



ISPRA

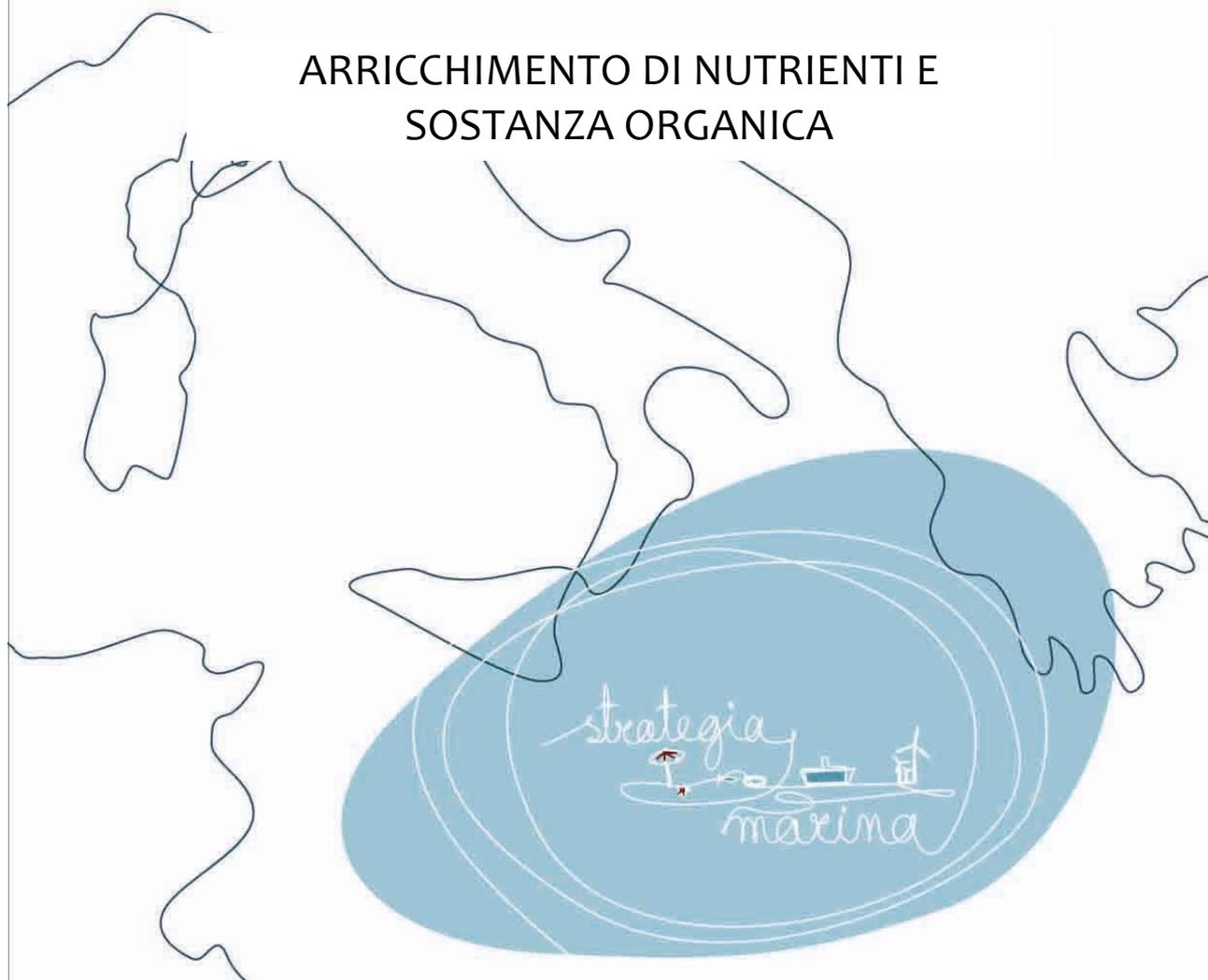
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

BOZZA • 10 MAGGIO 2012

STRATEGIA PER L'AMBIENTE MARINO

Valutazione Iniziale
SOTTOREGIONE MAR IONIO
E MEDITERRANEO CENTRALE

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

AREA DI VALUTAZIONE

Nella Sottoregione Mar Ionio e Mar Mediterraneo centrale sono state individuate 2 aree di valutazione denominate 'Golfo di Taranto', e 'Mar Ionio occidentale e Canale di Sicilia' (Figura 50). Nel presente documento si riporta il Golfo di Taranto quale esempio di area di valutazione della Sottoregione Mar Ionio e Mar Mediterraneo centrale.

4.1.14.2 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 il Golfo di Taranto, i bacini fluviali tributari considerati sono (Figura 51, Tabella 3): il Sinni, il Basento, il Bradano e il Crati. Solo il f. Crati presenta portate che superano i 100 mc/sec, mentre per gli altri fiumi le portate rilevate sono intorno a pochi mc/sec (20 nel caso del f. Sinni).

Il carico annuo di azoto, come dato disponibile per i soli fiumi della Basilicata, è intorno a 800 t/anno per ciascun bacino (Figura 52). Da rilevare il notevole apporto di azoto proveniente dal fiume Bradano, nonostante le sue portate siano solo di 3 mc/sec.

Il contributo di azoto proveniente dagli scarichi degli impianti di depurazione costieri (2700 t/anno, cfr. Figura 54), è paragonabile a quello complessivo liberato dai bacini fluviali.

Nel caso del fosforo (Figura 53) si osserva il notevole contributo del f. Crati che, con una portata di 80 mc/sec e con un carico di oltre 160 t/anno di fosforo, è la principale sorgente puntuale di questo nutriente nel golfo di Taranto. Gli altri bacini presentano ciascuno valori di carico non superiori a 40 t/anno di P. Per questo nutriente il contributo dal comparto civile, valutato come apporto dagli impianti di depurazione costieri è pari a 650 t/anno e supera quindi di circa due volte il carico complessivo derivante dai bacini fluviali.

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

Concentrazione di nutrienti nell'ambiente marino

Occorre sottolineare innanzitutto che le concentrazioni medie relative al Golfo di Taranto sono di molto inferiori a quelle tipiche dell'Alto Adriatico e non presentano situazioni di particolare criticità, come invece nel caso dell'area di valutazione del Tirreno meridionale.

L'azoto disciolto inorganico (DIN: Figura 55) mostra una certa tendenza all'aumento dal 2001 al 2009, con un massimo nel 2008 (circa 7 $\mu\text{mol/L}$, contro un minimo di 2.3 $\mu\text{mol/L}$ nel 2001. Analogo comportamento è riscontrabile per il P totale, con un valore massimo da riferire al 2008 (1 $\mu\text{mol/L}$ di P totale, concentrazione

doppia rispetto a quelle degli anni precedenti. Il dato del 2007 - 1.4 $\mu\text{mol/L}$ di P totale - è dubbio, essendo la media di solo pochi valori che non coprono tutto l'arco annuale). La variabilità stagionale (Figura 56) non è così marcata come nelle altre aree già analizzate e, nel caso del fosforo (Figura 57), i valori massimi sono raggiunti durante la stagione estiva. Da segnalare anche in questo caso le basse concentrazioni di fosforo orto fosfato che in media non superano mai le 2 $\mu\text{mol/L}$.

Infine, l'analisi della Figura 58, consente di evidenziare gli effetti sulle concentrazioni dei nutrienti a mare dovuti alla presenza delle foci fluviali, con i massimi sia di N che di P, che si riscontrano in corrispondenza del f. Sinni e del f. Basento.

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'

Il trend delle medie annuali della concentrazione di clorofilla 'a' (Figura 60) è abbastanza uniforme per tutto il periodo considerato, con il valore più basso per l'anno 2001 intorno a 0.2 $\mu\text{g/L}$.

Si nota un aumento negli ultimi tre anni con valori superiori a 0.4 $\mu\text{g/L}$ nel 2009.

Osservando l'andamento spaziale delle medie annuali (Figura 61), il valore più basso si registra nella stazione di Taranto (poco più di 0.25 $\mu\text{g/L}$) mentre il valore più alto, superiore a 0.4 $\mu\text{g/L}$, si trova nella stazione del Basento in Basilicata, proprio al centro del Golfo.

Dall'analisi delle medie stagionali della concentrazione di clorofilla 'a' (Figura 62) in relazione ai valori assunti al parametro trasparenza, si riscontrano i valori maggiori in inverno e primavera superiori a 0.5 $\mu\text{g/L}$ e i valori minori nei periodi successivi con un picco estivo intorno a 0.3 $\mu\text{g/L}$ e conseguente notevole aumento della trasparenza che supera i 10m.

Trasparenza

L'andamento annuale della trasparenza (Figura 63) mostra una graduale diminuzione lungo il periodo che va dal 2002 al 2007, ed un successivo aumento con un picco più alto nel 2008.

Come già accennato i valori più alti di trasparenza si registrano durante la stagione estiva e superano i 10 m. Valori inferiori ai 10 m si registrano nei periodi invernale e primaverile (Figura 62).

Considerando i valori delle medie annuali per stazioni del parametro trasparenza (Figura 64), i valori più bassi si osservano in corrispondenza del porto di Taranto intorno agli 8 m, mentre nella stazione di Porto Cesareo si registrano i valori più alti (15 m).

Impatti

Effetti indiretti dell'arricchimento in nutrienti

Ossigeno Disciolto

Le variazioni delle medie annuali della percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto (Figura 65) mostrano un trend lievemente crescente fino al 2007, mentre negli ultimi due anni si riscontra una notevole diminuzione del valore di saturazione che raggiunge poco più del 96%.

L'andamento delle medie stagionali (Figura 66) mostra un andamento costante con valori di saturazione stabilmente intorno o uguali al 100% per tutto il periodo dell'anno.

Analizzando il grafico nella Figura 67 e la corrispondente mappa, l'area più critica per le condizioni di ossigenazione si rivela la stazione di Sinni con un valore di sottosaturazione del 95%.

Stato trofico

Indice TRIX

Dall'andamento delle medie annuali di TRIX (Figura 68) si evidenzia un incremento costante dei livelli trofici a partire da 3.4 unità (oligotrofia) nel 2001 fino a valori uguali o maggiori di 4 (mesotrofia) dopo il 2006.

Questo incremento è comprovato da un analogo graduale aumento della clorofilla 'a' e nutrienti, con una progressiva diminuzione della trasparenza.

La stagione invernale (Figura 69) è quella con i massimi valori di TRIX (>4), che però non si scostano molto dai valori relativi alle altre stagioni.

L'andamento spaziale dell'indice (Figura 70) dimostra l'effetto degli apporti di nutrienti dai fiumi sui livelli trofici costieri, con i massimi valori di TRIX (>3.8) in corrispondenza delle foci Sinni e Basento.

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: : information gap

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).

AREA DI VALUTAZIONE



Figura 50. Aree di valutazione per il reporting MSFD sull'arricchimento in nutrienti e sostanza organica. La freccia rossa indica l'area 'Golfo di Taranto', per la quale si effettua la valutazione nella presente bozza di report quale esempio della sottoregione Mar Ionio e Mar Mediterraneo centrale.

Carichi di azoto e fosforo

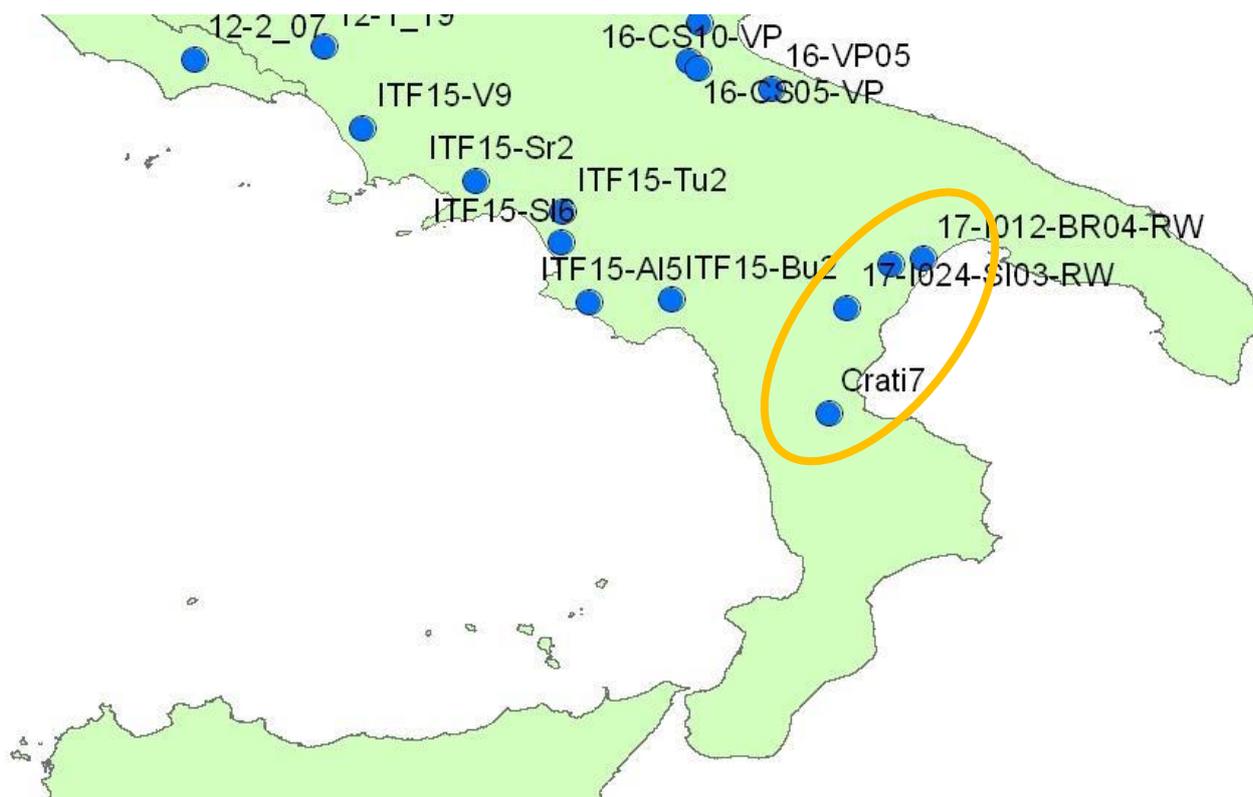


Figura 51. Punti stazione (nell'ovale) per la determinazione dei carichi di azoto e fosforo da fonti fluviali nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto', sottoregione Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale.

Tabella 3. Denominazione stazioni di cui alla Figura 51.

CODICE STAZIONE	REGIONE	DENOMINAZIONE STAZIONE
17-BAS02-BS02-RW	Basilicata	Basento a Menzena
17-I012-BR04-RW	Basilicata	Bradano a Tavole Palatine
17-I024-SI03-RW	Basilicata	Sinni a Valsinni
Crati7	Calabria	Crati a Conca

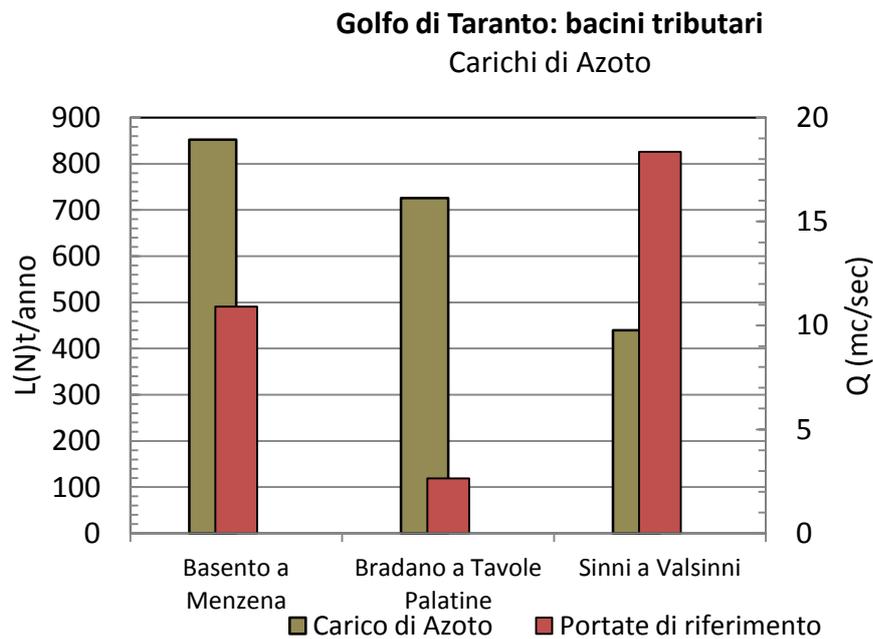


Figura 52. Media annuale dei carichi di azoto (t/anno) calcolata per il periodo 2008-2010 e portata di riferimento (serie storica 1921-1970) (mc/sec) dei principali bacini dell'area di valutazione 'Golfo di Taranto'.

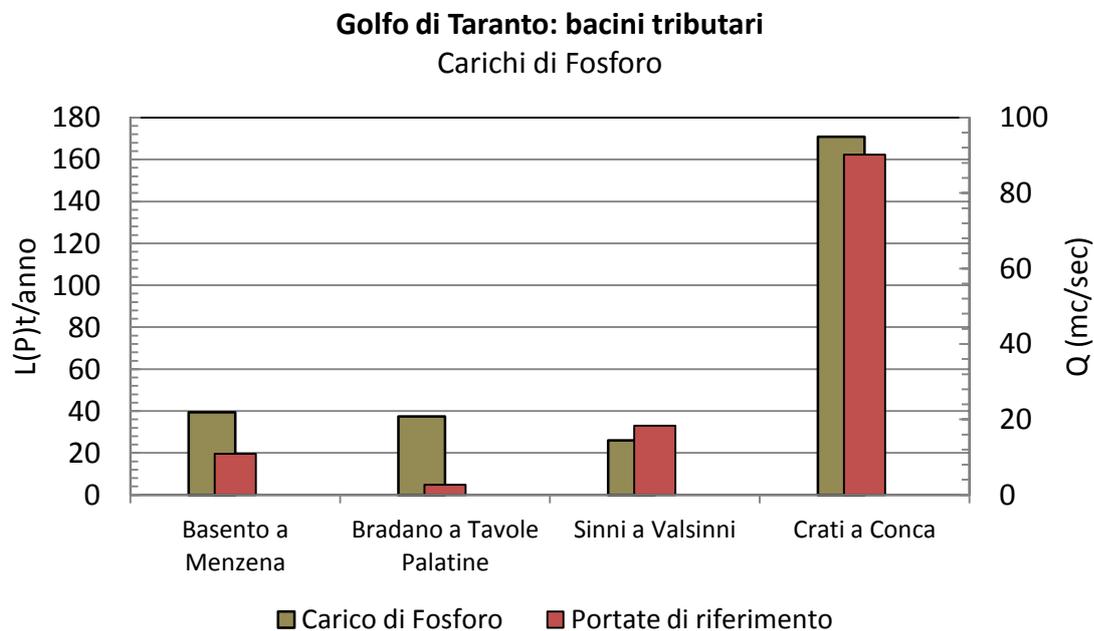


Figura 53. Media annuale dei carichi di fosforo (T/anno) calcolata per il periodo 2008-2010 e portata di riferimento (in mc/sec) dei principali bacini dell'area di valutazione 'Golfo di Taranto'. I dati di portata sono riferiti alla serie storica 1921-1970. (Fonte: SINTAI)

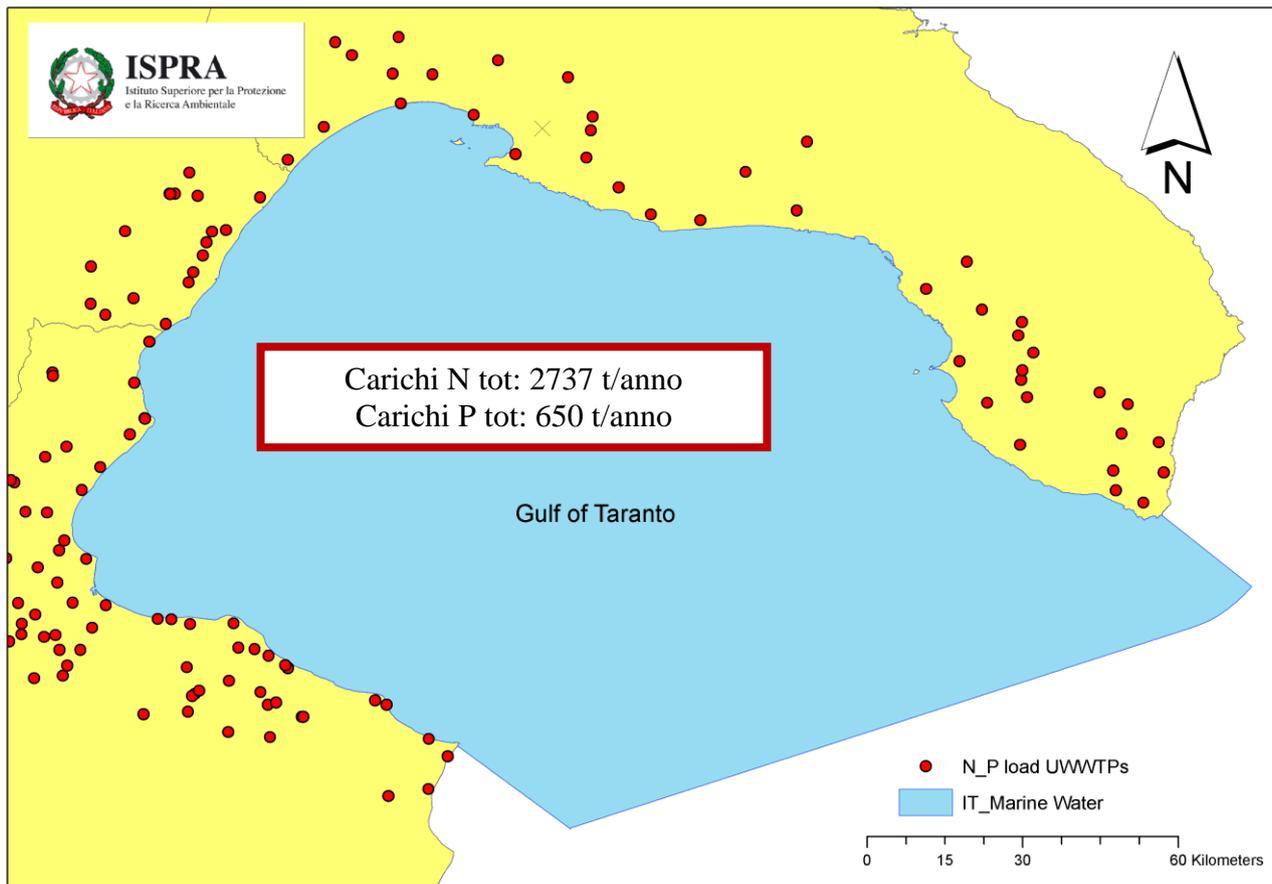


Figura 54. Ubicazione degli impianti di depurazione e/o sistemi di collettamento utilizzati per la stima dei carichi di azoto e fosforo da fonti urbane nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto'. Nel riquadro rosso, si indica il dato complessivo di carichi di azoto e fosforo (t/anno), stimati con riferimento alla data del 31 dicembre 2009. (Fonte: SINTAI).

Concentrazione di nutrienti nell'ambiente marino

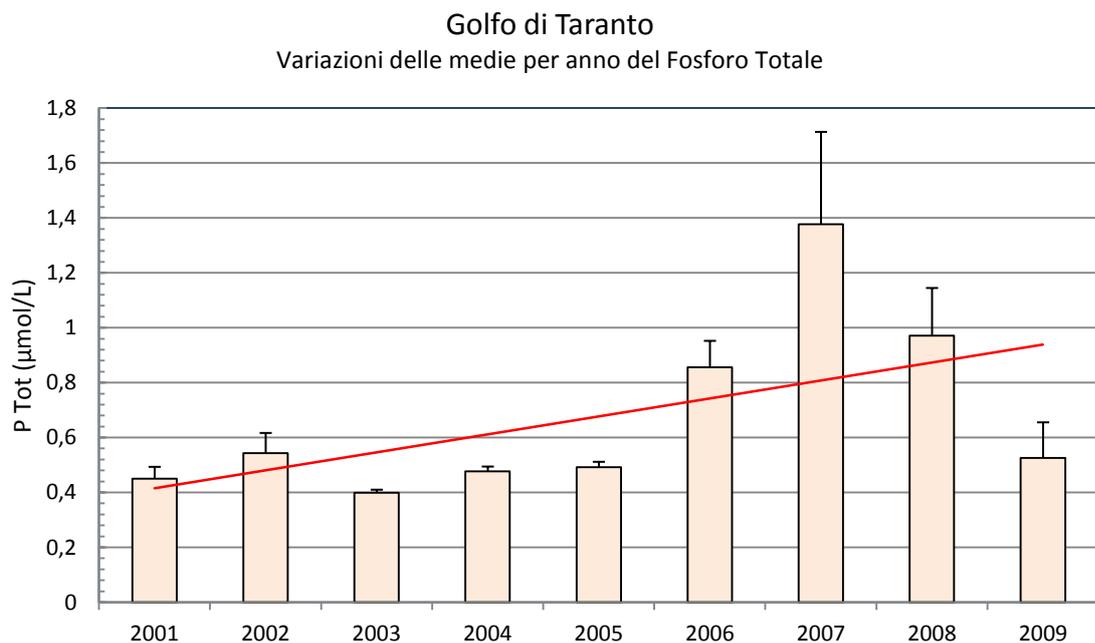
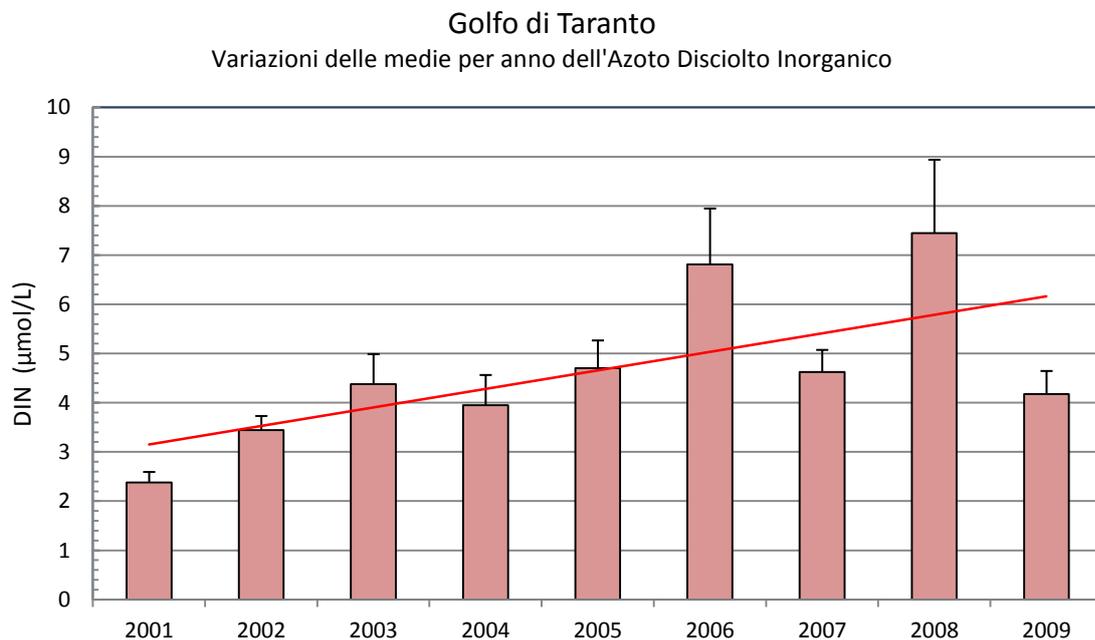


Figura 55. Concentrazioni medie annuali + errore standard dell'azoto inorganico disciolto (DIN, in $\mu\text{mol/L}$, in alto) e del fosforo totale (Ptot, in $\mu\text{mol/L}$, in basso) nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

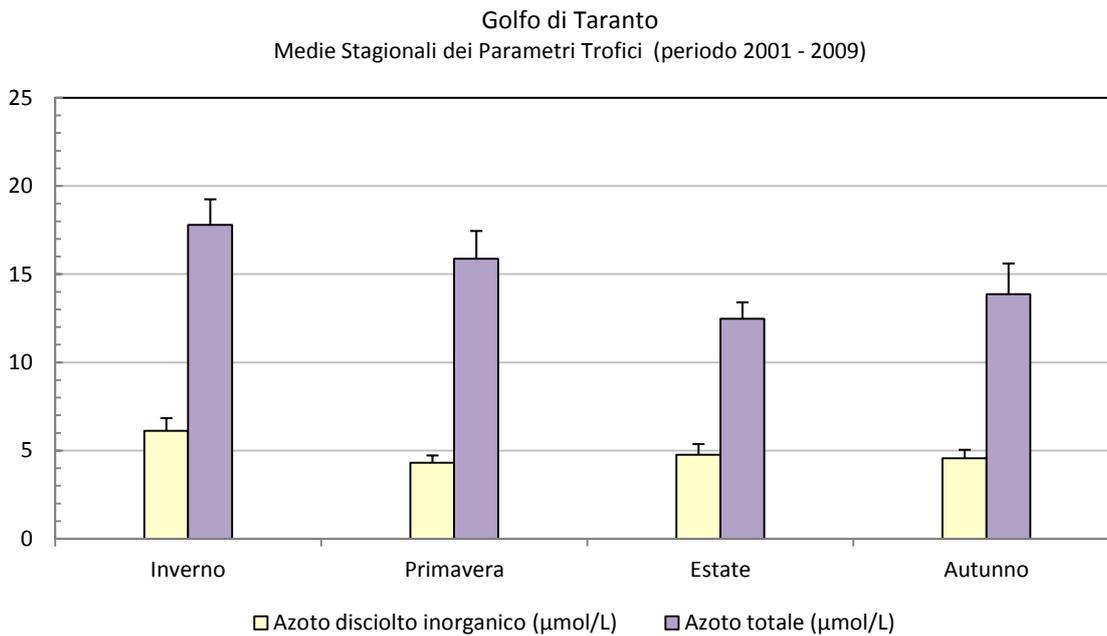


Figura 56. Concentrazioni medie stagionali + errore standard dell'azoto inorganico disciolto e dell'azoto totale (in µmol/L) nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

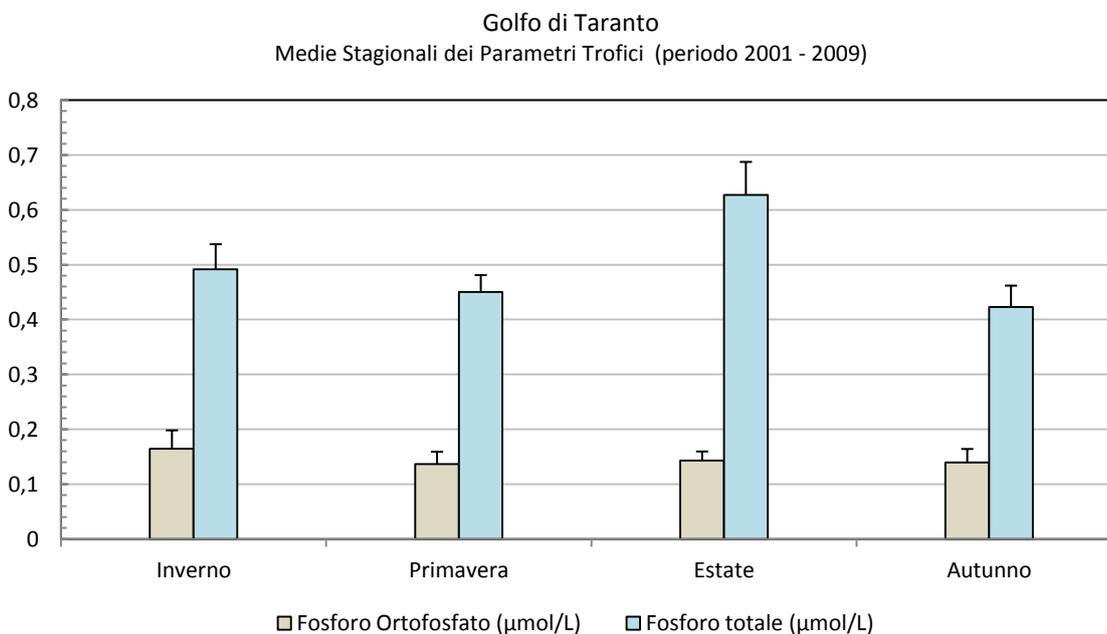


Figura 57. Concentrazioni medie stagionali + errore standard dell'ortofosfato (P-PO₄) e del fosforo totale (in µmol/L) nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

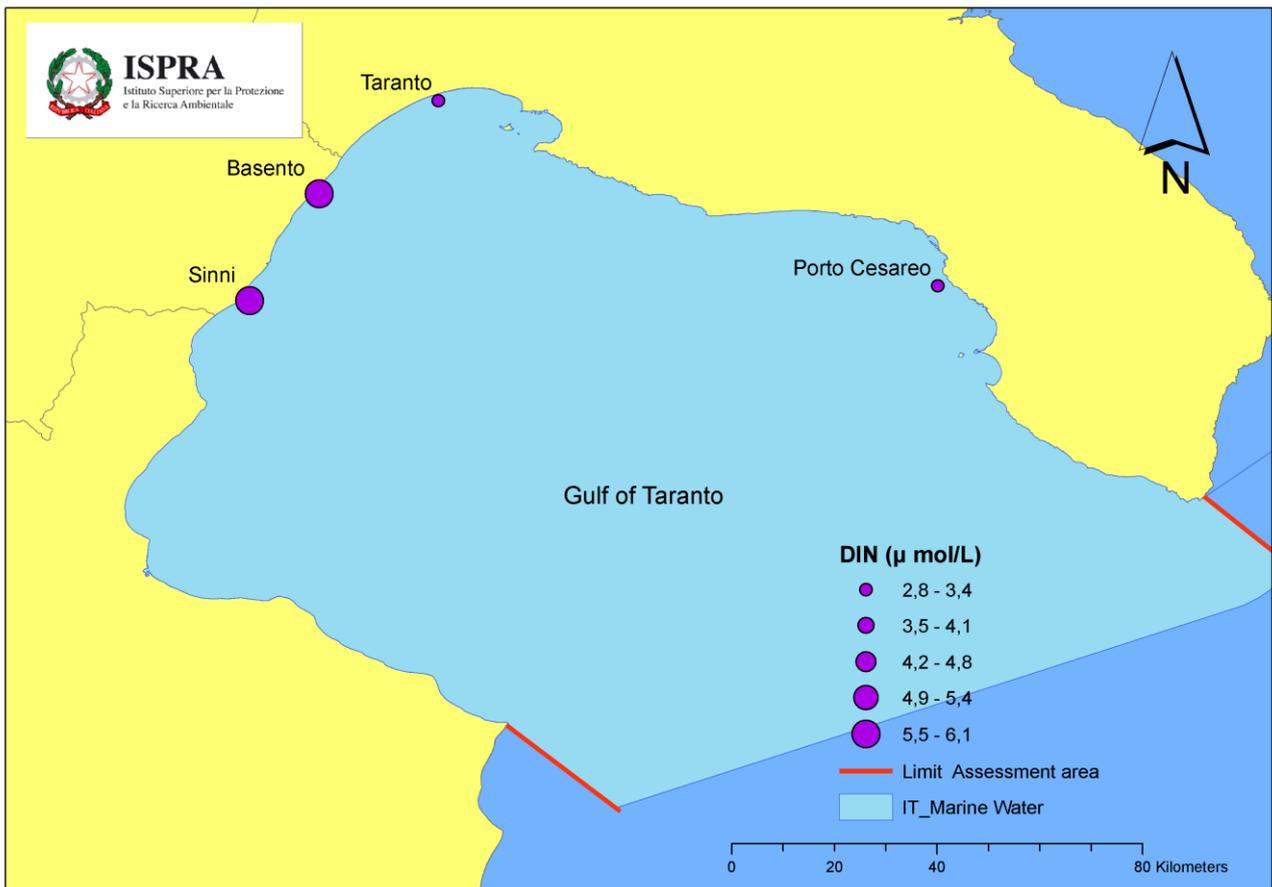
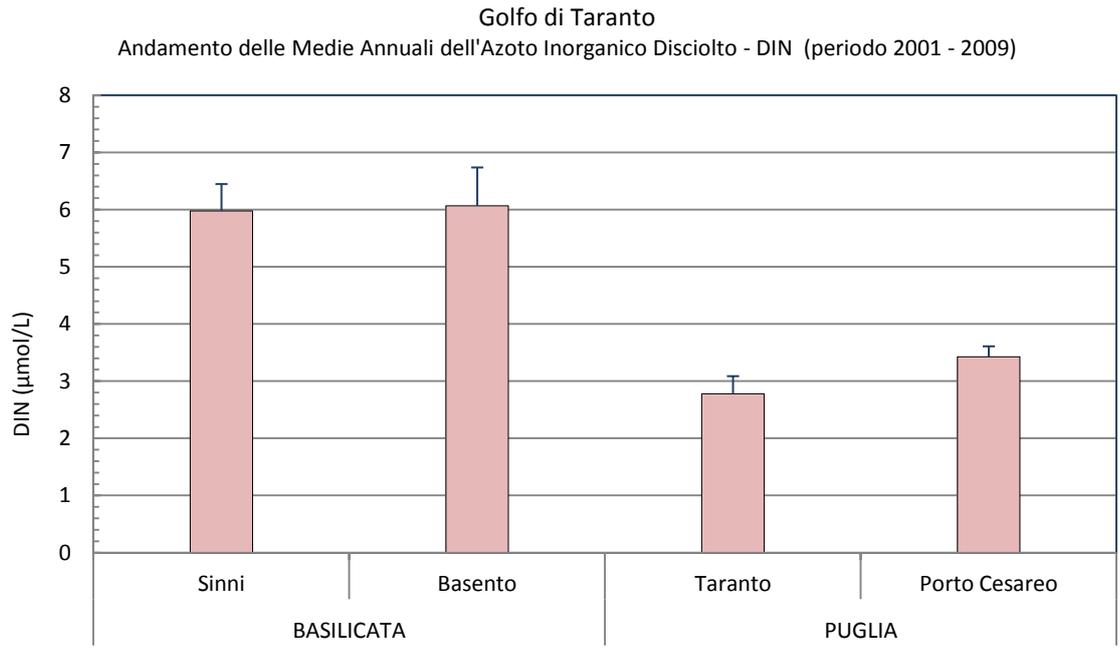


Figura 58. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard dell'azoto inorganico disciolto (DIN, in µmol/L) nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle concentrazioni medie annuali di DIN (µmol/L) con ubicazione delle stazioni di campionamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Golfo di Taranto
 Andamento delle Medie Annuali del Fosforo Totale e Fosforo Ortofossato
 (periodo 2001 - 2009)

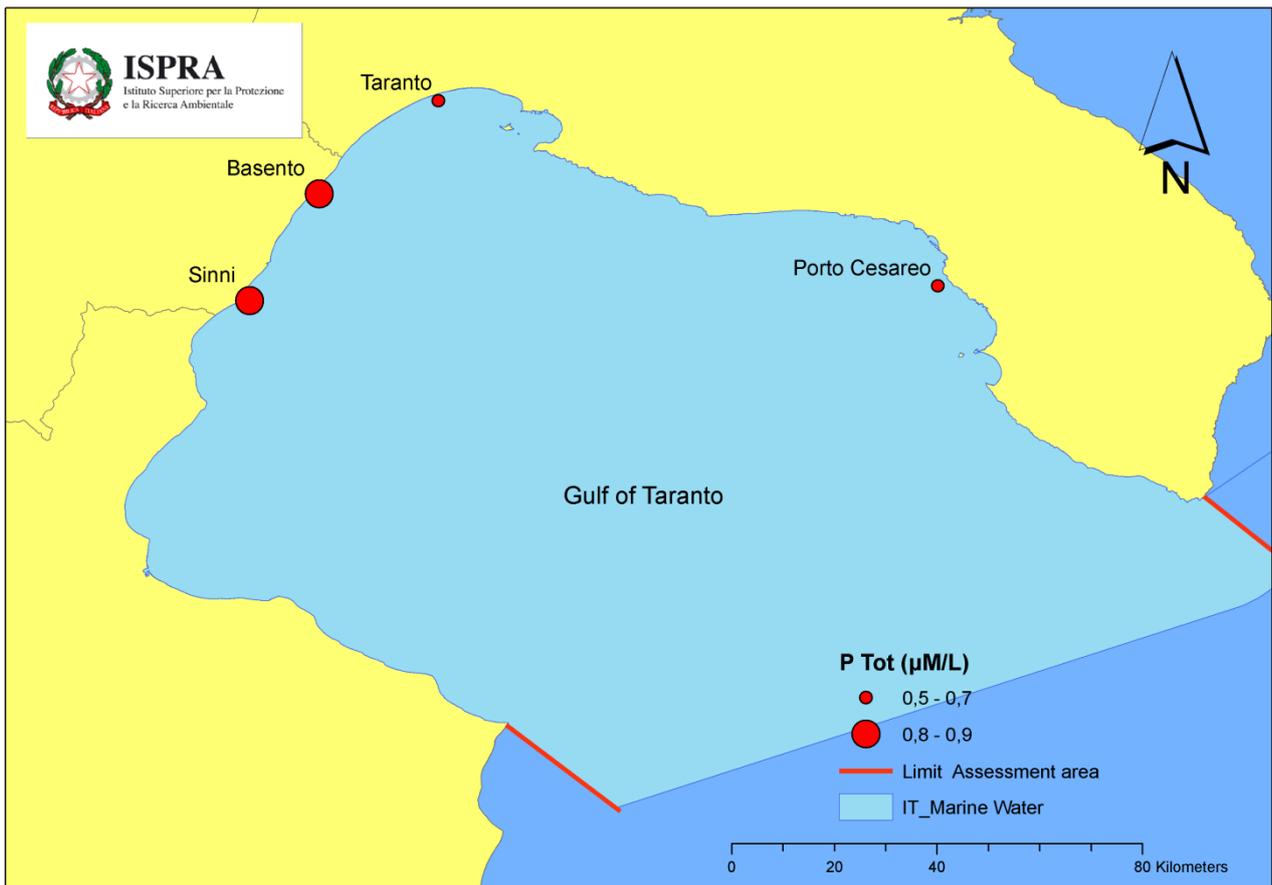
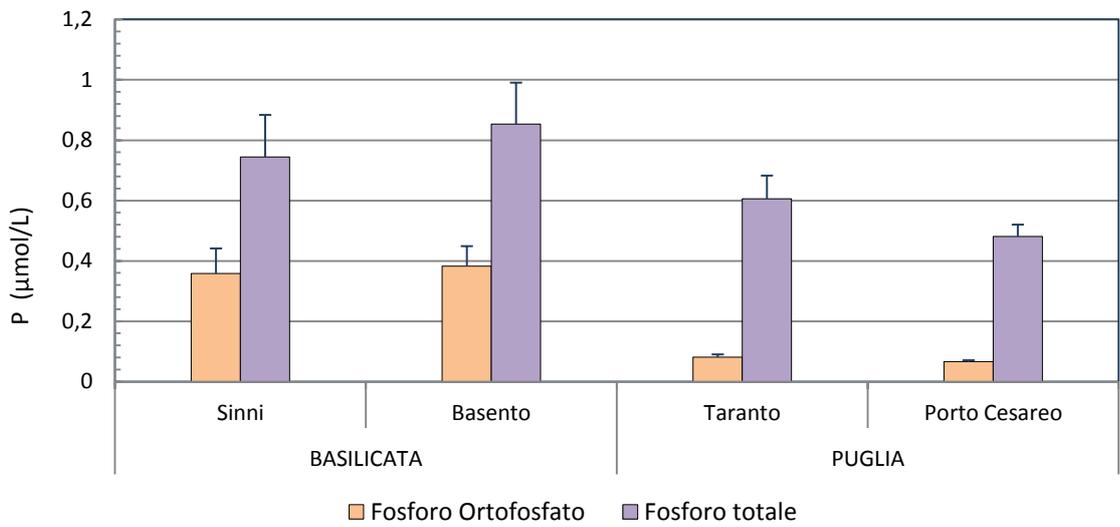


Figura 59. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard del Fosforo nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle concentrazioni medie annuali di fosforo totale (P tot, in µmol/L) con ubicazione delle stazioni di campionamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Impatti

Effetti diretti dell'arricchimento in nutrienti

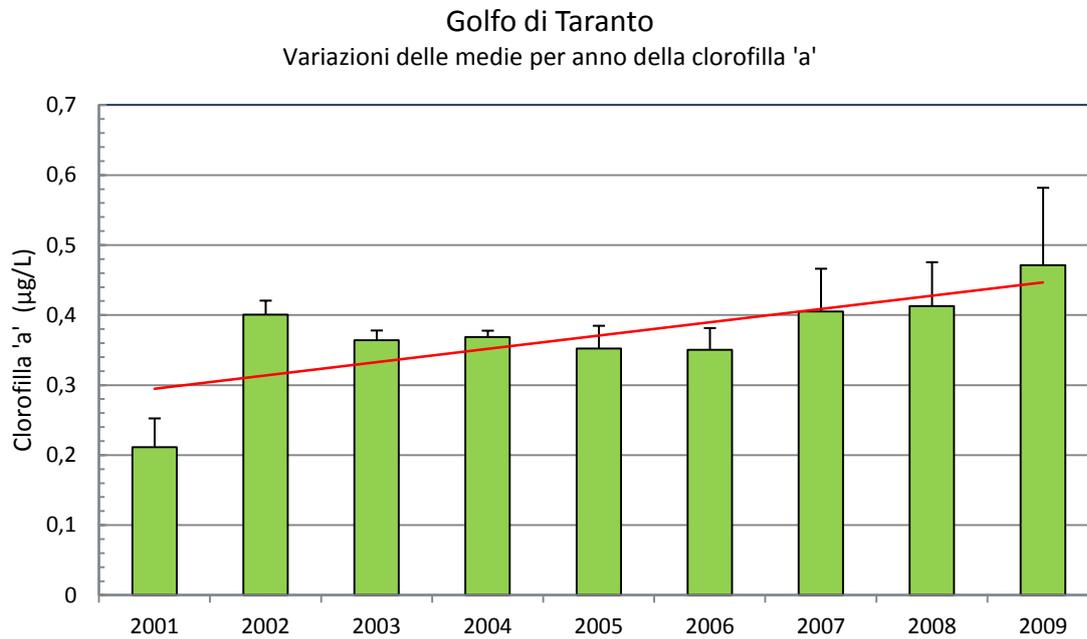


Figura 60. Andamento temporale della concentrazione media annuale + errore standard della clorofilla 'a' ($\mu\text{g/L}$) nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

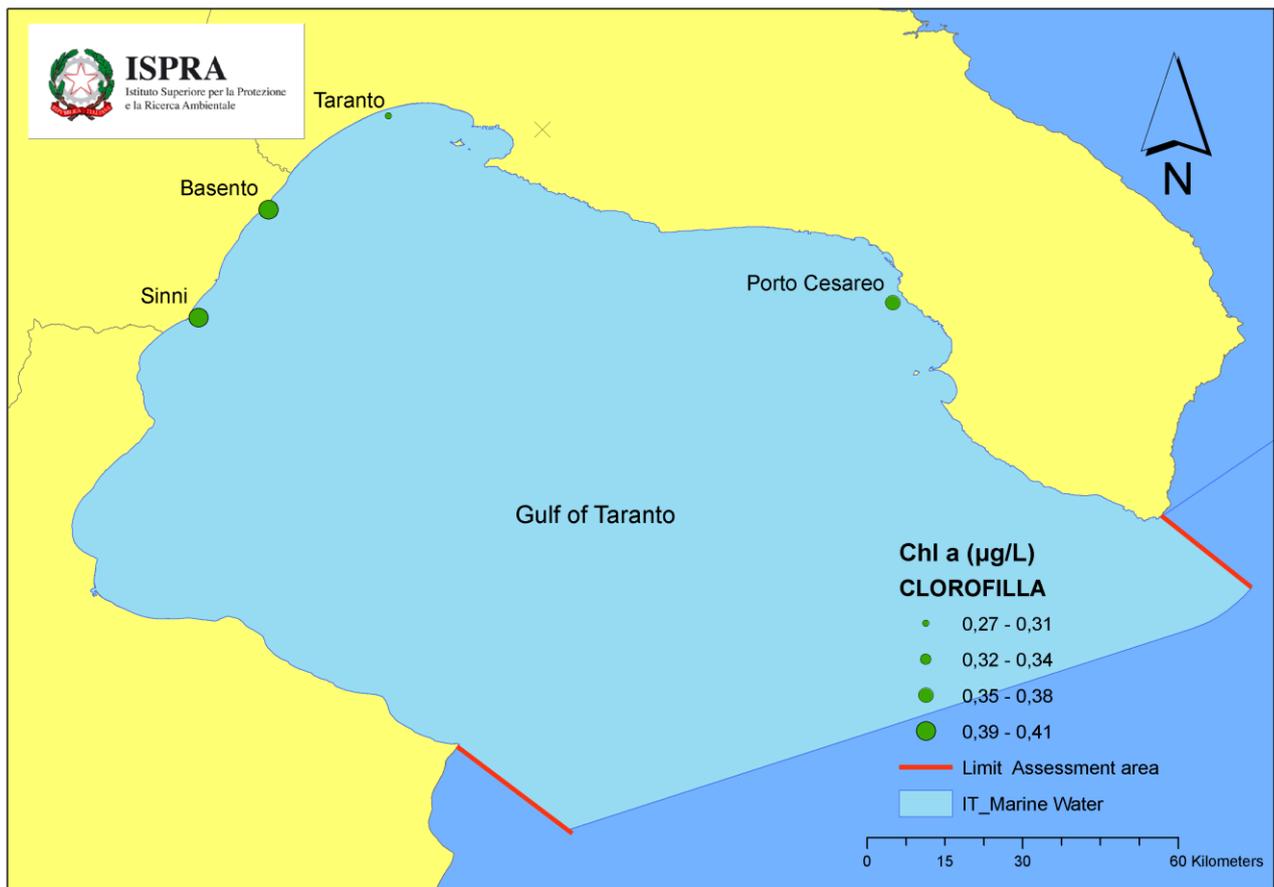
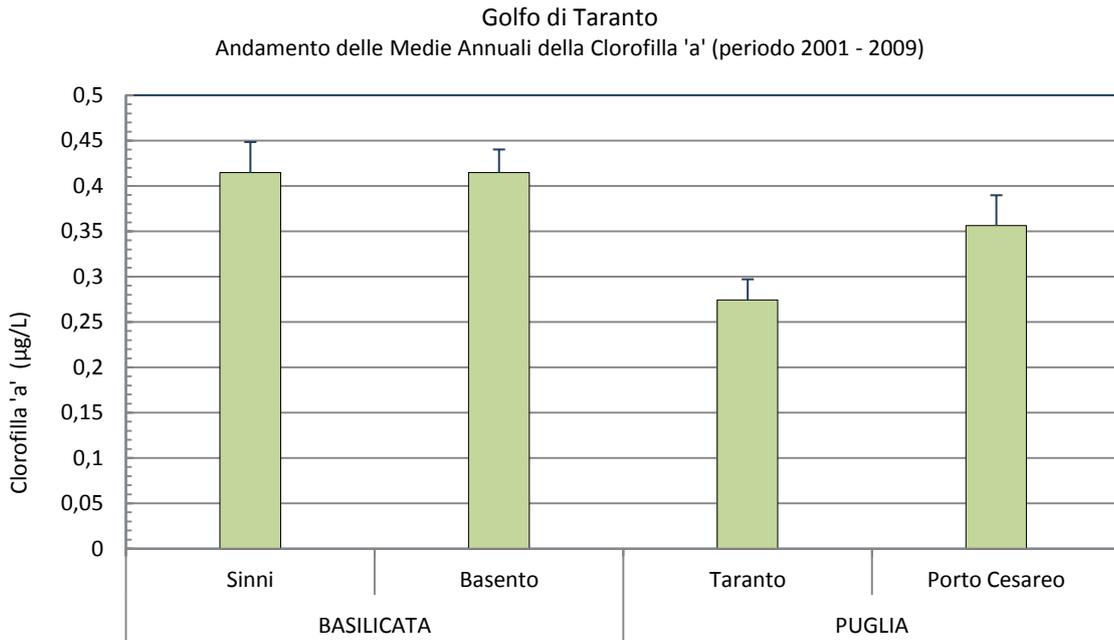


Figura 61. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard della clorofilla 'a' ($\mu\text{g/L}$) nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle concentrazioni medie annuali di Chl 'a' ($\mu\text{g/L}$) con ubicazione delle stazioni di rilevamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

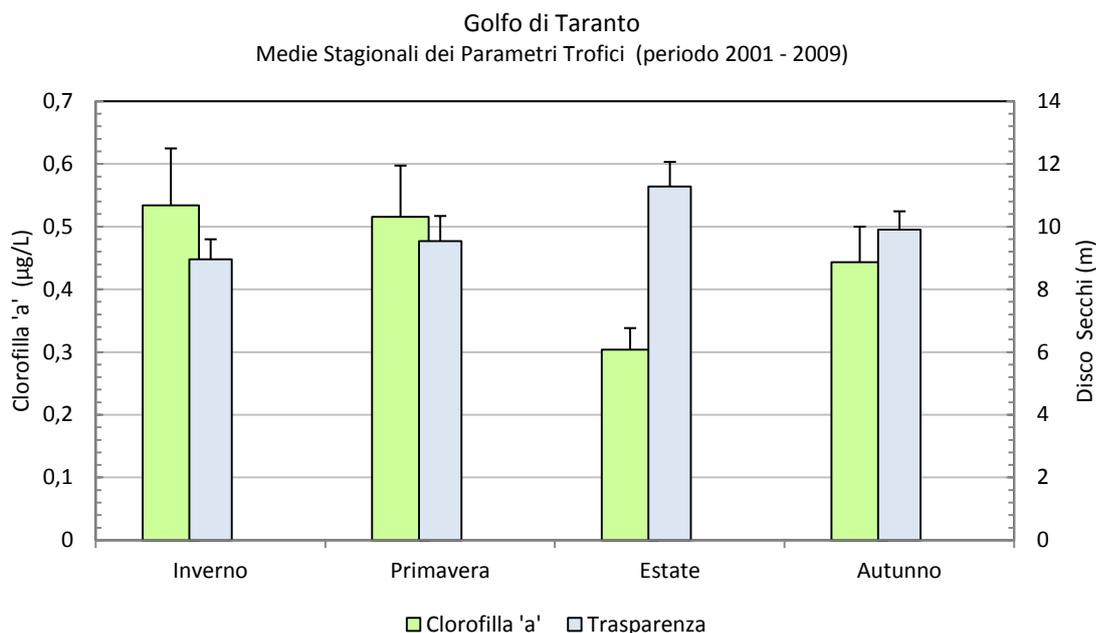


Figura 62. Concentrazioni medie stagionali + errore standard della clorofilla 'a' ($\mu\text{g/L}$) e della trasparenza (disco Secchi, in m) nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

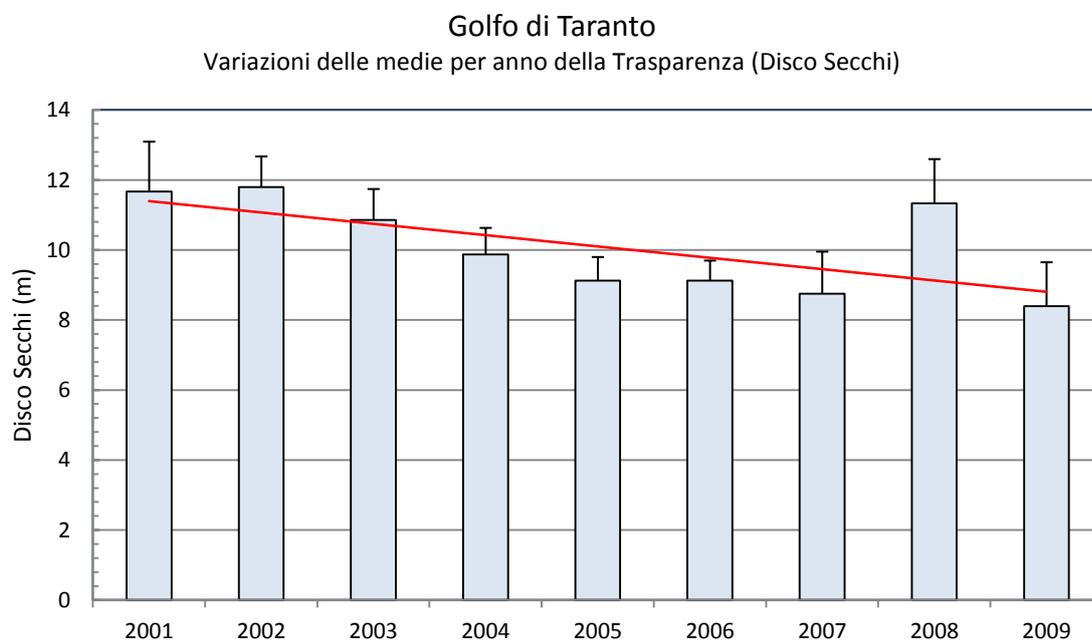


Figura 63. Andamento temporale (media annuale + errore standard) della trasparenza (disco Secchi, in m) nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

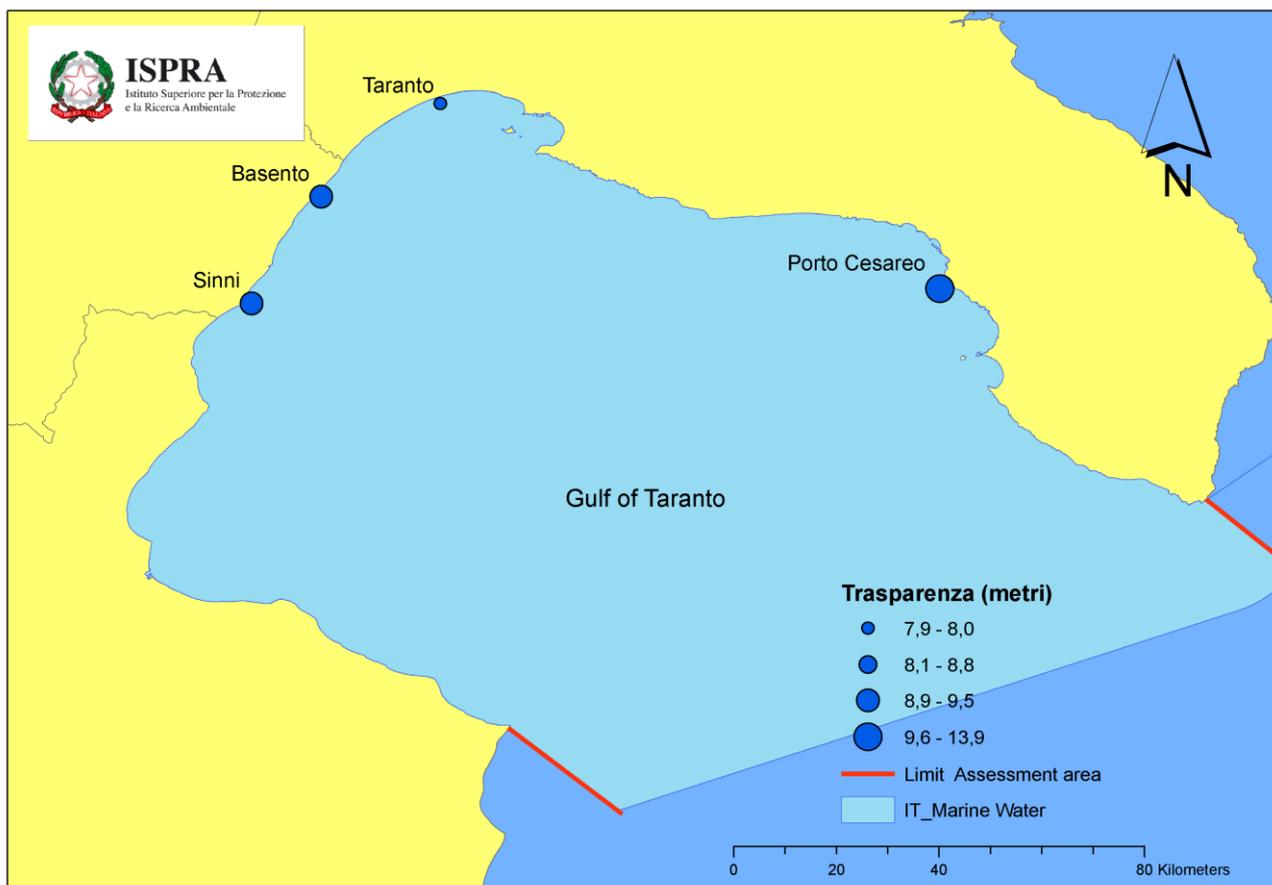
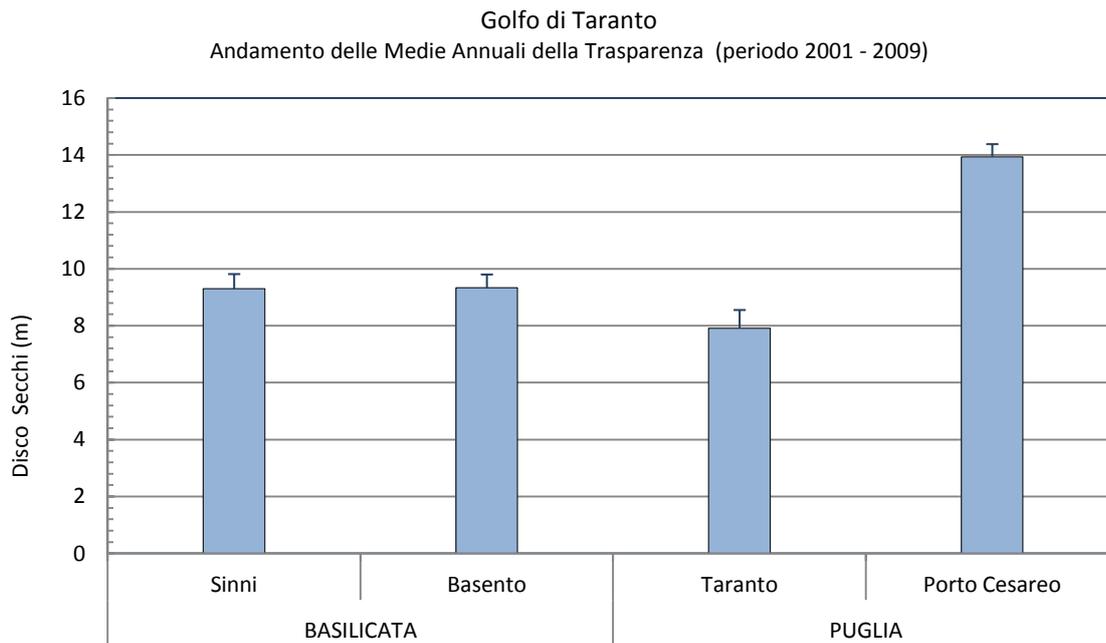


Figura 64. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard della trasparenza (disco Secchi, in m) nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle medie annuali di trasparenza (disco Secchi, in m) con ubicazione delle stazioni di rilevamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Effetti indiretti dell'arricchimento in nutrienti

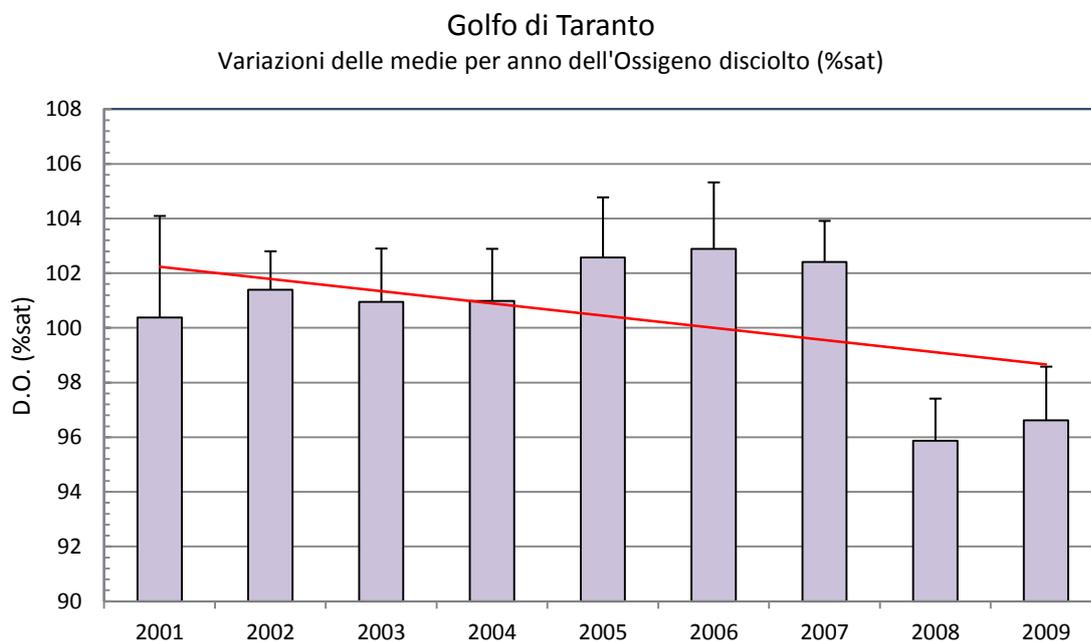


Figura 65. Andamento temporale dell'ossigeno disciolto (media annuale + errore standard), espresso in percentuale di saturazione (% sat), nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

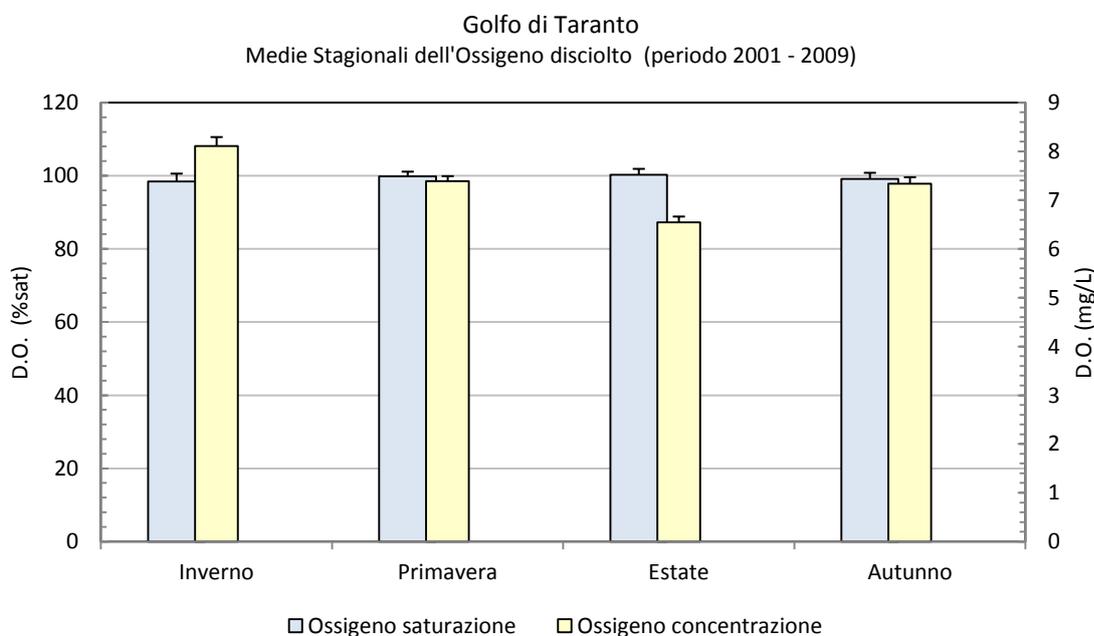


Figura 66. Concentrazioni medie stagionali + errore standard dell'ossigeno disciolto, espresso in termini di % di saturazione (% sat) e di concentrazione (mg/L) nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Golfo di Taranto
 Andamento delle Medie Annuali dell'Ossigeno disciolto in % Saturazione (periodo 2001 - 2009)

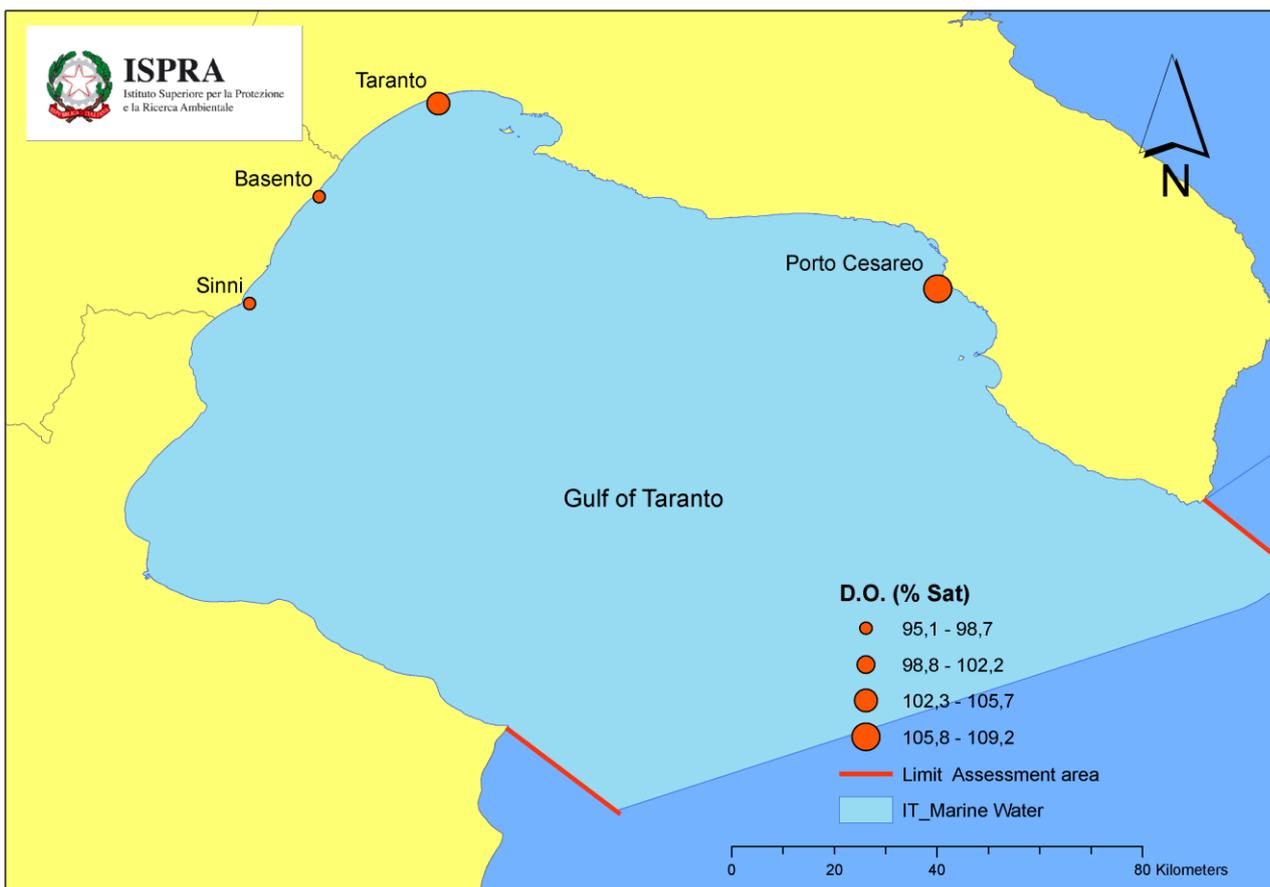
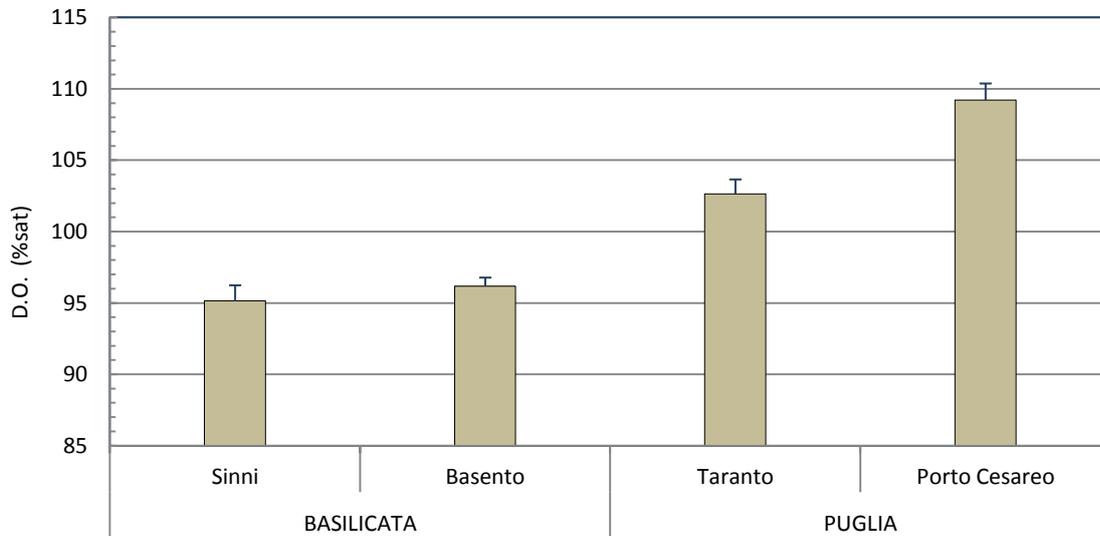


Figura 67. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard dell'ossigeno disciolto, espresso in percentuale di saturazione (% sat), nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle concentrazioni medie annuali di ossigeno disciolto (% sat) con ubicazione delle stazioni di rilevamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Stato trofico

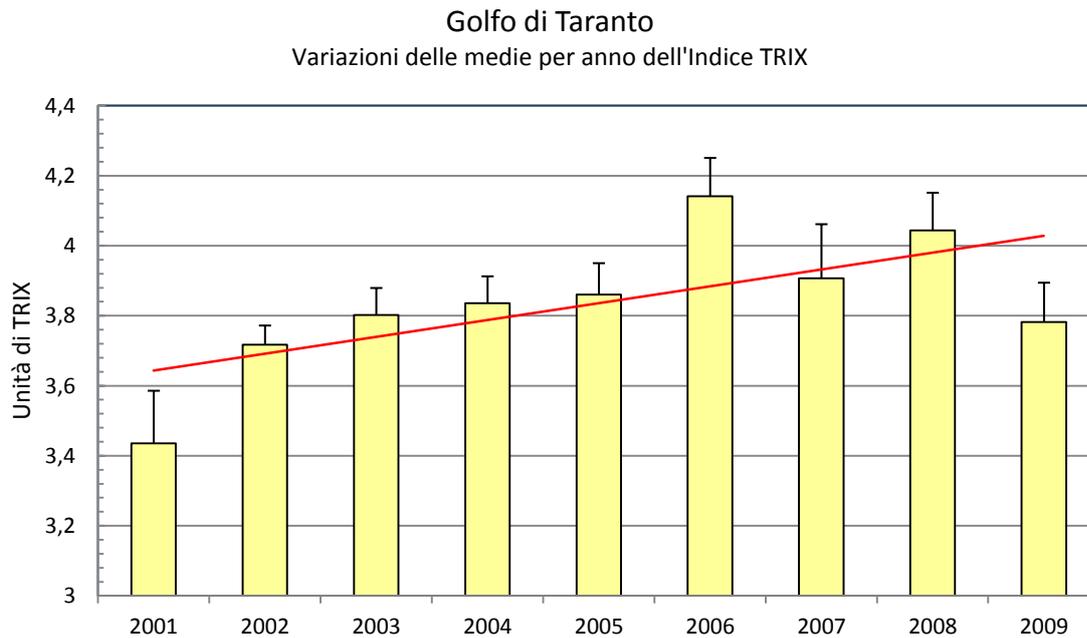


Figura 68. Andamento temporale delle medie annuali dell'Indice TRIX nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

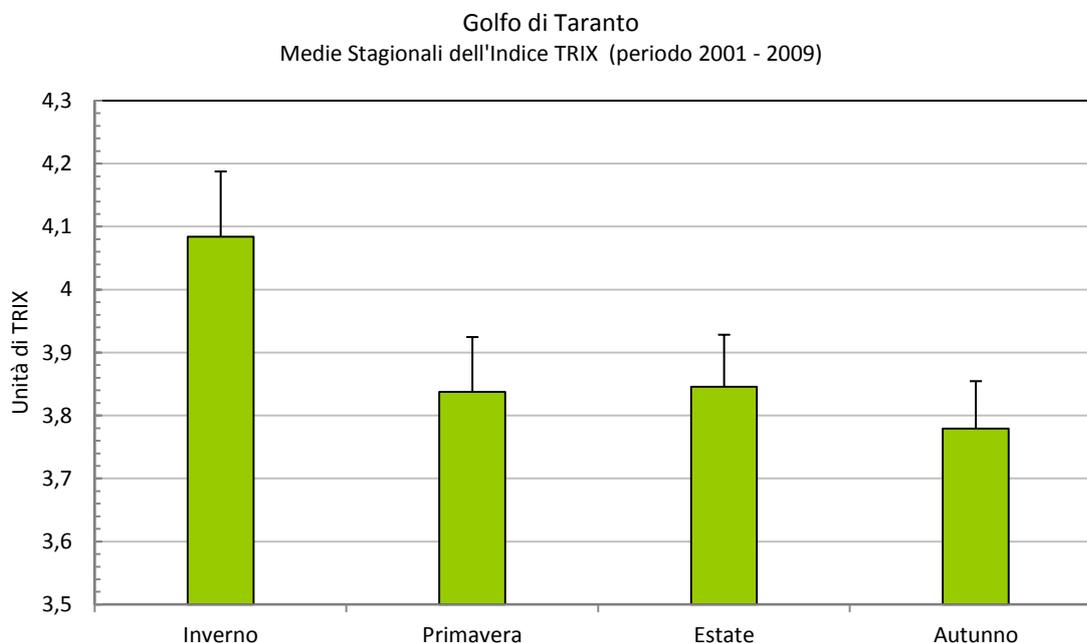


Figura 69. Valori medi stagionali + errore standard dell'Indice TRIX nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

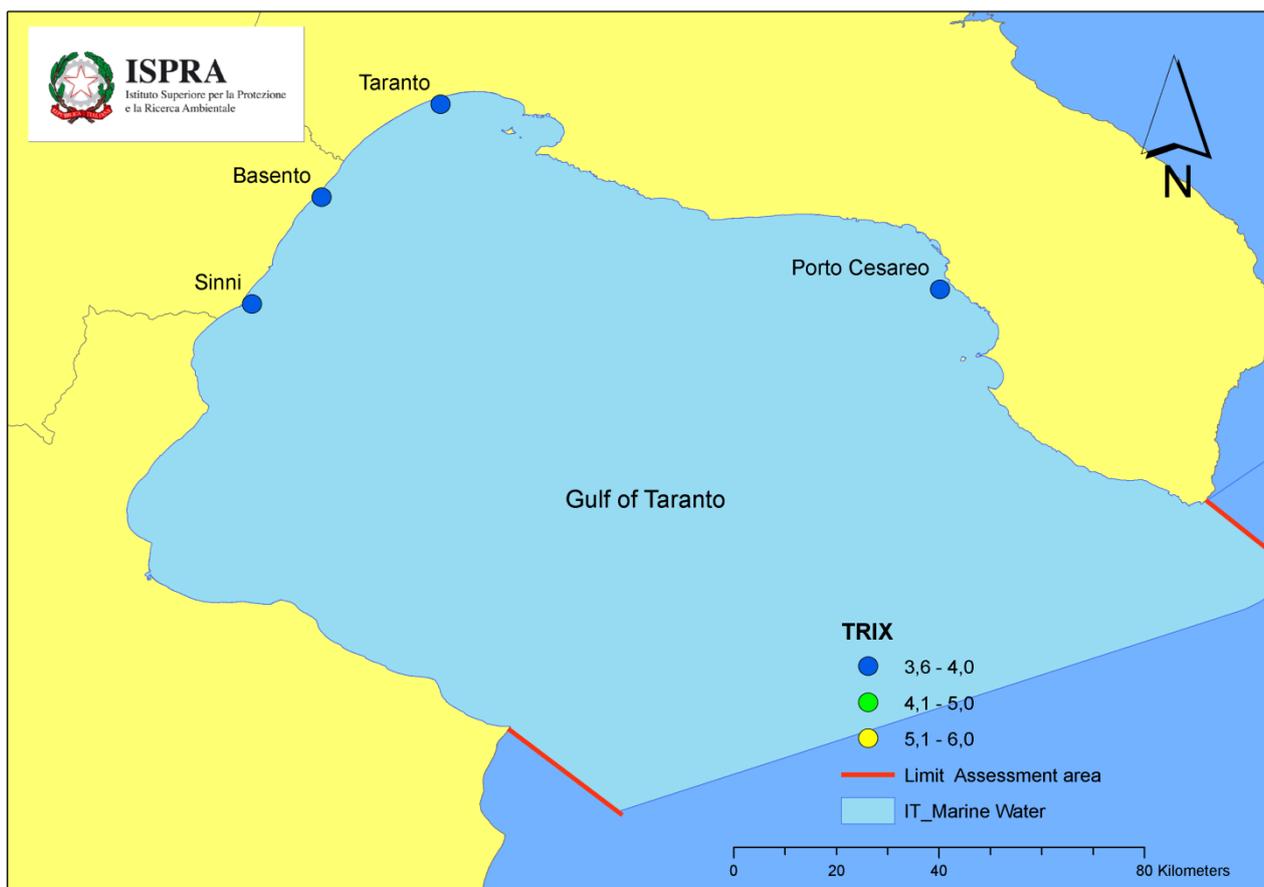
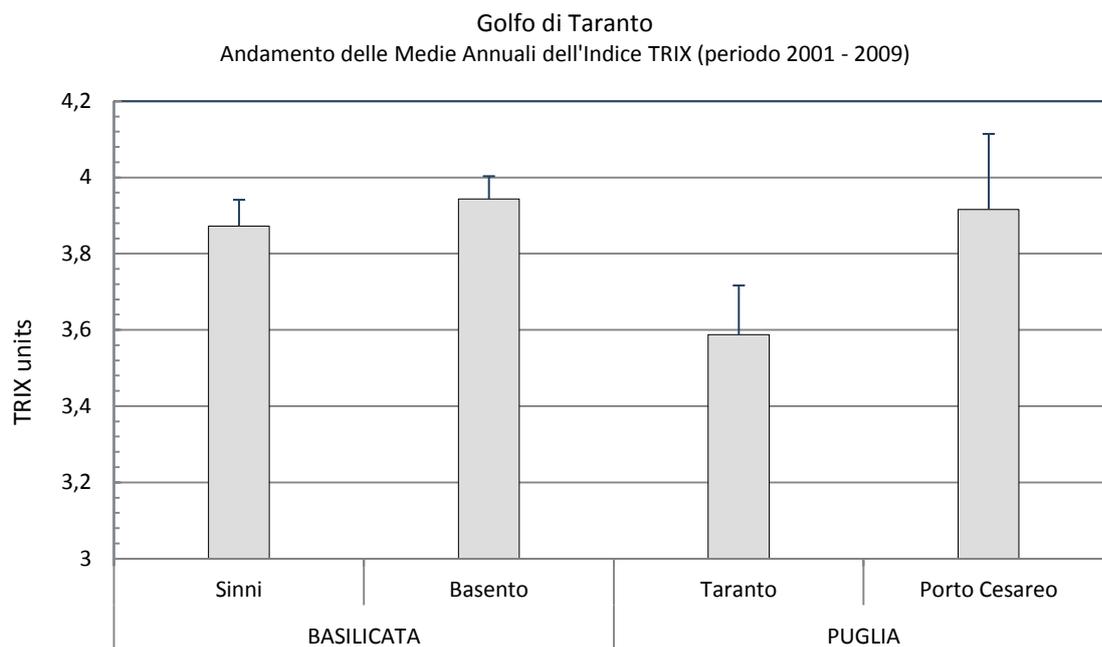


Figura 70. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard dell'Indice TRIX nell'area di valutazione 'Golfo di Taranto' per gli anni 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle medie annuali di TRIX con ubicazione delle stazioni. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.