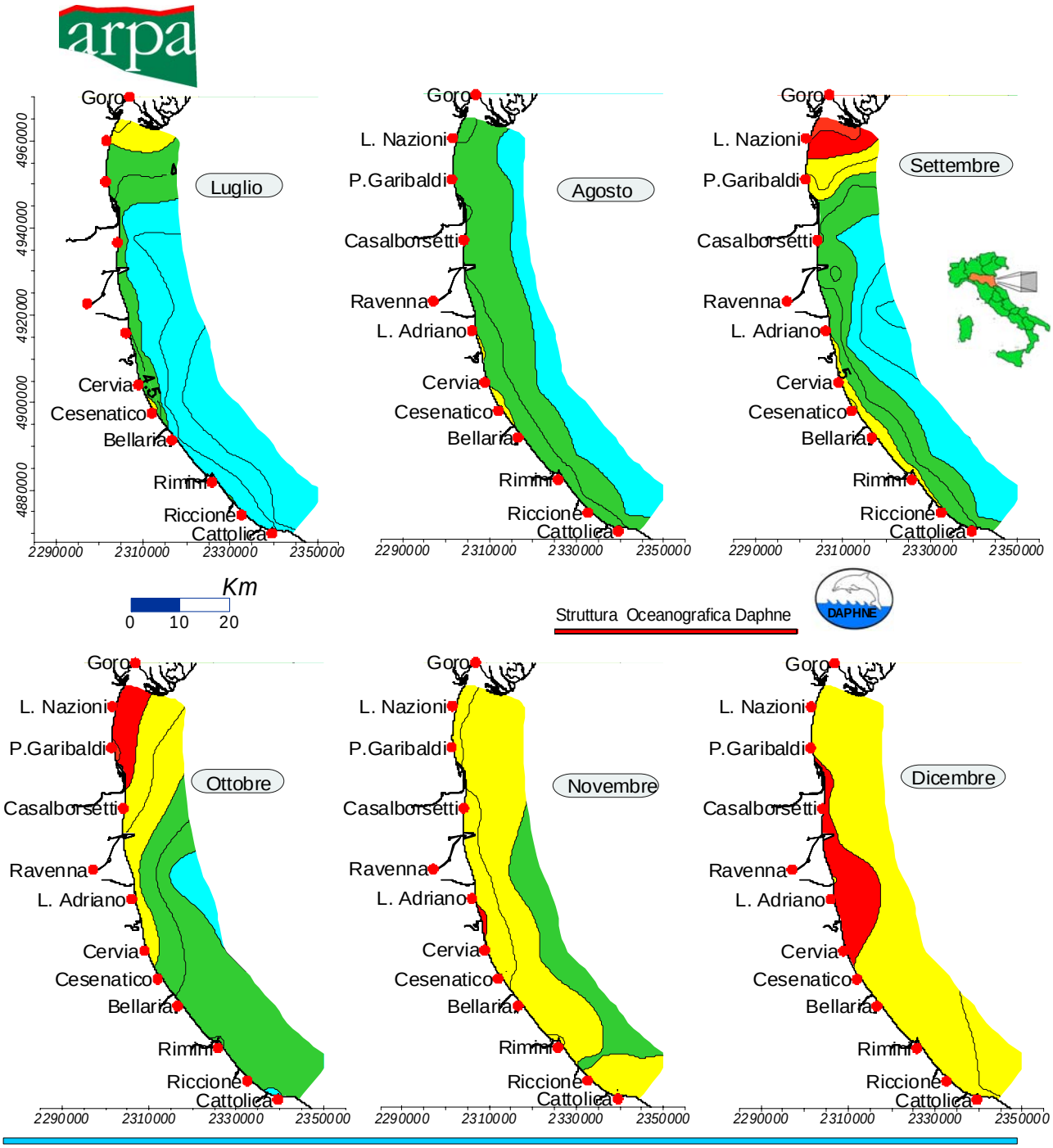


Figura 66 - Casi di affioramento di mucillagine lungo la costa dell'Emilia-Romagna dal 1989 al 2007. Immagini da archivio della Struttura Oceanografica Daphne.



SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI	SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI
2 - 4	ELEVATO	Acque scarsamente produttive. Livello di trofia basso. Buona trasparenza delle acque. Assenza di anomale colorazioni.	5 - 6	MEDIOCRE	Acque molto produttive. Livello di trofia elevato. Scarsa trasparenza delle acque. Anomale colorazioni. Ipossie e occasionali anossie sul fondo. Stati di sofferenza sul fondo.
4 - 5	BUONO	Acque moderatamente produttive. Livello di trofia medio. Buona trasparenza. 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 a10 Km al largo, dell'Indice Trofico nelle acque superficiali in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Valori medi mensili riferiti al 2007.



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 a10 Km al largo, dell'Indice Trofico nelle acque superficiali in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Valori medi mensili Valori medi mensili riferiti al 2007.

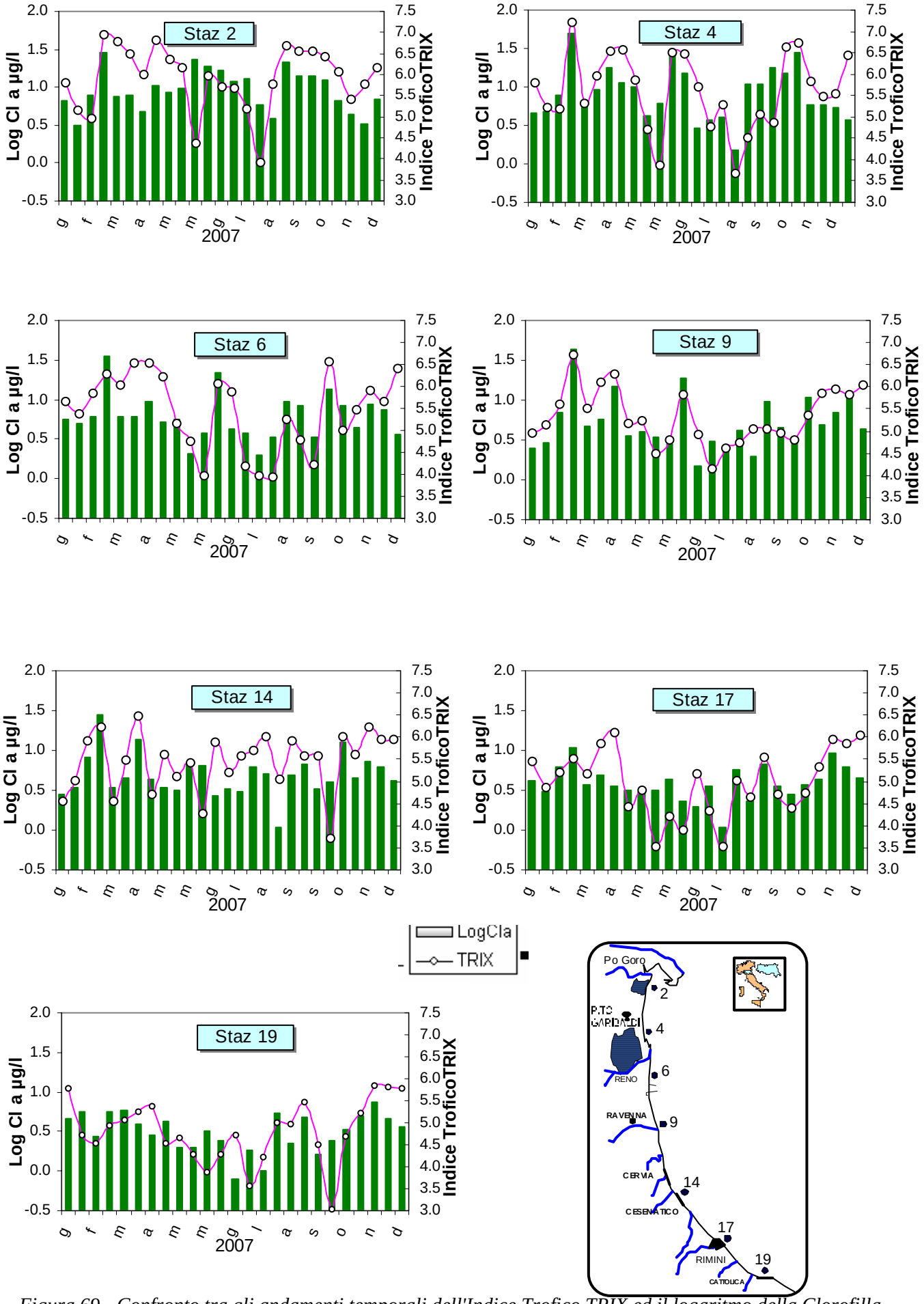


Figura 69 - Confronto tra gli andamenti temporali dell'Indice Trofico TRIX ed il logaritmo della Clorofilla "a" nelle stazioni campione costiere a 0.5 km (vedi mappa allegata).

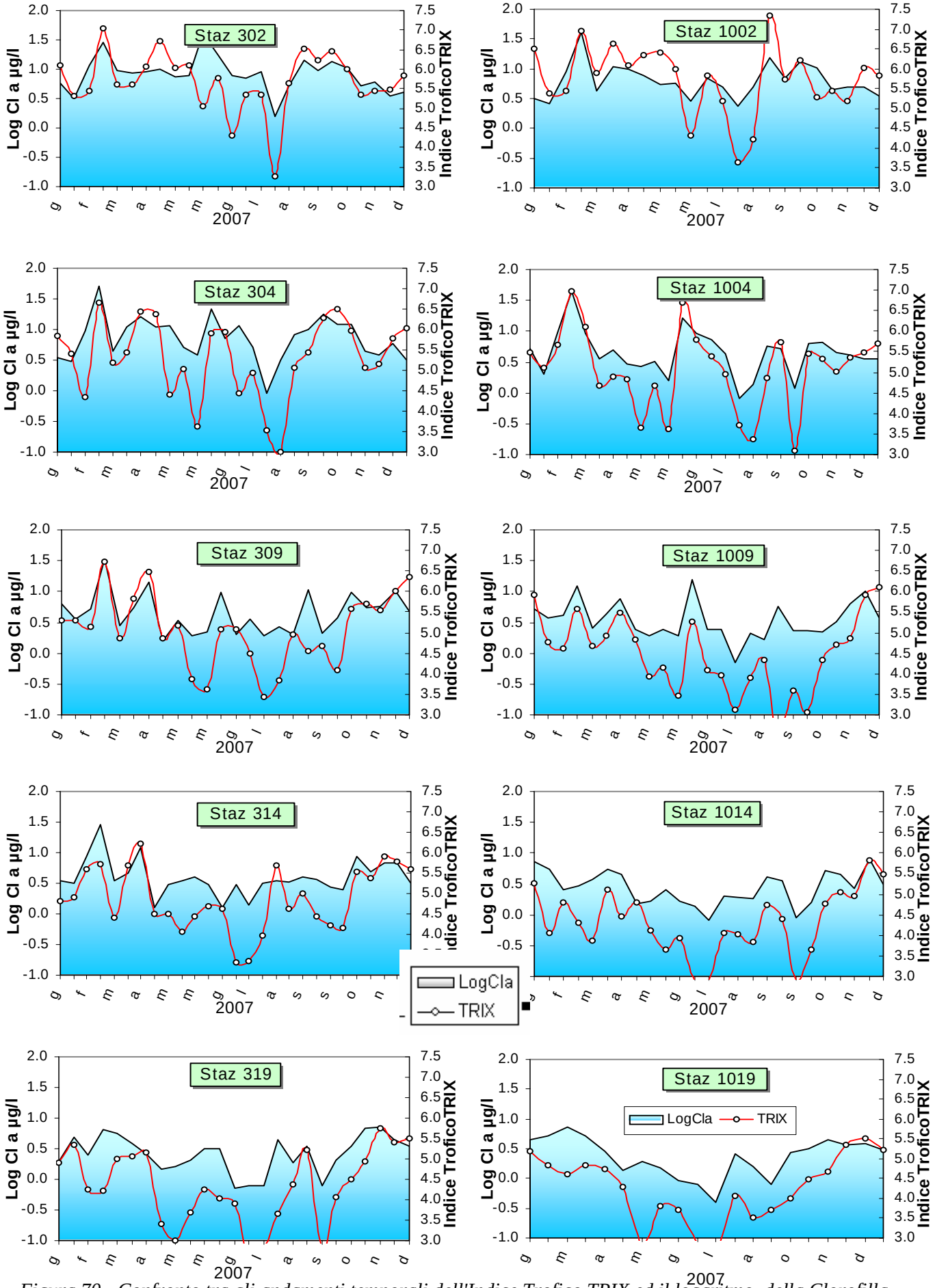
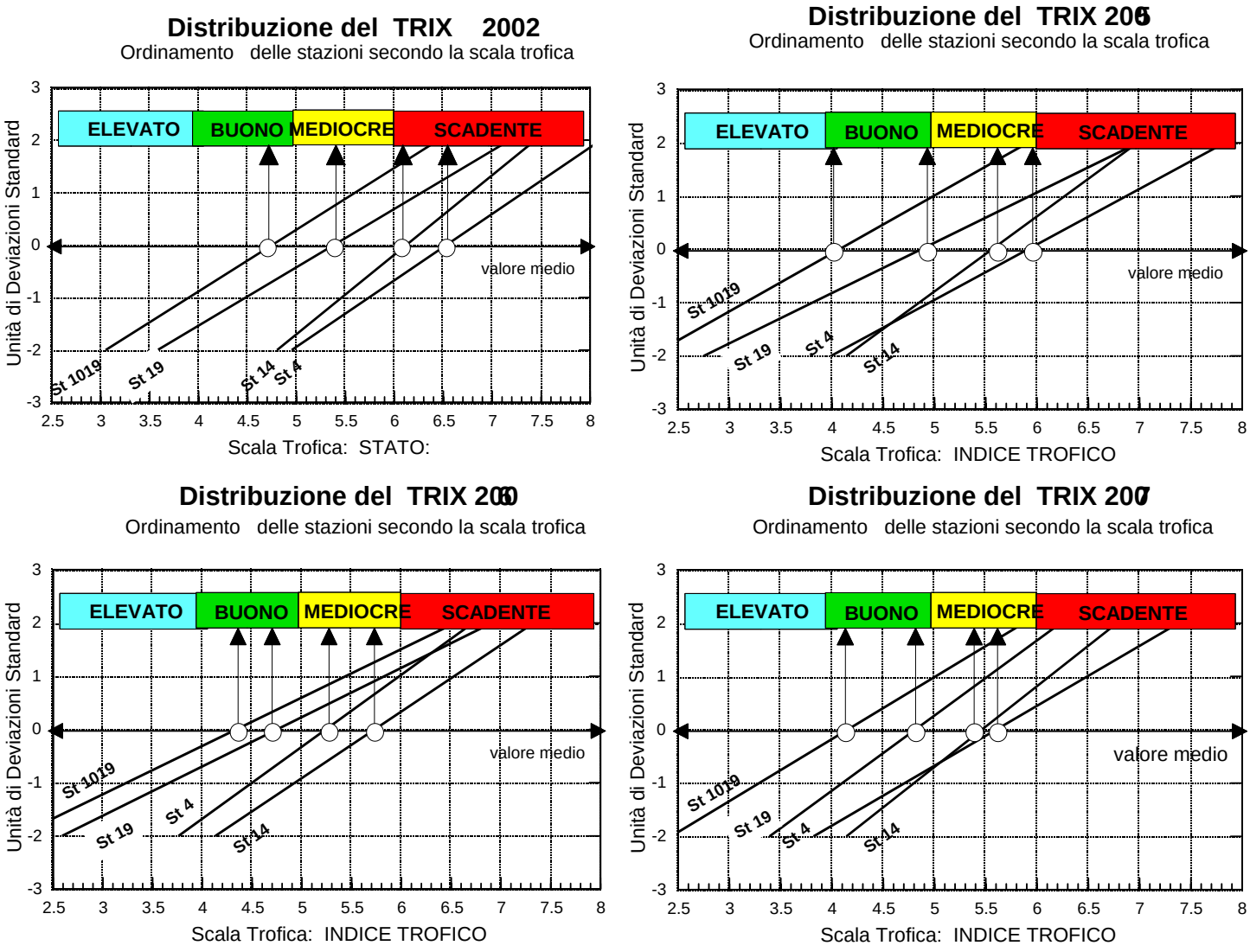
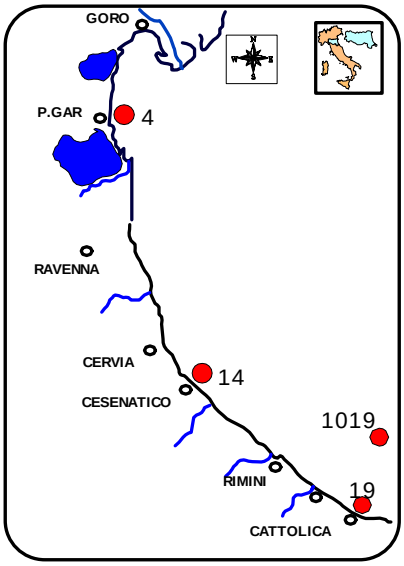


Figura 70 - Confronto tra gli andamenti temporali dell'Indice Trofico TRIX ed il logaritmo della Clorofilla "a" nelle stazioni campione costiere a 3 km e 10 km dalla costa



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

Cod. Staz.	N. Cam.	Media	Mediana	Dev. Stan.	Err. Stan.	MIN	Max	Range
4	26	5.60	5.62	0.89	0.18	3.69	7.21	2.44
14	27	5.46	5.59	0.66	0.13	3.70	6.48	2.77
19	42	4.81	4.73	0.71	0.14	3.04	5.85	2.81
1019	18	4.15	4.17	0.86	0.20	2.59	5.50	2.92



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

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

AREA A LIDO DI VOLANO-RAVENNA

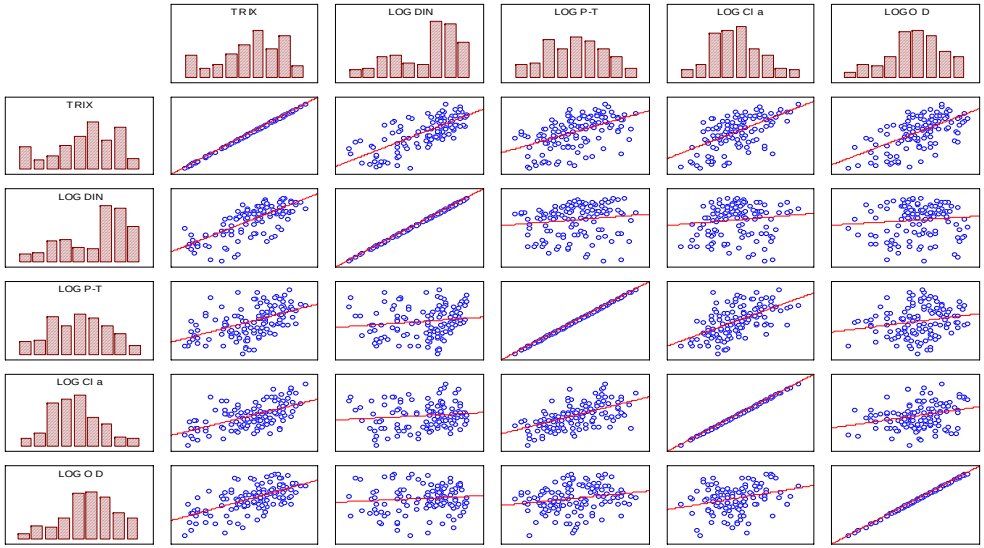
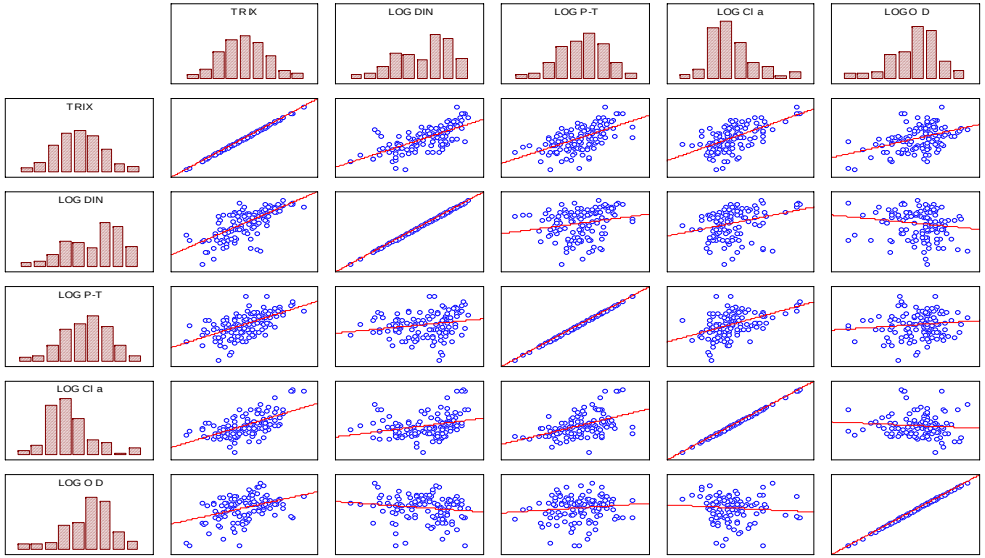
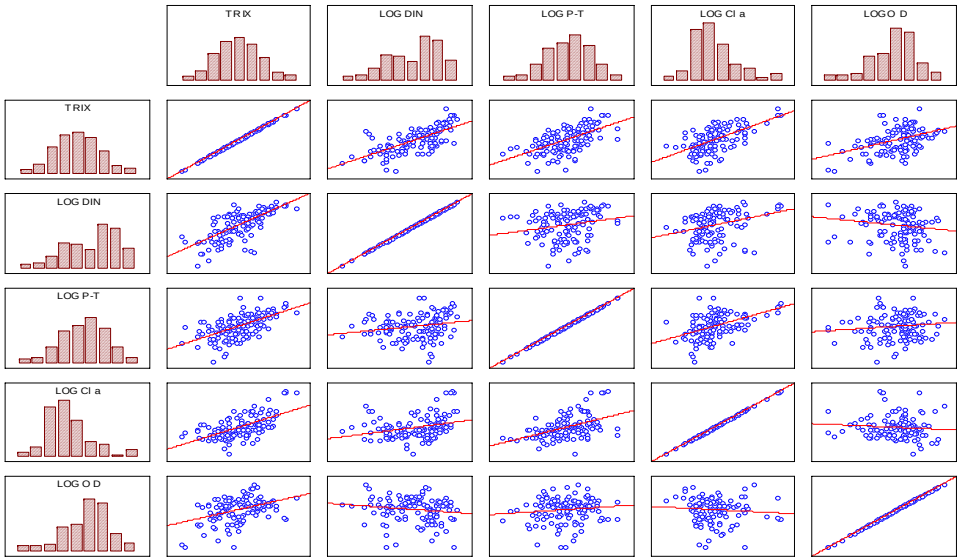


Figura 72 - Rette di regressione tra il TRIX e le variabili che concorrono a determinarlo (Log DIN, Log P-tot, Log Cl a, Log O.D.) nelle subaree "A" , "B" e "C". Sono state prese in considerazione tutte le stazioni collocate a 0.5 Km dalla costa.

AREA C CESENATICO-CATTOLICA



AREA B RAVENNA CESENATICO



ZONA A	TRIX	Log DIN	Log P-tot	Log Cl a	Log O.D.
TRIX	1	0.74	0.52	0.58	0.61
Log DIN		1	0.14	0.12	0.1
Log P-tot			1	0.57	0.21
Log Cl a				1	0.29
Log O.D.					1

ZONA B	TRIX	Log DIN	Log P-tot	Log Cl a	Log O.D.
TRIX	1	0.7	0.6	0.61	0.41
Log DIN		1	0.21	0.29	-0.15
Log P-tot			1	0.48	0.12
Log Cl a				1	-0.09
Log O.D.					1

ZONA C	TRIX	Log DIN	Log P-tot	Log Cl a	Log O.D.
TRIX	1	0.77	0.51	0.6	0.62
Log DIN		1	0.29	0.42	0.1
Log P-tot			1	0.45	0.08
Log Cl a				1	0.04
Log O.D.					1

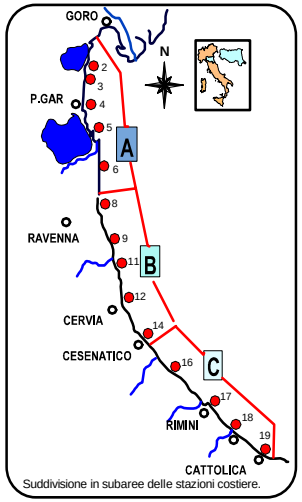
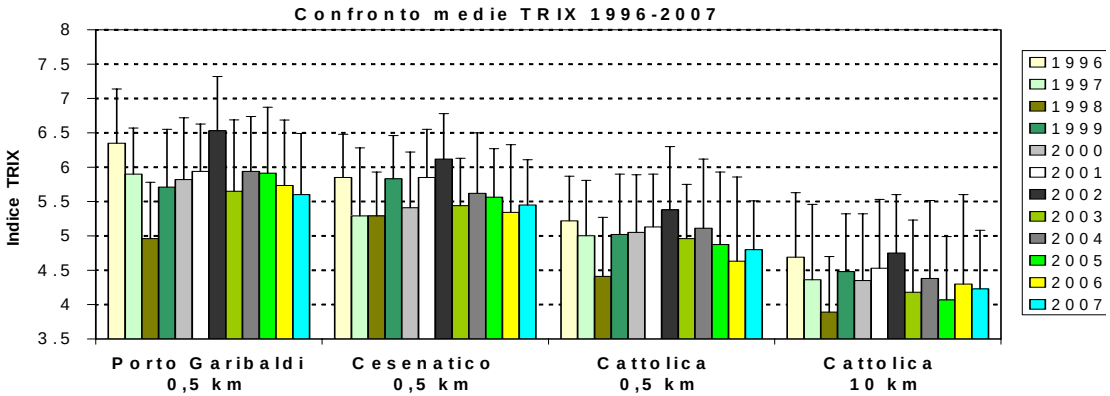
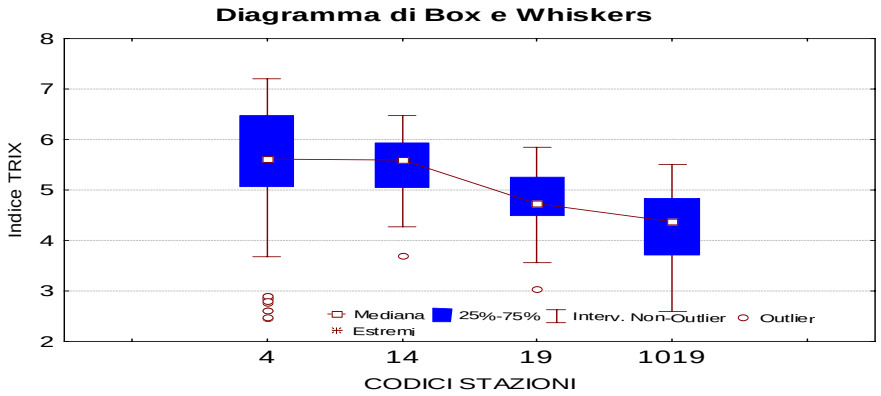
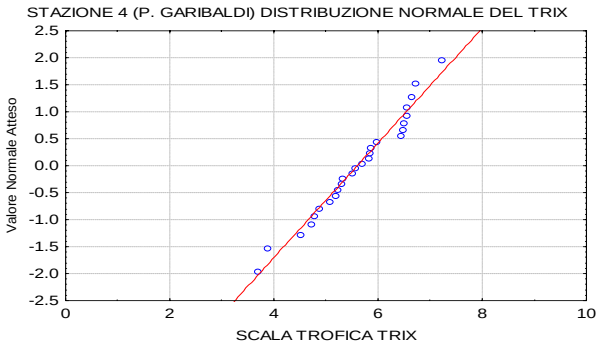
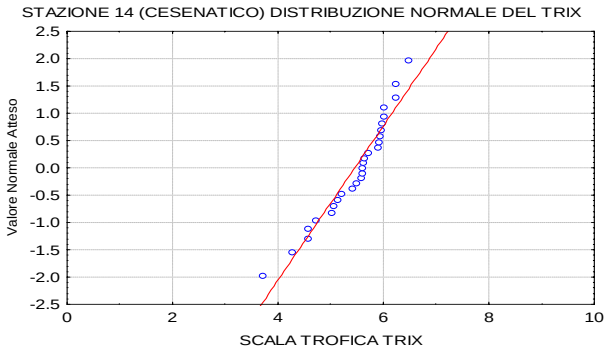


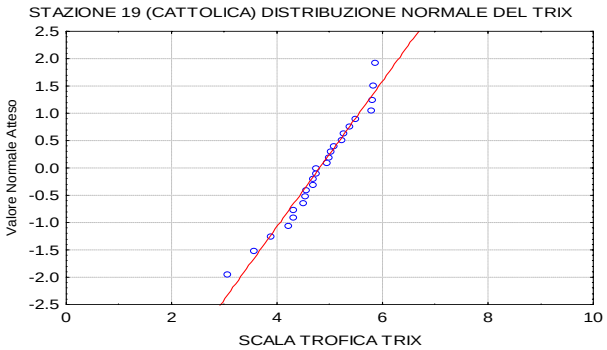
Figura 73 - Rette di regressione nella subarea "C" e coefficienti di correlazione tra il TRIX e le variabili che concorrono a determinarlo (Log DIN, Log P-tot, Log Cl a, Log O.D.) nelle tre subaree. Sono state prese in considerazione tutte le stazioni collocate a 0.5 Km dalla costa











Cod Staz	Δ X 02-05	t-Student	Sign.	Δ X 02-06	t-Student	Sign.	Δ X 02-07	t-Student	Sign.	Δ X 05-06	t-Student	Sign.	Δ X 05-07	t-Student	Sign.	Δ X 06-07	t-Student	Sign.
4	0.59	3.15	S	0.73	4.21	S	0.80	3.93	S	0.09	0.52	n.S	0.31	1.34	n.S	0.13	0.57	n.S
14	0.64	4.82	S	0.88	5.80	S	0.66	4.01	S	0.31	2.01	n.S	0.11	0.64	n.S	-0.22	-1.11	n.S
19	0.65	3.86	S	0.73	3.73	S	0.58	2.70	S	0.17	1.11	n.S	0.07	0.29	n.S	-0.05	-0.22	n.S
1019	0.30	1.7	n.S	0.50	2.82	S	0.52	2.7	S	0.27	1.45	n.S	0.39	1.17	n.S	0.11	0.36	n.S

Significatività p (<0.05), delle differenze (Δ 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 1996 al 2007 nelle stazioni costiere a 0.5 Km di Porto Garibaldi (st 4), Cesenatico (st 14), Cattolica (st 19) e nella stazione al largo 10 Km di Cattolica (st 1019) Nella tabella sono riportate, per ogni stazione le differenze di TRIX tra i valori medi e il t di Student del 2002 con quelli rilevati nel 2005, 2006, 2007 e le relative significatività (S= Significativo, n. S= non Significativo).

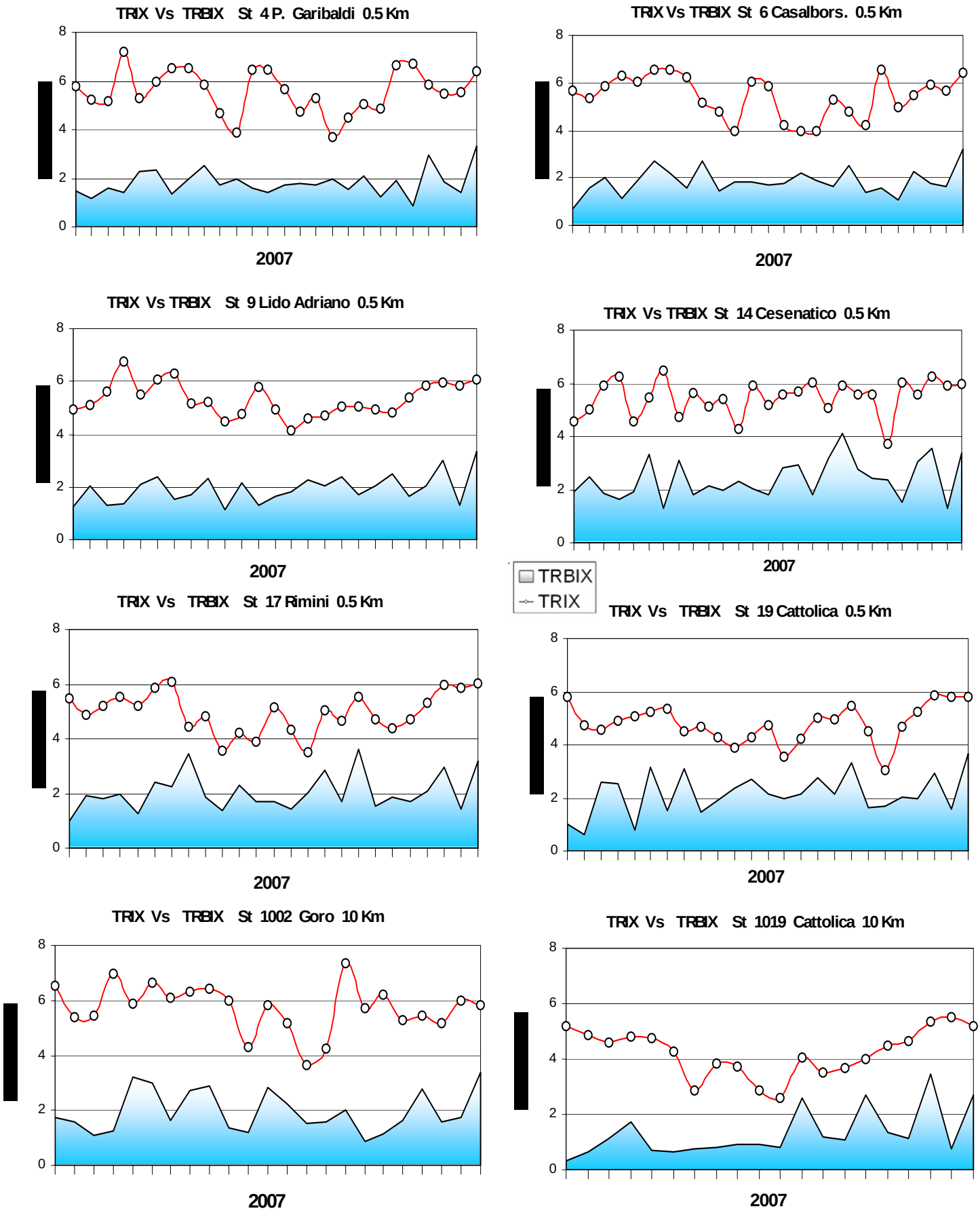
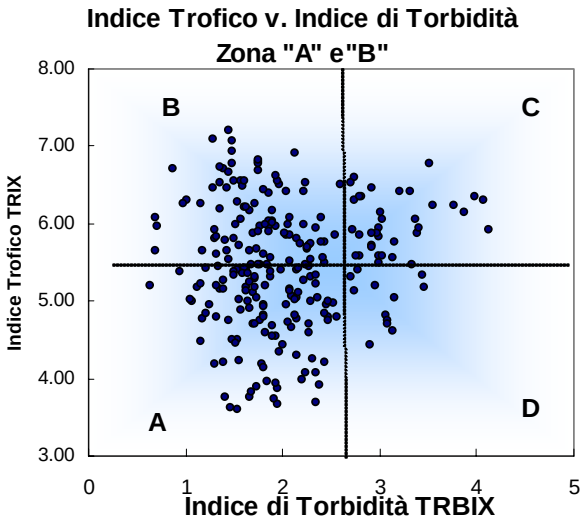
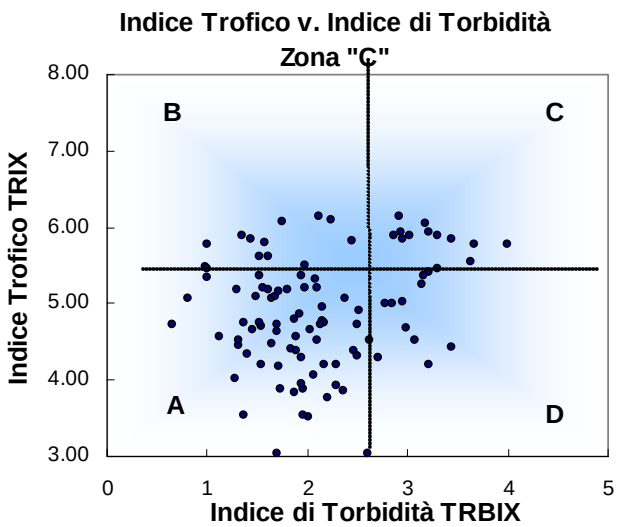
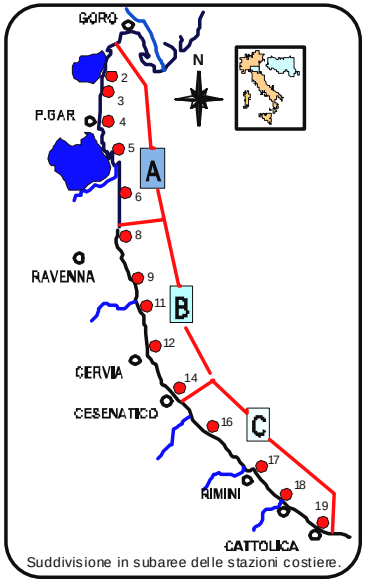


Figura 75 - Confronto tra l'andamento dell'Indice Trofico TRIX e l'Indice di Torbidità TRBIX nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (St 4), Casalborsetti (St 6), Lido Adriano (St 9), Cesenatico (St 14) Rimini (St 17), Cattolica (St 19) e 2 stazioni estreme della costa situate a 10 Km al 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, brunastro o rossastro secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.	**Quadrante C** Acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale; colore limoso-fangoso associato ad una variazione cromatica verdastra, brunastra o rossastra 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 D** Acque prevalentemente colorate da torbidità di tipo minerale; colore limoso fangoso di tipo grigio brunastro. Trasparenza molto ridotta.

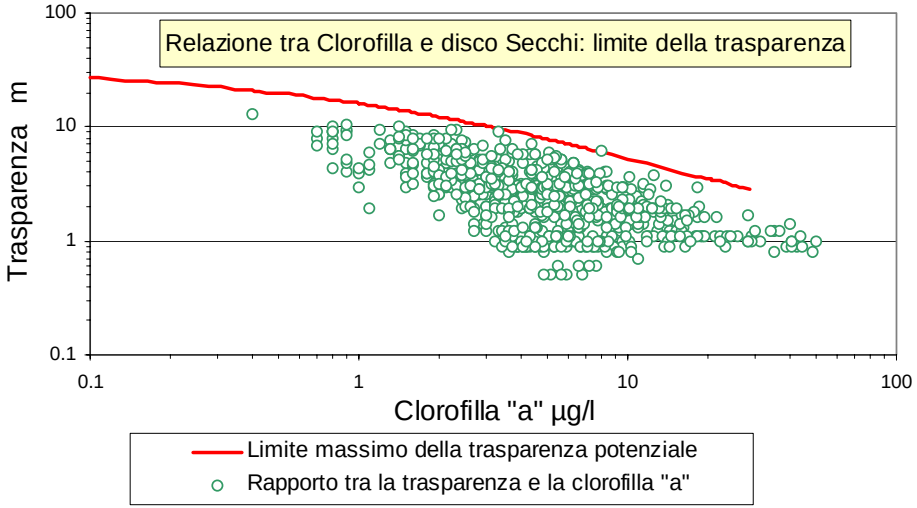
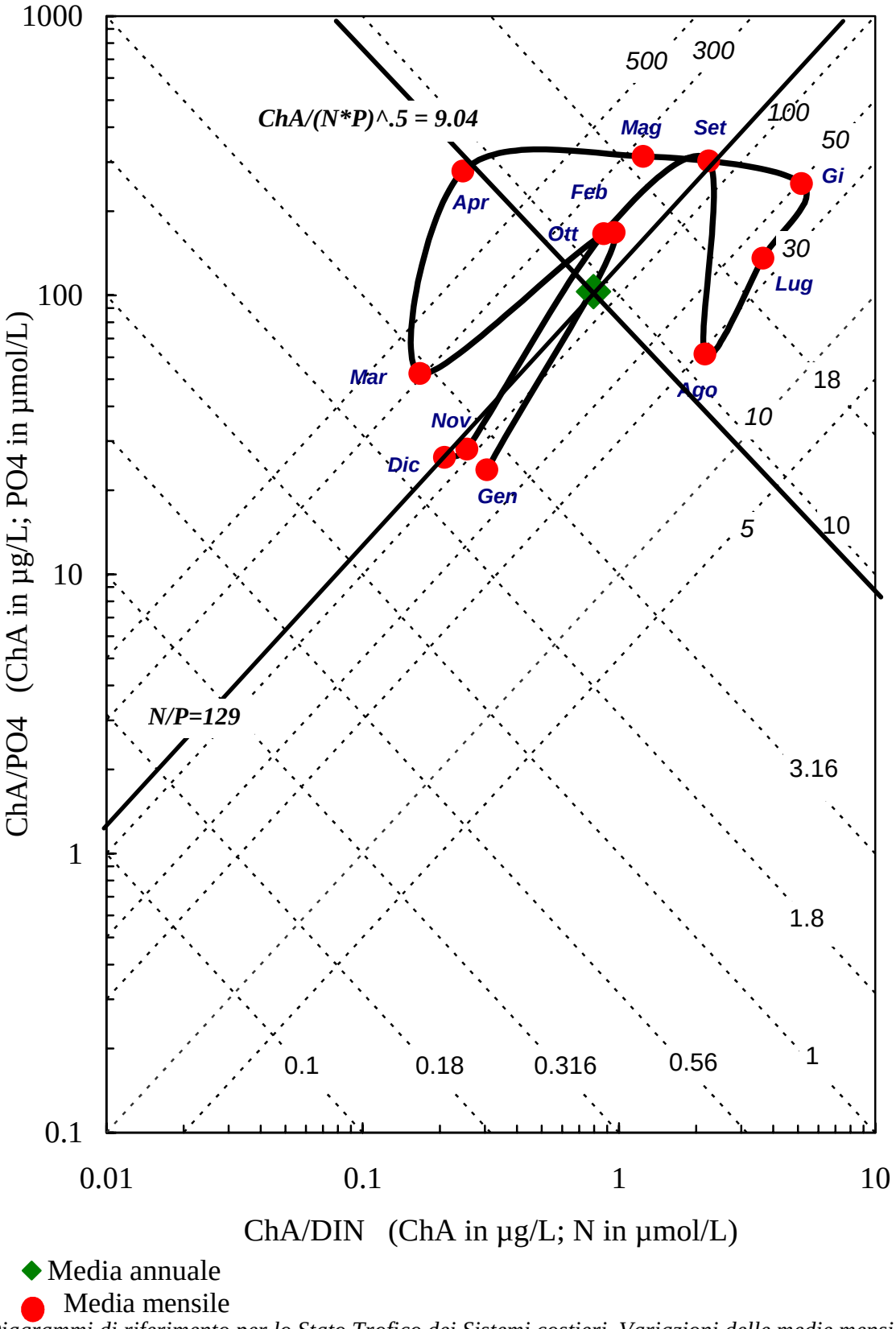


Figura 76 - Diagrammi di "Scatter plot" tra l'Indice di Torbidità TRBX e l'Indice Trofico TRIX. Individuazione dei quadranti e relativa tabella di interpretazione.

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



◆ Media annuale
● Media mensile

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

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

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

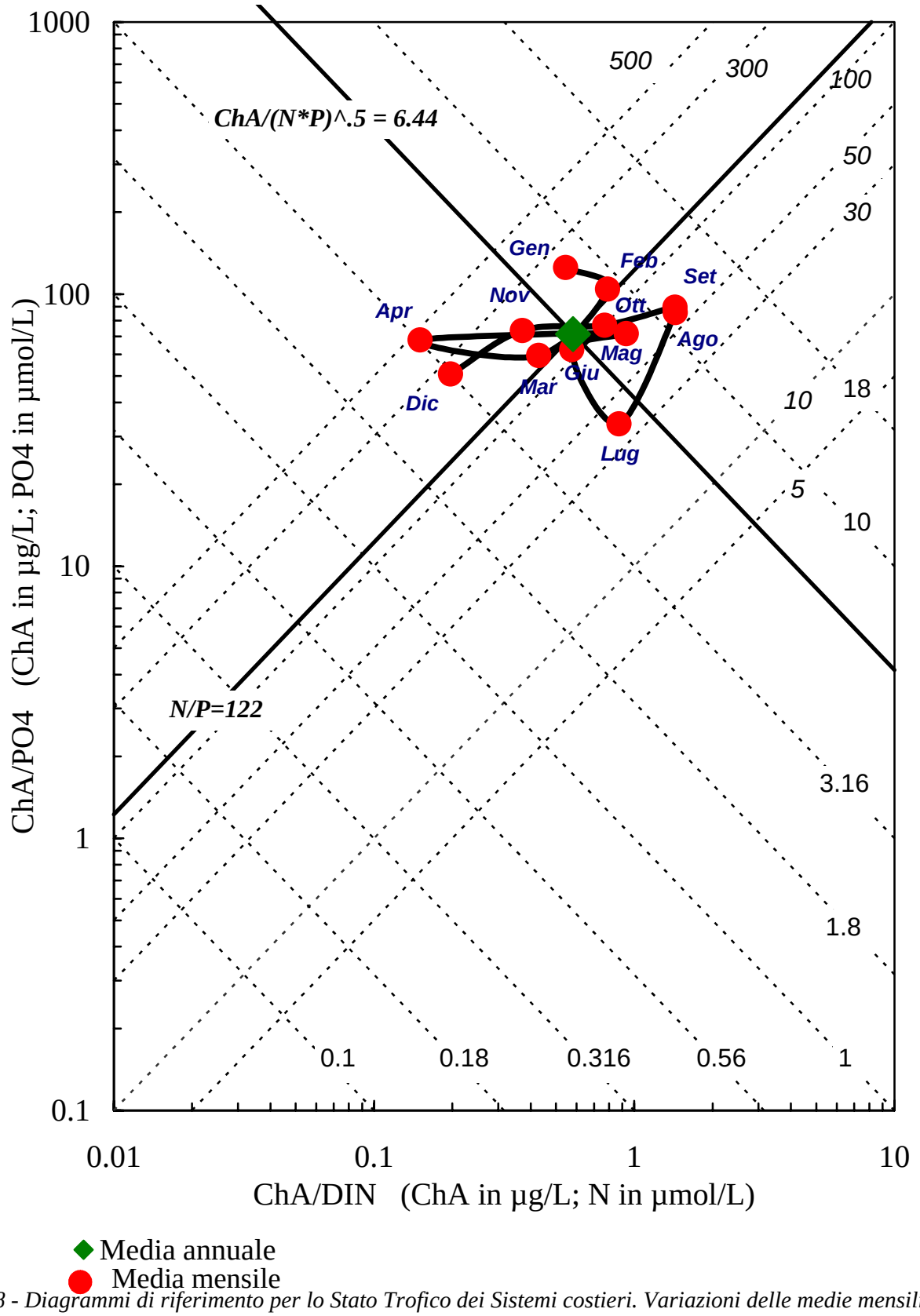


Figura 78 - Diagrammi di riferimento per lo Stato Trofico dei Sistemi costieri. Variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema.

Nei grafici i rapporti N/P sono costanti lungo le linee punteggiate a 45°, viceversa i valori della quantità ChA/(DIN x 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.

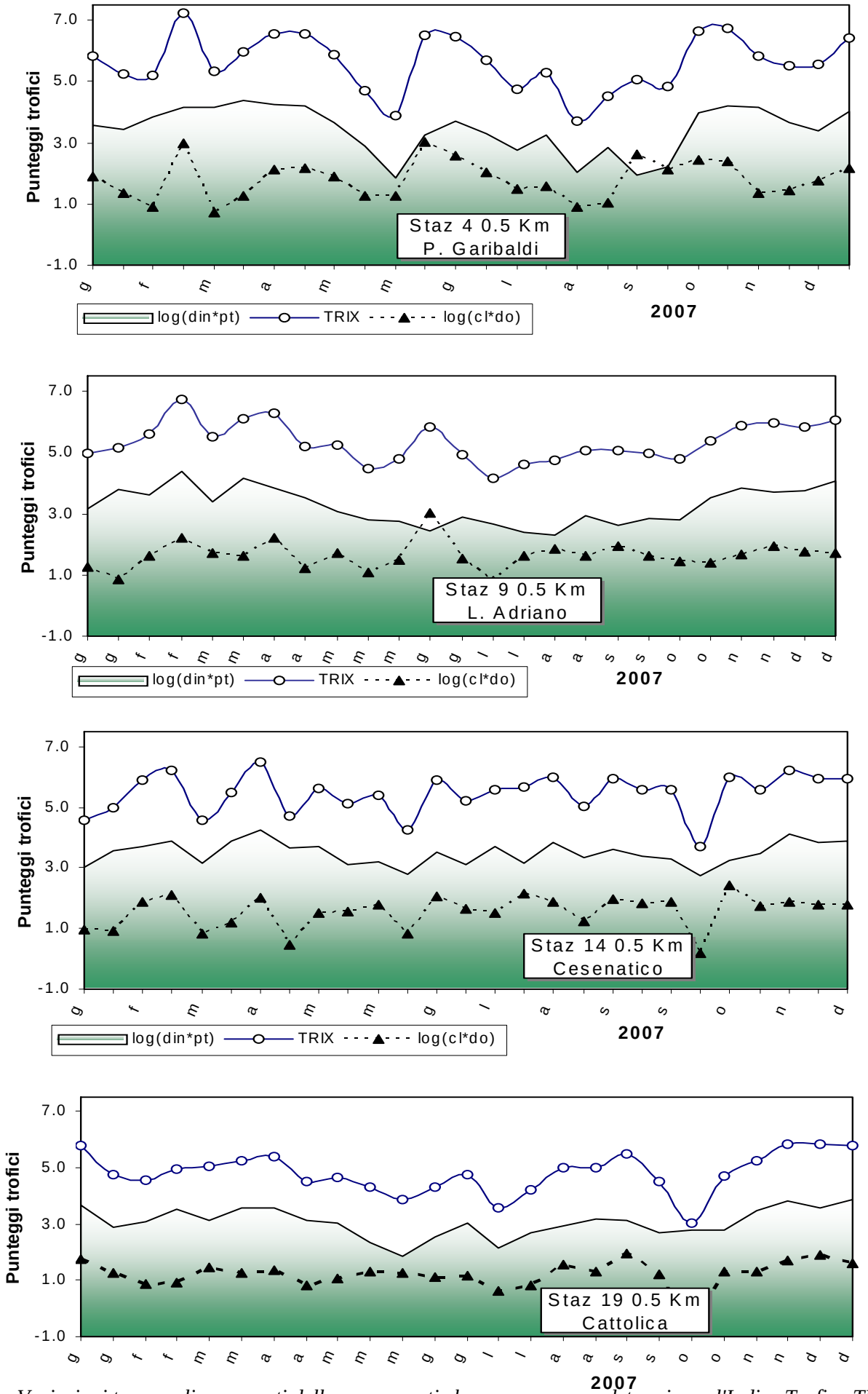
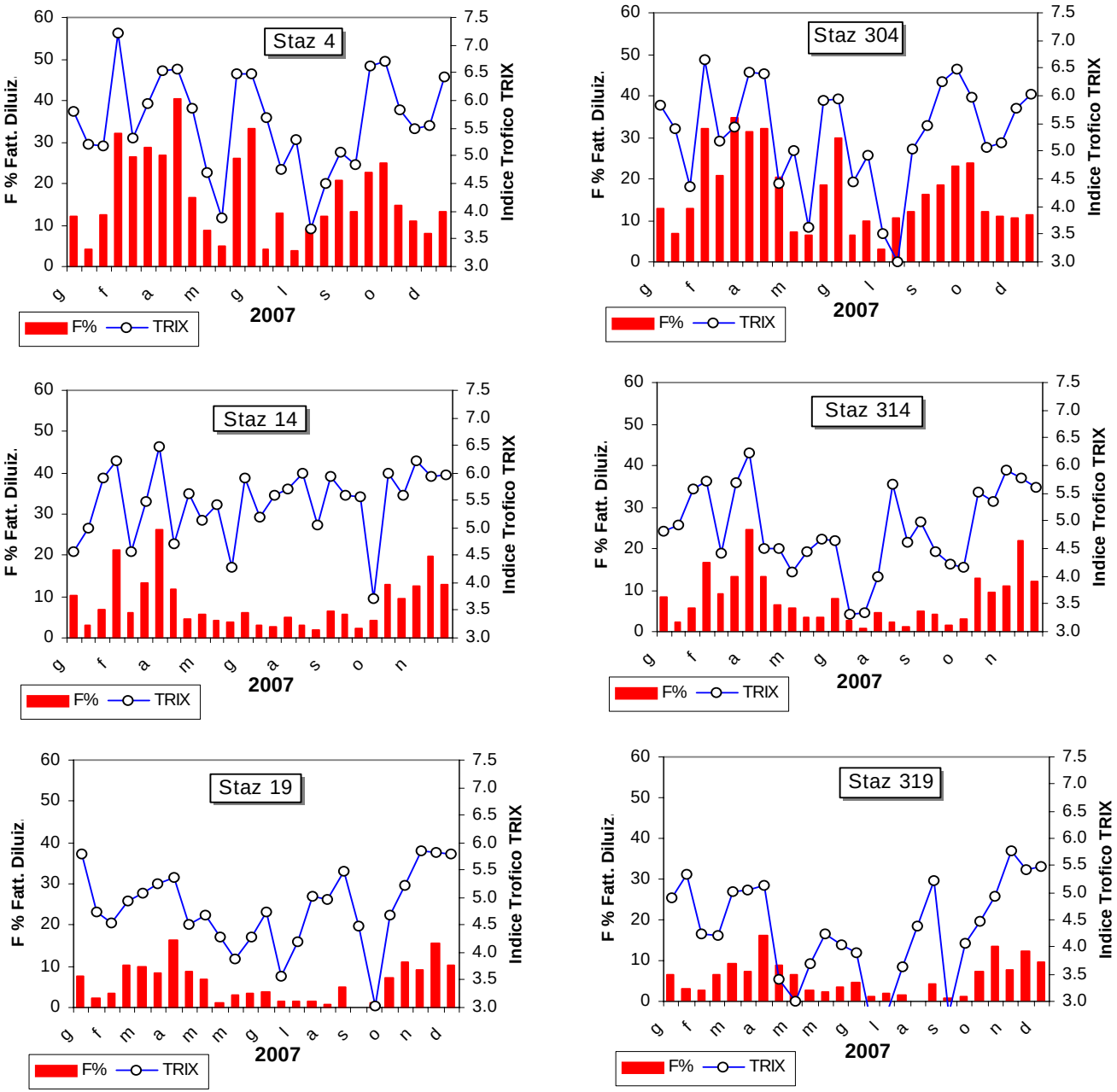


Figura 79 - Variazioni temporali e rapporti delle componenti che concorrono a determinare l'Indice Trofico TRIX nelle stazioni costiere. LOG(Chl x D%O) = Indicatore di produttività reale o diretta. LOG(DIN x PT) = Indicatore di produttività potenziale



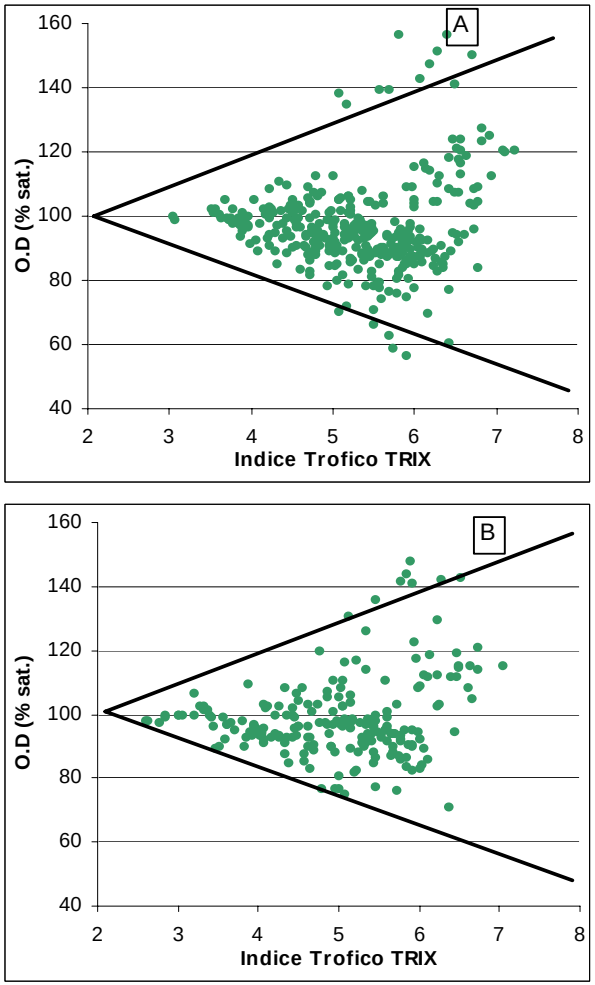


Figura 80 - Scostamento dei dati puntuali della saturazione di ossigeno dal 100% rilevati nelle stazioni costiere a 0.5 Km (A), e nelle stazioni a 3 Km dalla costa (B), al crescere del valore di TRIX

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 %.

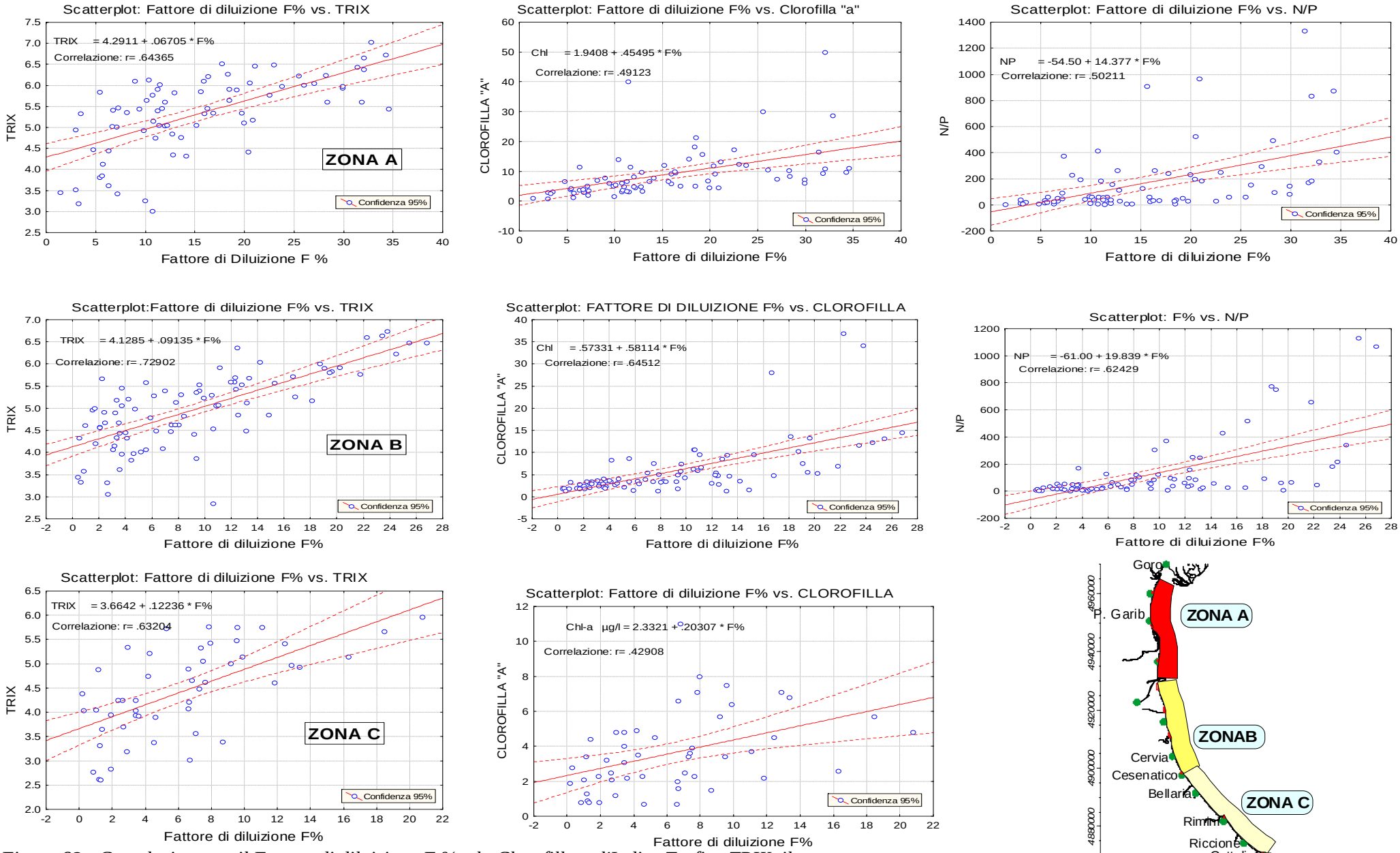


Figura 82 - Correlazione tra il Fattore di diluizione F % e la Clorofilla a, l'Indice Trofico TRIX, il rapporto Azoto/Fosforo (N/P) nelle tre subaree (Goro-Ravenna, Ravenna- Cesenatico, Cesenatico- Cattolica), collocate a 3 Km dalla costa.

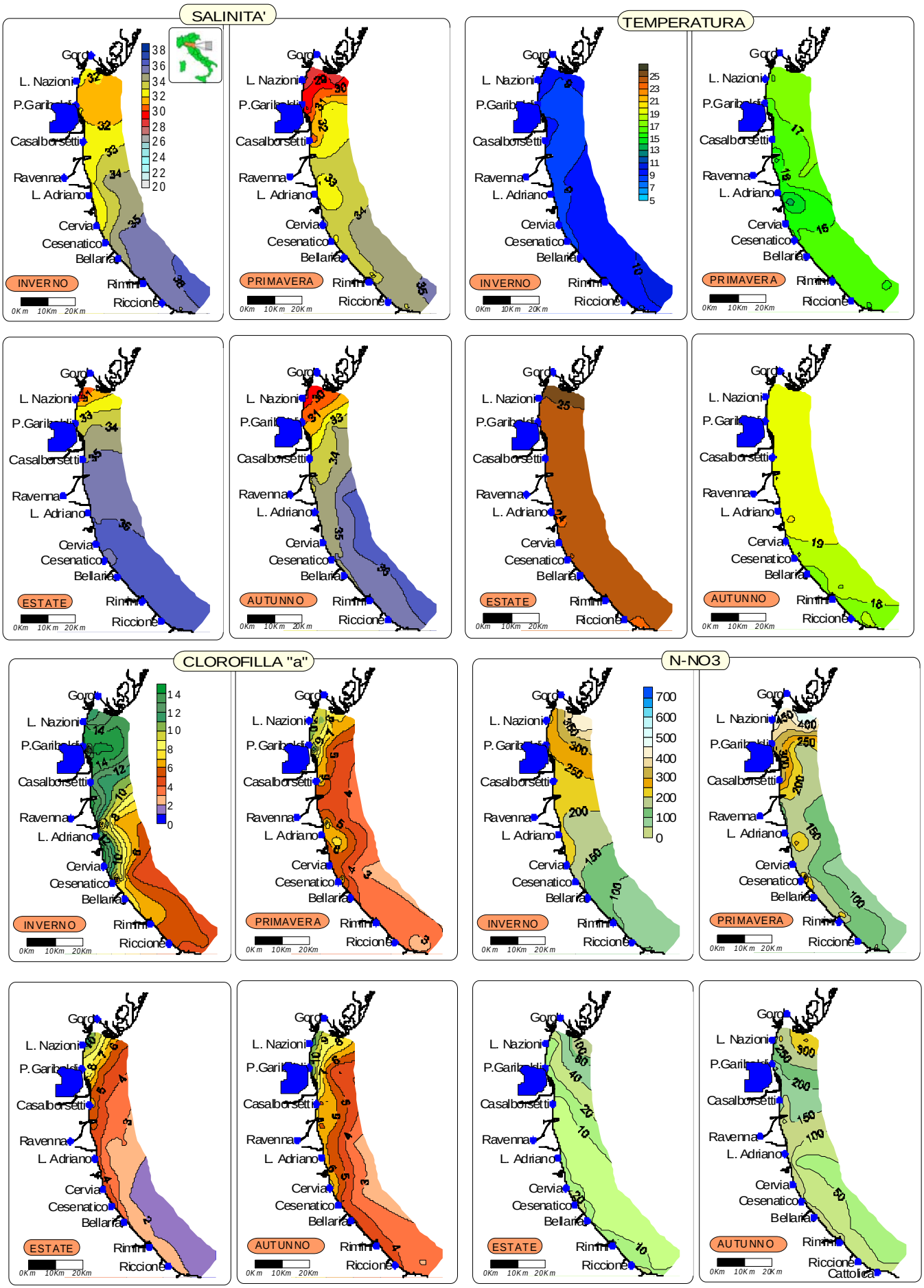


Figura 83 - Mappe di distribuzione di Salinità, Temperatura, Clorofilla "a" e Nitrati lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 Km al largo nel 2007: medie stagionali.

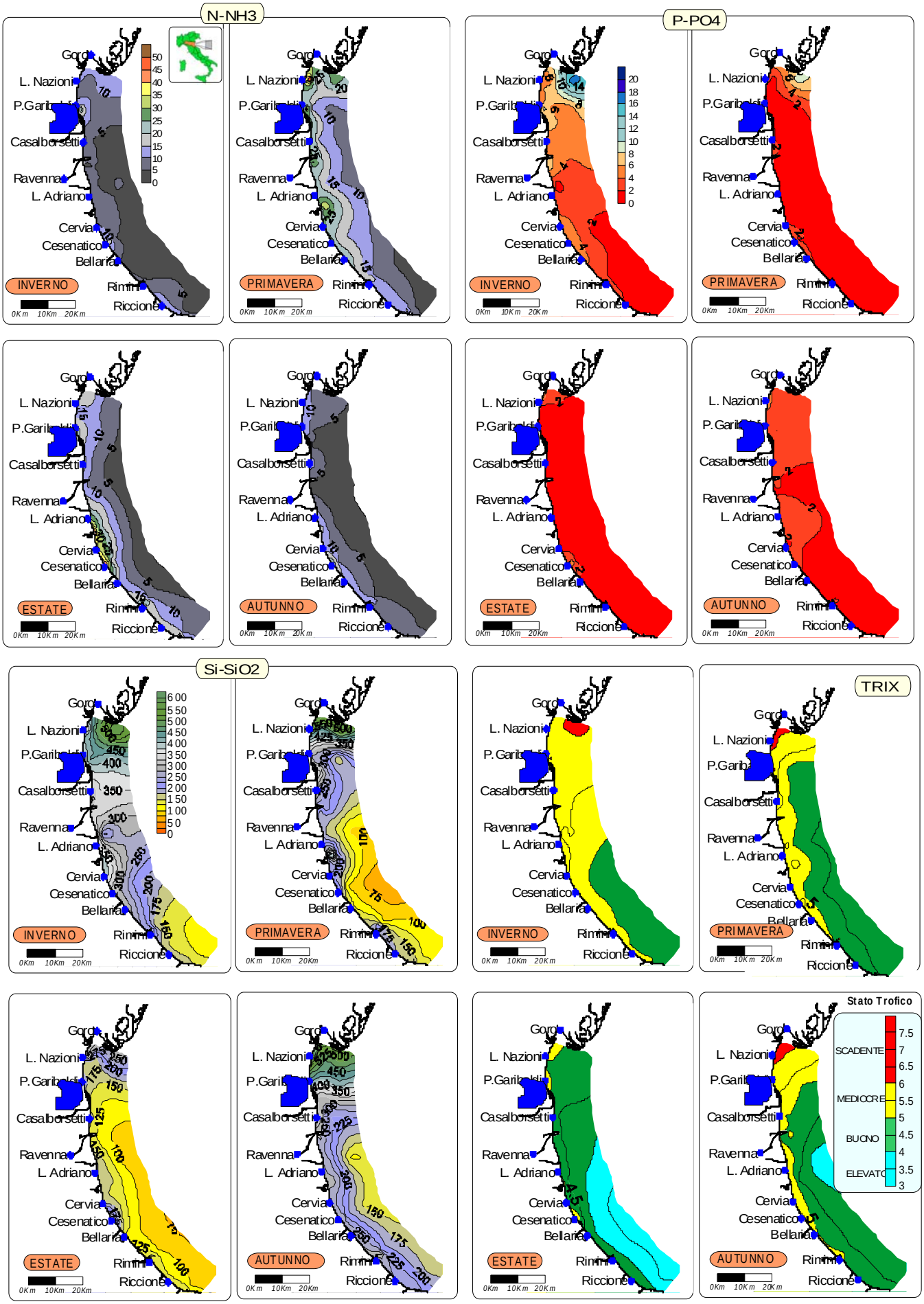


Figura 84 - Mappe di distribuzione di Ammoniaca, Fosfati, Silicati e Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 Km al largo nel 2007: medie stagionali.

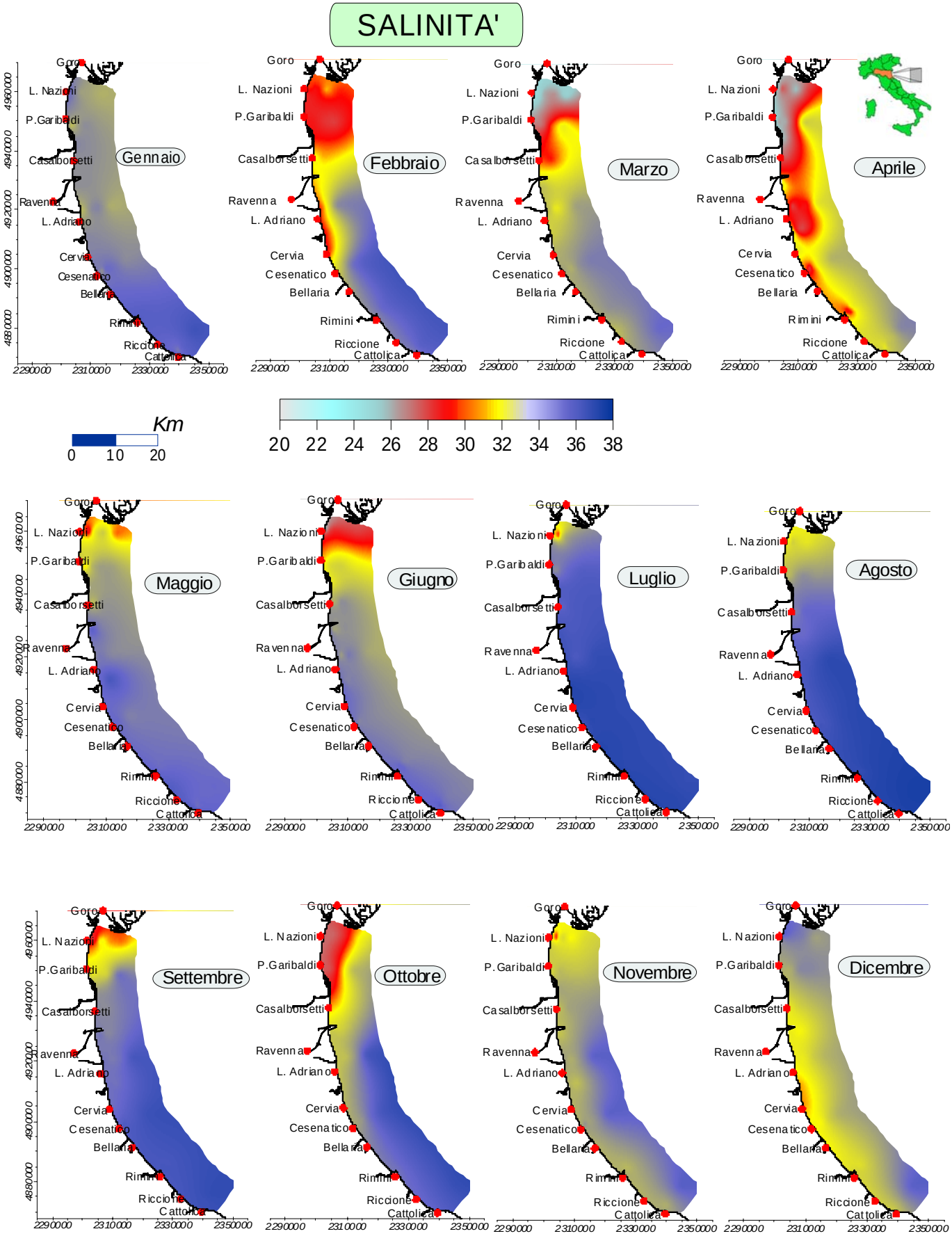


Figura 85 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, della Salinità nelle acque superficiali espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.

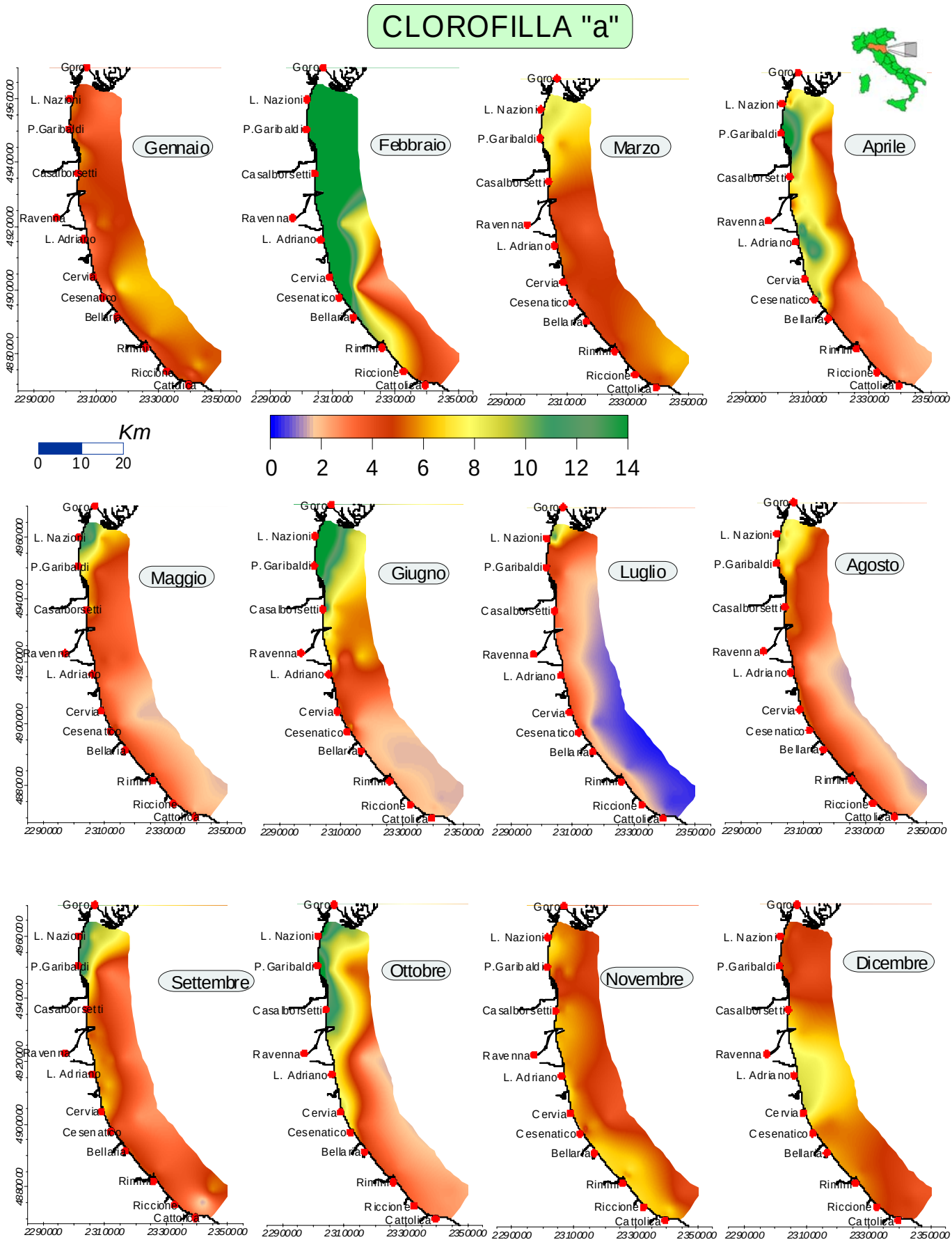


Figura 86 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, della Clorofilla "a" nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.

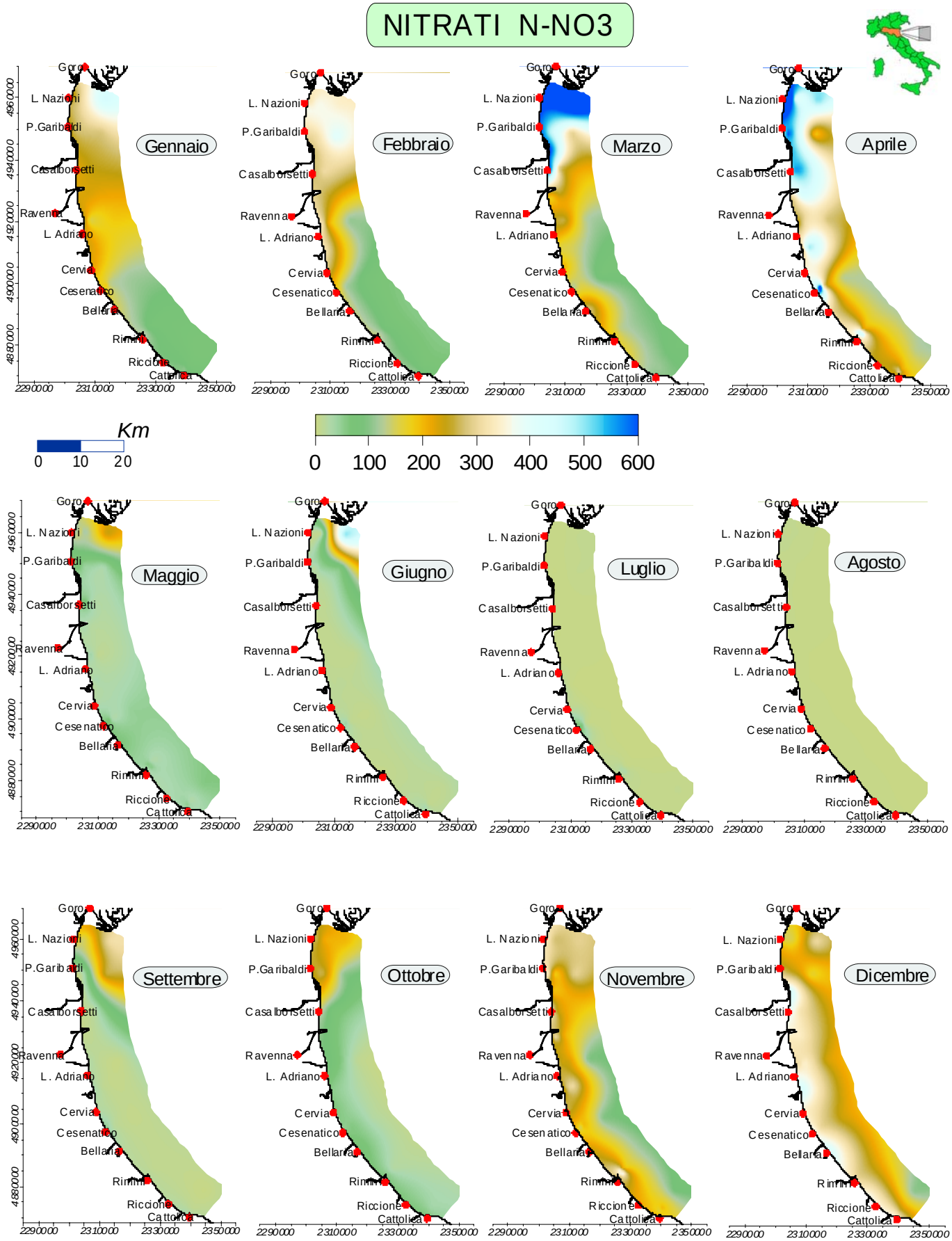


Figura 87 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, dei Nitrati N-NO3 nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.

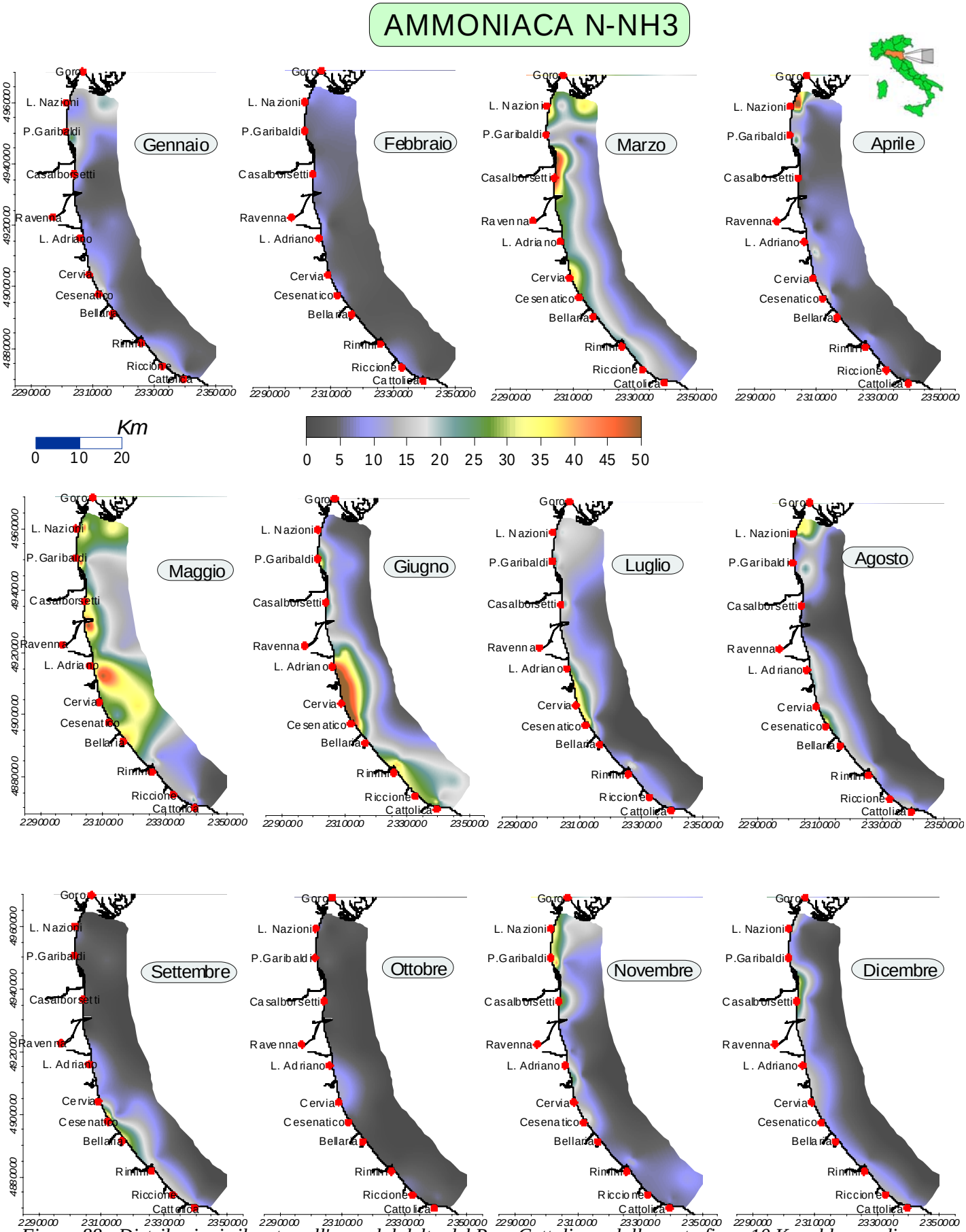


Figura 88 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, di Ammoniaca N-NH3 nelle acque superficiali, espresse come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.

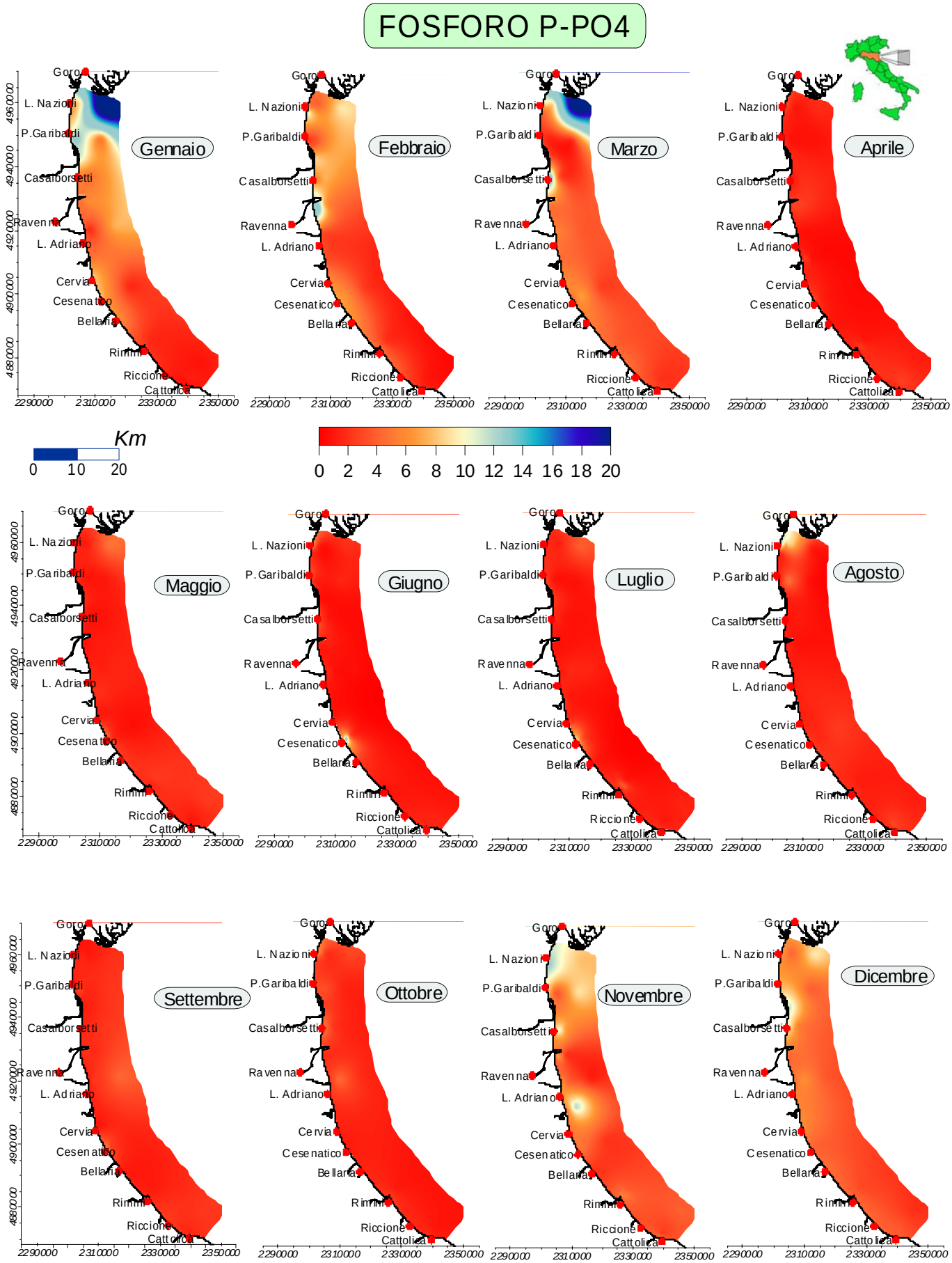


Figura 89 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, di Fosforo P-PO4 nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.

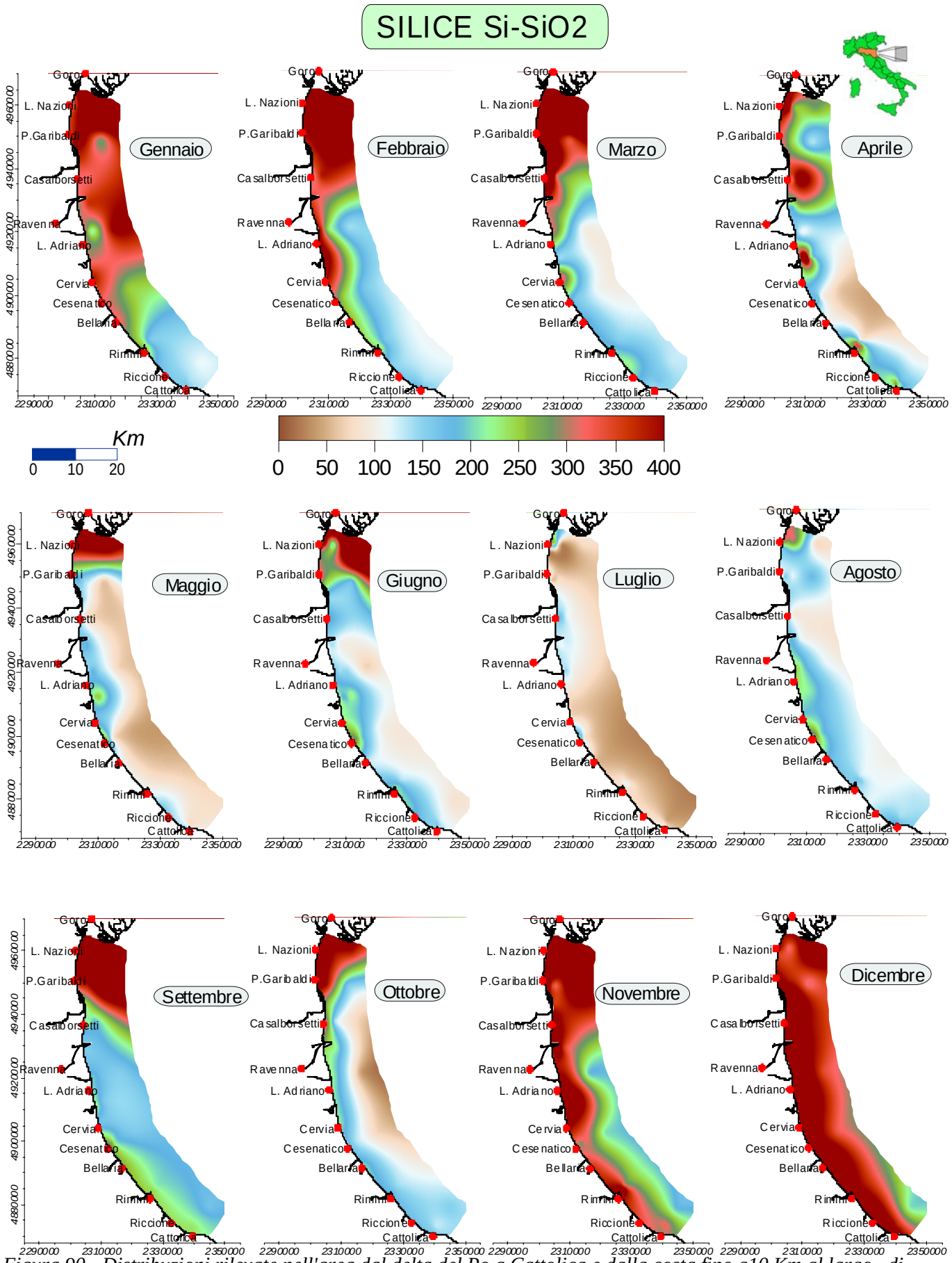
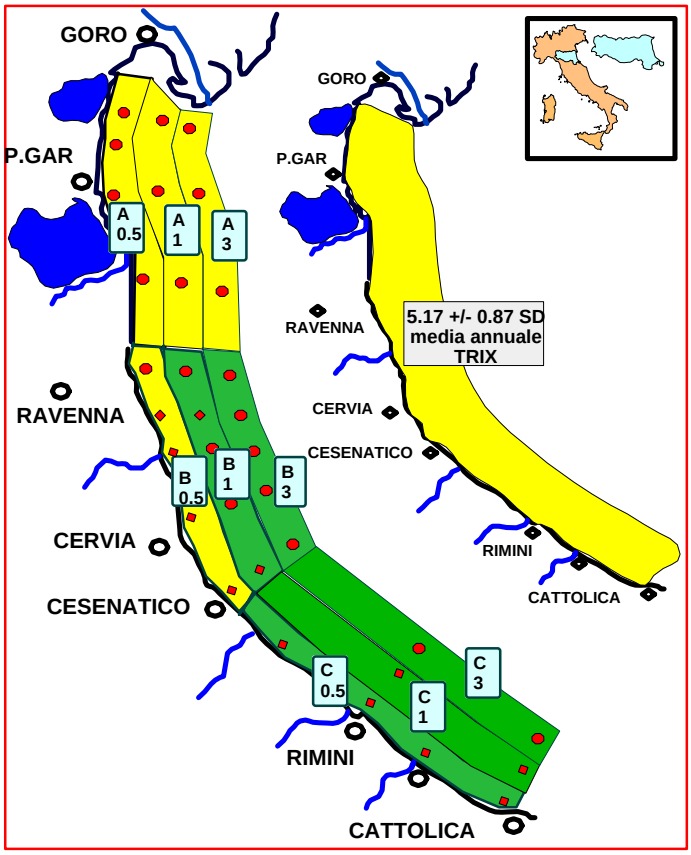


Figura 90 - Distribuzioni rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e dalla costa fino a10 Km al largo, di Silice Si-SiO2 nelle acque superficiali, espressa come media mensile delle singole stazioni della rete di monitoraggio a frequenza settimanale/quindicinale.



AREA	Dist. costa	N. Dati	Media	Dev. St.
A 0.5	0.5 Km	126	5.6	0.9
B 0.5	0.5 Km	127	5.3	0.7
C 0.5	0.5 Km	100	4.9	0.7
A 1	1 Km	34	5.4	0.9
B 1	1 Km	46	5	0.7
C 1	1 Km	23	4.7	0.6
A 3	3 Km	76	5.3	0.9
B 3	3 Km	87	5	0.9
C 3	3 Km	50	4.4	0.9
AREA TOT.	0.5-3 Km	669	5.17	0.87

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

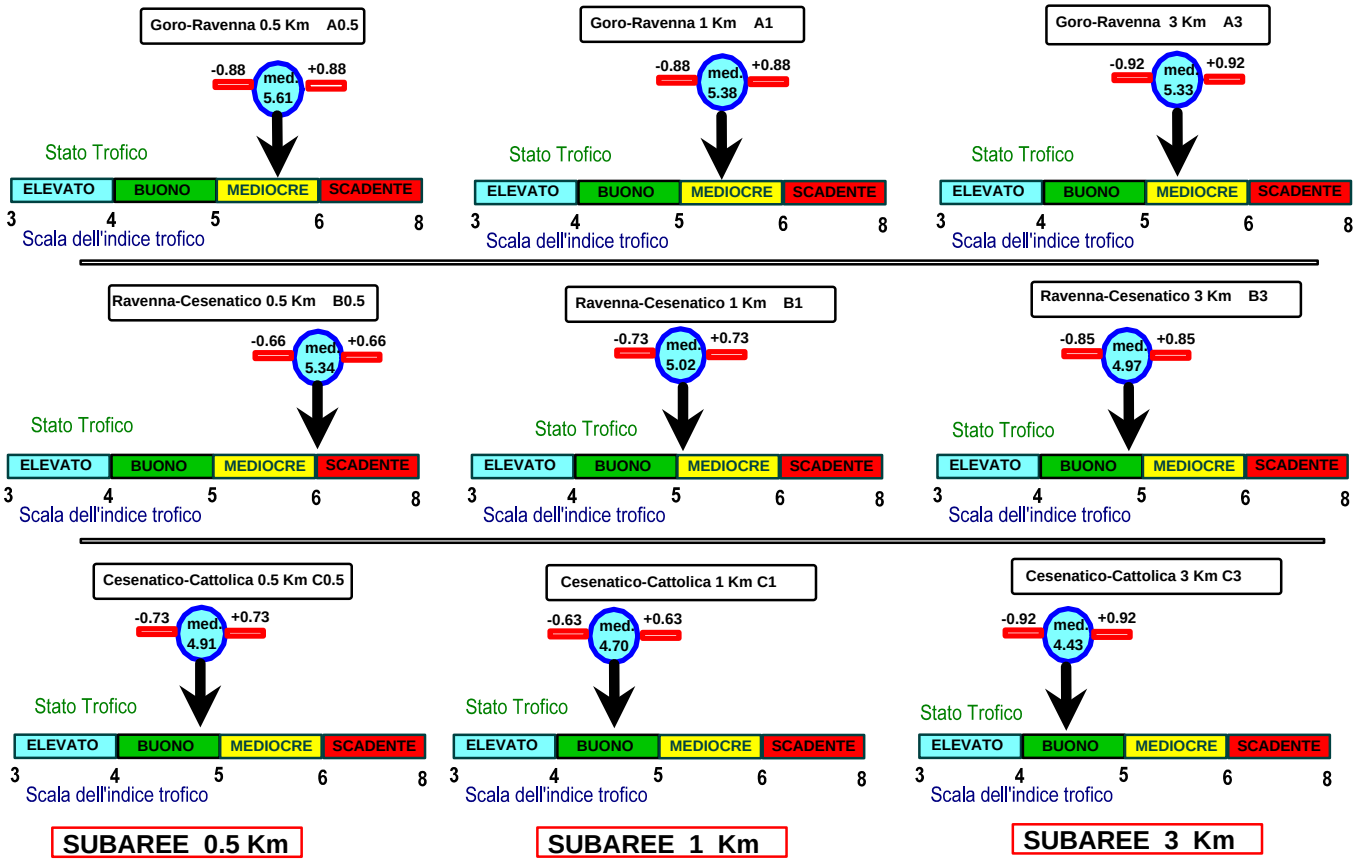


Figura 91 - Classificazione delle acque costiere marine dell'Emilia-Romagna in base all'Indice Trofico TRIX calcolato come media per subarea nel 2007.

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

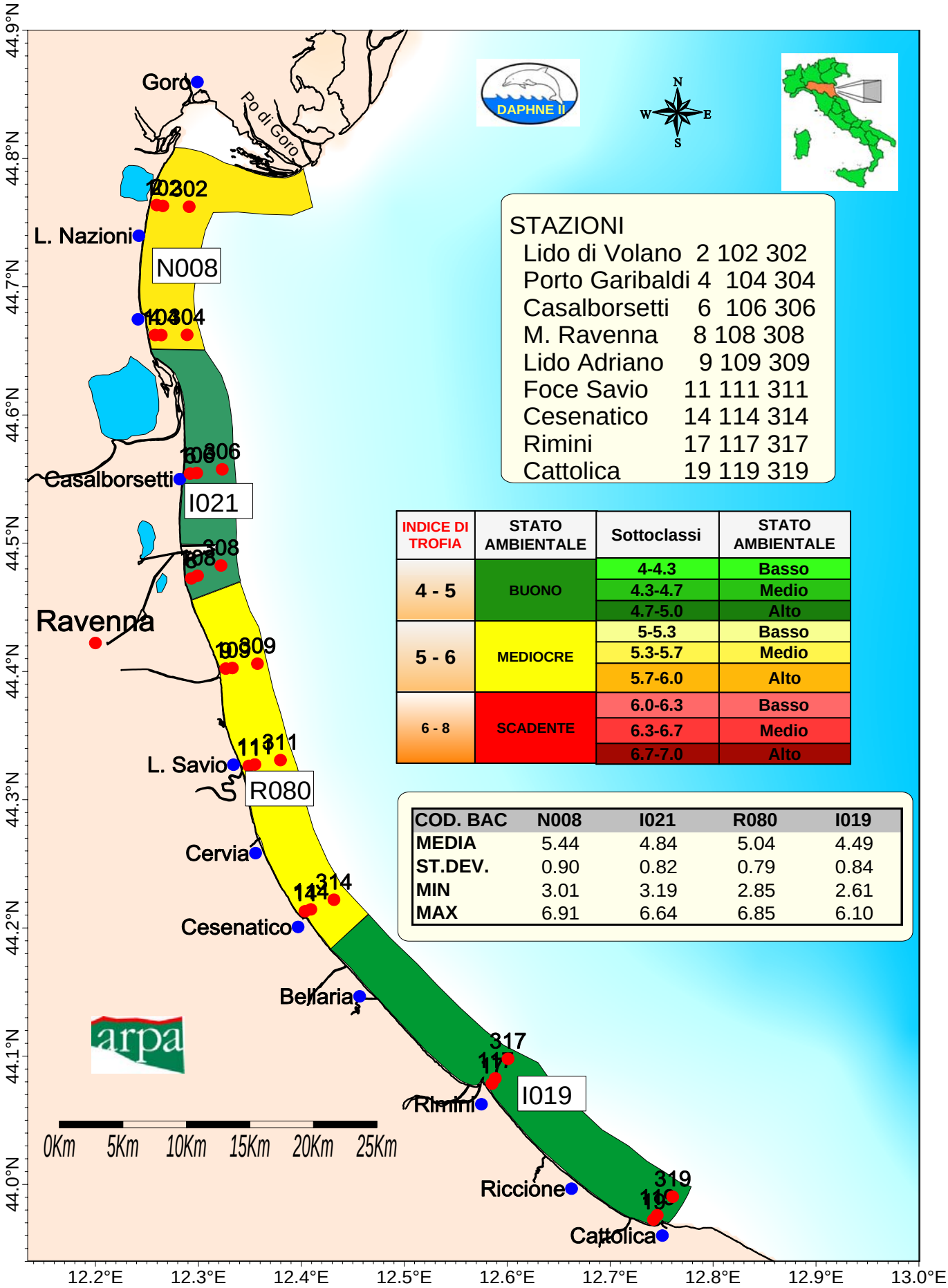
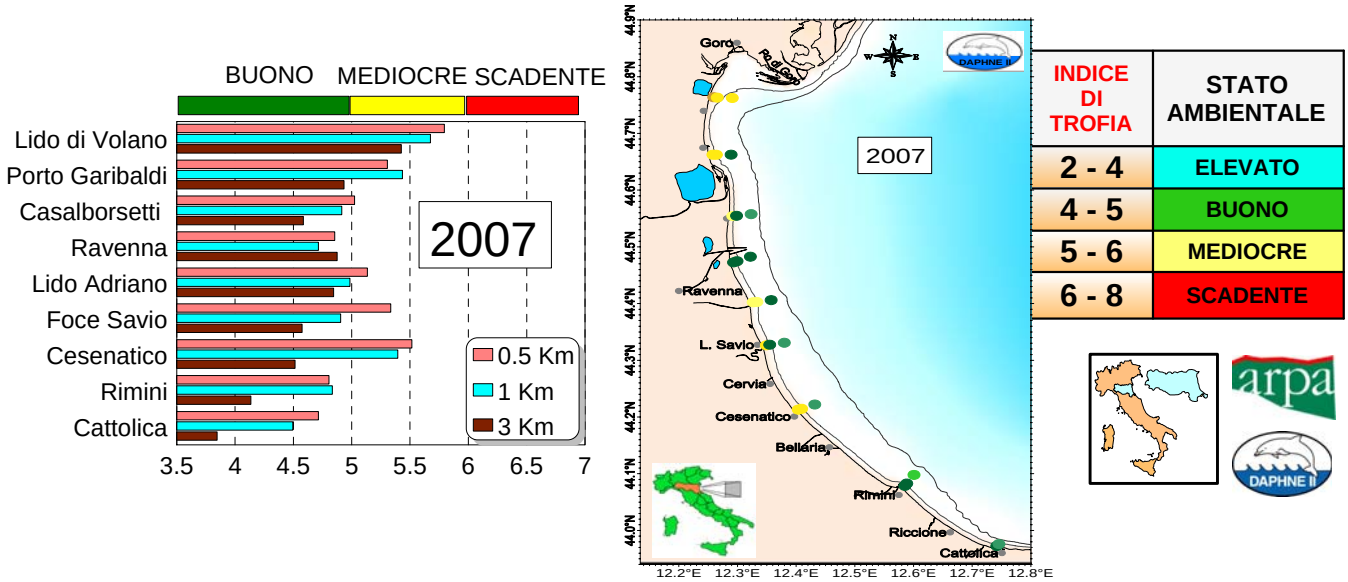
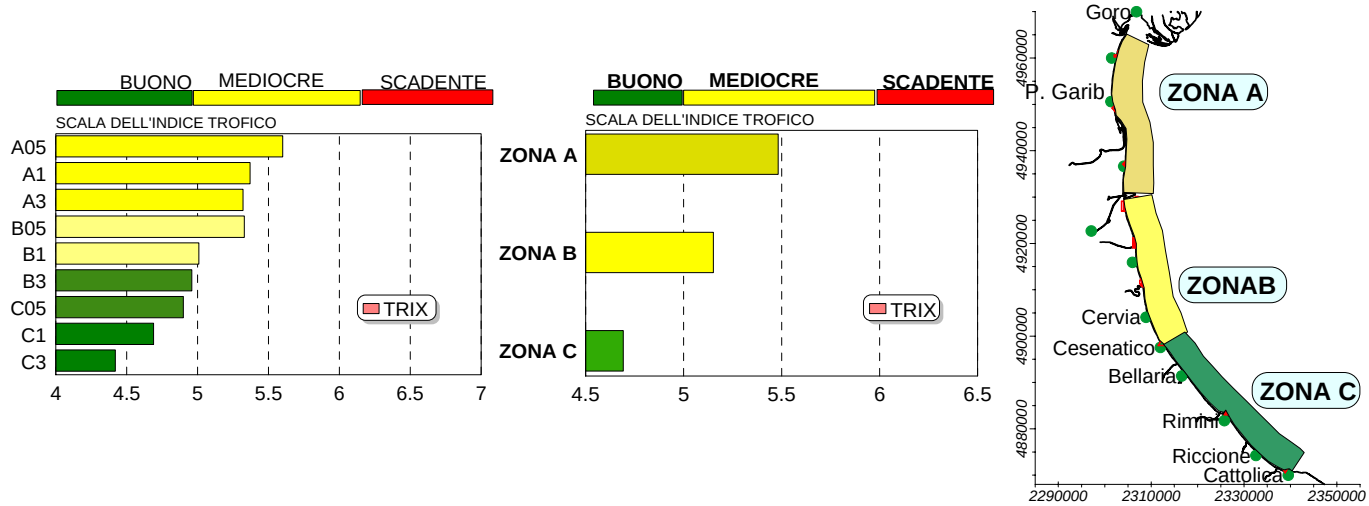


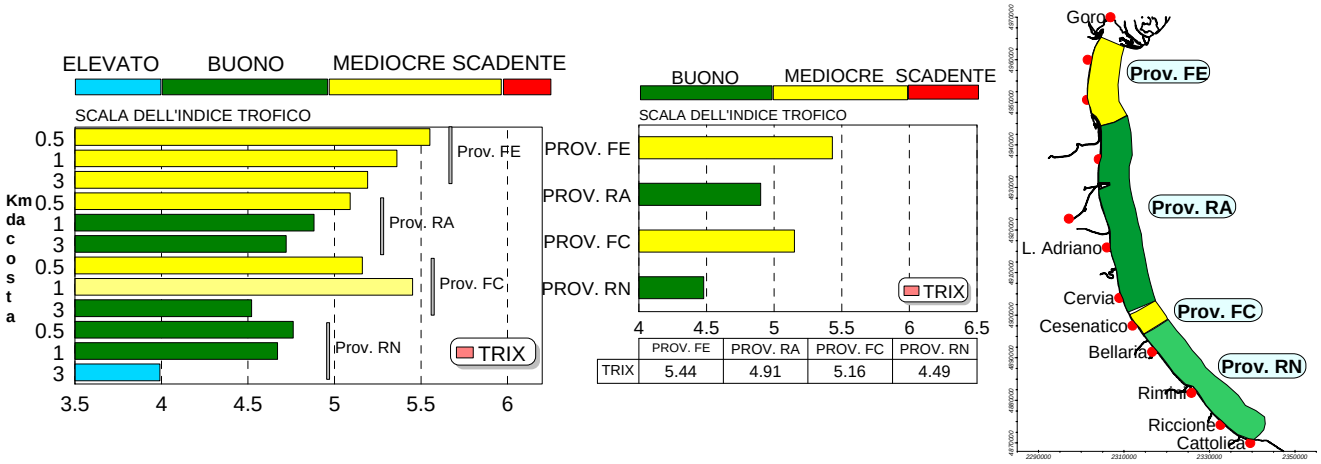
Figura 92 - Classificazione dello stato qualitativo della fascia costiera sulla base dell'Indice Trofico TRIX disaggregata in relazione all'influenza dei bacini costieri e padano.



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



Distribuzione del valore medio annuale dell'Indice Trofico TRIX nelle 3 subaree disaggregato 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, disaggregato 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 orrizzontali 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.

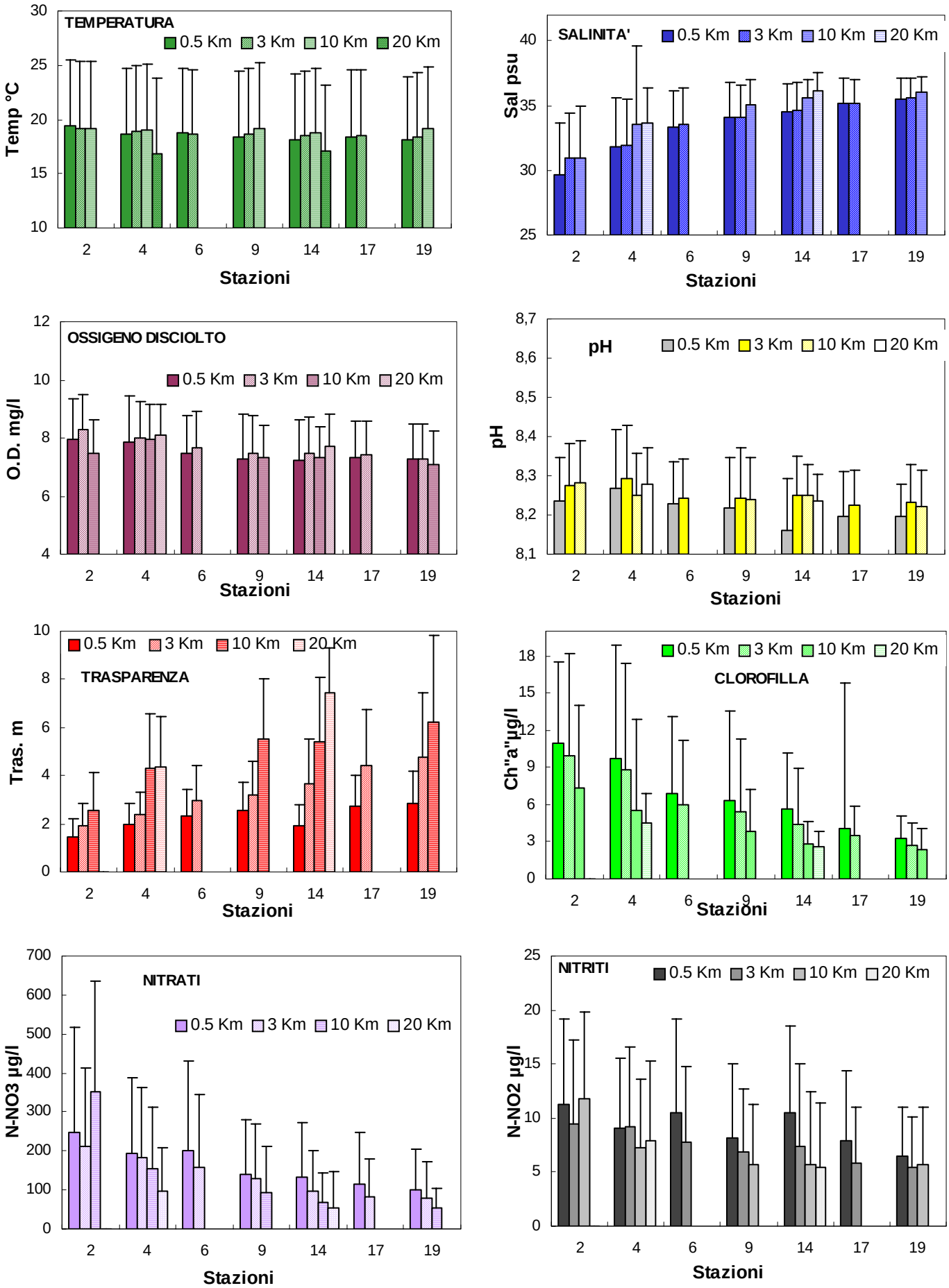


Figura 94 - Valori medi annuali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni campione a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa.

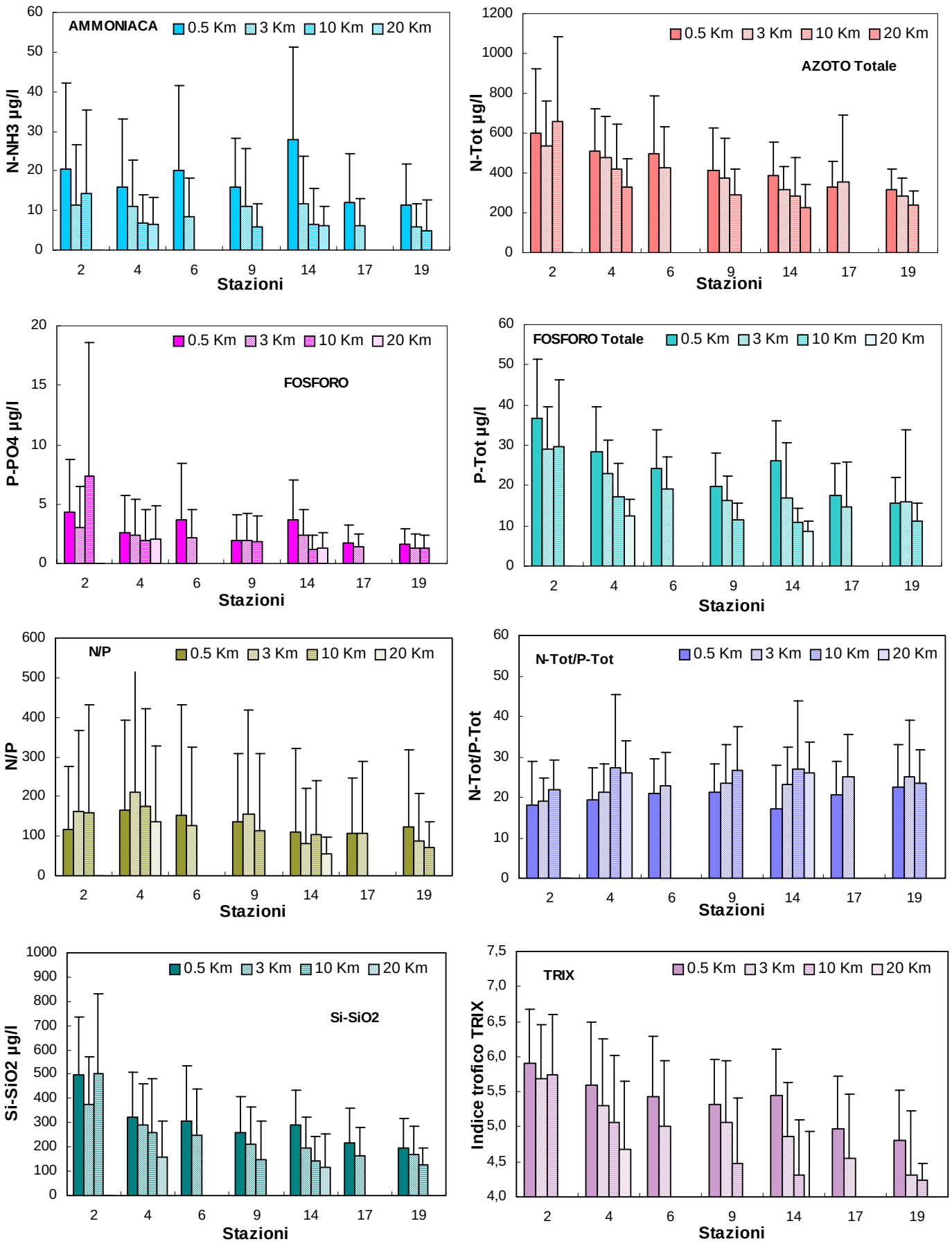


Figura 95 - Valori medi annuali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni campione a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

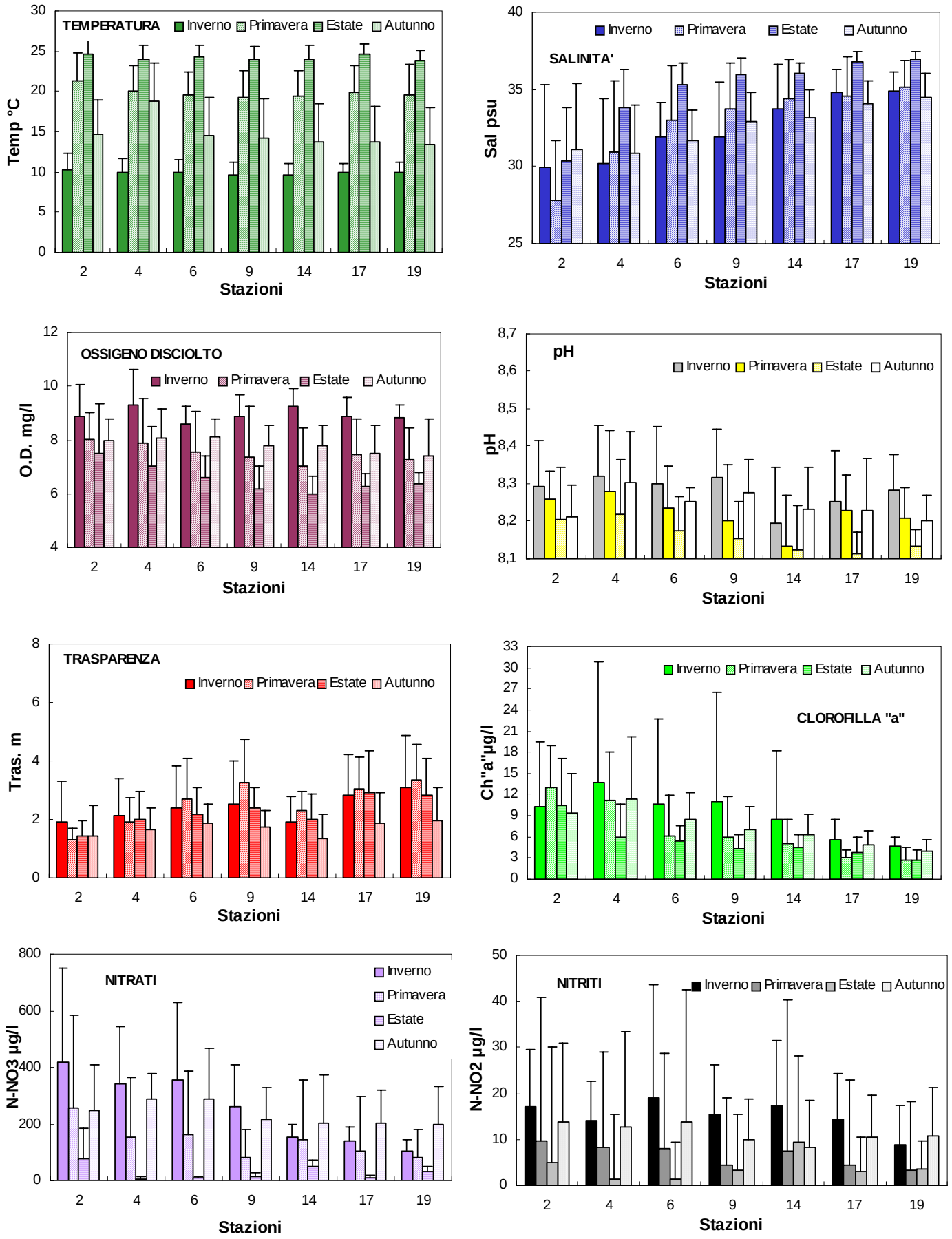


Figura 96 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni costiere campione.

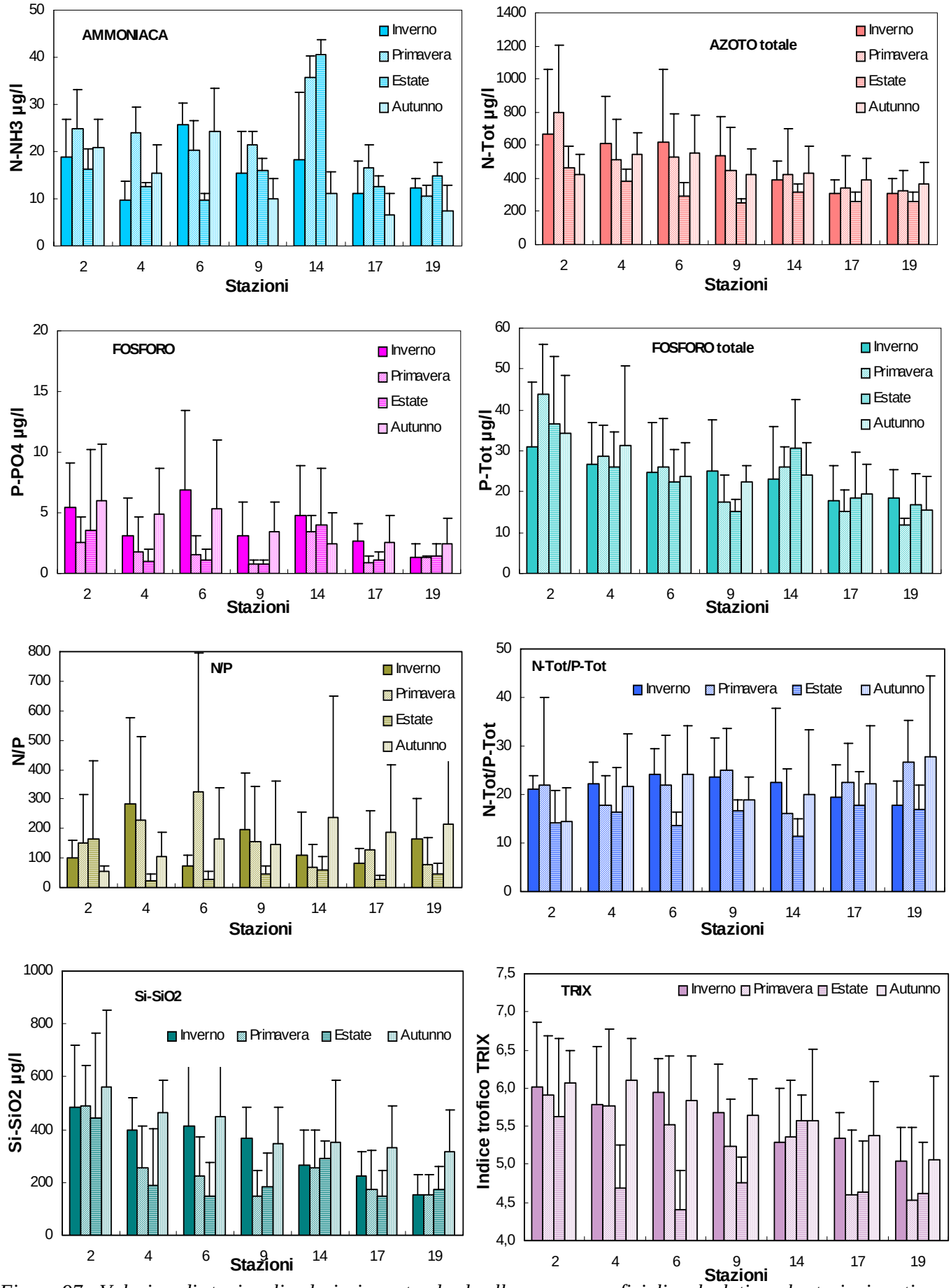


Figura 97 - Valori medi stagionali e deviazione standard nelle acque superficiali, calcolati per le stazioni costiere campione.

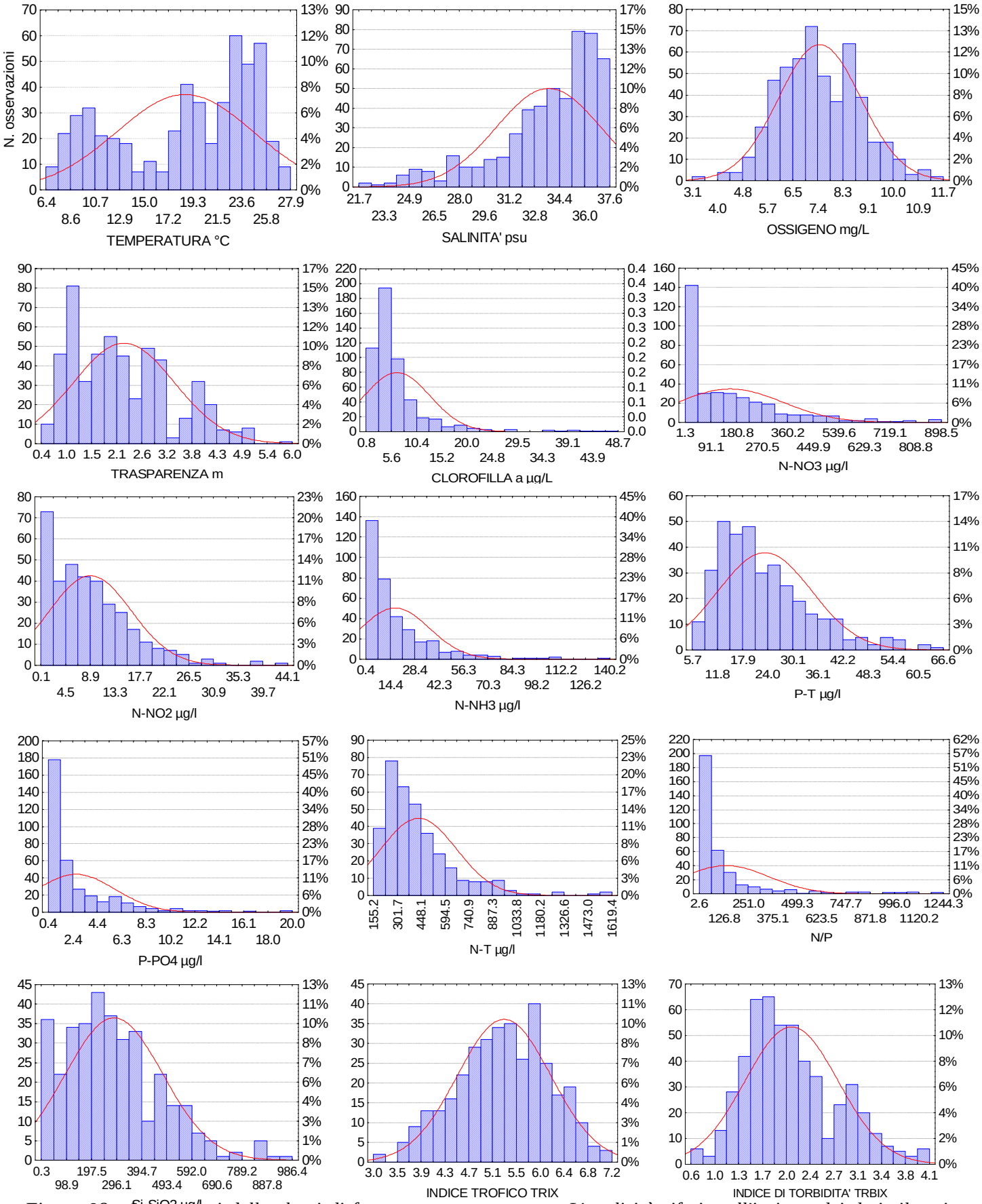


Figura 98 - Istogrammi delle classi di frequenza per parametro. L'analisi è riferita all'insieme dei dati rilevati nelle stazioni campione costiere (0.5 Km dalla costa). Sull'asse x, l'unità di misura suddivisa in classi, sull'asse y sinistro la frequenza in percentuale, sull'asse y destro il numero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

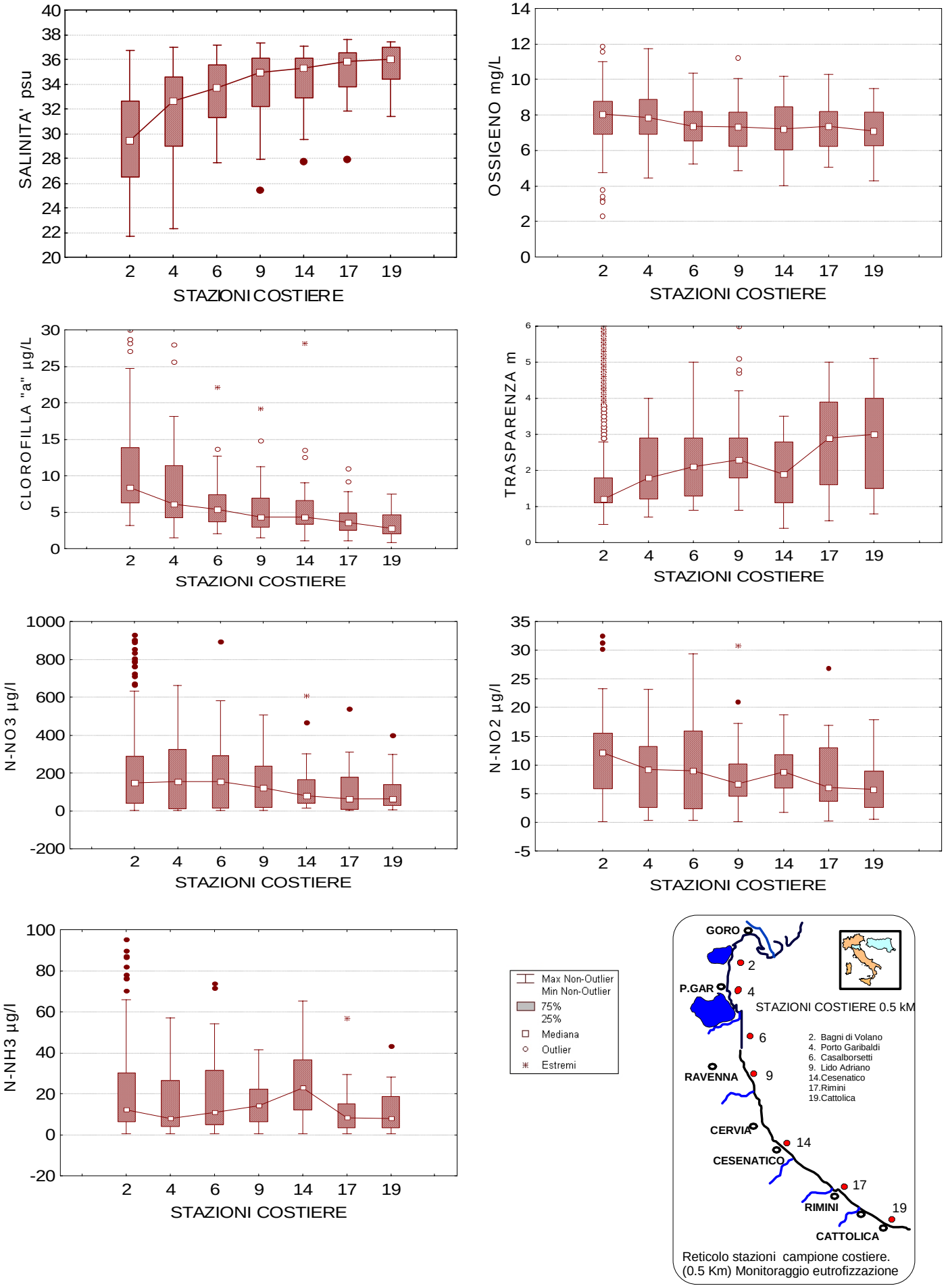


Figura 99 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers. Distribuzione comparata dei parametri chimico-fisici rilevati annualmente a frequenza settimanale nelle singole stazioni costiere (0.5 Km dalla costa)

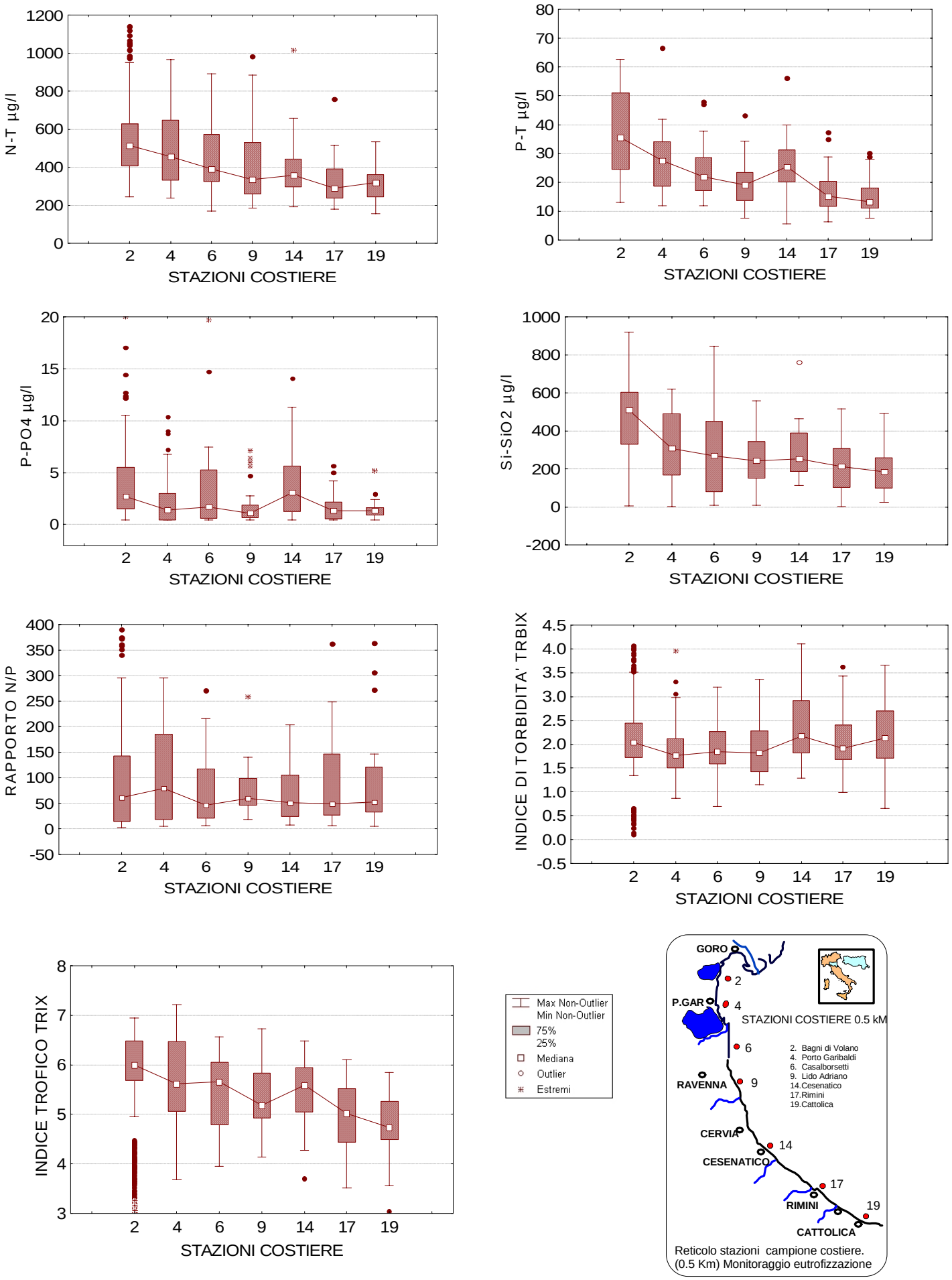


Figura 100 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers. Distribuzione comparata dei parametri chimico-fisici rilevati annualmente a frequenza settimanale nelle singole stazioni costiere (0.5 Km dalla costa)

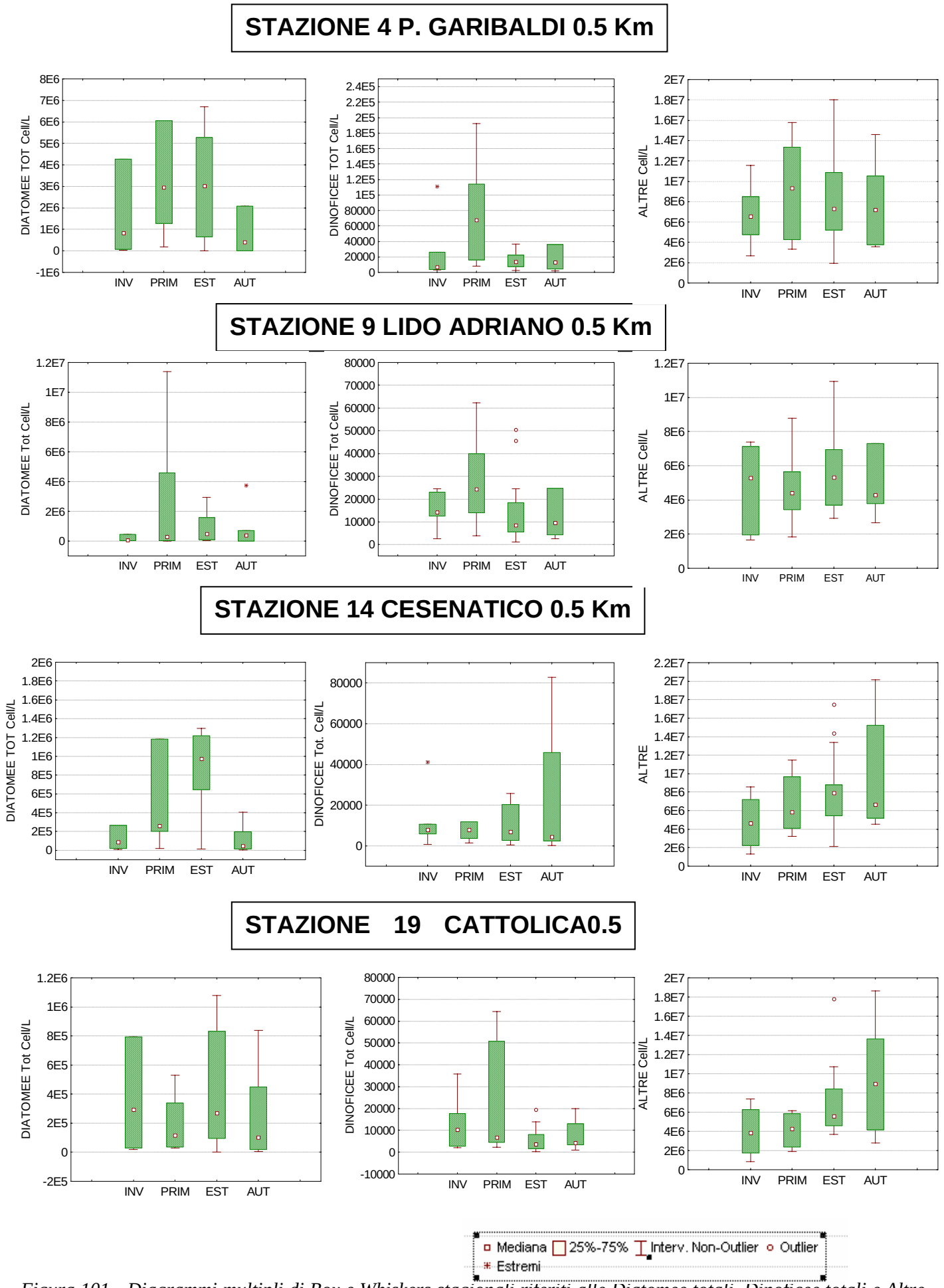


Figura 101 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers stagionali riferiti alle Diatomee totali, Dinoficee totali e Altre nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico e Cattolica.

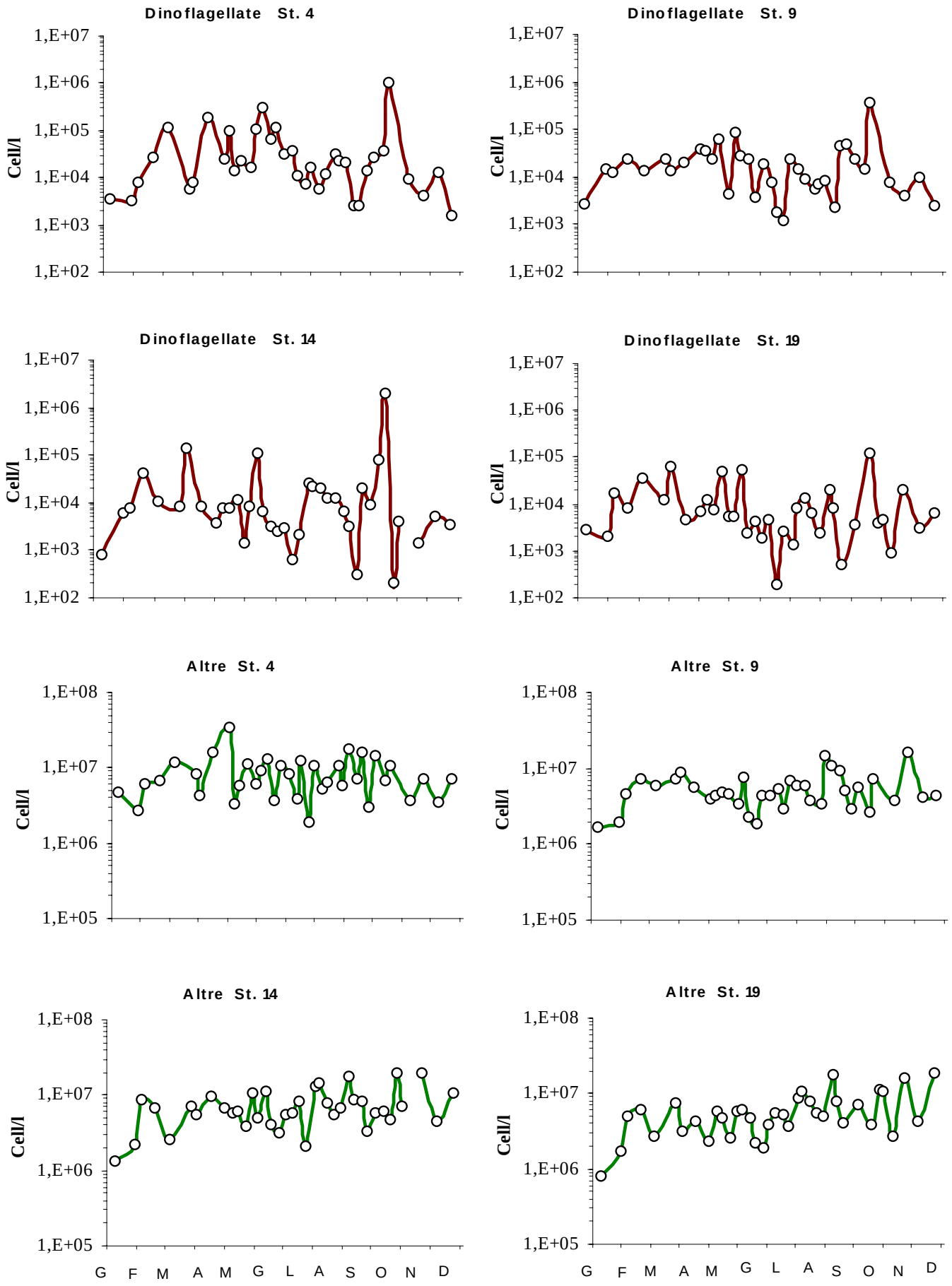


Figura 102 - Andamenti temporali delle Dinoflagellate e delle Altre nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (4), L. Adriano (9), Cesenatico (14), Cattolica (19).

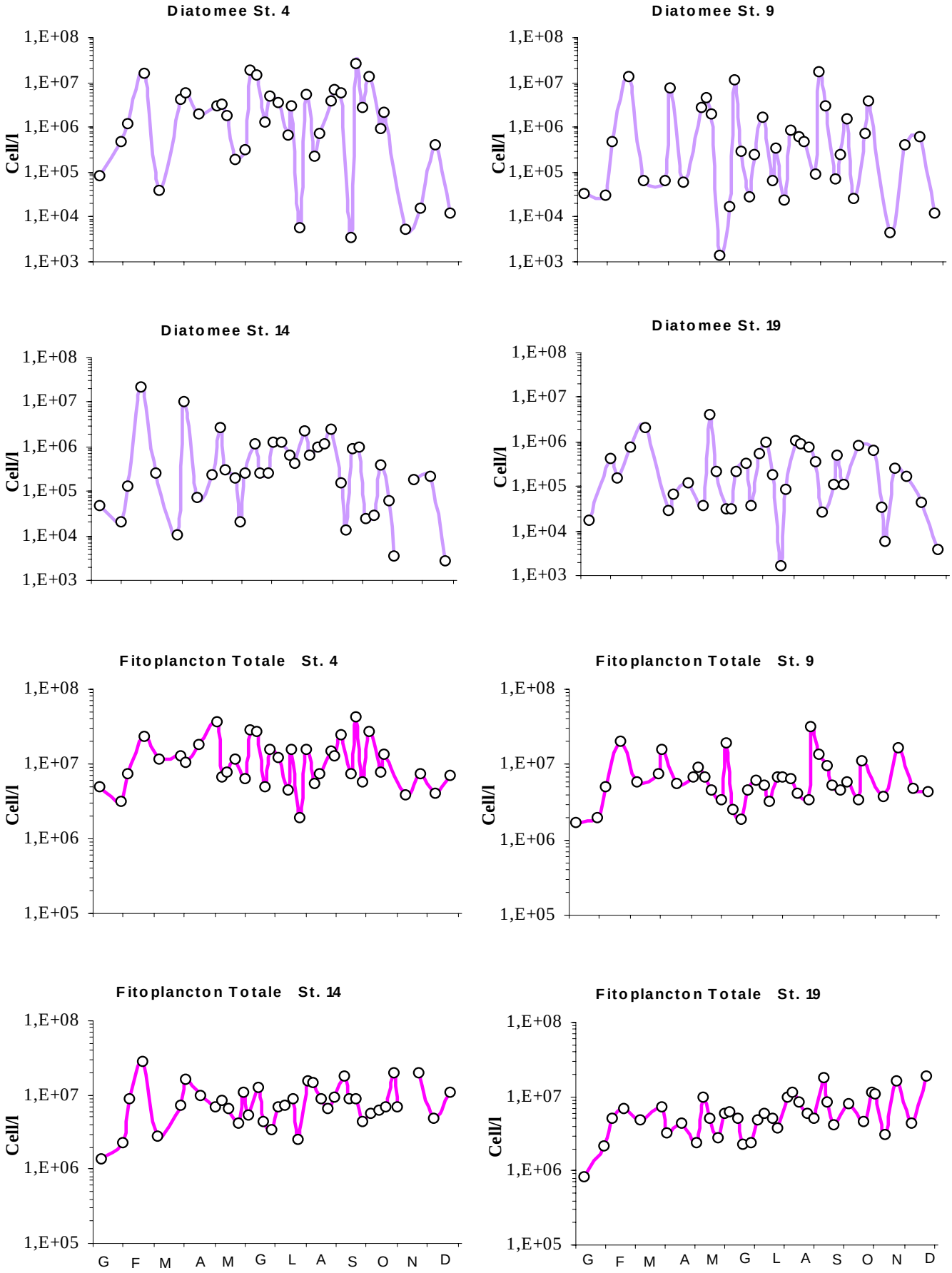


Figura 103 - Andamenti temporali delle Diatomee e del Fitoplancton Totale nelle stazioni costiere (0.5 Km) di Porto Garibaldi (4), L. Adriano (9), Cesenatico (14), Cattolica (19)

ZONA "A" (Goro - Ravenna 0.5 Km)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Skeletonema costatum				■	■		■					
Chaetoceros spp.		■	■	■		■	■					
Pseudonitzschia spp.					■			■		■ ■		
Cylindrotheca closterium								■	■			
Leptocylindrus spp.								■				
Protoperidinium bipes				■								
Prorocentrum micans						■						
Prorocentrum minimum										■		
Gonyaulax spinifera									■	■		

ZONA "B" (Ravenna - Cesenatico 0.5 Km)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Skeletonema costatum			■	■				■				
Chaetoceros spp.		■			■	■	■		■			
Pseudonitzschia spp.										■		
Prorocentrum minimum										■		
Protoperidinium bipes				■								

ZONA "C" (Cesenatico - Cattolica 0.5 Km)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Skeletonema costatum				■								
Chaetoceros spp.		■	■		■		■					
Pseudonitzschia spp.								■		■		
Dactyliosolen fragilissimus			■									
Prorocentrum minimum										■		
Protoperidinium bipes				■								

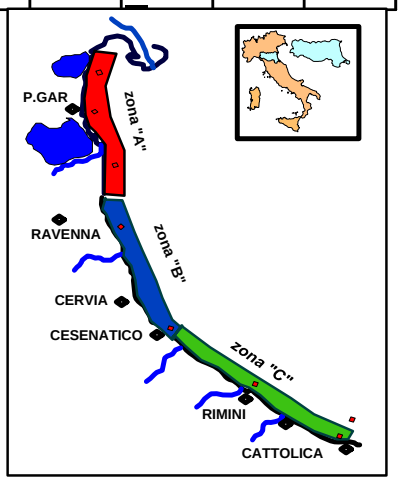


Figura 104 - Successione delle principali specie/generi responsabili delle fioriture/abbondanze microalgali nelle 3 subaree a 0.5 Km dalla costa.(Diatomee >= 1.000.000, Dinoflagellate >= 150.000 Cell/L).

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

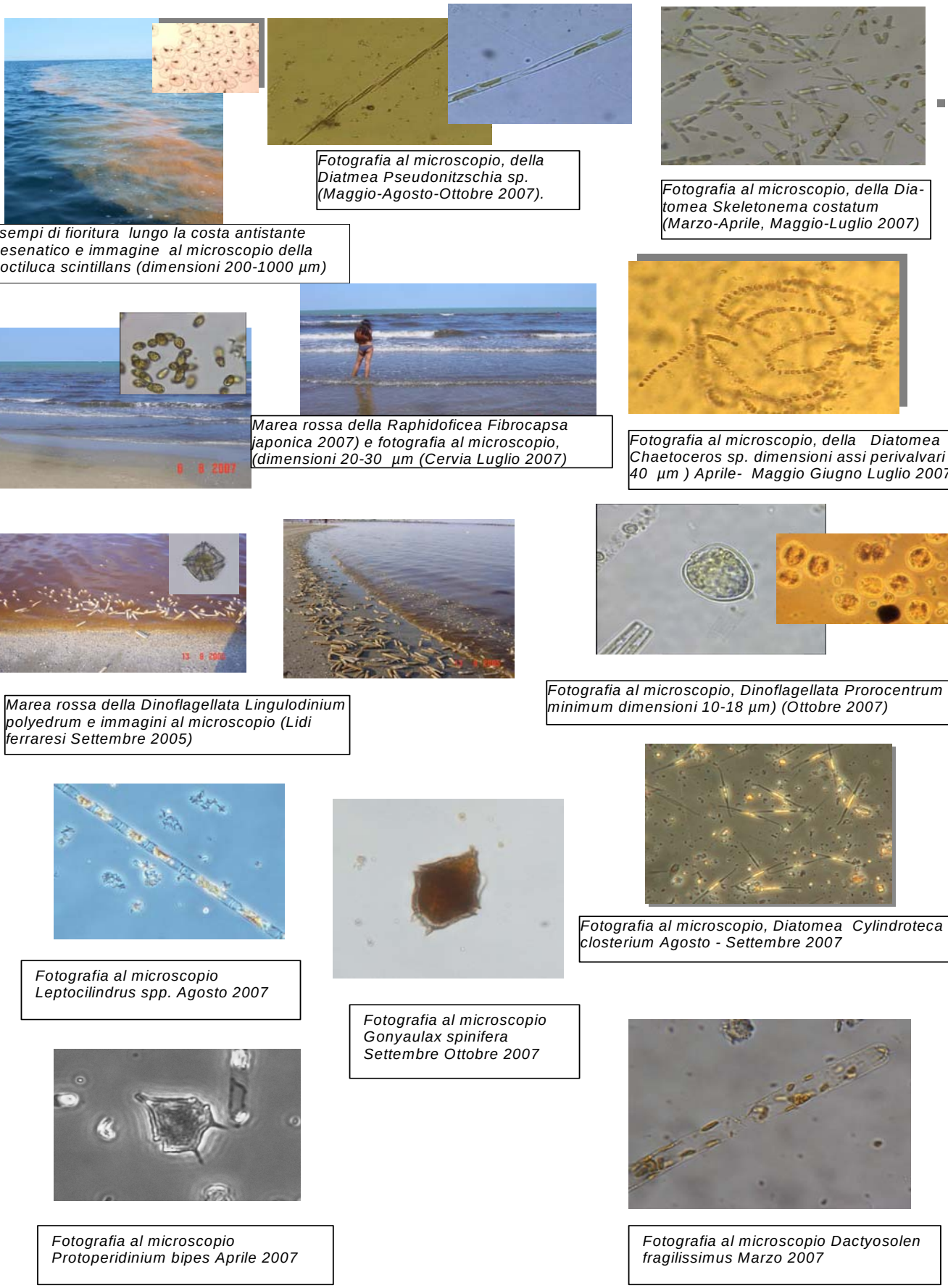


Figura 106 - Microalghe responsabili delle principali fioriture/abbondanze lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna durante il 2007. Sono riportateanche immagini di Red Tide del 2005.

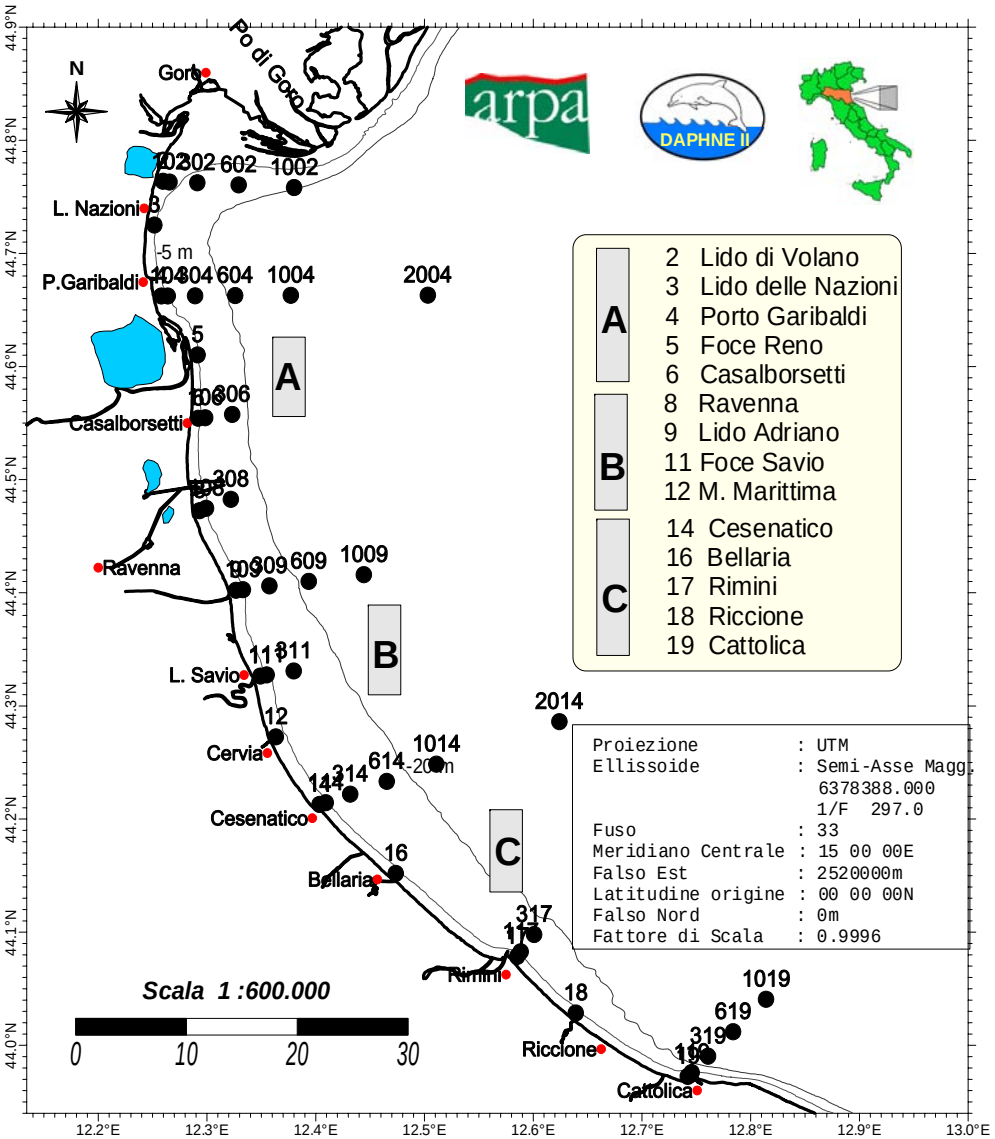


Figura 107 - Cartografia georeferenziata della distribuzione della rete delle stazioni per il monitoraggio sull'eutrofizzazione effettuato a frequenza settimanale L.R 3/2000 e rete delle stazioni di controllo dello stato ambientale delle acque marino costiere (D.Lgs 152/99 e D. Lgs 258/00).

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

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

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 Lido di Volano 0.5 Km dalla costa
Statistica descrittiva 2007

	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	8.25	17.48	29.63	8.23	1.52	10.84	247.93	11.25	20.33	599.55	36.73	4.30	494.77	117.94	18.11	5.91	2.17
Errore standard	0.02	1.27	0.80	0.27	0.17	1.32	54.10	1.58	4.40	64.45	2.91	0.89	48.36	31.30	2.15	0.15	0.14
Mediana	8.24	19.20	28.74	8.31	1.20	8.70	147.04	12.18	12.23	515.19	35.47	2.73	510.60	60.47	17.10	5.99	1.96
Moda					1.10		1.40		0.42			0.44					
Deviazione standard	0.10	6.34	4.02	1.33	0.84	6.62	270.51	7.92	21.99	322.27	14.53	4.43	241.78	156.50	10.76	0.76	0.68
Varianza campionaria	0.01	40.21	16.12	1.76	0.71	43.80	73174.15	62.69	483.38	103859.21	211.11	19.59	58457.38	24493.39	115.68	0.58	0.47
Curtosi	0.37	-1.58	-0.74	-0.47	3.11	0.89	0.30	0.72	2.58	3.51	-1.25	2.21	-0.38	5.43	6.59	0.83	0.23
Asimmetria	0.53	-0.08	0.13	0.25	1.63	1.13	1.21	0.62	1.66	1.80	0.02	1.65	0.02	2.24	2.21	-0.98	0.99
Intervallo	0.41	19.07	14.99	4.84	3.70	25.50	888.65	32.45	86.55	1376.54	49.62	16.58	914.55	652.60	48.90	3.04	2.50
Minimo	8.08	7.57	21.68	6.16	0.50	3.20	1.40	0.11	0.42	242.89	13.04	0.44	3.77	2.64	8.38	3.90	1.36
Massimo	8.49	26.64	36.67	11.00	4.20	28.70	890.05	32.56	86.97	1619.43	62.66	17.02	918.32	655.23	57.28	6.94	3.86
Conteggio	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.04	2.62	1.66	0.55	0.35	2.73	111.66	3.27	9.08	133.03	6.00	1.83	99.80	64.60	4.44	0.31	0.28

Stazione cod. 4 Porto Garibaldi 0.5 Km dalla costa
Statistica descrittiva 2007

	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.30	17.07	31.10	8.22	2.03	11.10	192.97	9.03	16.05	511.44	28.27	2.63	322.28	166.57	19.36	5.60	1.81
Errore standard	0.03	1.22	0.75	0.30	0.19	2.01	38.41	1.28	3.36	41.04	2.25	0.60	36.07	44.10	1.53	0.18	0.11
Mediana	8.28	19.09	32.57	8.31	1.75	7.25	153.93	9.19	7.85	456.52	27.62	1.38	307.50	79.55	17.59	5.62	1.72
Moda	8.26			7.10	1.00	15.20	1.40		0.42			0.44					
Deviazione standard	0.14	6.24	3.81	1.53	0.95	10.25	195.83	6.51	17.16	209.28	11.46	3.05	183.94	224.86	7.80	0.89	0.54
Varianza campionaria	0.02	38.96	14.48	2.34	0.90	105.09	38349.20	42.41	294.38	43797.13	131.22	9.28	33835.66	50561.07	60.78	0.80	0.30
Curtosi	0.31	-1.59	-0.56	0.86	-0.69	6.55	-0.32	-0.75	0.48	-0.28	3.77	1.00	-1.10	3.62	0.62	-0.34	1.52
Asimmetria	0.06	-0.15	-0.60	-0.23	0.67	2.32	0.80	0.31	1.24	0.80	1.38	1.52	-0.10	2.03	1.03	-0.32	1.04
Intervallo	0.60	17.94	13.72	7.28	3.20	47.20	659.71	22.86	56.59	728.67	54.59	9.90	618.73	828.89	29.90	3.53	2.44
Minimo	7.97	7.74	22.35	4.44	0.80	1.50	1.40	0.28	0.42	237.93	11.98	0.44	0.28	5.27	10.22	3.68	0.86
Massimo	8.57	25.68	36.07	11.72	4.00	48.70	661.11	23.14	57.01	966.60	66.57	10.34	619.01	834.17	40.11	7.21	3.30
Conteggio	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	2.52	1.54	0.62	0.38	4.14	79.10	2.63	6.93	84.53	4.63	1.23	74.30	90.82	3.15	0.36	0.22

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

Stazione cod. 6 Casalborsetti 0.5 Km dalla costa
Statistica descrittiva 2007

	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	8.25	16.81	32.77	7.84	2.34	7.70	200.99	10.47	20.04	498.47	24.30	3.67	305.29	153.01	21.01	5.43	1.86
Errore standard	0.02	1.22	0.53	0.25	0.22	1.42	46.04	1.73	4.28	58.32	1.94	0.95	46.14	55.36	1.72	0.17	0.11
Mediana	8.24	17.81	33.12	7.82	2.10	5.70	154.02	8.95	10.95	389.10	22.00	1.72	269.50	46.58	19.44	5.65	1.79
Moda	8.35				2.90	6.00	1.40					0.44					
Deviazione standard	0.11	6.11	2.66	1.26	1.11	7.11	230.20	8.67	21.42	291.61	9.68	4.73	230.70	276.79	8.62	0.87	0.56
Varianza campionaria	0.01	37.38	7.08	1.59	1.23	50.54	52991.77	75.16	458.89	85037.27	93.78	22.41	53220.36	76612.01	74.35	0.75	0.31
Curtosi	2.10	-1.55	-0.74	0.02	0.45	9.59	1.95	-0.75	1.11	4.88	0.88	5.38	-0.12	8.89	-1.28	-1.01	0.62
Asimmetria	0.87	-0.03	-0.30	0.25	0.90	2.92	1.40	0.50	1.37	1.95	1.11	2.26	0.71	2.93	0.34	-0.46	0.39
Intervallo	0.53	18.08	9.10	5.14	4.00	33.20	891.50	29.03	73.27	1335.35	35.98	19.28	835.07	1194.00	26.91	2.61	2.51
Minimo	8.05	7.97	27.79	5.23	1.00	2.00	1.40	0.31	0.42	169.57	11.89	0.44	9.25	5.83	9.82	3.95	0.69
Massimo	8.58	26.05	36.89	10.37	5.00	35.20	892.90	29.33	73.69	1504.92	47.87	19.72	844.32	1199.82	36.73	6.56	3.20
Conteggio	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	2.52	1.10	0.52	0.46	2.93	95.02	3.58	8.84	120.37	4.00	1.95	95.23	114.25	3.56	0.36	0.23

Stazione cod. 8 Marina di Ravenna 0.5 Km dalla costa
Statistica descrittiva 2007

	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	8.20	16.87	33.94	7.65	2.22	7.01	127.40	7.29	11.56	390.12	20.52	2.62	240.51	104.95	20.03	5.20	2.08
Errore standard	0.02	1.27	0.50	0.29	0.23	1.62	26.18	1.39	2.99	30.54	1.53	0.84	28.36	34.59	1.49	0.16	0.15
Mediana	8.23	17.90	34.43	7.52	1.85	4.80	76.13	5.99	7.22	370.79	17.78	1.27	266.30	57.36	19.62	5.29	2.15
Moda					1.80	4.50			0.42			0.44					
Deviazione standard	0.12	6.24	2.45	1.41	1.13	7.94	128.23	6.80	14.67	149.59	7.51	4.13	138.96	169.44	7.29	0.80	0.73
Varianza campionaria	0.01	38.95	6.00	2.00	1.27	63.01	16443.58	46.19	215.24	22378.47	56.38	17.05	19308.70	28710.56	53.18	0.63	0.53
Curtosi	1.83	-1.51	0.16	0.92	-1.22	15.69	-1.39	1.24	4.91	-0.81	0.06	14.38	-0.60	13.61	1.09	0.16	0.79
Asimmetria	0.78	-0.07	-0.74	0.84	0.38	3.77	0.46	1.23	2.11	0.55	0.86	3.55	-0.13	3.49	0.95	0.22	0.44
Intervallo	0.56	19.11	9.82	5.84	3.60	38.60	356.64	26.11	60.73	525.70	29.17	19.56	501.53	797.55	29.12	3.46	3.28
Minimo	7.99	6.81	27.61	5.66	0.50	2.40	1.40	0.11	0.42	185.34	9.49	0.44	11.50	10.13	8.83	3.64	0.69
Massimo	8.55	25.91	37.43	11.50	4.10	41.00	358.04	26.22	61.15	711.04	38.66	20.00	513.03	807.68	37.95	7.10	3.97
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	2.64	1.03	0.60	0.48	3.35	54.15	2.87	6.19	63.17	3.17	1.74	58.68	71.55	3.08	0.34	0.31

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 2007

	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.24	16.89	33.65	7.62	2.29	7.46	137.76	8.00	16.21	419.94	20.41	2.04	257.48	123.62	20.48	5.34	1.96
Errore standard	0.03	1.26	0.60	0.32	0.20	1.77	29.34	1.42	2.57	43.55	1.59	0.44	31.11	33.19	1.31	0.13	0.11
Mediana	8.24	17.19	34.36	7.65	2.15	4.40	84.15	6.73	14.35	356.80	19.26	1.10	231.37	59.49	19.84	5.21	2.04
Moda				7.67	0.90	3.00			0.42			0.44					
Deviazione standard	0.14	6.18	2.96	1.57	0.99	8.66	143.73	6.95	12.57	213.37	7.80	2.15	152.42	162.61	6.44	0.64	0.54
Varianza campionaria	0.02	38.14	8.76	2.46	0.98	75.05	20659.34	48.23	158.12	45527.54	60.79	4.63	23231.74	26442.15	41.47	0.41	0.29
Curtosi	-0.27	-1.53	1.36	-0.25	1.69	12.31	0.17	4.32	-0.25	1.14	1.83	0.61	-0.42	3.58	3.09	-0.47	0.67
Asimmetria	0.37	-0.12	-1.20	0.46	1.08	3.26	0.94	1.84	0.75	1.27	1.28	1.45	0.35	2.16	1.52	0.25	0.72
Intervallo	0.52	18.56	11.92	5.84	3.90	41.20	503.63	30.71	41.04	796.45	31.22	6.68	549.77	566.52	29.26	2.59	2.21
Minimo	8.03	7.08	25.39	5.40	0.90	1.50	3.28	0.11	0.42	186.28	11.95	0.44	7.57	18.82	9.64	4.14	1.15
Massimo	8.56	25.64	37.31	11.24	4.80	42.70	506.91	30.82	41.46	982.73	43.17	7.12	557.35	585.34	38.90	6.73	3.36
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	2.61	1.25	0.66	0.42	3.66	60.69	2.93	5.31	90.10	3.29	0.91	64.36	68.66	2.72	0.27	0.23

Stazione cod. 14 Cesenatico 0.5 Km dalla costa
Statistica descrittiva 2007

	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	8.14	16.69	34.39	7.29	1.81	6.05	131.07	10.43	27.79	386.89	26.32	3.70	290.00	111.57	17.01	5.46	2.39
Errore standard	0.03	1.22	0.45	0.31	0.15	1.00	27.11	1.55	4.50	32.18	1.90	0.65	27.89	40.31	2.12	0.13	0.14
Mediana	8.14	17.33	35.25	7.27	1.80	4.50	80.15	8.78	22.84	357.23	25.44	3.09	253.03	51.76	14.11	5.59	2.31
Moda	8.14			5.69	3.00	3.40						0.44					
Deviazione standard	0.13	6.33	2.34	1.60	0.80	5.22	140.86	8.06	23.39	167.23	9.86	3.37	144.92	209.48	11.03	0.66	0.74
Varianza campionaria	0.02	40.11	5.48	2.57	0.64	27.25	19840.90	64.96	547.23	27965.06	97.22	11.33	21003.21	43880	121.56	0.43	0.54
Curtosi	-0.36	-1.50	1.54	-0.83	-1.09	12.46	4.71	11.60	3.55	6.85	2.30	2.60	2.65	18.74	4.86	0.57	-0.48
Asimmetria	0.57	-0.14	-1.40	0.03	0.16	3.23	2.10	2.96	1.61	2.18	0.73	1.55	1.34	4.15	2.23	-0.91	0.50
Intervallo	0.49	18.70	9.08	6.14	2.60	27.00	591.66	42.28	105.14	820.44	50.50	13.58	647.65	1069.70	46.13	2.77	2.83
Minimo	7.95	6.54	27.73	4.02	0.50	1.10	13.93	1.77	0.42	192.99	5.71	0.44	111.21	7.79	6.44	3.70	1.28
Massimo	8.44	25.24	36.80	10.16	3.10	28.10	605.59	44.05	105.56	1013.43	56.21	14.02	758.86	1077.49	52.57	6.48	4.11
Conteggio	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	2.51	0.93	0.63	0.32	2.06	55.72	3.19	9.25	66.15	3.90	1.33	57.33	82.87	4.36	0.26	0.29

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 2007

	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	8.21	16.47	34.94	7.62	2.70	4.33	113.12	7.91	11.96	326.16	17.55	1.78	217.66	106.47	20.54	4.97	2.05
Errore standard	0.02	1.23	0.43	0.26	0.25	0.44	26.66	1.30	2.46	26.47	1.59	0.30	27.98	27.99	1.67	0.15	0.14
Mediana	8.20	17.35	35.57	7.65	2.90	3.70	63.55	6.07	8.22	289.81	15.11	1.35	212.06	49.33	19.82	5.02	1.89
Moda					2.20	3.10						0.44					
Deviazione standard	0.12	6.15	2.13	1.32	1.27	2.22	133.30	6.51	12.29	132.33	7.97	1.50	139.88	139.97	8.35	0.74	0.68
Varianza campionaria	0.01	37.86	4.54	1.74	1.61	4.92	17768.57	42.35	151.07	17511.61	63.58	2.25	19565.56	19590.33	69.74	0.55	0.47
Curtosi	-0.40	-1.49	3.58	-0.34	-1.27	2.74	2.89	1.33	6.42	3.39	0.56	0.92	-0.76	8.85	1.88	-0.59	0.18
Asimmetria	0.56	0.00	-1.50	0.05	-0.16	1.52	1.61	1.08	2.22	1.61	1.05	1.32	0.28	2.77	1.15	-0.32	0.90
Intervallo	0.46	18.35	9.48	5.24	4.20	9.90	535.77	26.70	56.19	578.01	30.97	5.20	516.46	636.56	35.53	2.58	2.63
Minimo	8.04	6.73	27.93	5.03	0.60	1.10	2.44	0.21	0.42	180.08	6.35	0.44	0.28	6.12	8.87	3.52	0.98
Massimo	8.49	25.08	37.42	10.27	4.80	11.00	538.21	26.91	56.61	758.09	37.32	5.64	516.74	642.68	44.40	6.10	3.62
Conteggio	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	2.54	0.88	0.54	0.52	0.92	55.02	2.69	5.07	54.62	3.29	0.62	57.74	57.77	3.45	0.31	0.28

Stazione cod. 19 Cattolica 0.5 Km dalla costa
Statistica descrittiva 2007

	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	8.20	16.23	35.26	7.57	2.83	3.57	101.00	6.42	11.23	315.51	15.55	1.63	195.19	122.73	22.52	4.81	2.15
Errore standard	0.02	1.20	0.35	0.23	0.29	0.35	20.59	0.92	2.10	21.12	1.32	0.25	24.37	38.91	2.11	0.14	0.15
Mediana	8.20	16.92	35.68	7.26	2.90	3.30	63.98	5.75	7.89	318.50	13.24	1.35	183.10	52.39	21.03	4.73	2.13
Moda				6.23	4.50	5.70			0.42			0.44					
Deviazione standard	0.09	6.01	1.73	1.17	1.45	1.73	102.97	4.61	10.51	105.61	6.58	1.27	121.84	194.55	10.57	0.71	0.77
Varianza campionaria	0.01	36.17	2.98	1.38	2.09	2.98	10602.85	21.29	110.39	11154.10	43.33	1.61	14844.34	37849.01	111.71	0.50	0.60
Curtosi	0.47	-1.55	-0.33	-1.21	-1.48	-0.66	1.87	0.52	1.96	-0.41	0.10	3.46	0.64	13.59	6.09	0.34	-0.40
Asimmetria	0.57	-0.05	-0.66	0.09	0.02	0.32	1.51	0.82	1.33	0.48	1.02	1.88	0.80	3.45	2.15	-0.53	-0.05
Intervallo	0.37	18.51	6.08	3.74	4.30	6.60	392.94	17.39	42.60	377.88	22.58	4.75	469.32	935.79	49.61	2.81	3.02
Minimo	8.07	6.40	31.35	5.74	0.80	0.80	4.44	0.48	0.42	155.23	7.66	0.44	23.03	5.51	10.60	3.04	0.65
Massimo	8.44	24.91	37.44	9.48	5.10	7.40	397.38	17.87	43.02	533.11	30.24	5.19	492.35	941.30	60.21	5.85	3.66
Conteggio	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.04	2.48	0.71	0.48	0.60	0.71	42.50	1.90	4.34	43.59	2.72	0.52	50.29	80.31	4.36	0.29	0.32

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

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

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

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

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

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

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

Stazione Codice	Località	Distanza costa Km	n. dati	TRIX media	TRIX STD	Giudizio	Coeffic. Efficienza. media	Coeffic. Efficienza. STD	Componente reale media	Componente reale STD	Componente potenziale media	Componente potenziale STD	% Componente "produttività reale"
2	Lido di Volano	0.5	25	5.91	0.76	Mediocre	-1.69	0.87	1.95	0.54	3.64	0.71	34.76
3	Lido delle Nazioni	0.5	25	5.71	0.83	Mediocre	-1.73	0.93	1.81	0.61	3.54	0.74	33.56
4	Porto Garibaldi	0.5	25	5.60	0.89	Mediocre	-1.62	0.92	1.80	0.65	3.42	0.76	34.18
5	Foce Reno	0.5	25	5.42	1.03	Mediocre	-1.79	0.82	1.60	0.74	3.40	0.74	30.62
6	Casalborsetti	0.5	25	5.43	0.87	Mediocre	-1.71	0.71	1.65	0.52	3.36	0.72	32.73
8	Marina di Ravenna	0.5	25	5.21	0.78	Mediocre	-1.56	0.75	1.60	0.56	3.16	0.64	33.16
9	Lido Adriano	0.5	25	5.32	0.63	Mediocre	-1.62	0.74	1.64	0.45	3.25	0.60	33.39
11	Lido di Savio	0.5	25	5.43	0.60	Mediocre	-1.69	0.52	1.66	0.36	3.35	0.51	33.08
12	Cervia	0.5	25	5.26	0.63	Mediocre	-1.72	0.75	1.55	0.43	3.26	0.62	32.23
14	Cesenatico	0.5	25	5.46	0.66	Mediocre	-1.94	0.53	1.55	0.55	3.49	0.39	29.85
16	Bellaria	0.5	25	5.03	0.82	Mediocre	-1.87	0.57	1.33	0.58	3.20	0.56	28.06
17	Rimini	0.5	25	4.97	0.74	Buono	-1.69	0.62	1.39	0.47	3.08	0.60	30.57
18	Riccione	0.5	25	4.82	0.66	Buono	-1.87	0.77	1.21	0.58	3.08	0.53	27.17
19	Cattolica	0.5	25	4.81	0.71	Buono	-1.84	0.57	1.21	0.51	3.05	0.51	27.11
102	Lido di Volano	1	11	5.69	0.72	Mediocre	-1.46	0.98	1.93	0.64	3.39	0.66	35.96
104	Porto Garibaldi	1	11	5.51	0.91	Mediocre	-1.12	0.95	2.00	0.64	3.11	0.80	38.72
106	Casalborsetti	1	11	4.93	0.88	Buono	-1.35	0.81	1.54	0.63	2.88	0.70	34.18
108	Marina di Ravenna	1	11	4.73	0.70	Buono	-1.25	0.93	1.46	0.58	2.71	0.67	34.94
109	Lido Adriano	1	11	5.01	0.72	Mediocre	-1.19	0.75	1.66	0.57	2.85	0.57	36.37
111	Lido di Savio	1	11	4.92	0.81	Buono	-1.47	0.86	1.47	0.58	2.93	0.72	32.57
114	Cesenatico	1	11	5.39	0.60	Mediocre	-1.72	0.56	1.62	0.45	3.34	0.46	32.28
117	Rimini	1	11	4.85	0.70	Buono	-1.89	1.16	1.21	0.77	3.10	0.66	26.48
119	Cattolica	1	11	4.57	0.55	Buono	-1.75	0.55	1.12	0.43	2.87	0.44	27.43
302	Lido di Volano	3	25	5.69	0.77	Mediocre	-1.62	1.08	1.85	0.65	3.47	0.77	34.58
304	Porto Garibaldi	3	25	5.30	0.96	Mediocre	-1.81	1.05	1.52	0.82	3.33	0.74	29.78
306	Casalborsetti	3	25	5.01	0.93	Mediocre	-1.69	0.84	1.41	0.61	3.10	0.78	30.38
308	Marina di Ravenna	3	25	5.15	0.79	Mediocre	-1.51	0.85	1.59	0.52	3.09	0.73	33.93
309	Lido Adriano	3	25	5.06	0.88	Mediocre	-1.39	0.70	1.59	0.43	2.98	0.78	35.04
311	Lido di Savio	3	25	4.59	1.08	Buono	-1.59	0.75	1.21	0.81	2.80	0.67	26.12
314	Cesenatico	3	25	4.85	0.78	Buono	-1.61	0.56	1.36	0.44	2.97	0.63	31.07
317	Rimini	3	25	4.54	0.93	Buono	-1.58	0.55	1.18	0.52	2.77	0.71	29.02
319	Cattolica	3	25	4.31	0.92	Buono	-1.82	0.79	0.93	0.67	2.75	0.69	22.36

Tabella 9 - Acque marino costiere dell'Emilia-Romagna (0.5-3 Km dalla costa) anno 2007. 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 Log(Clax|OD%|); 2) indicatori di produttività potenziale, (Log(DINxPt), la loro differenza o meglio il Logaritmo del rapporto Log([Clax|OD%|]/[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) %
ZONA "A"	2-3-4-5-6-102-104-106-302-304-306	5.49	0.90	236	66.0	34.0
ZONA "B"	8-9-11-12-14-108-109-111-114-308-309-311-314	5.16	0.76	260	61.0	21.0
ZONA "C"	16-17-18-19-117-119-317-319	4.74	0.80	173	38.0	11.0

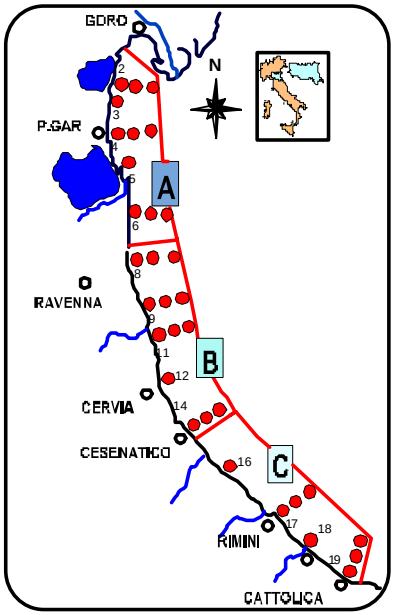


Tabella 10 - Acque costiere dell'Emilia-Romagna. Valutazione del rischio eutrofico. Anno 2007. Organizzazione dei dati di TRIX in Zone omogenee (0.5 - 3 Km) per medie e STD

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 Xi e la STD Si di una distribuzione campionaria di TRlX 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 TRlX 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 TRlX e molto semplicemente viene calcolata nel modo seguente:

con $z = \frac{L - Xi}{Si} > 0$, la Probabilità associata al rischio eutrofico è: P= 100(1-ß);

con $z = \frac{L - Xi}{Si} < 0$, la Probabilità risulterà: P= l00.ß .

Nelle formule, ß 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.