



ISPRA

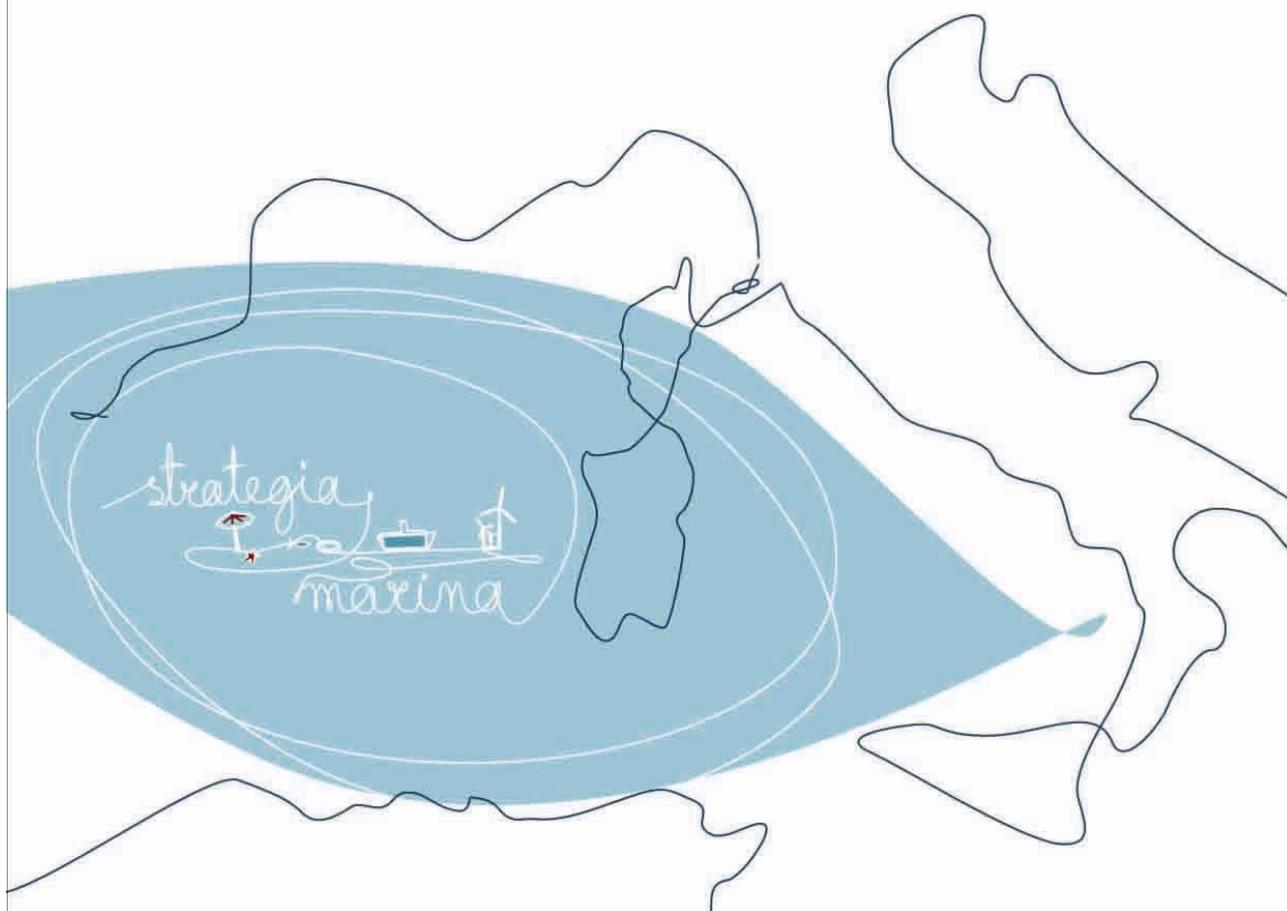
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

BOZZA • 10 MAGGIO 2012

STRATEGIA PER L'AMBIENTE MARINO

Valutazione Iniziale
SOTTOREGIONE MEDITERRANEO OCCIDENTALE

ARRICCHIMENTO DI NUTRIENTI E
SOSTANZA ORGANICA



6.4 Arricchimento di nutrienti e sostanze organiche

6.4.1 PREMESSA

Secondo gli attuali orientamenti comunitari (Direttiva 2000/60/EC e Direttiva 2008/56/EC), l'eutrofizzazione è un processo causato dall'arricchimento in nutrienti, in particolare composti dell'azoto e/o del fosforo, che determina un aumento della produzione primaria e della biomassa algale, alterazioni delle comunità bentoniche e diminuzione della qualità delle acque. Le conseguenze dell'eutrofizzazione sono considerate negative se determinano un degrado della salute degli ecosistemi e/o una riduzione dell'uso sostenibile di beni e servizi.

La Decisione della Commissione Europea del 1° settembre 2010 sui criteri e gli standard metodologici per la definizione del Buono Stato Ambientale (*Good Environmental Status* o GES) sottolinea come la valutazione dell'eutrofizzazione delle acque marine per la Direttiva 2008/56/EC debba essere in linea con quanto definito per le acque costiere e di transizione dalla Direttiva 2000/60/EC, nonché presentare una combinazione di informazioni su livelli dei nutrienti (concentrazioni nell'ambiente marino) ed effetti primari e secondari dell'arricchimento in nutrienti che siano ecologicamente rilevanti.

Ai fini del raggiungimento del GES e della definizione dei traguardi ambientali per il Descrittore Eutrofizzazione, risulta pertanto utile prendere in considerazione la tipizzazione idrologica delle acque costiere messa a punto per i corpi idrici *sensu* Direttiva 2000/60/EC (cfr. D.M. n. 131/2008 sulla definizione delle tipologie, identificazione dei corpi idrici e analisi delle pressioni) (Figura 1) nonché l'Indice Trofico TRIX quale indice sintetico di stato trofico (cfr. D.M. n. 260/2010 sulla classificazione dei corpi idrici superficiali). L'Indice TRIX, in quanto combinazione lineare dei parametri azoto inorganico disciolto (DIN), fosforo totale (TP), clorofilla 'a' (chl 'a') e ossigeno disciolto (D.O.%, come deviazione dal 100% di saturazione), è un indice che comprende sia i livelli di concentrazione dei nutrienti (DIN e TP) che gli effetti diretti (chl 'a') e indiretti (D.O. %) di un arricchimento in nutrienti e sostanza organica.

6.4.2 Identificazione delle aree di valutazione

La identificazione delle aree di valutazione per le sottoregioni Mar Mediterraneo occidentale e Mar Adriatico è stata basata sulla analisi della distribuzione spaziale del 90° percentile della clorofilla 'a' ottenuta da dati satellitari (Figura 2 e Figura 23). La clorofilla 'a' è un parametro fondamentale di stato trofico in quanto indicatore di biomassa fitoplanctonica, nonché è parametro indicatore di impatto diretto di arricchimento in nutrienti secondo l'impostazione di reporting MSFD. L'estensione delle aree identificate arriva al limite delle acque territoriali ed è sufficientemente ampia da comprendere zone aventi impatto non elevato, così che all'interno di ciascuna area possa essere presente un gradiente di impatto.

I dati satellitari (MERIS, MERIS-MODIS) sono stati forniti dalla ditta Planetek s.r.l. e sono riferiti per il Mar Tirreno all'arco temporale gennaio 2007-dicembre 2011 e per il Mar Adriatico al periodo febbraio 2006-marzo 2012 (manca il mese di gennaio 2012). La risoluzione spaziale è pari a 1 km e la risoluzione temporale è la media mensile. Il 90° percentile è stato calcolato dopo una trasformazione log-normale delle medie mensili dei dati disponibili, pari a 60 record. Il calcolo della percentuale di area di valutazione soggetta all'impatto dovuto all'arricchimento in nutrienti e sostanza organica verrà effettuato a breve proprio sulla base dei dati satellitari di chl 'a', in quanto sono gli unici dati disponibili aventi una adeguata copertura spaziale e temporale. **I dati attualmente disponibili corrispondenti alle misure puntuali degli altri parametri trofici sono riferibili esclusivamente alla fascia costiera entro i 3 km** (Banca dati Si.di.Mar. del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, di seguito denominato MATTM), **e quindi risultano meno idonei a valutazioni accurate sulla % di area soggetta alla pressione.**

La metodologia che verrà usata per il calcolo della % di area di valutazione soggetta alla pressione comprende i seguenti *step*:

- a) definizione di una soglia di concentrazione di clorofilla 'a' al di sotto della quale si considera l'impatto trascurabile. Tale soglia viene fissata dopo una opportuna taratura con i valori di salinità. Il valore di salinità sarebbe particolarmente indicato a definire le pressioni, ma ad oggi non vi sono dati di salinità con risoluzioni spaziali sufficienti (di almeno 1Km).

- b) Il valore soglia fissato è pari a 0.2 µg/L di clorofilla 'a', che generalmente corrisponde a un valore finale di diluizione pari a circa il 5% dell'acqua dolce proveniente dal continente.
- c) Se indichiamo con S_i l'area di valutazione impattata e con S_a la superficie totale dell'area, la percentuale di area impattata sarà data da:

$$(S_i/S_a) \cdot 100$$

La misura di S_i ed S_a è discreta ed è data dal numero di quadrati di 1Km (risoluzione spaziale dei dati) contenuti nell'area di valutazione.

Per la sottoregione Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale, non essendo disponibili dati satellitari, la identificazione delle aree di valutazione è basata sui dati puntuali di clorofilla e nutrienti (banca dati Si.di.Mar del MATTM) ed expert judgement.

6.4.3 Informazioni e dati

Le informazioni e i dati elaborati nella presente bozza di report, in aggiunta ai dati satellitari, sono quelli già disponibili in ISPRA e sono riferibili a

- SINTAI:

1) carichi di azoto e fosforo provenienti dai principali bacini afferenti e portate di riferimento misurate alla sezione di chiusura di ciascun bacino. In generale, **l'elenco dei bacini considerati deve essere sicuramente aggiornato. Alcune aree non sono coperte o solo parzialmente coperte.** Dove possibile (Alto Adriatico, Arno, Tevere), è stato ricostruito il trend dei carichi con le portate medie annue dal 2003 al 2010.

2) Informazioni relative agli impianti di trattamento acque reflue urbane situati entro la fascia dei 20 km dalla riva del mare. I dati, peraltro forniti dalle Regioni, si riferiscono agli abitanti serviti, alle portate trattate, alla tipologia di trattamento (solo secondario o anche terziario) e ai carichi di N e P scaricati. Questi carichi sono da intendersi come contributo dal comparto civile relativamente alla sola fascia costiera, da aggiungersi a quello proveniente dai fiumi.

- Banca Dati Si.di.Mar.:

3) L'accesso a questa banca dati ha consentito di elaborare i principali parametri di stato trofico delle acque, nell'ordine: Azoto Disciolto Inorganico (DIN) e Azoto Totale, Fosforo ortofosfato e Fosforo Totale, Trasparenza (come Disco Secchi), Clorofilla 'a', Ossigeno Disciolto (sia come concentrazione che come % di saturazione)¹. Le elaborazioni hanno comunque riguardato anche i parametri idrologici (T °C, S (psu), Densità (sigma_t), Fattore di diluizione (F%) e Indice TRIX a misura del livello trofico.

4) Sono stati presi in considerazione tutti i dati Si.di.Mar., per il periodo 2001-2009, tenendo conto che il monitoraggio marino costiero ai sensi della legge 979/89 "Difesa del Mare" (condotto dalle 15 Regioni marittime in convenzione con il MATTM-DPN) ha riguardato la fascia dei tre km dalla riva, secondo transetti perpendicolari alla costa, con stazioni in genere situate a 500, 1000, e 3000 m dalla riva. I dati del 2007, anno di interruzione delle Convenzioni, non coprono l'intero arco annuale, mentre il 2008-2009 è in realtà da intendersi come il periodo da Luglio 2008 a Giugno 2009.

5) I diversi diagrammi riportati si riferiscono alle medie dei valori dei singoli parametri, relativi a tutto il transetto, senza distinzione rispetto alla distanza dalla riva e considerando soltanto le misure di superficie (0,5 m). Per ciascuna area di valutazione, sono presentate tre tipologie di elaborati grafici: a) variazioni delle medie per anno (con retta di tendenza), b) variazioni delle medie stagionali, calcolate su tutto il

¹ Per quanto riguarda l'arricchimento della sostanza organica in mare, parametro presente nel *reporting sheet* MSFD, non ha molto senso misurare tale sostanza attraverso misure di BOD. Osserviamo però che il parametro Ossigeno Disciolto (come % di saturazione) è un ottimo indicatore sia dei processi di sintesi in atto (produzione della sostanza organica attraverso la fotosintesi con produzione di Ossigeno), sia dei processi di degradazione della sostanza organica (ossidazione e mineralizzazione con conseguente consumo di Ossigeno). Quanto più intensi saranno questi due processi, tanto più elevato risulterà lo scostamento dal 100% di saturazione dell'Ossigeno disciolto nella colonna d'acqua, in termini di sovrasaturazione o sottosaturazione, rispettivamente.

periodo considerato (2001-2009), c) andamenti delle medie relative al periodo 2001-2009 per ciascun transetto di campionamento e misura.

6) Per i parametri di stato trofico (Nutrienti nelle varie forme, Clorofilla 'a', Disco Secchi) la media è da intendersi come media geometrica, più rappresentativa come momento centrale rispetto alla media aritmetica. Le distribuzioni di questi parametri sono infatti meglio approssimate dalla curva di tipo log-normale. Nel caso dell'Ossigeno Disciolto (e anche dell'indice TRIX e dei parametri idrologici) le distribuzioni sono meglio approssimate dalla curva normale e quindi per questi parametri è stata utilizzata la media aritmetica.

7) Infine, in tutti i diagrammi, la rappresentazione grafica delle medie viene sempre accompagnata dalla misura dell'errore standard: $\bar{x} + e.s.$ con $\left(e.s. = \frac{d.s.}{\sqrt{N}} \right)$. Si è preferito utilizzare questo parametro statistico

rispetto alla classica notazione: $\bar{x} \pm d.s.$ (dove d.s. è la deviazione standard), in quanto si ritiene più utile per gli obiettivi della MSFD rappresentare il *range* in cui oscilla la vera media, piuttosto che la dispersione di singoli dati intorno alle medie di una distribuzione.

6.4.4 Ulteriori dati da acquisire e/o elaborare

Ulteriori dati saranno presentati nel report finale sui **carichi di nutrienti relativamente a deposizione atmosferica, scarichi di acque di strato da piattaforme offshore e fonti di acquacoltura/maricoltura.**

Per le fonti di acquacoltura/maricoltura, l'input di nutrienti potrà essere rilevato o stimato utilizzando tre fonti principali:

1) Dati ISPRA - Nell'ambito di attività di ricerca e monitoraggio portate avanti dal 2001, ISPRA ha direttamente campionato matrici abiotiche e analizzato ed elaborato i dati relativi all'arricchimento organico (azoto, fosforo, carbonio in acqua e sedimento) derivante dagli impianti di acquacoltura. I dati sono riferiti all'area del Tirreno centrale e dell' Adriatico meridionale.

2) Dati di letteratura - Una seconda fonte di dati è rappresentata dalla letteratura scientifica di riferimento in cui sono reperibili dati relativi all'input di nutrienti in acqua e sedimento, a volte associati a dati zootecnici quali biomassa allevata e mangime utilizzato. Rispetto a quest'aspetto ISPRA ha predisposto un modulo per la raccolta dati, dove sono portati a sintesi ragionata tutti i dati di letteratura specifica riguardanti l'input di nutrienti da attività d'acquacoltura nelle acque costiere italiane, dal 2000 ad oggi.

3) Modelli predittivi - Una terza fonte di dati è rappresentata dai risultati dei modelli matematici predittivi in grado di fornire stime sull'input di nutrienti da acquacoltura. I modelli si basano su dati di tipo zootecnico (specie allevate, biomassa in allevamento, mangime, ecc e ambientali (temperatura, correnti). L'applicazione di detti modelli consentirà una stima di input di nutrienti derivanti da attività di acquacoltura in tutti quegli impianti censiti ai sensi del Regolamento CE 762/2008 (progetto finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole , Alimentari e Forestali, affidato all'UNIMAR) e/o degli impianti inseriti nell'anagrafe nazionale delle aziende, degli allevamenti e delle imprese di acquacoltura sulla base di quanto stabilito dal Decreto del Ministero della Salute dell'8 luglio 2010 che recepisce la direttiva 88/2006/CE sull'anagrafe degli impianti.

Nei confronti dei suddetti Ministeri, ISPRA ha inviato formali richieste di accesso alle rispettive banche dati. Tale attività consentirà di fornire dati sugli input di nutrienti da fonti di acquacoltura/maricoltura in tutte le aree di valutazione individuate.

Per quanto riguarda l'utilizzo dell'indicatore di impatto 'fioriture algali potenzialmente tossiche e nocive', sarà effettuata una verifica del possibile impiego di specie fitoplanctoniche indicatrici, anche non tossiche, che possano essere riconducibili ad un arricchimento in nutrienti e sostanza organica di origine antropica.

6.4.5 AREA DI VALUTAZIONE

Nella Sottoregione Mar Mediterraneo occidentale sono state preliminarmente individuate 4 aree di valutazione: Mar Tirreno settentrionale e Mar Ligure, Mar Tirreno Centrale, Mar Tirreno Meridionale e Sardegna (Figura 3)

L'area di valutazione 'Mar Tirreno meridionale' è stata prescelta quale esempio di area appartenente alla sottoregione Mar Mediterraneo occidentale per cui si effettua la valutazione nella presente bozza di report.

6.4.6 INFORMAZIONE UTILIZZATA

Brief description of overall pressure - nutrient and organic matter enrichment

In corso di elaborazione

Soggetti detentori di dati individuati: [elenco sintetico]

Vedi premessa

Dati e metodi:

vedi premessa

Analisi

In corso di elaborazione

Input loads

Carichi di azoto e fosforo

Per quest'area di valutazione sono stati considerati i dati relativi agli apporti provenienti dai bacini costieri (Figura 4, Tabella 1). In termini di portate, risultano preponderanti quelle dei fiumi Sele e Volturno (tra 80 e 100 mc/sec). Gli altri fiumi presentano portate inferiori ai 10 mc/sec.

La Figura 6 riporta invece l'ubicazione degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane, che sono stati presi in considerazione per la valutazione dei carichi di N e P dal comparto civile.

Per gli apporti dai bacini fluviali (Figura 5), è disponibile solo il dato relativo al carico di fosforo, con massimi (circa 250 t/anno) da riferire al f. Volturno. Da sottolineare il notevole contributo del f. Sarno (circa 200 t/anno), pur con portate medie intorno ai 10 mc/sec. Risulta invece preponderante rispetto al carico proveniente dai fiumi, il contributo degli impianti di depurazione, che complessivamente risulta di 16482 t/anno di azoto e 4730 t/anno di Fosforo.

Apporti fluviali : information gap

Input load of organic matter (current) (within assessment areas)

Information gap

Soggetti detentori di dati individuati: Information gap

Dati e metodi: Information gap

Analisi: Information gap

Level of pressure

Concentrazioni di nutrienti nell'ambiente marino

L'andamento delle medie annuali dei parametri azoto e fosforo (Figura 7) è abbastanza costante e simile per i due nutrienti. Una diminuzione delle concentrazioni medie è ben evidenziabile negli anni 2008-09. Analogο comportamento si evince dalle Figure 8 e 9 che riportano le concentrazioni medie stagionali. I due nutrienti seguono andamenti molto simili. I valori massimi di concentrazione si rilevano nella stagione invernale in concomitanza con le elevate portate fluviali.

Dal punto di vista spaziale (Figure 10 e 11) i massimi di concentrazione sono rilevabili sia per l'azoto che per il fosforo in corrispondenza della foce Volturno e della foce Sarno. Le concentrazioni rilevate nella restante parte dell'area (Golfo di Salerno) sono molto più basse e caratteristiche di zone costiere oligotrofiche.

Mancanza di dati oltre i 3000m dalla costa: information gap

Spatial distribution and intensity of organic matter concentrations in the environment (within assessment areas) (current): Information gap

Soggetti detentori di dati individuati: Information gap

Dati e metodi: Information gap

Analisi: Information gap

Impatti

Effetti diretti dell'arricchimento in nutrienti

Clorofilla 'a'

Dall'andamento delle medie annuali di clorofilla 'a' (Figura 12), si evidenziano valori elevati corrispondenti agli anni dal periodo 2003-2006 con concentrazioni che superano 1 µg/L. Nel periodo successivo i valori si stabilizzano intorno a 0.5-0.6 µg/L., con un nuovo aumento per quanto riguarda l'anno 2009.

La Figura 13, che riporta le medie rilevate per ciascuna stazione, mostra un massimo di concentrazione di 1.2 µg/L in corrispondenza di Portici, ma valori elevati si riscontrano anche nelle stazioni in prossimità della foce dei fiumi Sarno e Volturno. Nel Golfo di Salerno in direzione Nord-Sud, la concentrazione di clorofilla 'a' diminuisce gradualmente fino a raggiungere il minimo nella stazione di Camerota con un valore inferiore allo 0.1 µg/L.

Considerando le medie stagionali della clorofilla 'a' in relazione ai valori assunti dal parametro trasparenza, (Figura 14), i valori più bassi, intorno a 0.5 µg/L, si riscontrano in inverno ed autunno e corrispondono a due periodi di stasi dei cicli algali. I valori più alti, superiori a 1.5 µg/L, si registrano invece in primavera e maggiormente in estate con conseguente diminuzione della trasparenza.

Trasparenza

Osservando la Figura 15 relativa alle medie annuali della trasparenza, i valori presentano andamenti opposti rispetto alla concentrazione di clorofilla 'a'. I valori minori di trasparenza si registrano nel periodo da maggio a settembre (primavera-estate) con un minimo di poco superiore ai 6 m. Dal punto di vista spaziale (Figura 16), il parametro trasparenza mostra i valori più elevati nelle stazioni di Punta Tresino e Punta Licosa (circa 12 m). I valori più bassi si osservano in corrispondenza delle foci dei fiumi Volturno e Sarno, quando anche le concentrazioni di clorofilla 'a' sono massime.

La tendenza delle distribuzioni stagionali è caratterizzata da valori elevati in inverno ed autunno con massimi che superano i 7 m.

Impatti

Effetti indiretti dell'arricchimento in nutrienti

Ossigeno Disciolto

Le variazioni delle medie annuali della percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto mostrano una forte fluttuazione dei valori con un minimo nel 2004 di circa 93%, mentre nel 2009 si riscontrano valori di sovrasaturazione superiori al 105% (Figura 17).

L'andamento delle medie stagionali (Figura 18) mostra valori stabilmente al di sopra del 100% di saturazione per tutto il periodo che va da marzo a settembre con due minimi significativi: il primo a febbraio e il secondo a ottobre (90%). E' interessante confrontare questo andamento con quello della clorofilla 'a', che permette di individuare periodi di interruzione dei cicli algali nei periodi contraddistinti da valori di saturazione mediamente bassi. In particolare la caduta di saturazione che si riscontra in autunno è

probabilmente dovuta all'intensa attività di mineralizzazione a differenza dei bassi valori invernali dovuti agli apporti dai fiumi di sostanza organica ossidabile.

Analizzando la Figura 19 relativa alle medie per stazione, il punto più critico per le condizioni di ossigenazione si rivela l'area corrispondente alla foce del fiume Sarno, con un valore di sottosaturazione del 94%.

Stato trofico

Indice TRIX

Nella Figura 22 è rappresentato l'andamento dell'Indice TRIX a misura dei livelli trofici rilevati in corrispondenza delle diverse stazioni. Si riscontrano condizioni di mesotrofia (tra 4 e 5 unità di TRIX) all'interno del Golfo di Napoli con valori prossimi all'eutrofia (TRIX > 5) in corrispondenza della foce del Sarno.

La restante parte dell'area (Golfo di Salerno) è caratterizzata da valori di TRIX minori di 3 unità, valori tipici di acque scarsamente produttive (oligotrofia).

La variabilità interannuale del TRIX (Figura 20) è comunque notevole: da un minimo di 3.4 unità nel 2001 ad un massimo di 4.2 unità nel 2004, come medie calcolate su tutto il set dei dati.

Significativa è anche la variabilità stagionale (Figura 21): la stagione con i valori maggiori è la primavera (TRIX > 4), mentre in autunno i valori medi sono inferiori a 3.5 unità in concomitanza con la stasi dei cicli algali.

Analisi:

Water column habitat

Description of the direct impacts (diatom to flagellate ratio, benthic to pelagic shifts, bloom events of toxic algal blooms): information gap

List of predominant habitats and functional groups (water column) that are impacted (adversely affected) by nutrient and organic matter enrichment in the assessment areas: information gap

Sea bed habitat

Description of the direct impacts

Abundance of opportunistic macroalgae: dati parziali (L. 979/82; DLgs 152/06) da elaborare.

Species shift in floristic composition, benthic to pelagic shifts: information gap

Description of indirect impacts (abundance of perennial seaweeds and seagrasses adversely impacted by decrease in water transparency, dissolved oxygen and increased organic matter deposition): information gap

List of predominant habitats and functional groups (seabed) that are impacted (adversely affected) by the pressure in the assessment areas: information gap

Attività

Una descrizione del peso delle singole attività antropiche che determinano la pressione 'arricchimento in nutrienti e sostanza organica' verrà effettuata nel report finale, allorquando sarà disponibile una stima dei carichi provenienti da tutte le fonti rilevanti (es. deposizione atmosferica e acquacoltura/maricoltura in aggiunta a input fluviali e carichi da reflui urbani, illustrati nella presente bozza di report).

Figura 1. Tipizzazione delle acque marino costiere italiane sulla base dell'idrologia costiera (D.M. n. 131/2008). Fonte: elaborazione ISPRA su dati della banca dati Si.Di.Mar. del MATTM.



Figura 1. Tipizzazione delle acque marino costiere italiane sulla base dell'idrologia costiera (D.M. n. 131/2008). Fonte: elaborazione ISPRA su dati della banca dati Si.Di.Mar. del MATTM.

AREA DI VALUTAZIONE

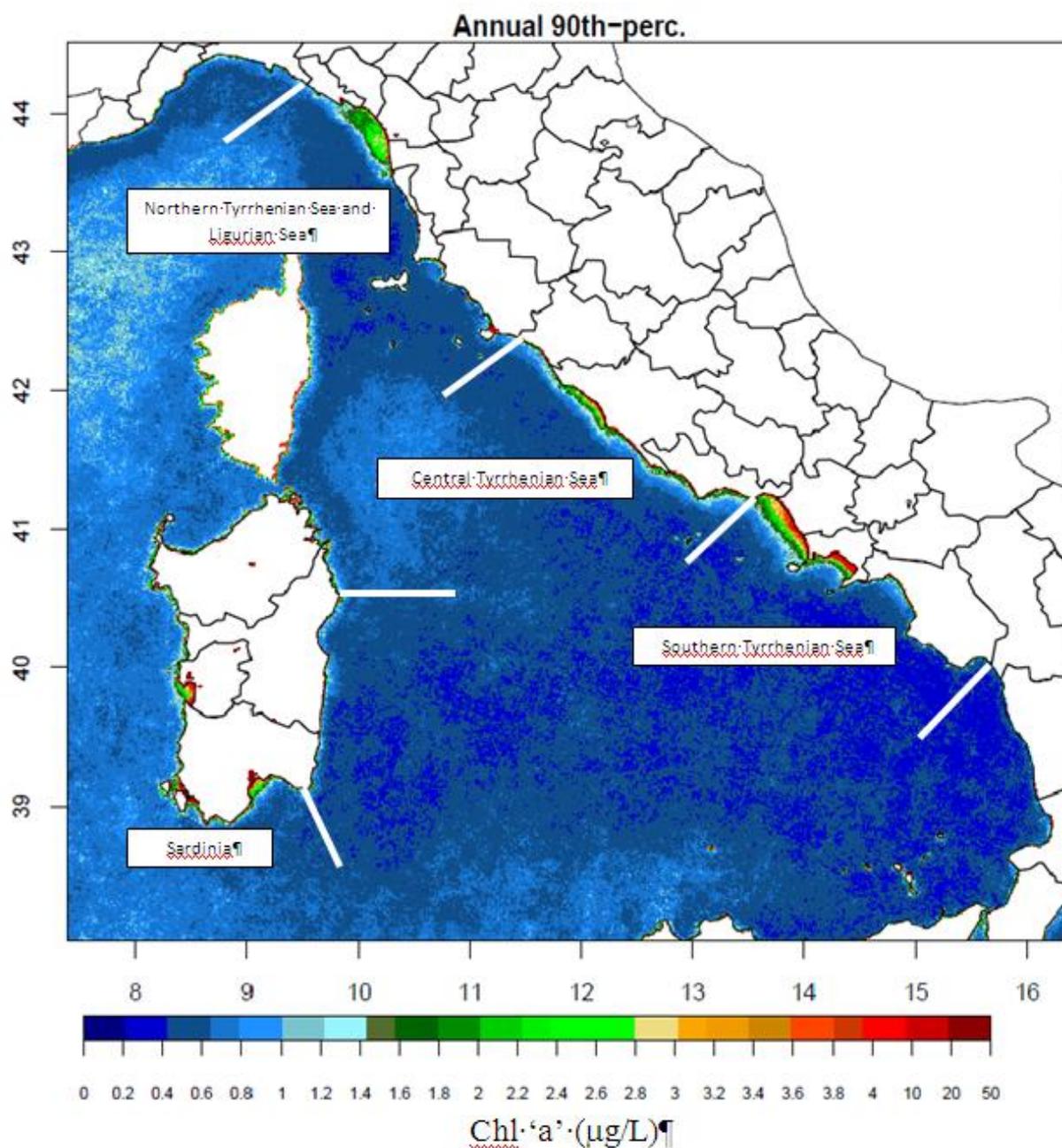


Figura 2. Elaborazione dei dati satellitari MERIS, MERIS-MODIS: distribuzione del 90° percentile della media annuale di Clorofilla 'a' (in µg/L) per gli anni 2007-2011 nella sottoregione Mar Mediterraneo occidentale. Tali elaborazioni sono state utilizzate per la definizione delle aree di valutazione. (Fonte dati: Planetek s.r.l.).

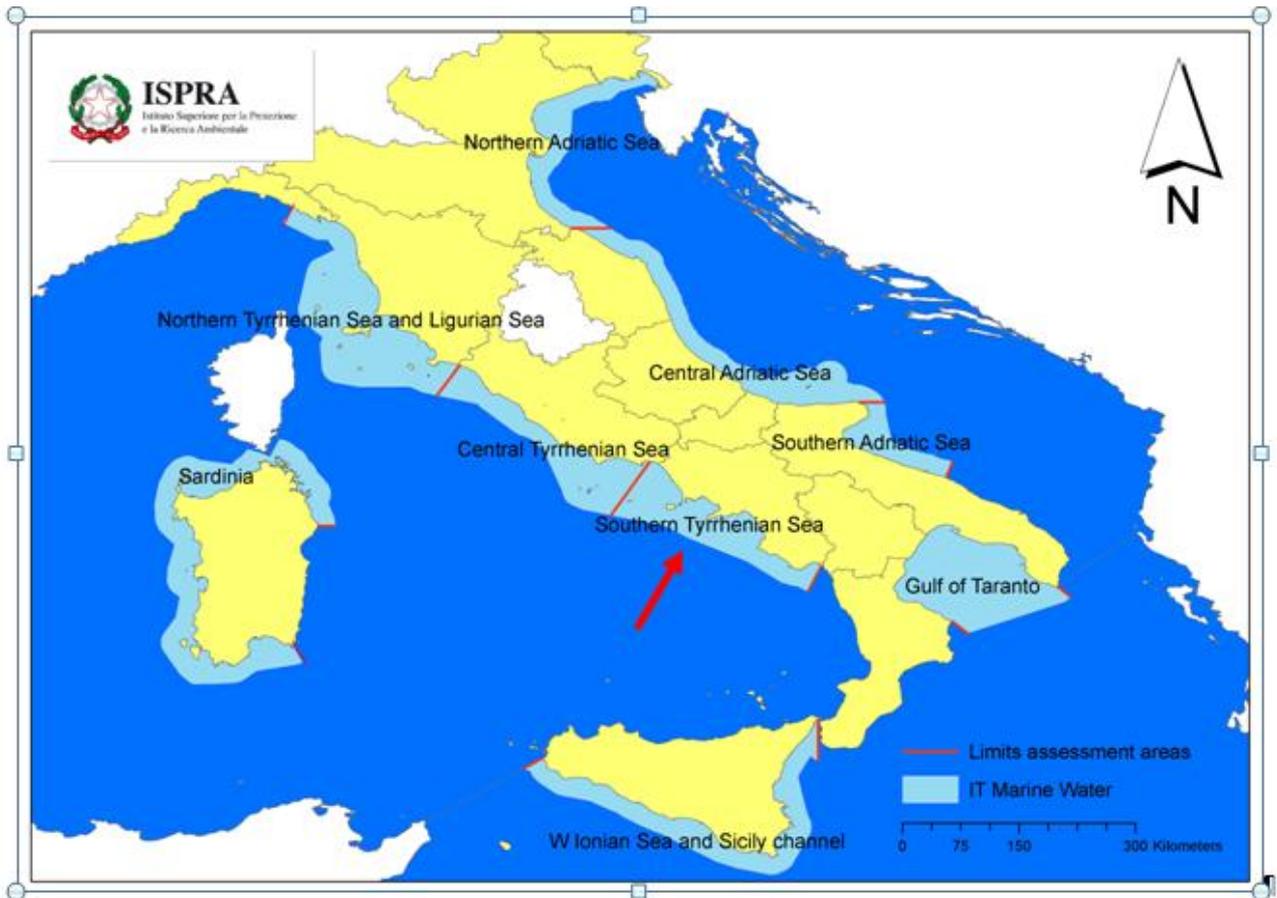


Figura 3. Aree di valutazione per il reporting MSFD sull'arricchimento in nutrienti e sostanza organica. La freccia rossa indica l'area 'Mar Tirreno Meridionale', per la quale si effettua la valutazione nella presente bozza di report quale esempio della sottoregione Mar Mediterraneo occidentale.

INFORMAZIONE UTILIZZATA

Carichi di azoto e fosforo

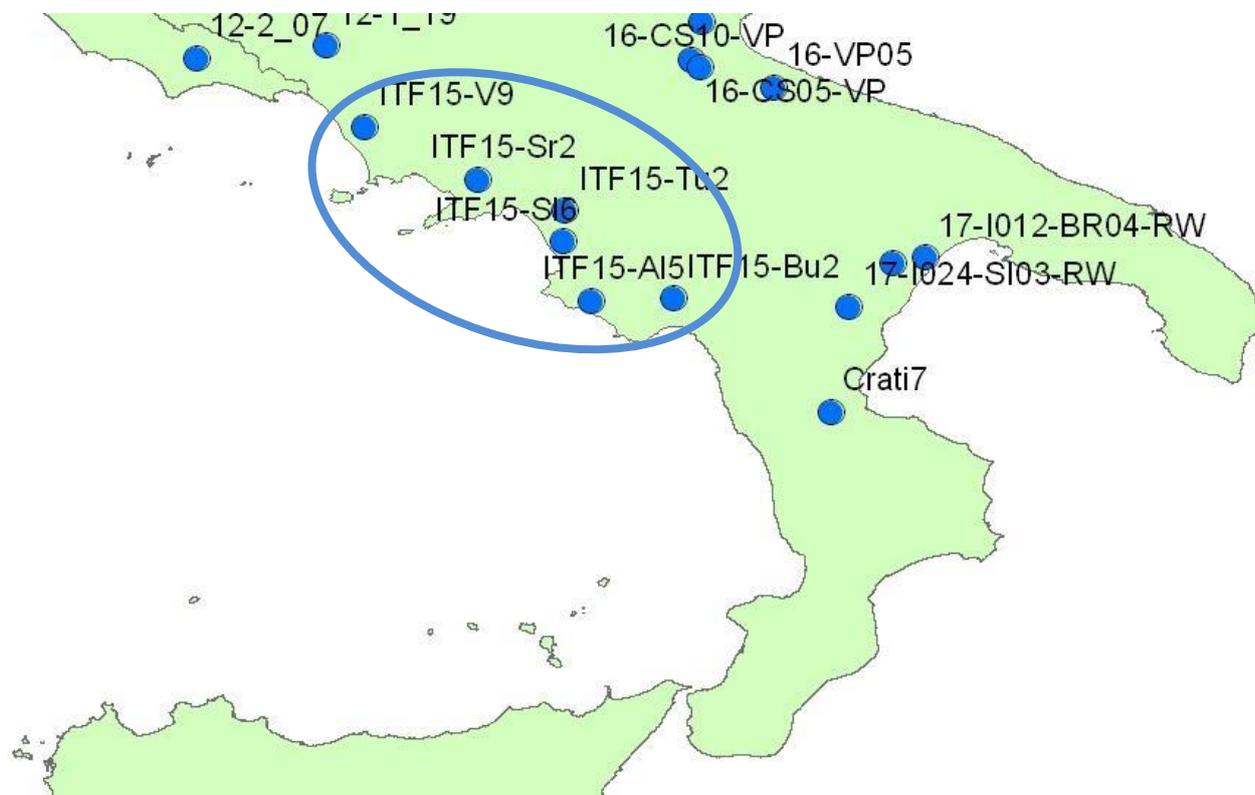


Figura 4. Punti stazione (nell'ovale) per la determinazione dei carichi di azoto e fosforo da fonti fluviali nell'area di valutazione 'Mar Tirreno meridionale', sottoregione Mar Mediterraneo occidentale. (Fonte: SINTAI)

Tabella 1. Denominazione stazioni di cui alla Figura 4.

CODICE STAZIONE	REGIONE	DENOMINAZIONE STAZIONE
ITF15-AI5	Campania	Alento a Casalvelino
ITF15-Bu2	Campania	Bussento a Caselle in Pittari (San Donato)
ITF15-Sl6	Campania	Sele a Albanella
ITF15-Sr2	Campania	Sarno a San Valentino Torio
ITF15-Tu2	Campania	Tusciano a Olevano (a valle C.le)
ITF15-V9	Campania	Volturno a Cancellò Arnone

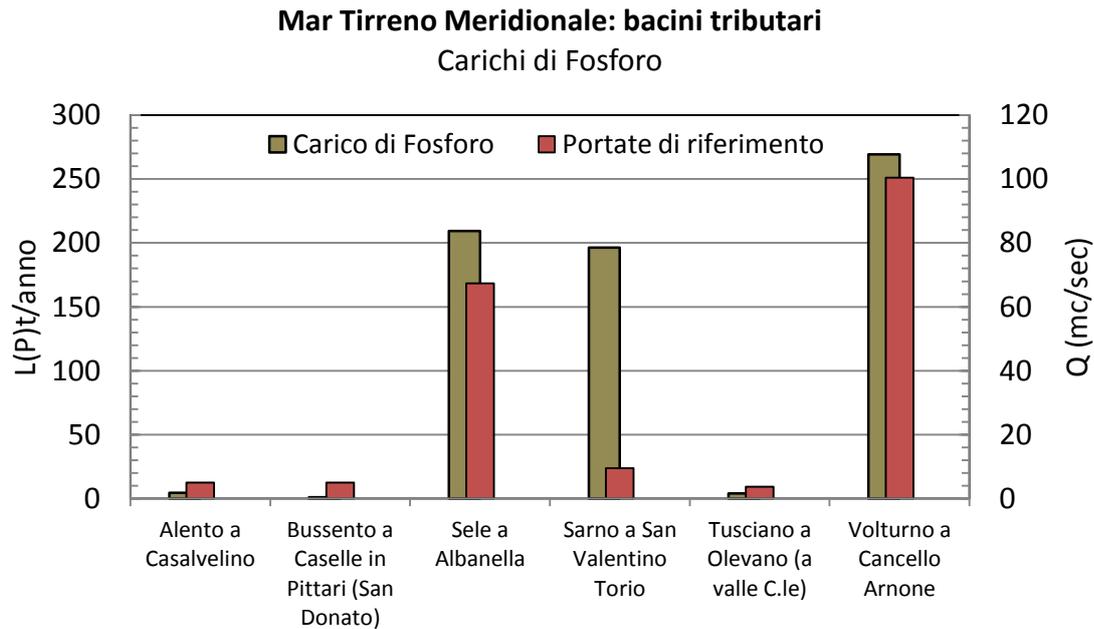


Figura 5. Media annuale dei carichi di fosforo (t/anno) calcolata per il periodo 2008-2010 e portata di riferimento (mc/sec) dei principali bacini dell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale'. I dati di portata sono riferiti alla serie storica 1921-1970. (Fonte: SINTAI)

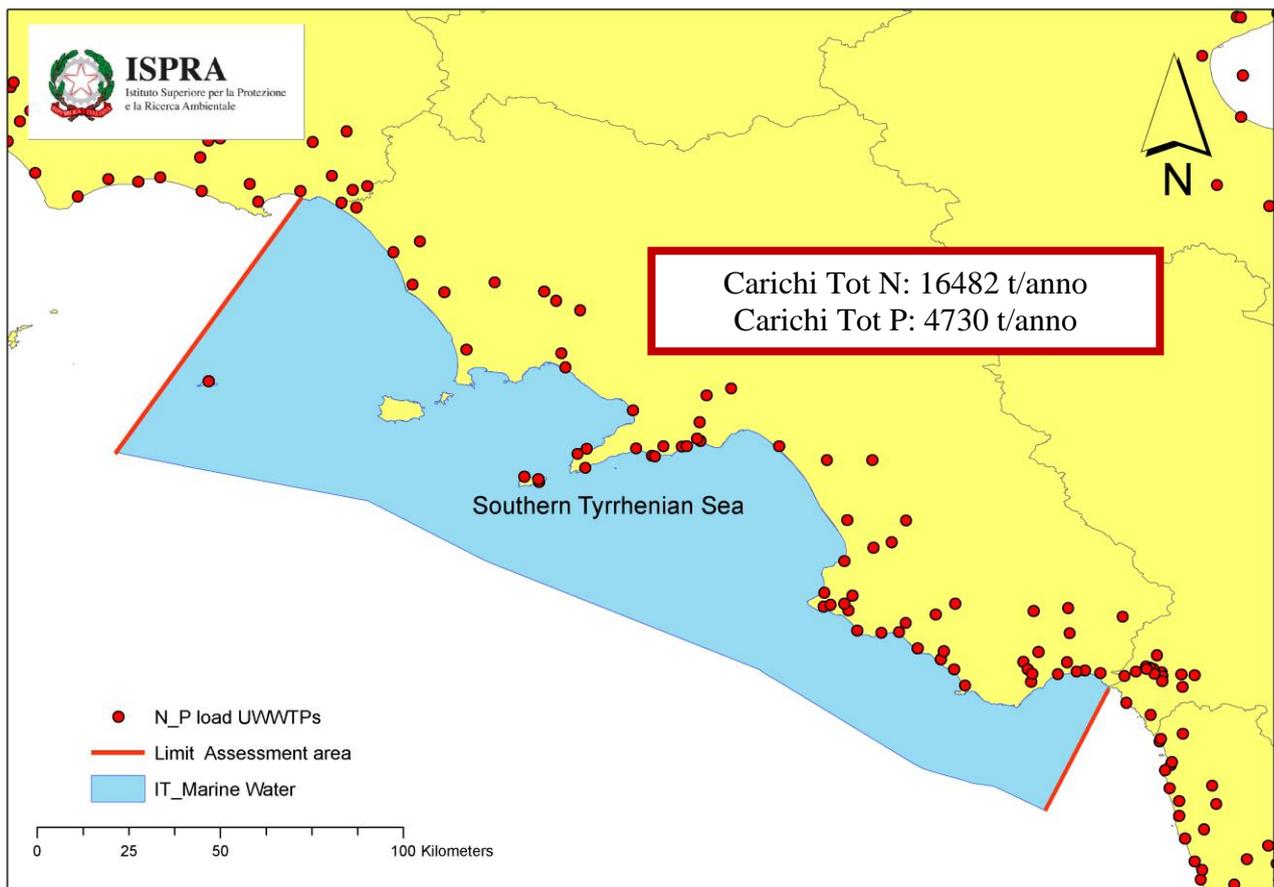


Figura 6. Ubicazione degli impianti di depurazione e/o sistemi di collettamento utilizzati per la stima dei carichi di azoto e fosforo da fonti urbane nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale'. Nel riquadro rosso, viene riportato il dato complessivo di carichi di azoto e fosforo (t/anno) stimati con riferimento alla data del 31 dicembre 2009. (Fonte: SINTAI).

Concentrazione di nutrienti nell'ambiente marino

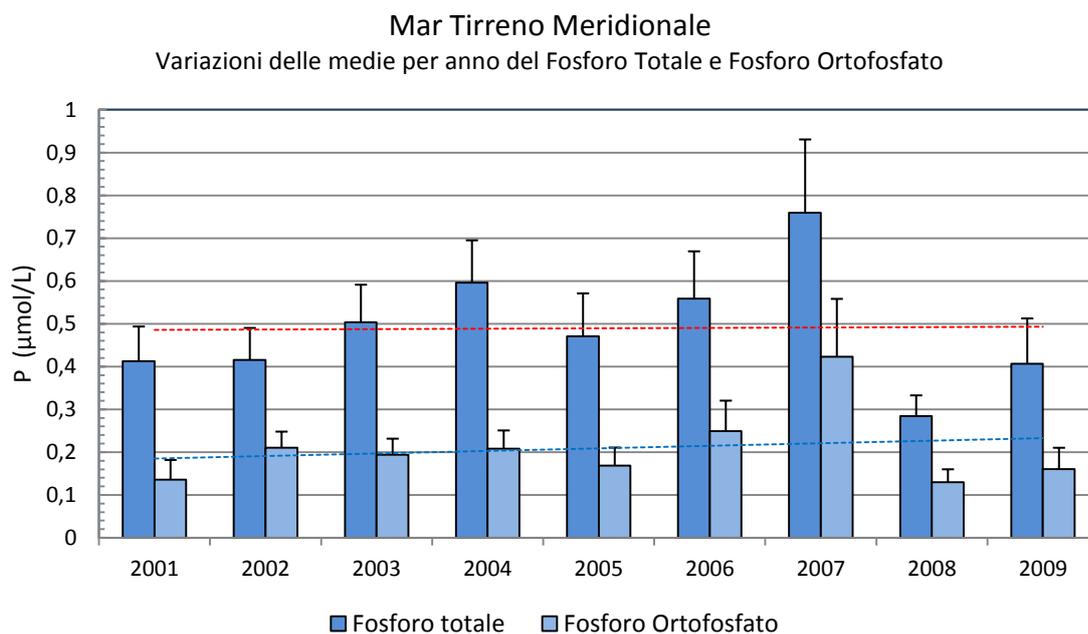
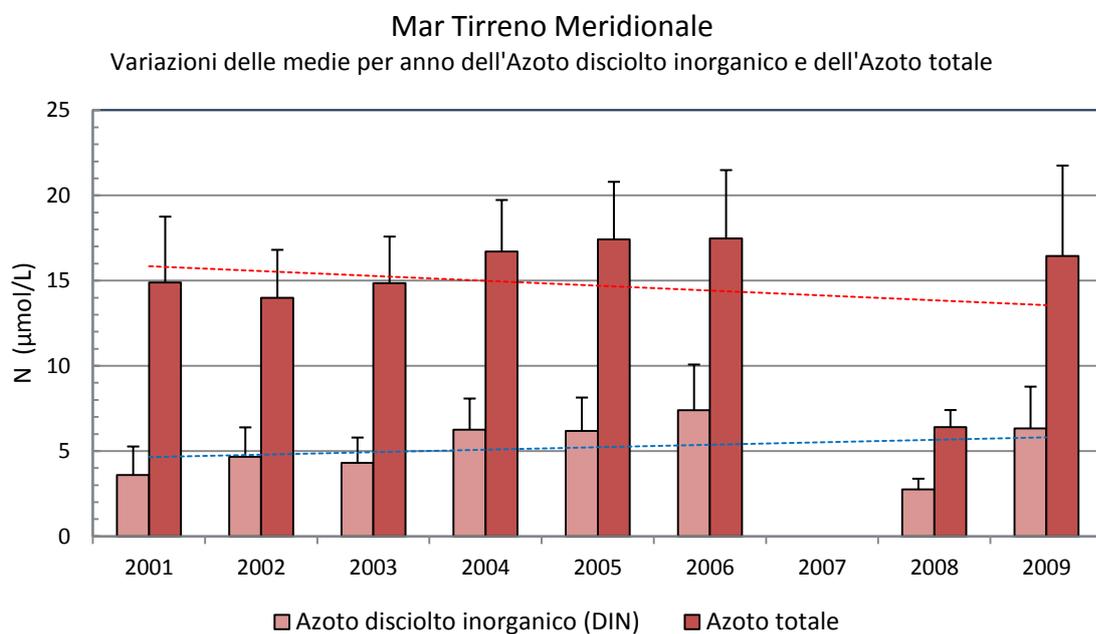


Figura 7. Concentrazioni medie annuali + errore standard dell'azoto inorganico disciolto e dell'azoto totale (in $\mu\text{mol/L}$, in alto) e del fosforo totale e ortofosfato (in $\mu\text{mol/L}$, in basso) nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale'. Le linee tratteggiate rappresentano la linea di tendenza del parametro per gli anni considerati. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Mar Tirreno Meridionale
Medie Stagionali dei Parametri Trofici (periodo 2001 - 2009)

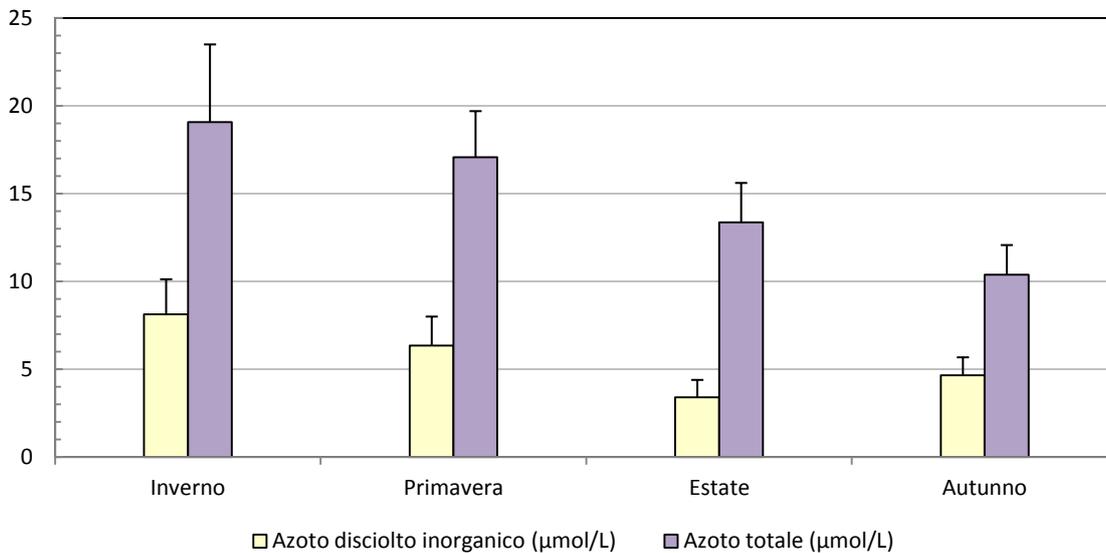


Figura 8. Concentrazioni medie stagionali + errore standard dell'azoto inorganico disciolto e dell'azoto totale (in µmol/L) nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Mar Tirreno Meridionale
Medie Stagionali dei Parametri Trofici (periodo 2001 - 2009)

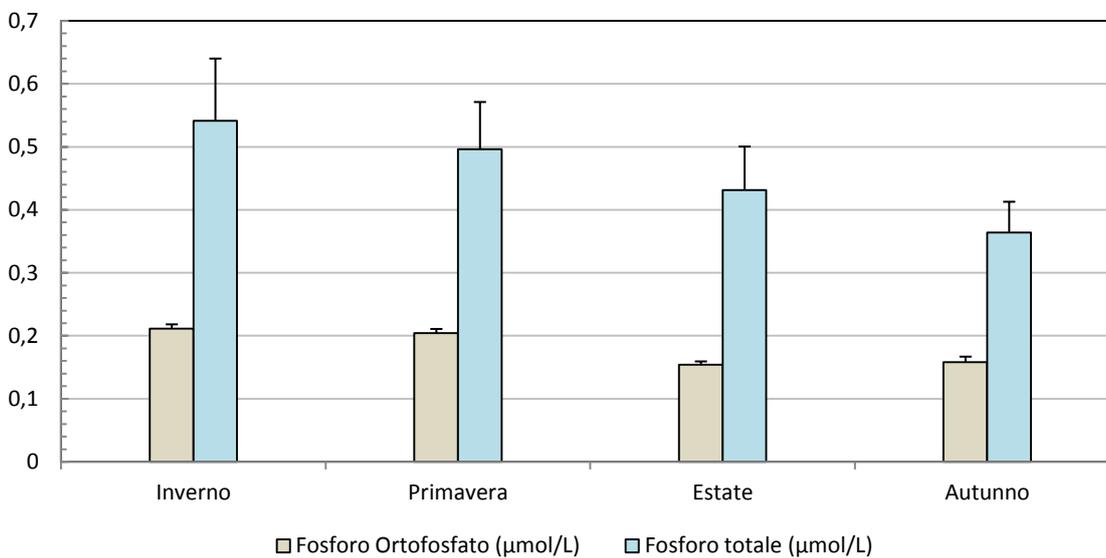


Figura 9. Concentrazioni medie stagionali + errore standard del fosforo ortofosfato e del fosforo totale (in µmol/L) nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Mar Tirreno Meridionale
 Andamento delle Medie Annuali dell'Azoto Inorganico Disciolto e dell'Azoto totale
 (periodo 2001 - 2009)

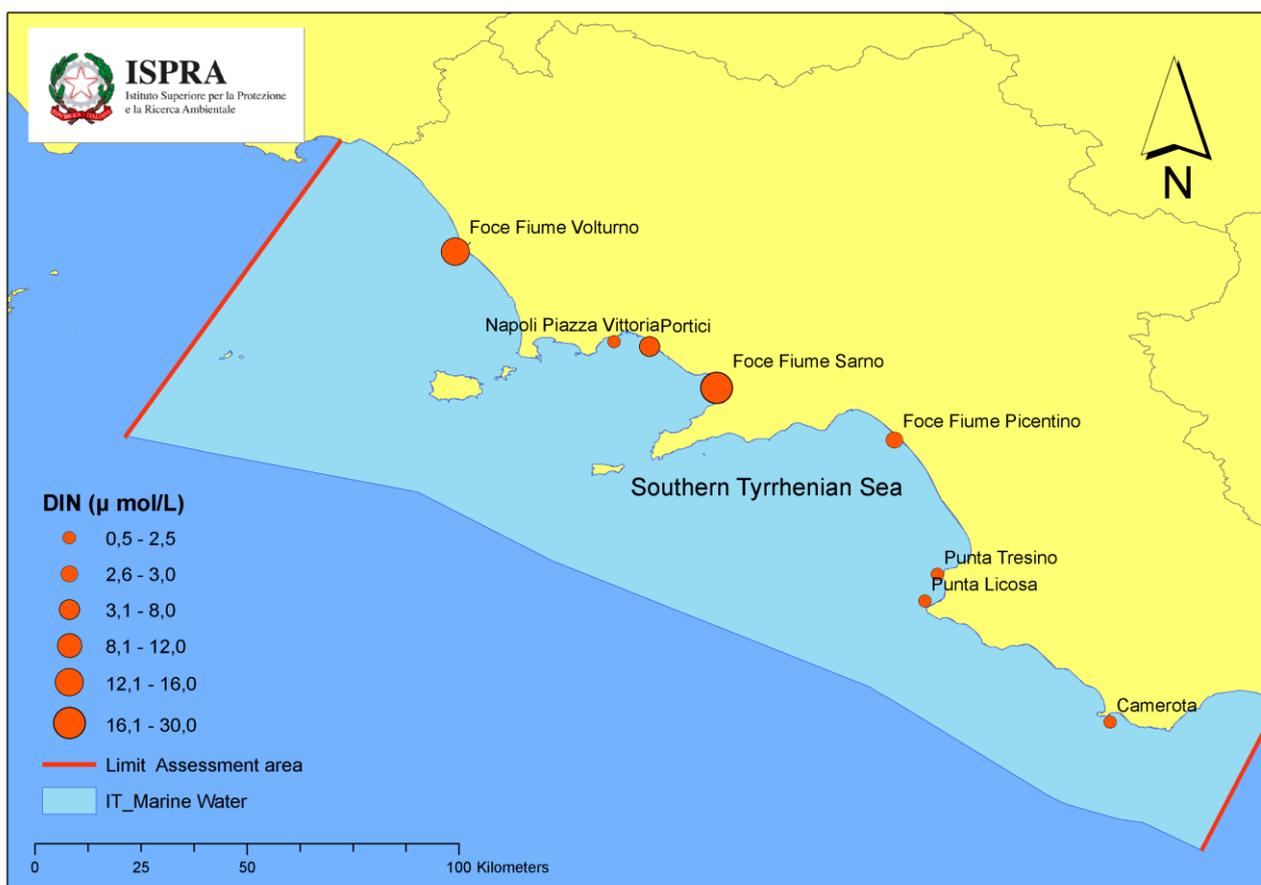
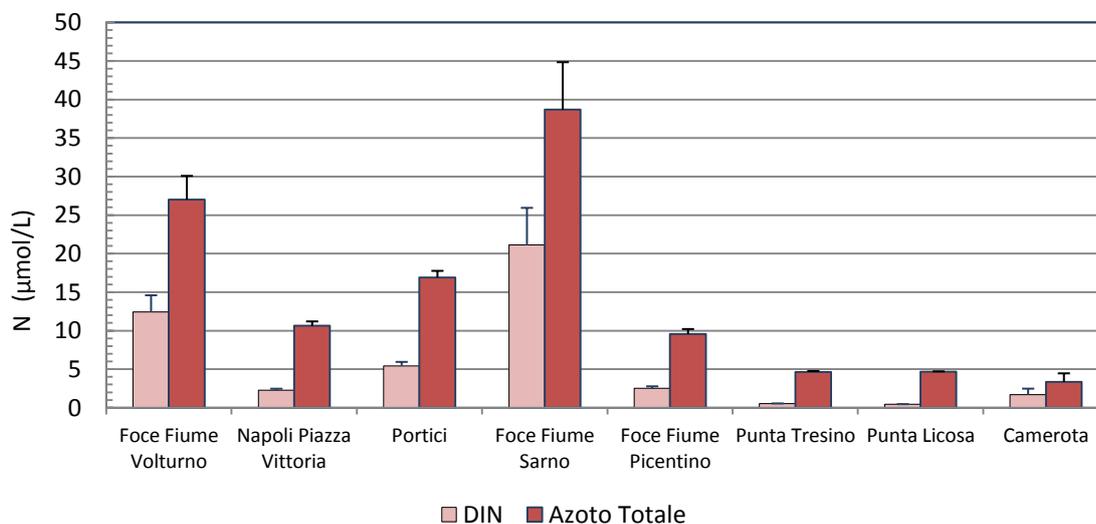


Figura 10. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard dell'azoto inorganico disciolto (DIN, in µmol/L) e dell'azoto totale (TN, in µmol/L) nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle concentrazioni medie annuali di DIN (µmol/L) con ubicazione delle stazioni di campionamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Mar Tirreno Meridionale
 Andamento delle Medie Annuali del Fosforo totale e del Fosforo Ortofosfato
 (periodo 2001 - 2009)

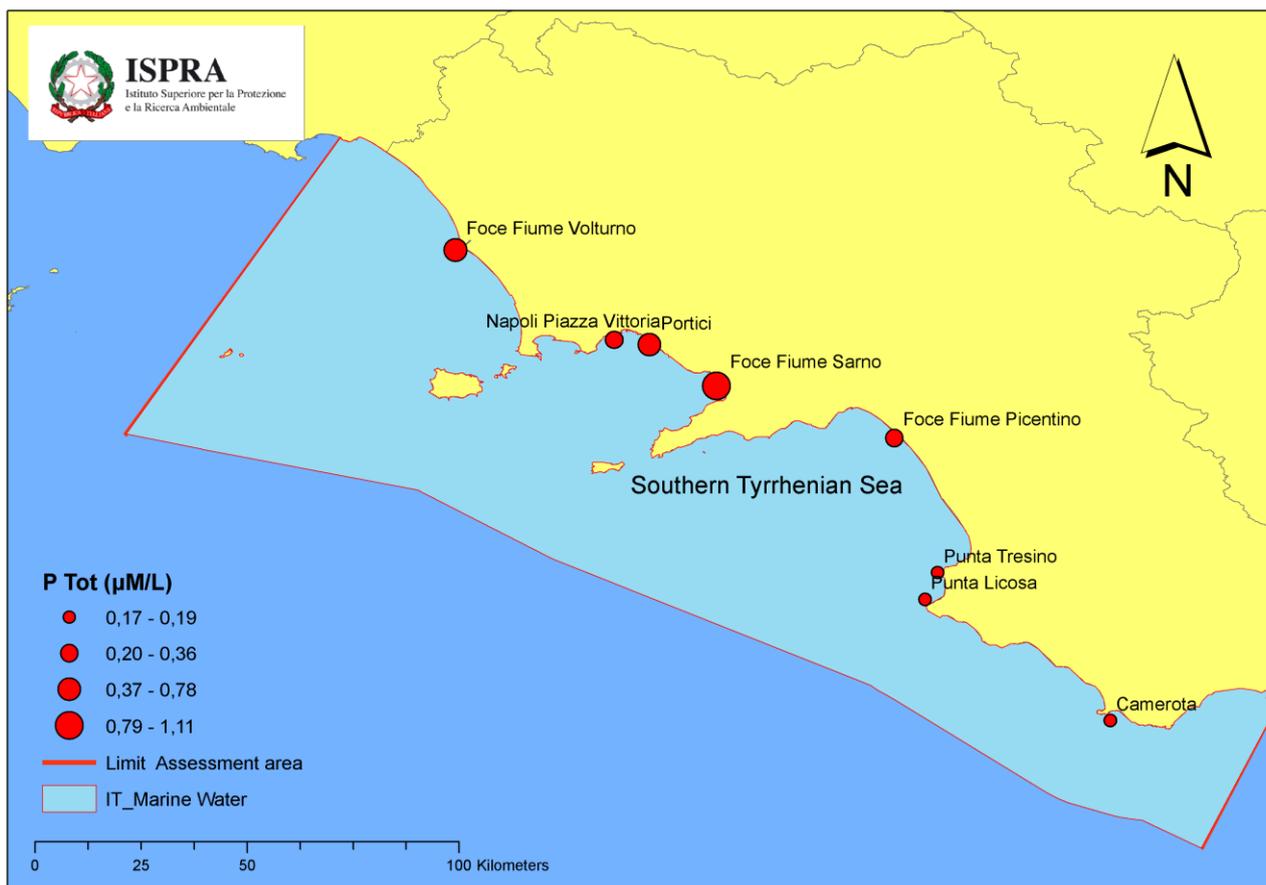
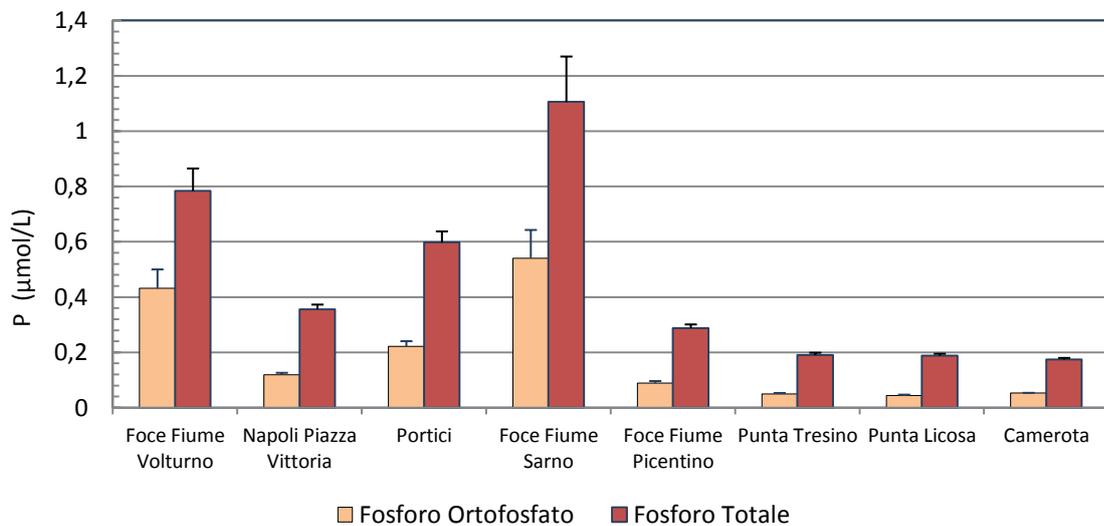


Figura 11. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard dell'ortofosfato (P-PO₄, in µmol/L) e del fosforo totale (P tot, in µmol/L) nell'area di valutazione Mar Tirreno Meridionale' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle concentrazioni medie annuali di P tot (µmol/L) con ubicazione delle stazioni di campionamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Impatti

Effetti diretti dell'arricchimento in nutrienti

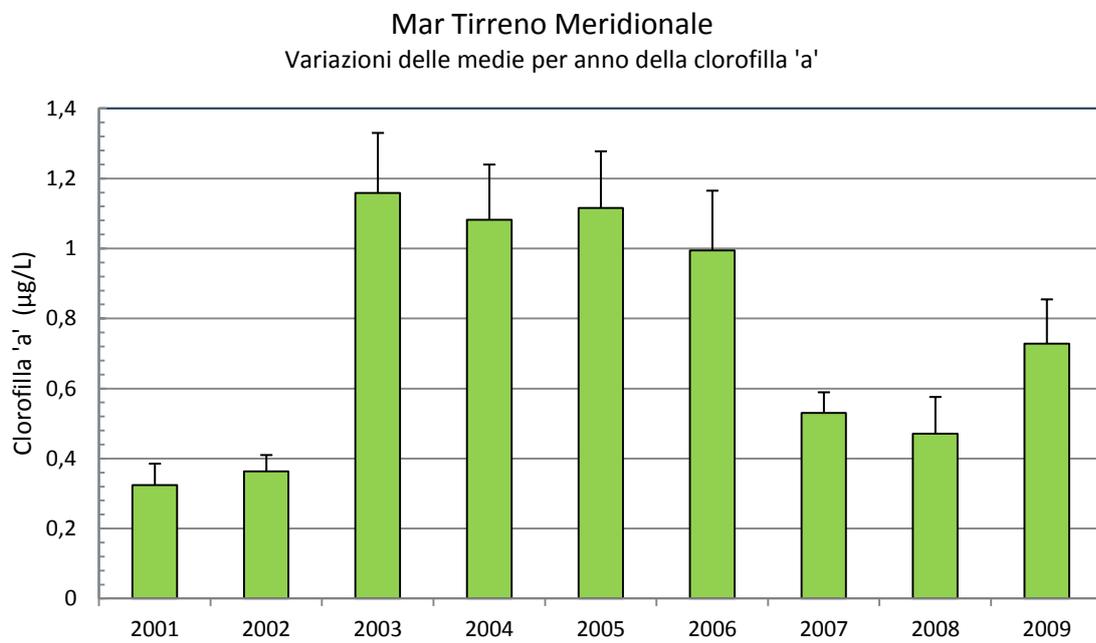


Figura 12. Andamento temporale della concentrazione media annuale + errore standard della clorofilla 'a' ($\mu\text{g/L}$) nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale'. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

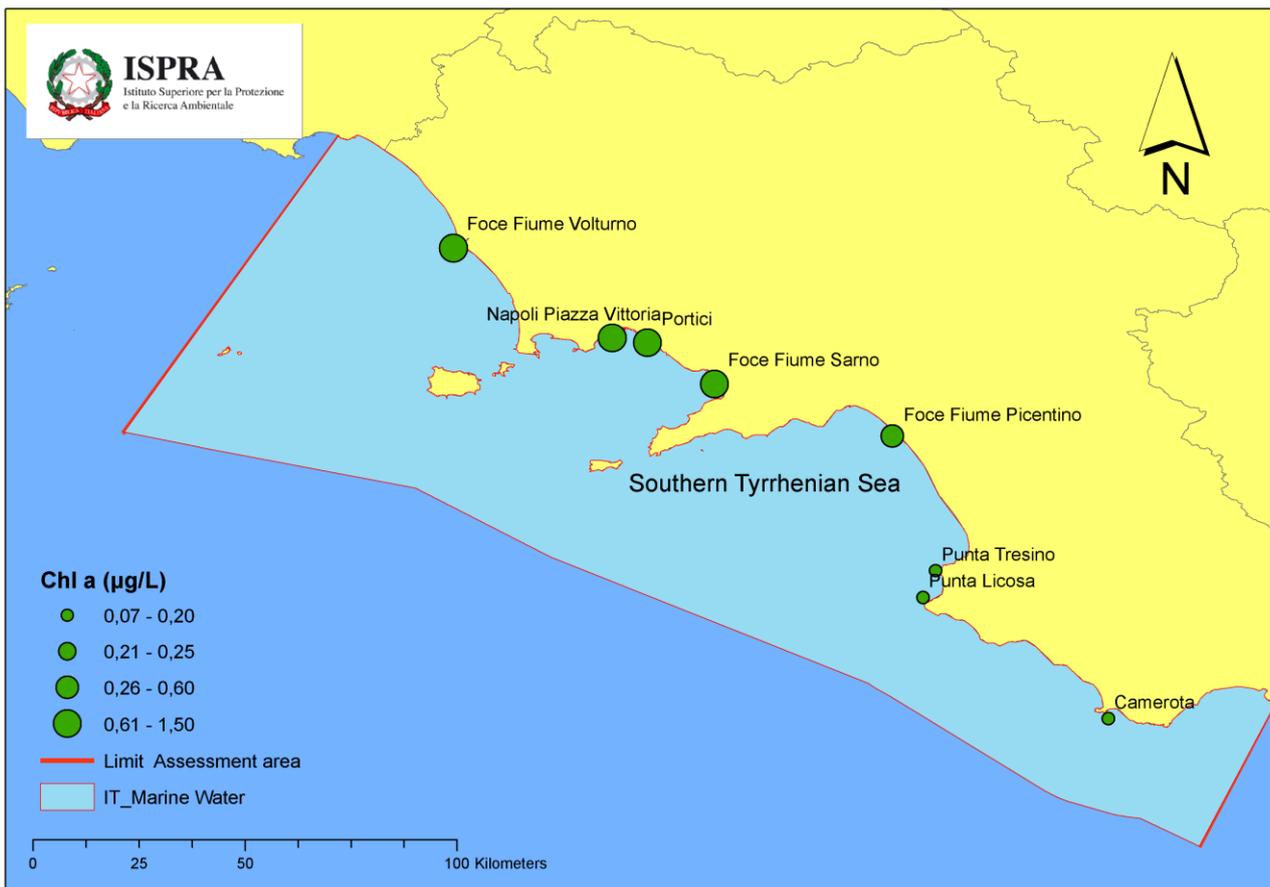
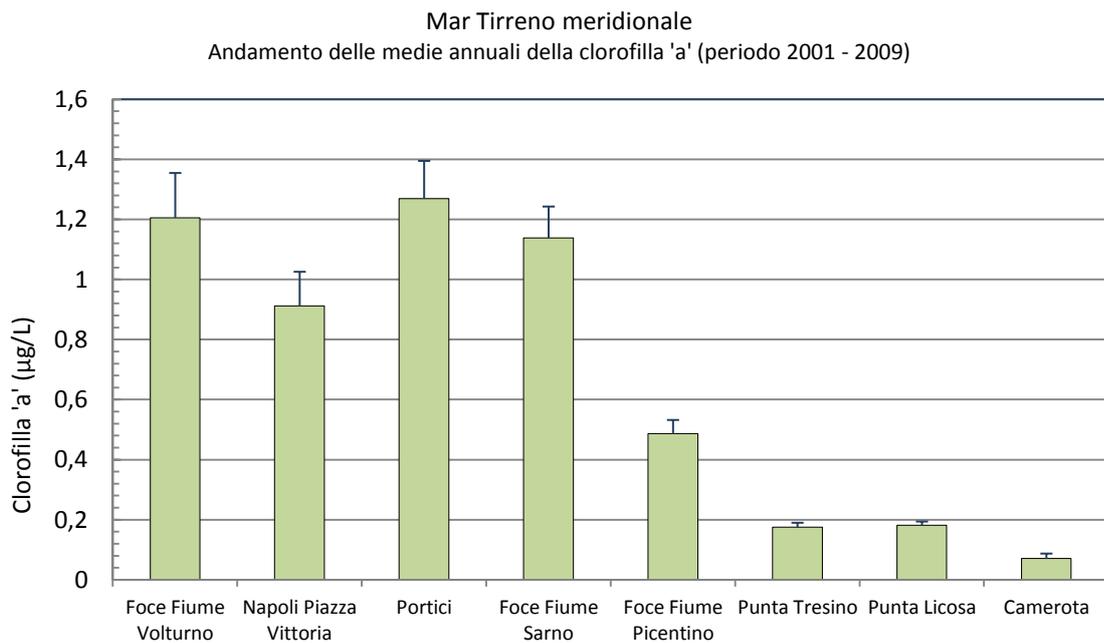


Figura 13. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard della clorofilla 'a' (µg/L) nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle concentrazioni medie annuali di Chl 'a' (µg/L) con ubicazione delle stazioni di campionamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

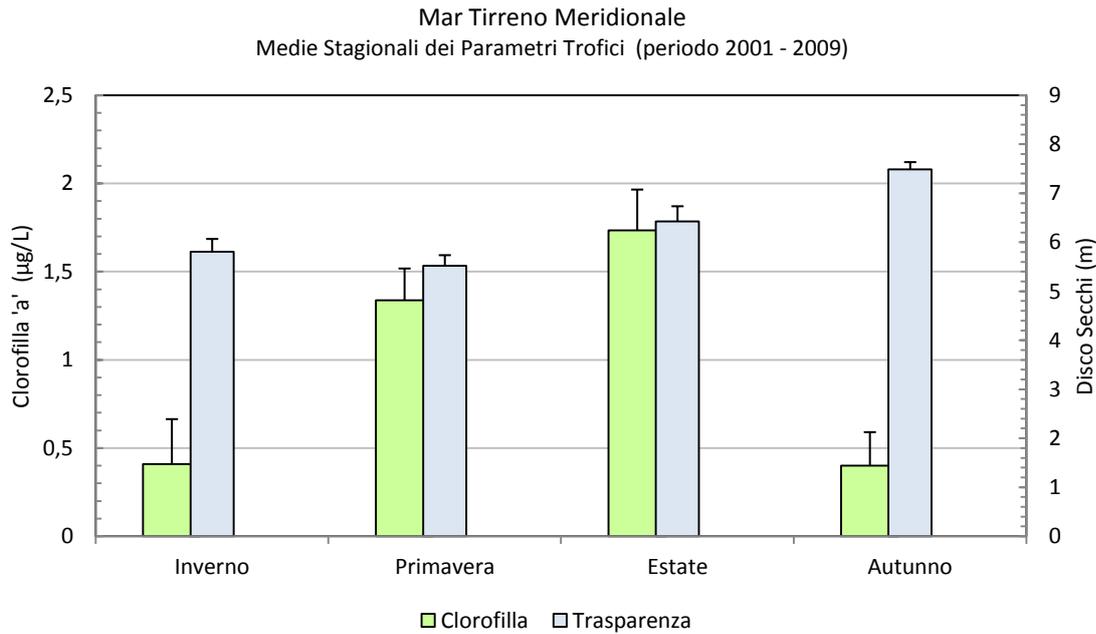


Figura 14. Concentrazioni medie stagionali + errore standard della clorofilla 'a' ($\mu\text{g/L}$) e della trasparenza (disco Secchi, in m) nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

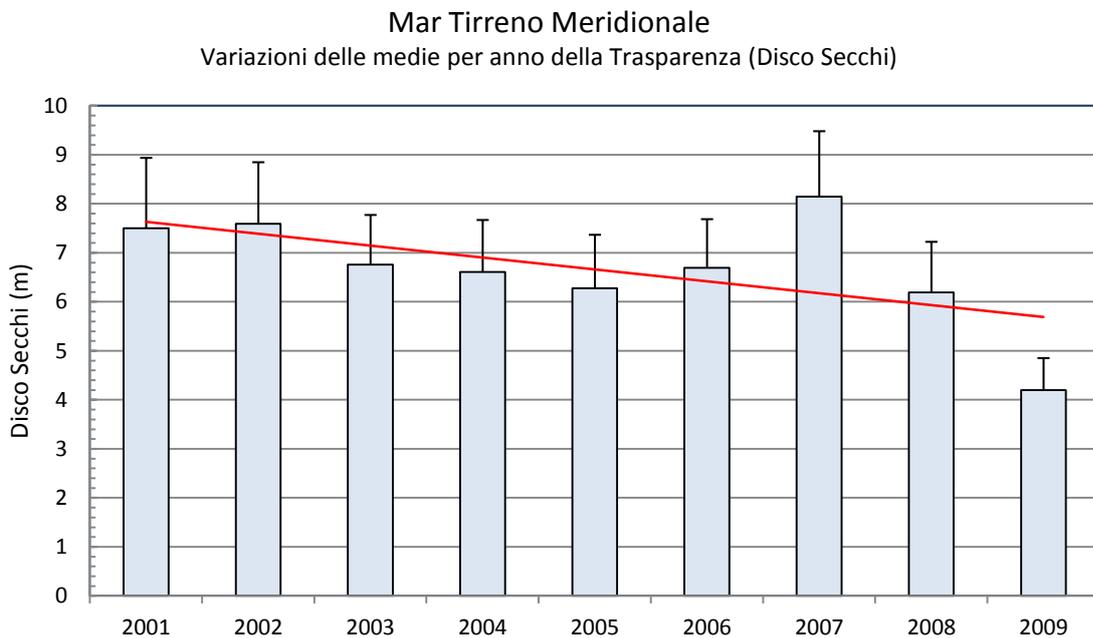


Figura 15. Andamento temporale della trasparenza (disco Secchi) nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

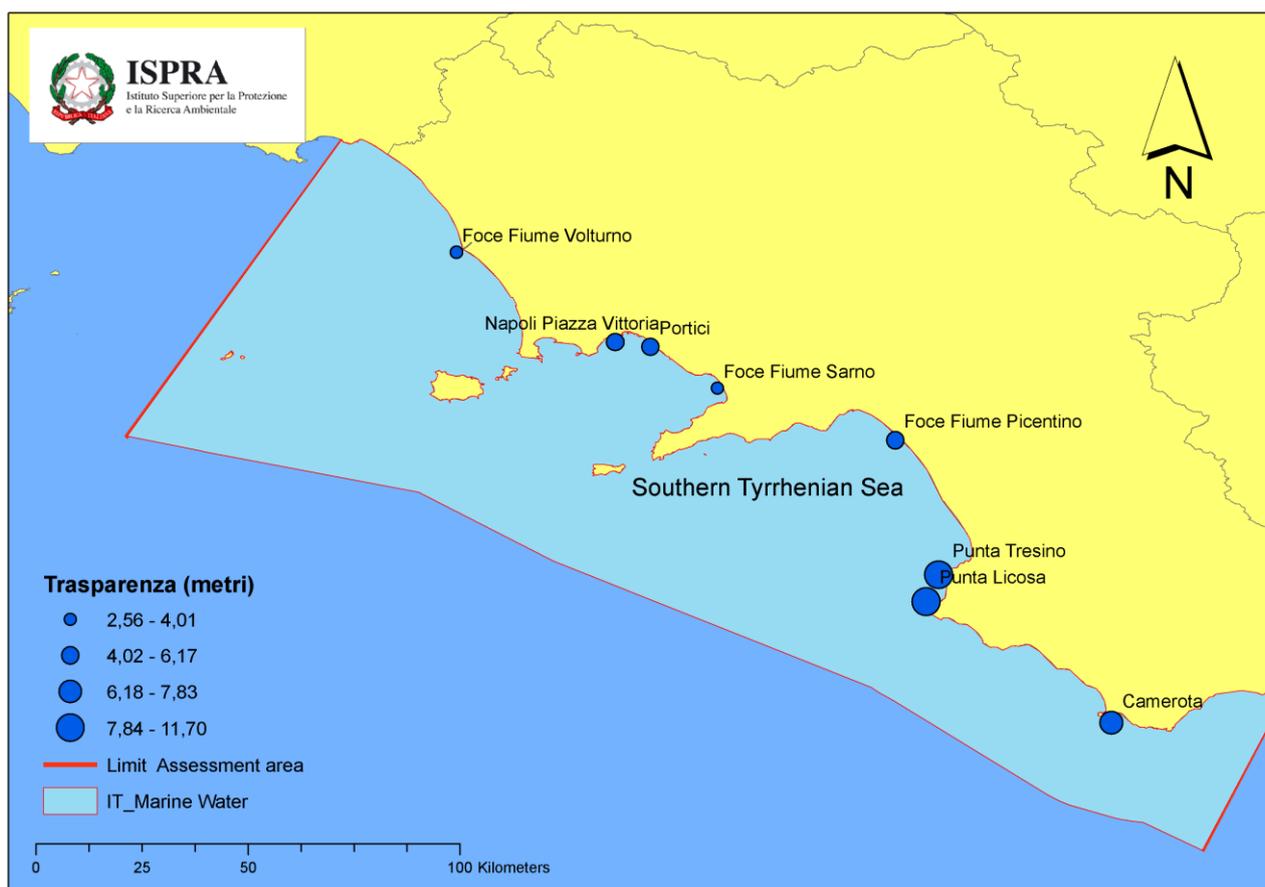
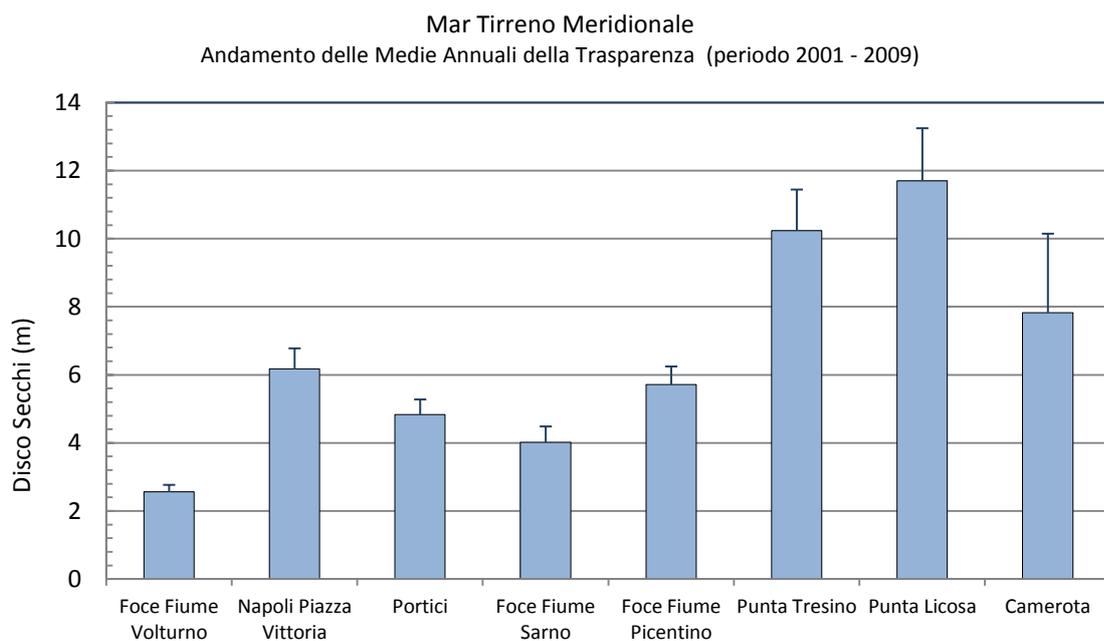


Figura 16. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard della trasparenza (disco Secchi, in m) nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS della trasparenza (disco Secchi, in m) con ubicazione delle stazioni di rilevamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Effetti indiretti dell'arricchimento in nutrienti

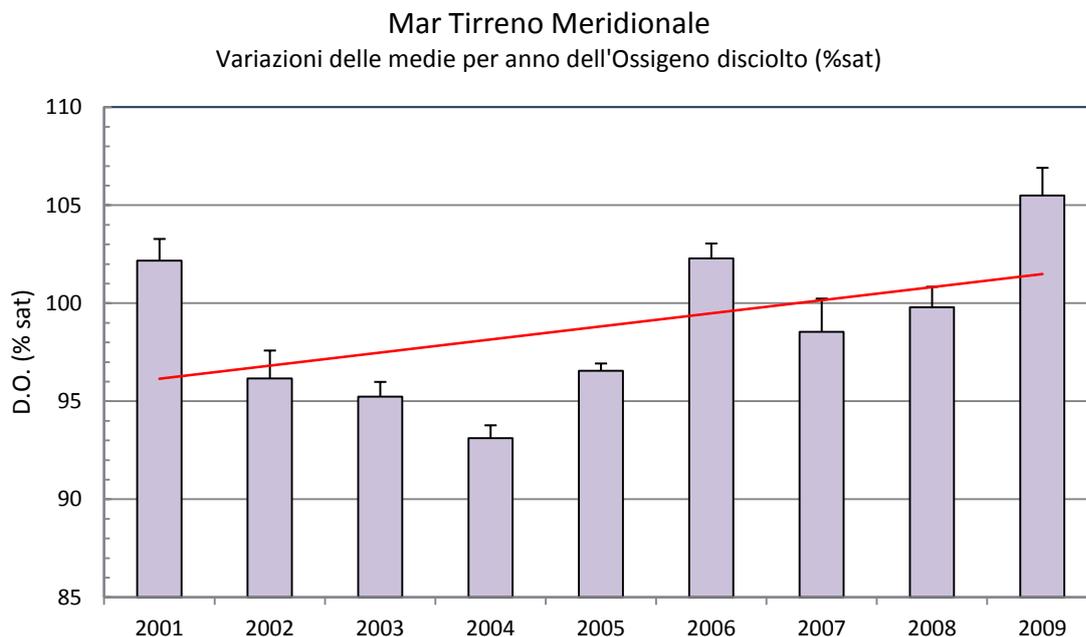


Figura 17. Andamento temporale dell'ossigeno disciolto, espresso in percentuale di saturazione (% sat) + errore standard nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

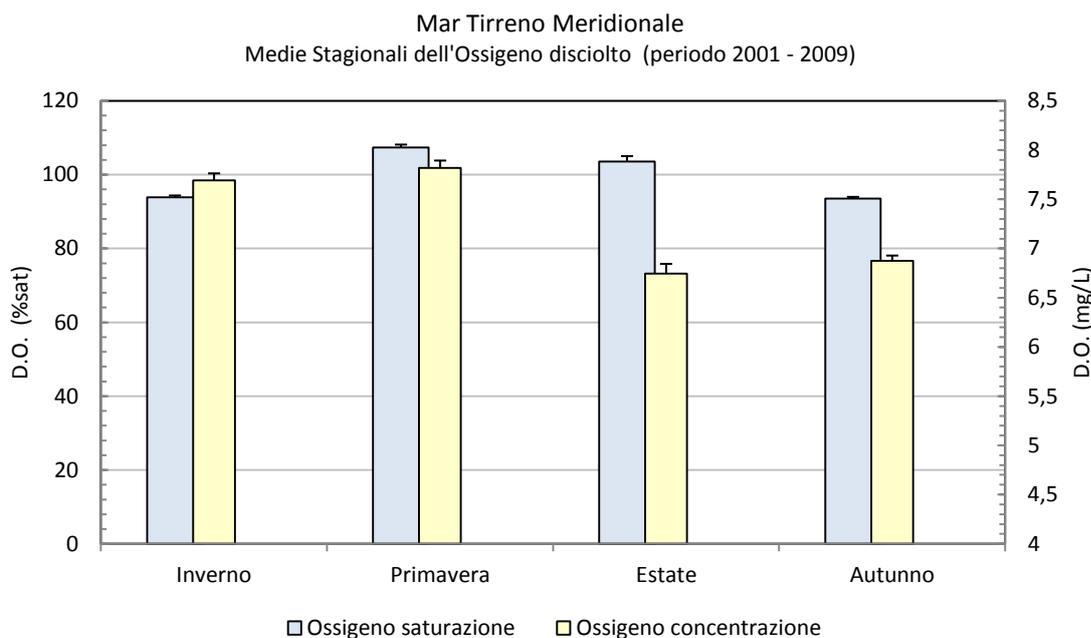


Figura 18. Concentrazioni medie stagionali + errore standard dell'ossigeno disciolto, espresso in termini di % di saturazione (% sat) e concentrazione (mg/L) nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Mar Tirreno Meridionale
 Andamento delle Medie Annuali dell'Ossigeno disciolto
 (periodo 2001 - 2009)

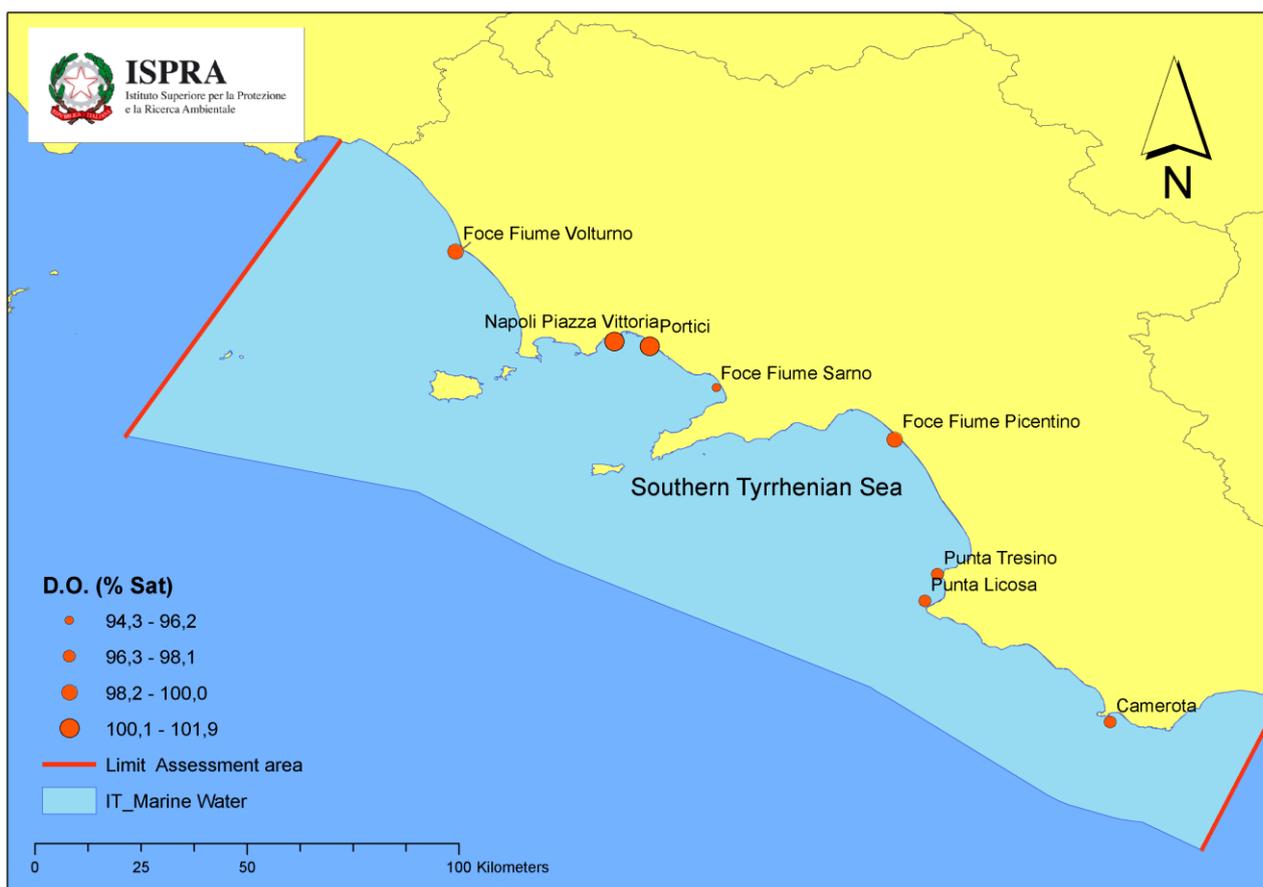
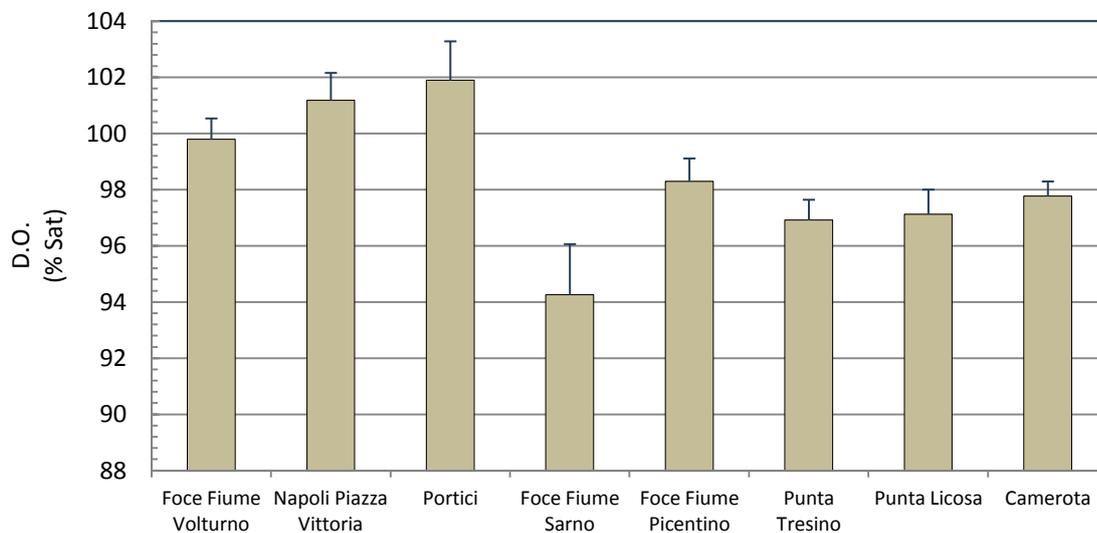


Figura 19. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard dell'ossigeno disciolto, espresso in termini di % di saturazione (% sat), nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale' per gli anni 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle medie annuali di ossigeno disciolto (% sat) con ubicazione delle stazioni di rilevamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Stato trofico

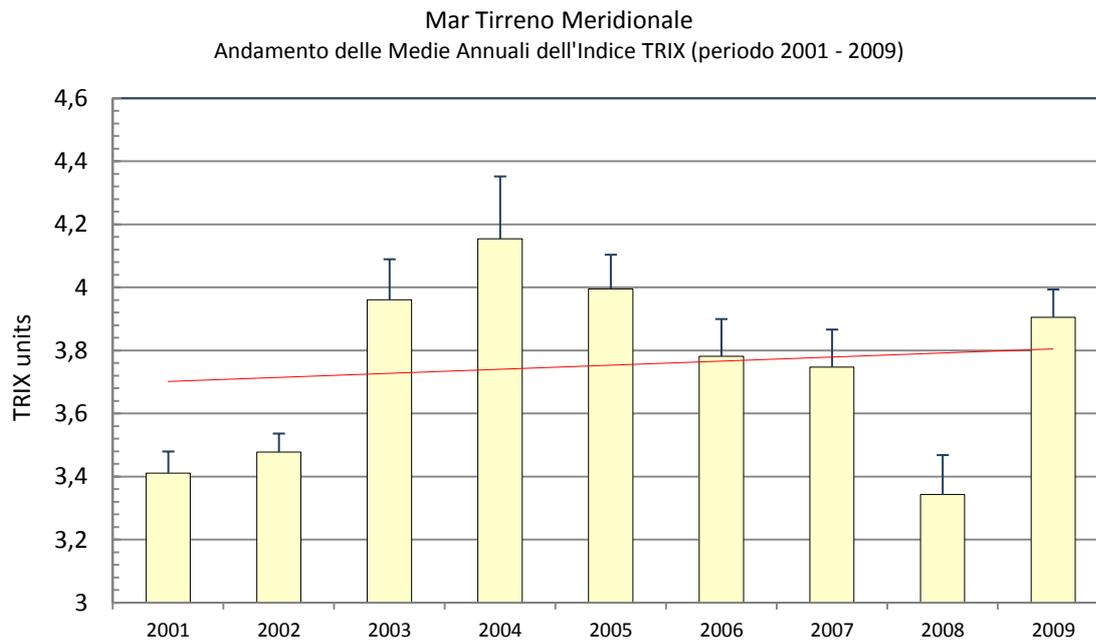


Figura 20. Andamento temporale delle medie annuali dell'Indice TRIX nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

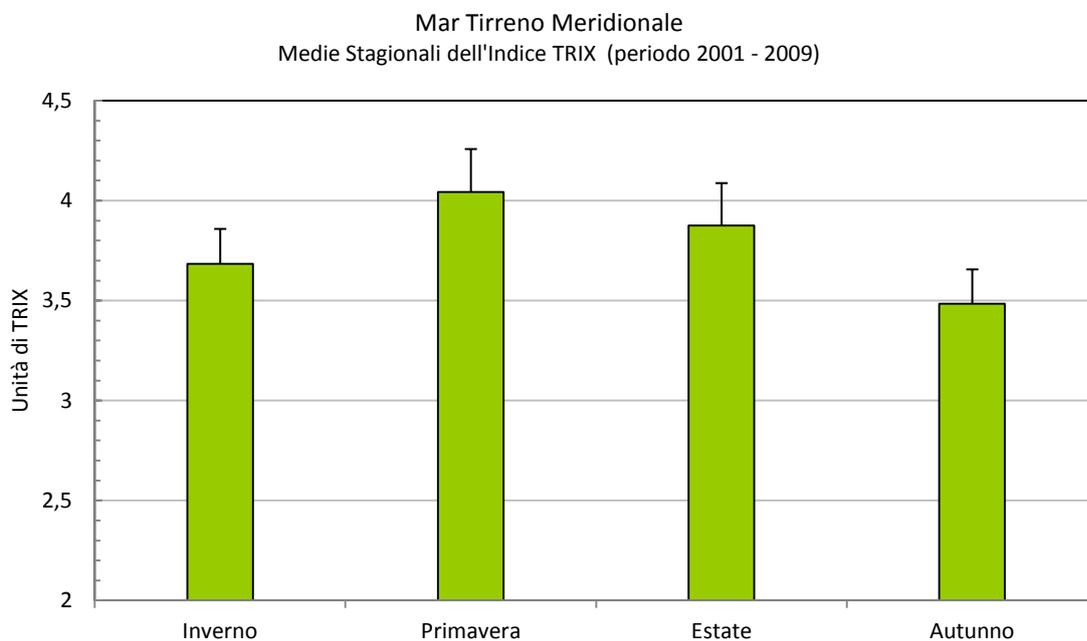


Figura 21. Valori medi stagionali + errore standard dell'Indice TRIX nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Mar Tirreno Meridionale
 Andamento delle Medie Annuali dell'Indice TRIX (periodo 2001 - 2009)

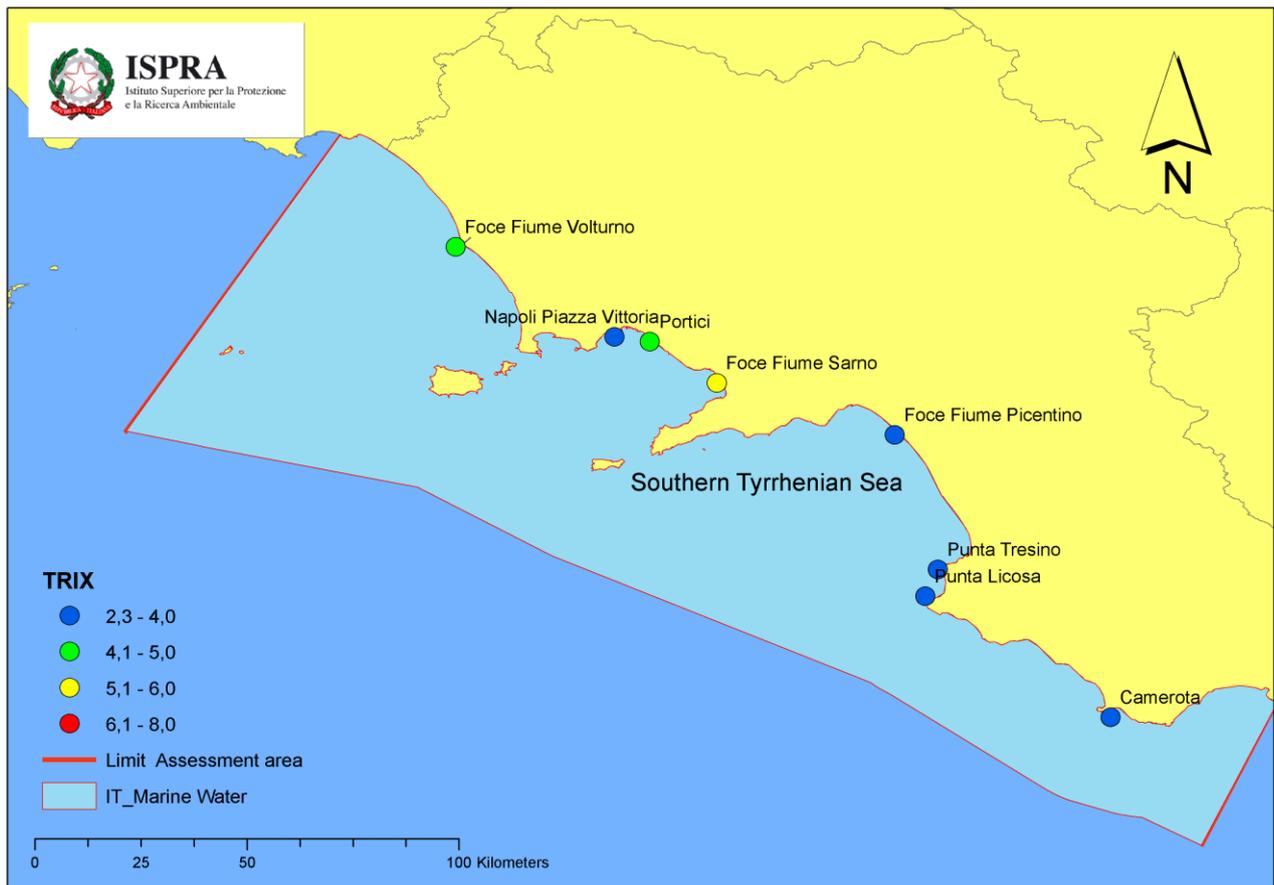
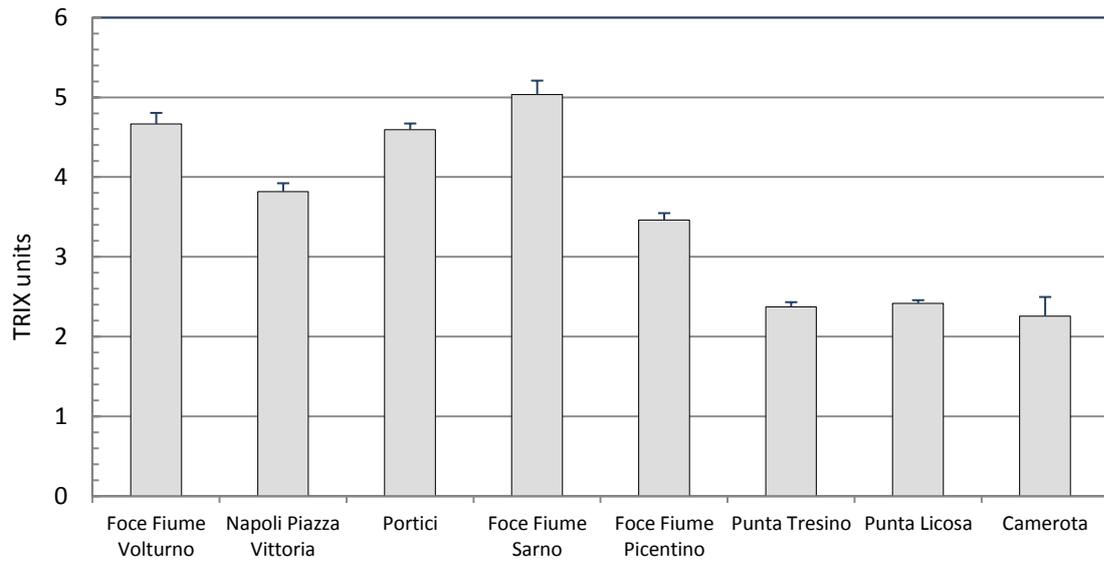


Figura 22. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard dell'Indice TRIX nell'area di valutazione 'Mar Tirreno Meridionale' per gli anni 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle medie annuali di TRIX con ubicazione delle stazioni. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.