



ISPRA

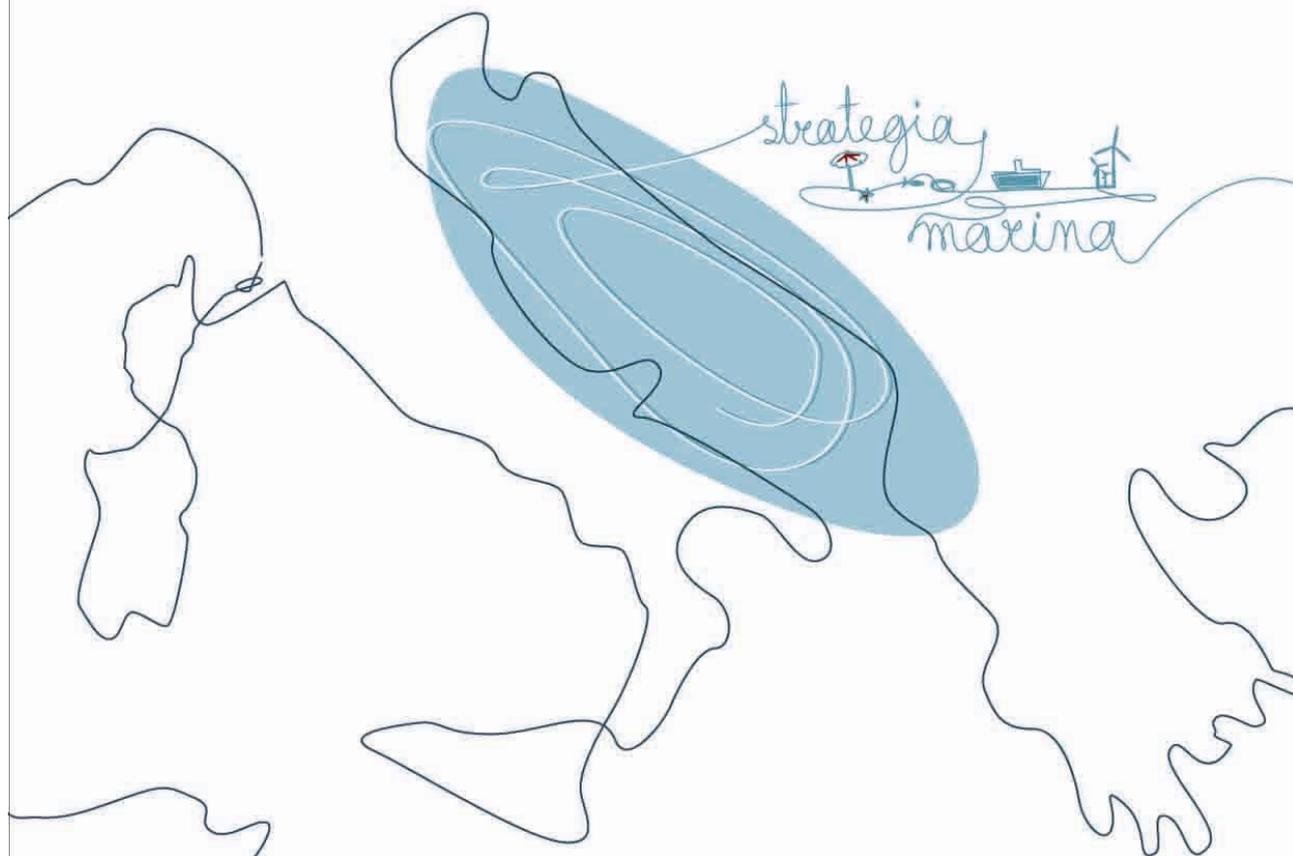
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

BOZZA • 10 MAGGIO 2012

STRATEGIA PER L'AMBIENTE MARINO

Valutazione Iniziale
SOTTOREGIONE MAR ADRIATICO

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

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.

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 Adriatico sono state individuate 3 aree di valutazione denominate 'Alto Adriatico', 'Medio Adriatico' e 'Basso Adriatico' (Figura 24). Nel presente documento si riporta l'Alto Adriatico quale esempio di area di valutazione della Sottoregione Mare Adriatico.

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 (da Fig. 25 a Fig. 33)

Per quasi tutti i bacini afferenti all'Alto Adriatico sono disponibili i dati sulle portate medie annue per il periodo 2004-2009 (nel caso del f. Po e del f. Adige dal 2003 al 2010). Occorre segnalare che il Po presenta portate medie annue comprese tra 1000 e 1500 mc/sec, di gran lunga superiori a quelle degli altri fiumi che sfociano in Alto Adriatico. Da segnalare un aumento delle portate medie negli anni più recenti (2008-2010), comportamento questo comune a tutti i bacini presi in considerazione.

Per quanto riguarda i carichi di nutrienti convogliati a mare, il contributo del Po è preponderante: oltre 100000 t/anno di azoto e 7000 t/anno di fosforo contro valori di carico che solo nel caso dell'Adige e Livenza superano le 10000 t/anno di N e le 300 t/anno di P.

Il contributo proveniente dal comparto civile, considerato sulla base dei dati degli impianti che verosimilmente recapitano direttamente a mare (Fig. 33) risulta molto contenuto se confrontato con quello dei bacini fluviali. Esso è valutabile a circa 8000 t/anno per l'azoto e circa 2000 t/anno per il fosforo.

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

Nell'area di valutazione considerata, gli andamenti annuali delle concentrazioni di azoto in mare (Fig. 34) sono molto variabili e risentono in maniera evidente dei regimi idrologici dei fiumi che recapitano in Alto Adriatico. Ricordiamo che l'azoto proviene soprattutto dalle sorgenti diffuse e quindi i carichi sversati a mare tendono ad aumentare nel caso di annate particolarmente piovose. Sempre per le stesse ragioni i valori di concentrazione dell'azoto sono massimi durante la stagione invernale (Fig. 35) e minime nel periodo estivo, quando gli apporti fluviali tendono a diminuire. Dal punto di vista spaziale (Fig. 37), l'azoto mostra elevate concentrazioni in corrispondenza delle aree direttamente interessate dal f. Adige (Rosolina) e dal f. Po (Porto Garibaldi). Da non sottovalutare è anche l'effetto degli apporti provenienti dagli altri fiumi minori e dalle lagune di Grado-Marano e Venezia.

Nel caso del Fosforo, è possibile evidenziare un comportamento sostanzialmente diverso, con una variabilità interannuale meno sensibile ai regimi idrologici dei fiumi e con una tendenza al decremento, sia pur lieve, negli anni (da 0.8 a 0.5 $\mu\text{mol/L}$ tra il 2001 e il 2009) (Fig. 34). Come per l'azoto invece, e

probabilmente per le stesse ragioni (scarsità degli apporti fluviali), le concentrazioni minime di P totale sono rilevate nella stagione estiva, con valori pari alla metà di quelle del periodo invernale (Fig. 36). Degno di nota è il comportamento del fosforo ortofosfato. Esso non presenta un'evidente variabilità stagionale e tende a rimanere sempre molto basso, prossimo ai limiti di rilevabilità analitica (0.1 $\mu\text{mol/L}$) (Fig. 36). Infine le stazioni che presentano le concentrazioni massime di P totale (Fig. 38), sono quelle direttamente interessate dagli apporti padani (Porto Garibaldi e le altre stazioni del litorale romagnolo).

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

Impacts

Impatti

Effetti diretti dell'arricchimento in nutrienti

Clorofilla 'a'

I valori assunti dalla clorofilla 'a' in quest'area, soprattutto nella fascia costiera emiliano-romagnola, sono i più alti in assoluto tra quelli rilevabili lungo tutto lo sviluppo costiero italiano a causa della presenza del fiume Po che condiziona profondamente con i suoi carichi di nutrienti i livelli trofici.

La Figura 39 mostra un'ampia fluttuazione delle concentrazioni medie annuali, con una forte diminuzione tra il 2003 e il 2005 ed un trend di aumento negli ultimi due anni.

Osservando le medie per ciascuna stazione (Figura 40) si evidenzia l'aumento della concentrazione della clorofilla 'a' nella zona al di sotto della foce del fiume Po rispetto alle concentrazioni che si rilevano nella parte Nord Orientale dell' area adriatica. Il marcato incremento del parametro nelle stazioni direttamente investite dal bacino padano è confermato dalla mappa, nella quale si notano in particolare concentrazioni medie intorno ai 5.5 $\mu\text{g/L}$ in corrispondenza della stazione di Porto Garibaldi.

Se si esaminano le medie stagionali della concentrazione di clorofilla "a" (Figura 41), in relazione ai valori assunti al parametro trasparenza, si nota come elevate concentrazioni di clorofilla 'a' determinino una conseguente riduzione della trasparenza delle acque. Le medie stagionali mantengono valori elevati lungo tutto l'arco dell'anno, maggiormente significativi in inverno ed autunno.

Trasparenza

L'andamento temporale della trasparenza (Figura 42) mostra una tendenza all'aumento, con un picco significativo nel 2007, anno in cui si registra un valore medio superiore a 5 m.

La rappresentazione spaziale del parametro trasparenza presenta (Figura 43), valori elevati nella zona del golfo di Trieste ed una progressiva diminuzione dei valori medi verso le stazioni poste più a sud man mano che ci si sposta verso il delta padano.

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 picco più alto nel 2009 attorno al 106%: valori di questo tipo sono da riferirsi all'intensa attività fotosintetica.

Valori di sovrasaturazione si riscontrano nel periodo primavera-estate (Figura 45).

Per quanto riguarda le medie per stazione, dal grafico e dalla mappa (Figura 46) si evidenziano i valori più alti in corrispondenza della fascia costiera emiliano-romagnola. I picchi raggiungono valori di sovrasaturazione intorno al 110%.

Stato trofico

Indice TRIX

Dall'analisi del trend annuale dell'Indice TRIX a partire dall'anno 2001 (Figura 47), si osserva che lungo tutta l'area di valutazione dell'Alto Adriatico i valori medi dell'indice sono superiori a 4.5 unità, con punte maggiori di 5 unità nel 2002, 2007 e 2009. Questo andamento denuncia la criticità di tutta l'area considerata per quanto attiene al rischio eutrofico. La variabilità interannuale dell'indice è elevata anche se non si evidenzia un incremento significativo dei livelli trofici nel lungo periodo.

La variabilità stagionale del TRIX (Figura 48) risulta notevole con valori massimi intorno a 5 unità per tutte le stagioni con eccezione dell'estate (TRIX = 4.4), periodo in cui, in assenza di apporti fluviali di una certa entità, diminuiscono sia i valori di concentrazione di clorofilla 'a' sia i valori di nutrienti.

La Figura 49 conferma la criticità legata al rischio eutrofico soprattutto per le stazioni del litorale emiliano-romagnolo (TRIX > 5), mentre le stazioni del Golfo di Trieste (Punta Sottile, Miramare) mostrano differenze rilevanti rispetto alla restante area di valutazione, con valori di TRIX tipici di ambienti oligotrofici (TRIX < 4).

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, seppure risulta evidente per l'area di valutazione 'Alto Adriatico come gli input fluviali determinino il maggior contributo in termini di carichi di nutrienti sversati a mare.

AREA DI VALUTAZIONE

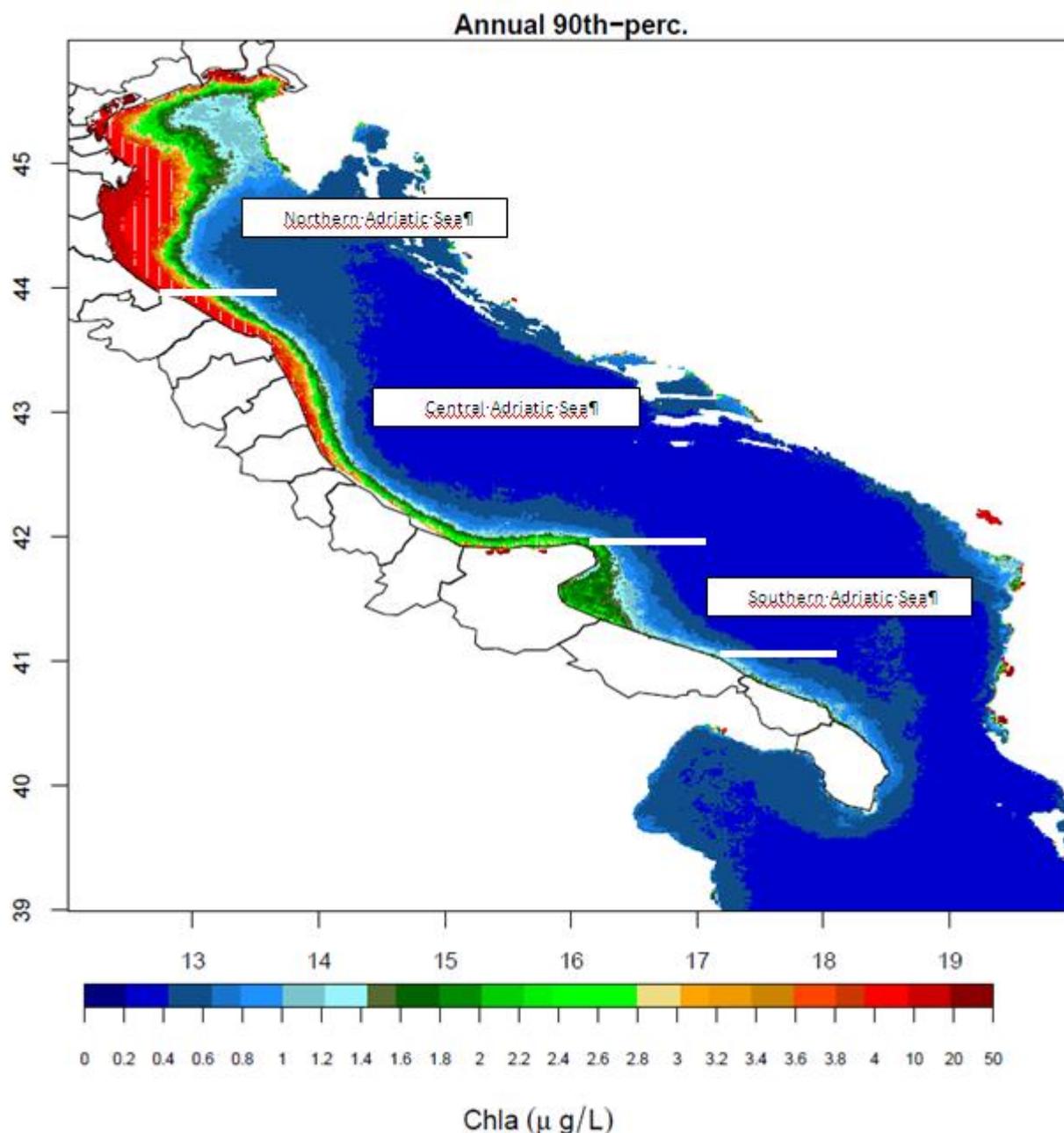


Figura 23. Elaborazione dei dati satellitari MERIS, MERIS-MODIS: distribuzione del 90° percentile della media annuale di Clorofilla 'a' (in $\mu\text{g/L}$) riferita all'arco temporale febbraio 2006-marzo 2012 nella sottoregione Mar Adriatico. Tali elaborazioni sono state utilizzate per la definizione delle aree di valutazione. (Fonte dati: Planetek s.r.l.).



Figura 24. Aree di valutazione per il reporting MSFD sull'arricchimento in nutrienti e sostanza organica. La freccia rossa indica l'area 'Alto Adriatico', per la quale si effettua la valutazione nella presente bozza di report quale esempio della sottoregione Mar Adriatico.

Carichi di azoto e fosforo

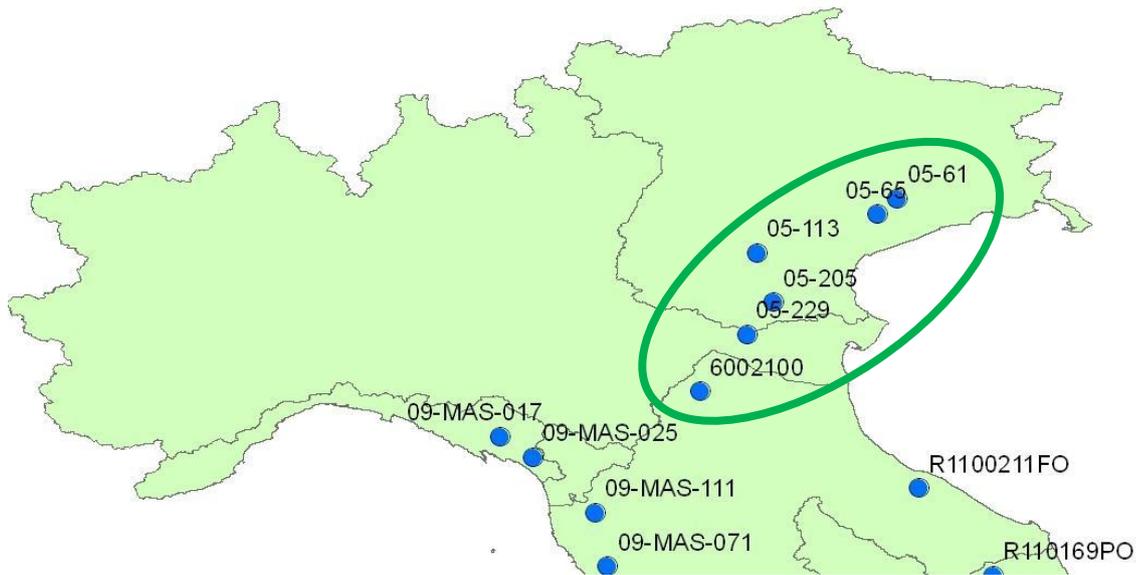


Figura 25. Punti stazione (nell'ovale) per la determinazione dei carichi di azoto e fosforo da fonti fluviali nell'area di valutazione 'Alto Adriatico', sottoregione Mare Adriatico.

Tabella 2. Denominazione stazioni di cui alla Figura 25.

CODICE STAZIONE	REGIONE	DENOMINAZIONE STAZIONE
05-229	Veneto	Po - Pontelagoscuro
05-205	Veneto	Adige Boara Pisani
05-65	Veneto	Piave a Ponte di Piave
05-113	Veneto	Sistema Brenta Bacchiglione
05-61	Veneto	Livenza a Meduna di Livenza
6002100	Emilia-Romagna	Reno Casalecchio

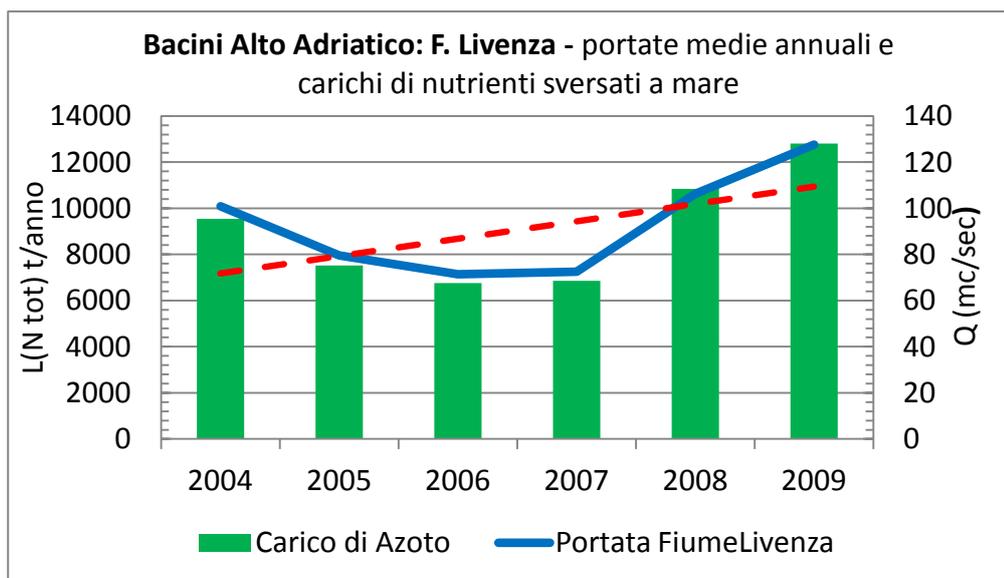
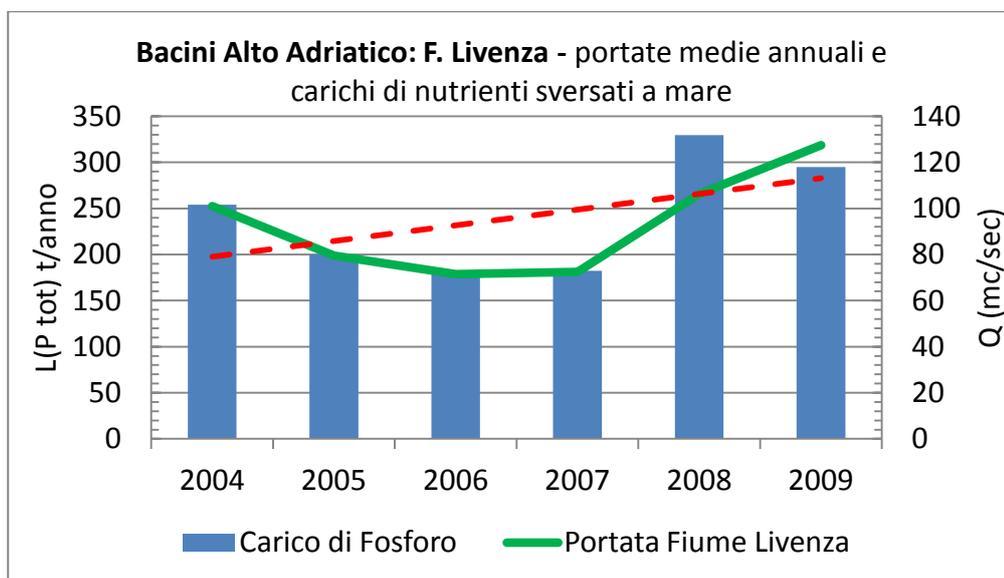


Figura 26. Portate medie annuali e carichi di fosforo (in alto) e azoto (in basso) sversati a mare dal fiume Livenza. La linea tratteggiata rossa rappresenta la linea di tendenza dei carichi tra gli anni 2004 e 2009.

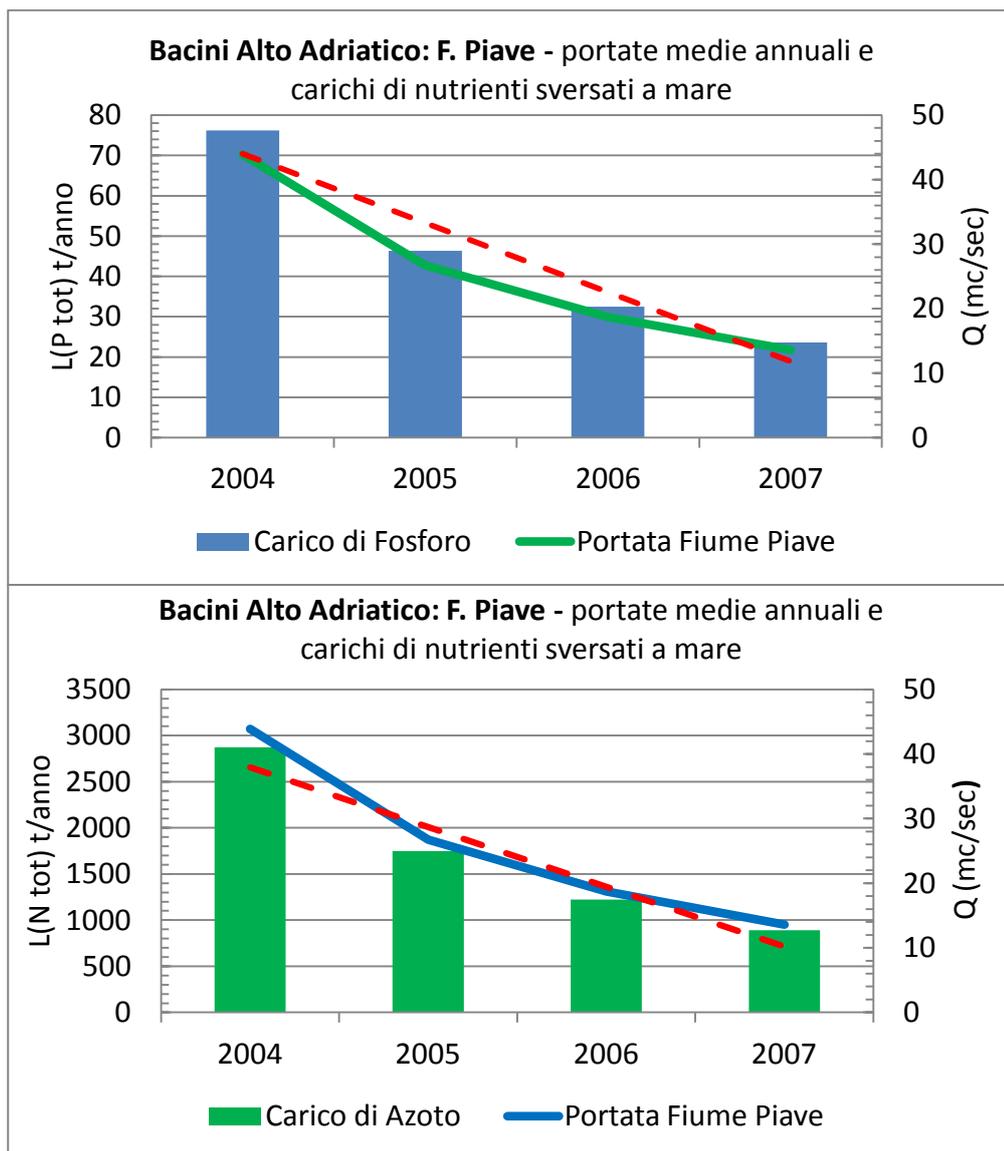


Figura 27. Portate medie annuali e carichi di fosforo (in alto) e azoto (in basso) sversati a mare dal fiume Piave. La linea tratteggiata rossa rappresenta la linea di tendenza dei carichi tra gli anni 2004 e 2007.

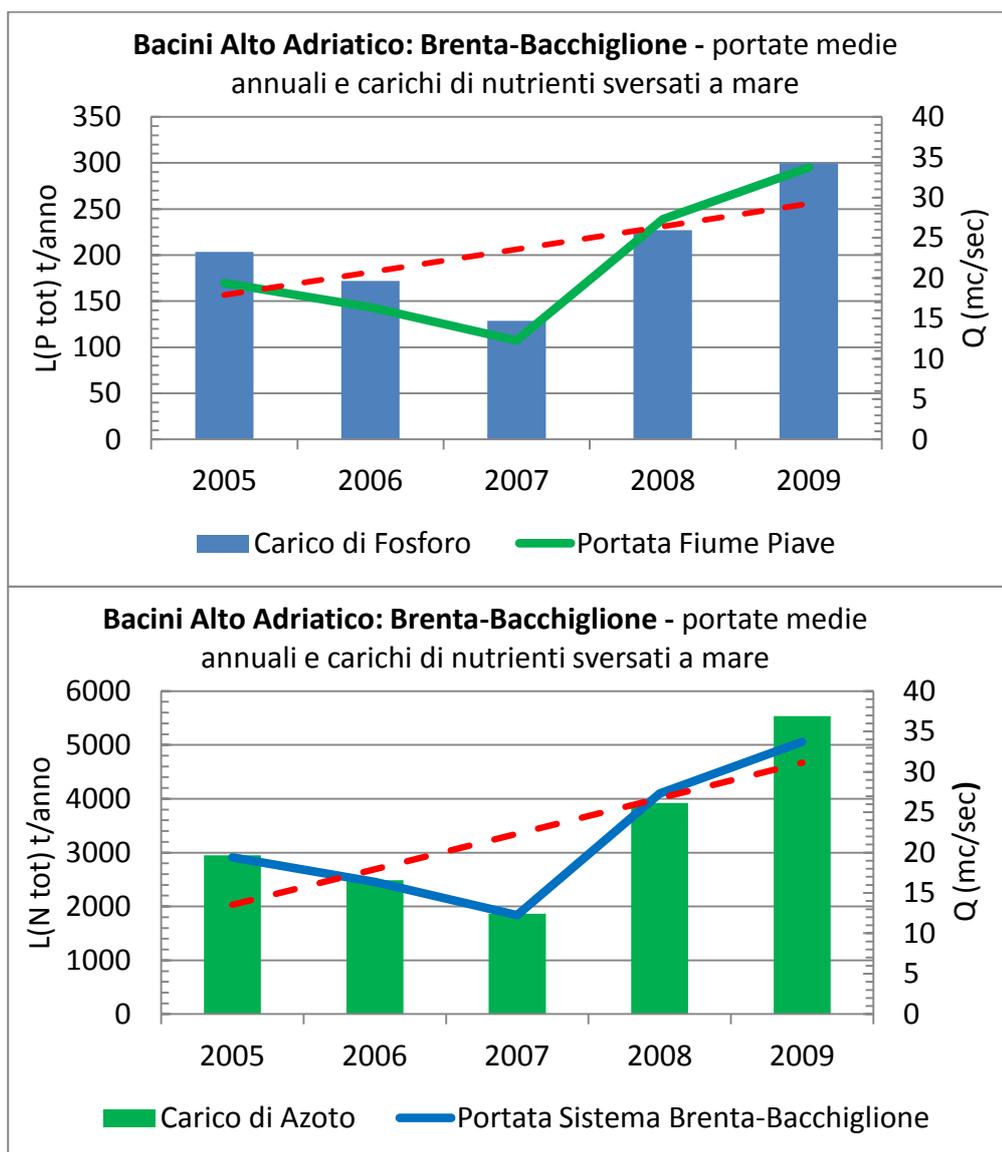


Figura 28. Portate medie annuali e carichi di fosforo (in alto) e azoto (in basso) sversati a mare dal Sistema Brenta-Bacchiglione. La linea tratteggiata rossa rappresenta la linea di tendenza dei carichi tra gli anni 2005 e 2009.

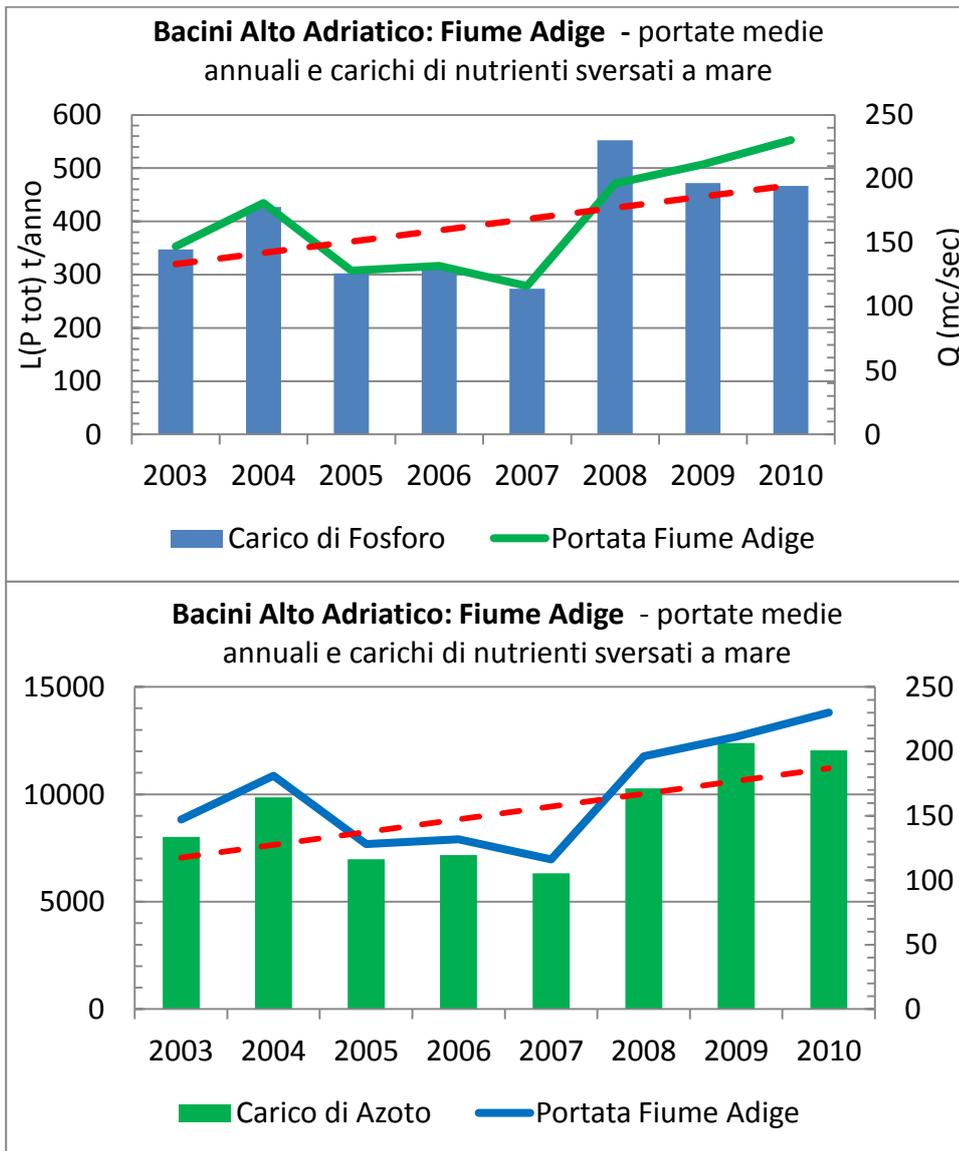


Figura 29. Portate medie annuali e carichi di fosforo (in alto) e azoto (in basso) sversati a mare dal Fiume Adige. La linea tratteggiata rossa rappresenta la linea di tendenza dei carichi tra gli anni 2003 e 2010.

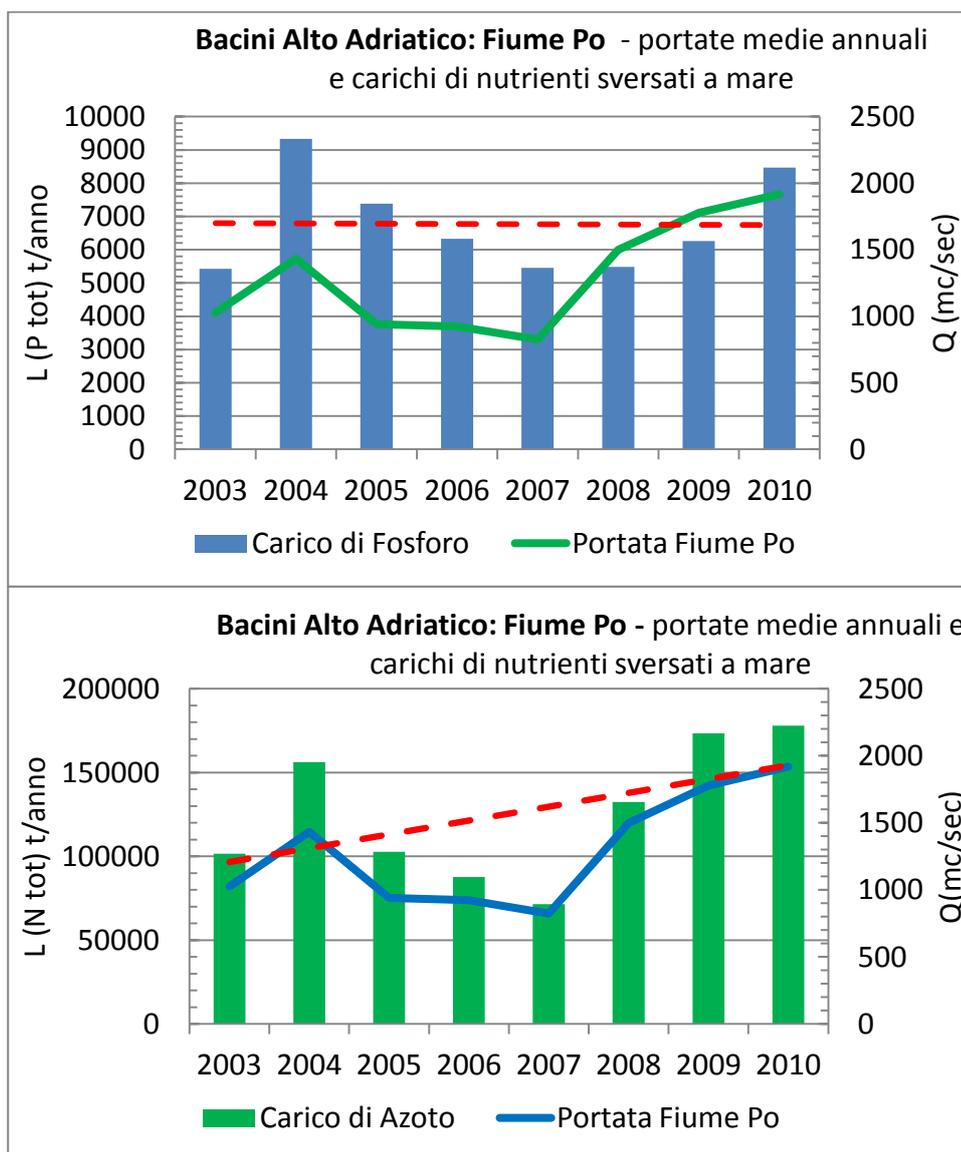


Figura 30. Portate medie annuali e carichi di fosforo (in alto) e azoto (in basso) sversati a mare dal Fiume Po. La linea tratteggiata rossa rappresenta la linea di tendenza dei carichi tra gli anni 2003 e 2010.

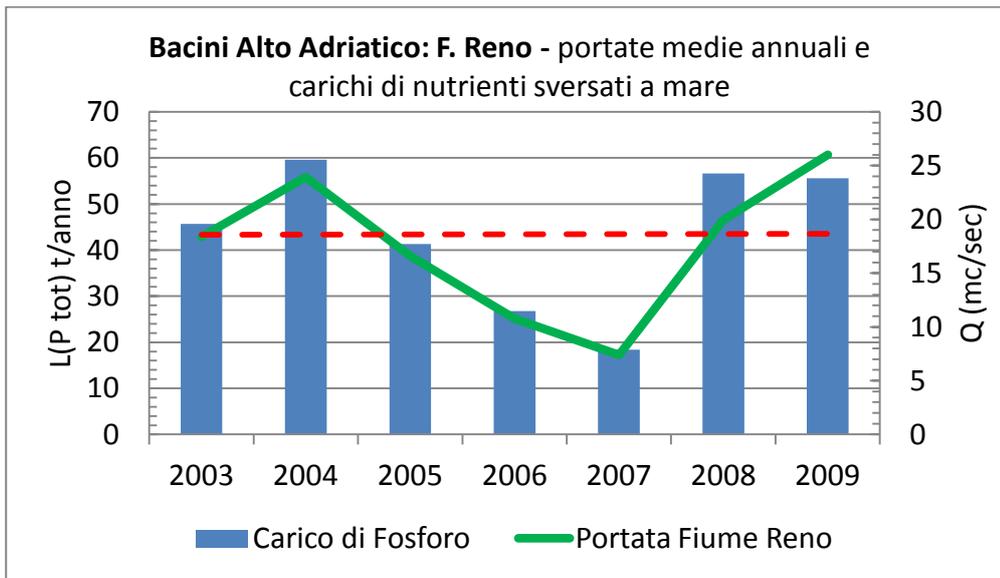


Figura 31. Portate medie annuali e carichi di fosforo sversati a mare dal Fiume Reno. La linea tratteggiata rossa rappresenta la linea di tendenza dei carichi tra gli anni 2003 e 2009.

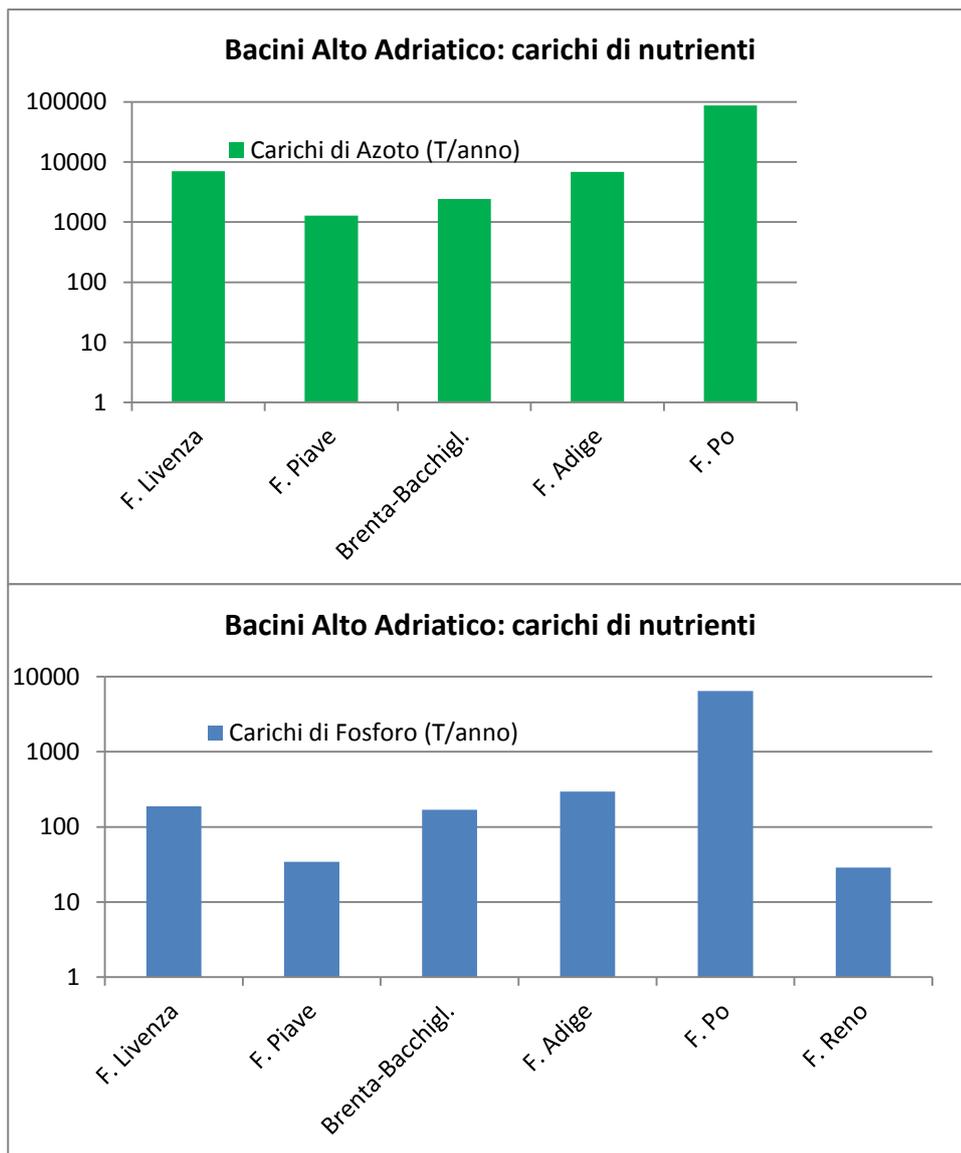


Figura 32. Media annuale (T/anno, in scala log), stimata sulla base dei dati 2005-2007, dei carichi di azoto e fosforo sversati a mare dai principali bacini dell'Alto Adriatico.

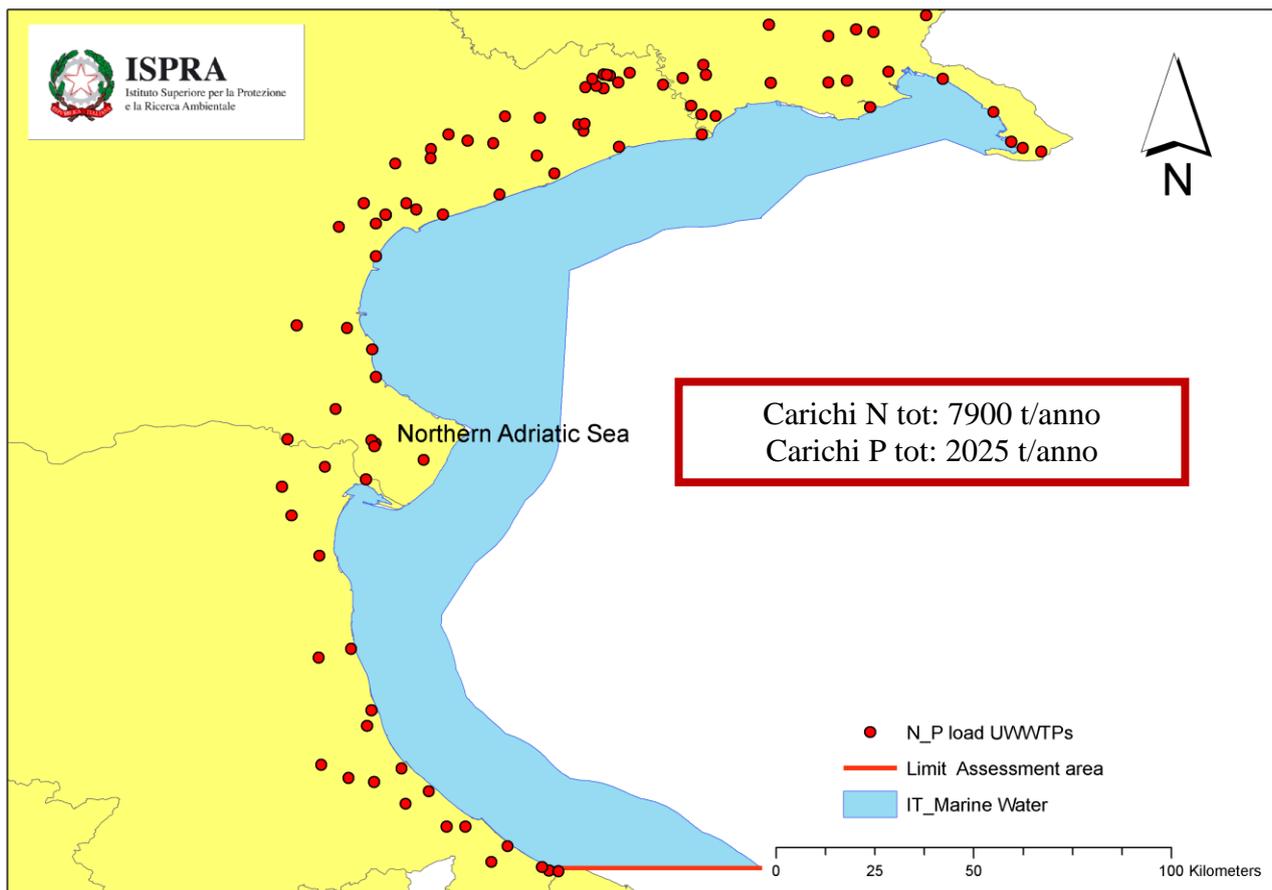


Figura 33. Ubicazione degli impianti di depurazione e/o sistemi di collettamento utilizzati per la stima dei carichi di azoto e fosforo da fonti urbane nell'area di valutazione 'Alto Adriatico'. Nel riquadro rosso, si riporta il dato complessivo di carichi di azoto e fosforo (t/anno) stimati con riferimento alla data del 31 dicembre 2009. (Fonte: SINTAI).

Concentrazione di nutrienti nell'ambiente marino

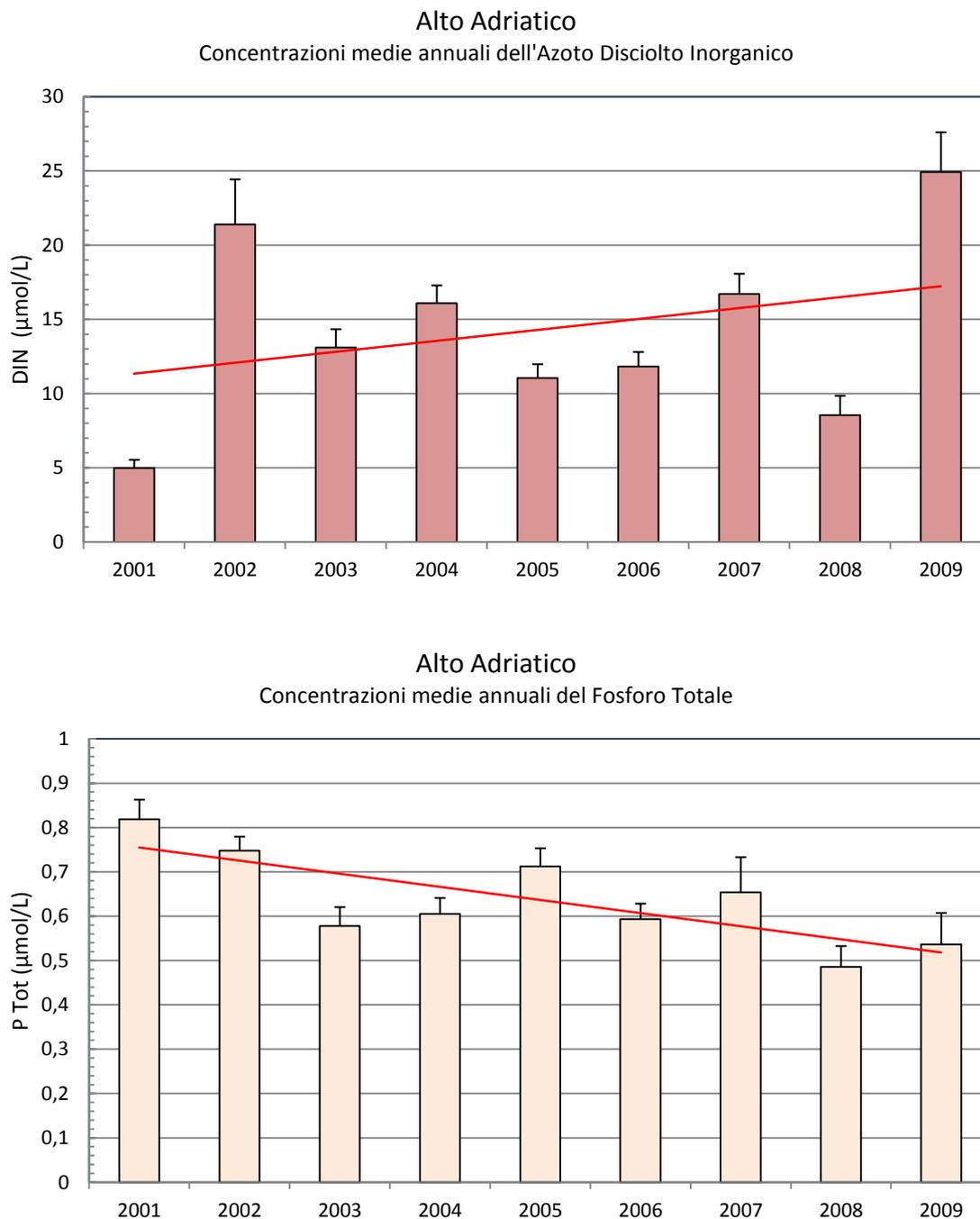


Figura 34. Concentrazioni medie annuali + errore standard dell'azoto inorganico disciolto (DIN, in $\mu\text{mol/L}$, in alto) e del fosforo totale (Ptot, in $\mu\text{mol/L}$, in basso) nell'area di valutazione 'Alto Adriatico'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

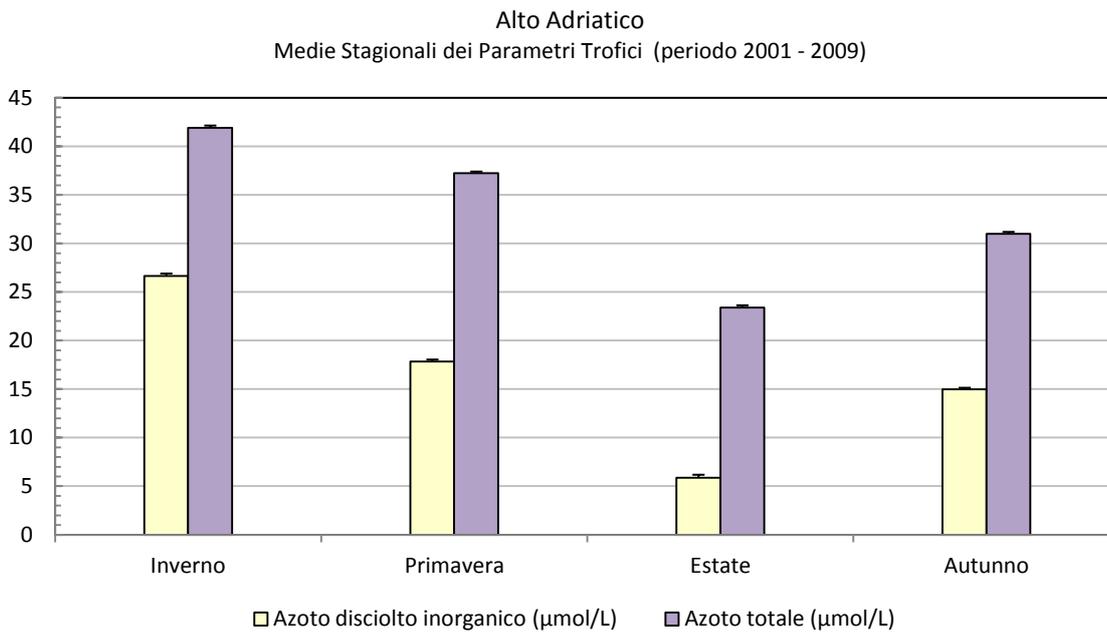


Figura 35. Concentrazioni medie stagionali + errore standard dell'azoto inorganico disciolto e dell'azoto totale (in $\mu\text{mol/L}$) nell'area di valutazione 'Alto Adriatico' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

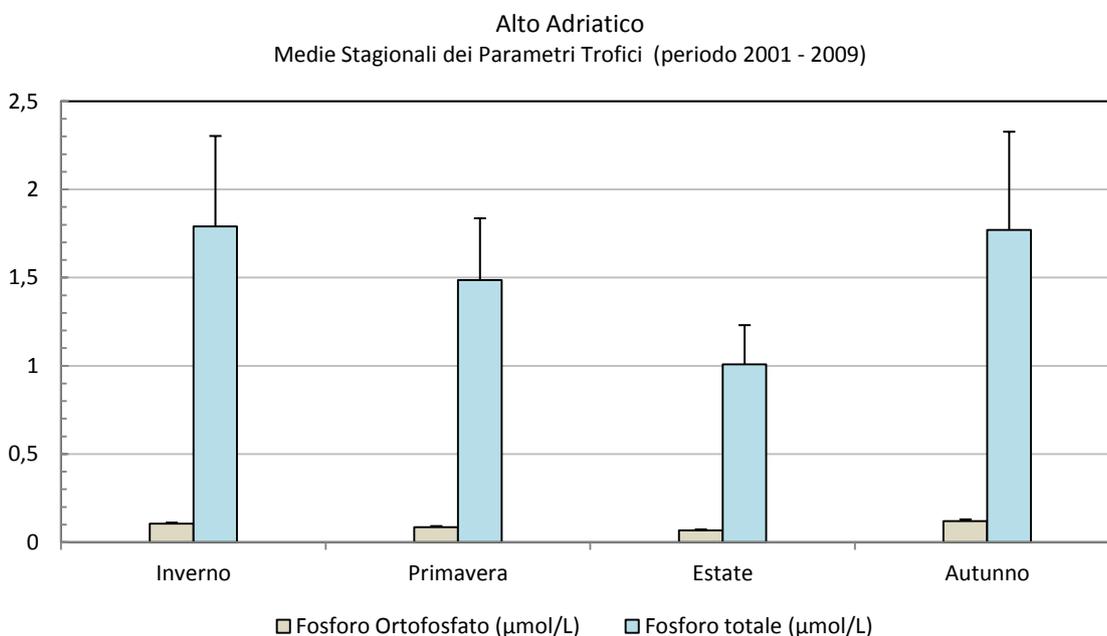


Figura 36. Concentrazioni medie stagionali + errore standard dell'ortofosfato (P-PO₄) e del fosforo totale (in $\mu\text{mol/L}$) nell'area di valutazione 'Alto Adriatico' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

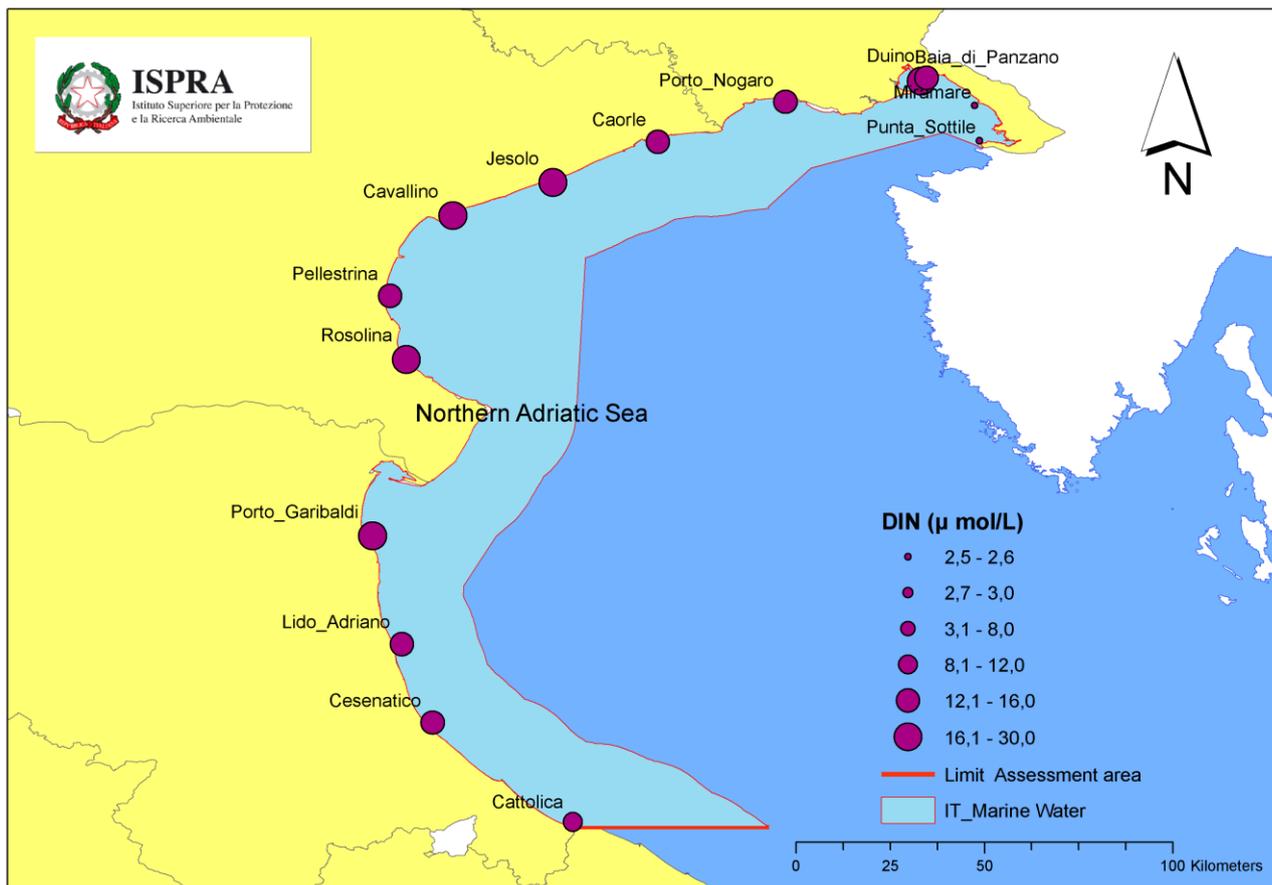
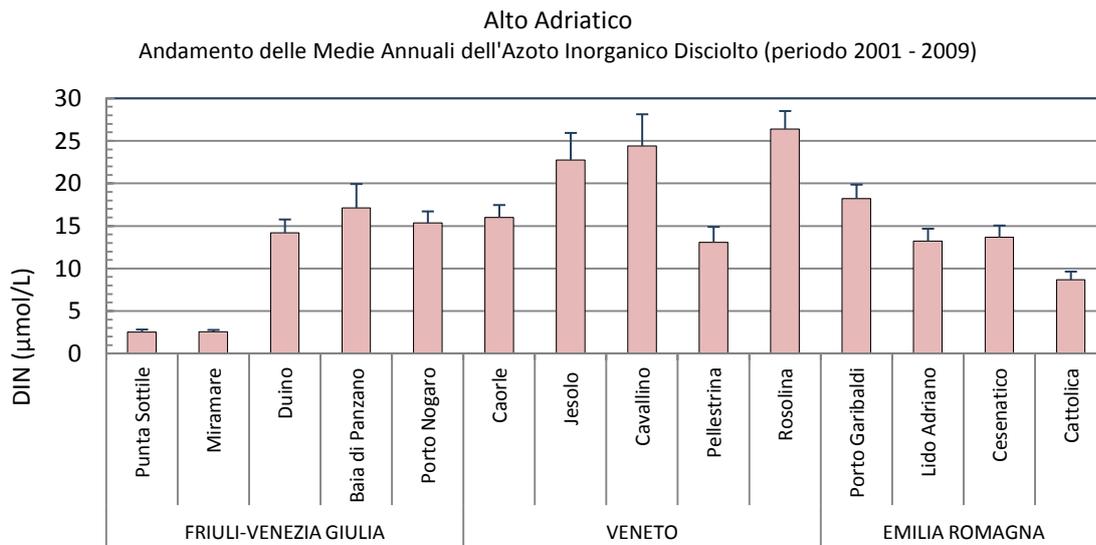


Figura 37. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard dell'azoto inorganico disciolto (DIN, in µmol/L) per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle concentrazioni medie annuali di DIN (µmol/L) con ubicazione delle stazioni di campionamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

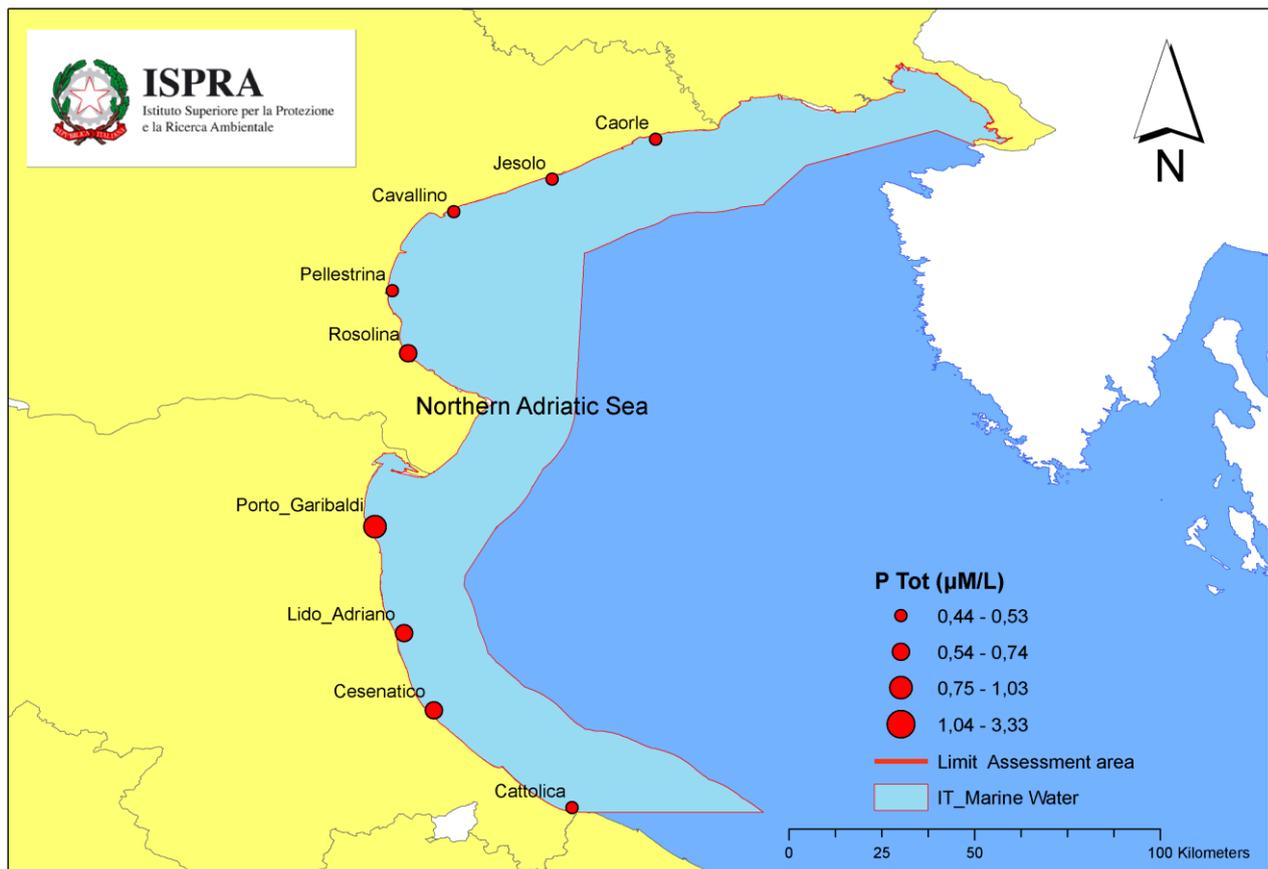
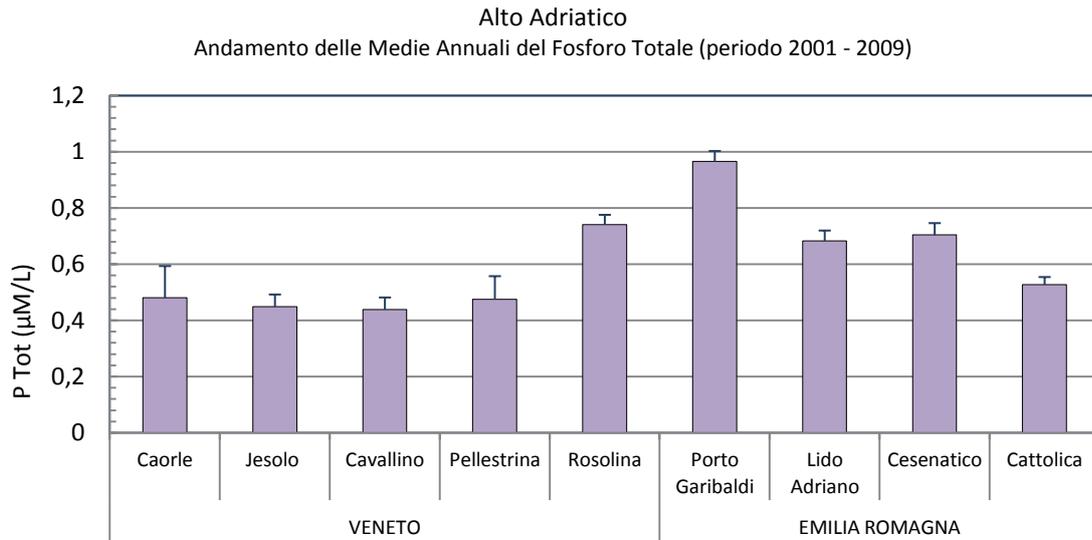


Figura 38. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard del fosforo totale (P tot, in $\mu\text{mol/L}$) nell'area di valutazione 'Alto Adriatico' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle concentrazioni medie annuali di P tot ($\mu\text{mol/L}$) con ubicazione delle stazioni di campionamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Impatti

Effetti diretti dell'arricchimento in nutrienti

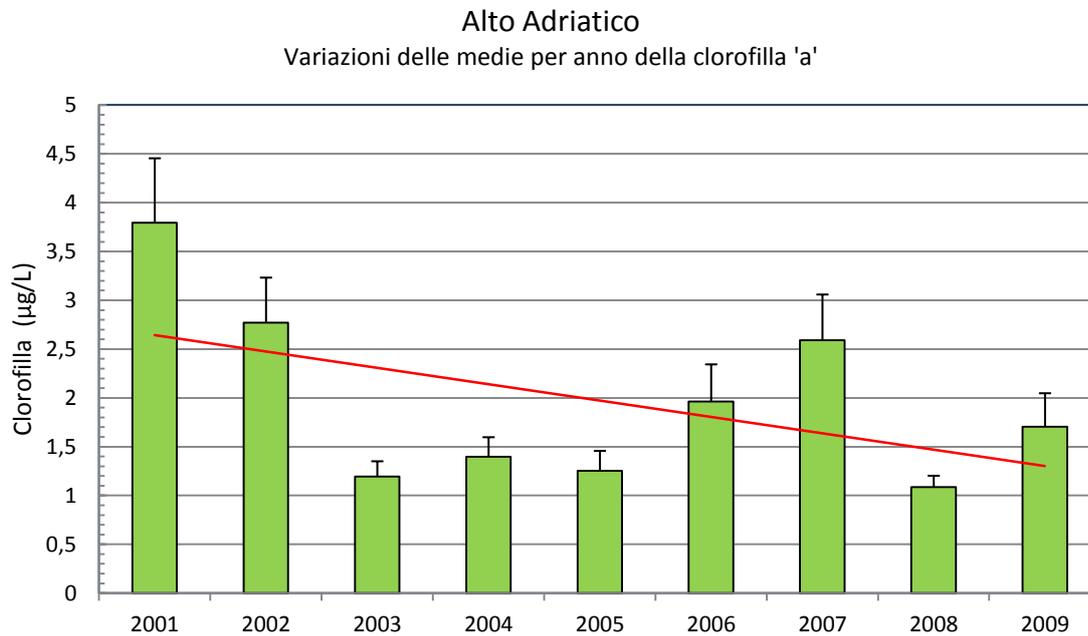


Figura 39. Andamento temporale della concentrazione media annuale +errore standard della clorofilla 'a' ($\mu\text{g/L}$) nell'area di valutazione 'Alto Adriatico'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

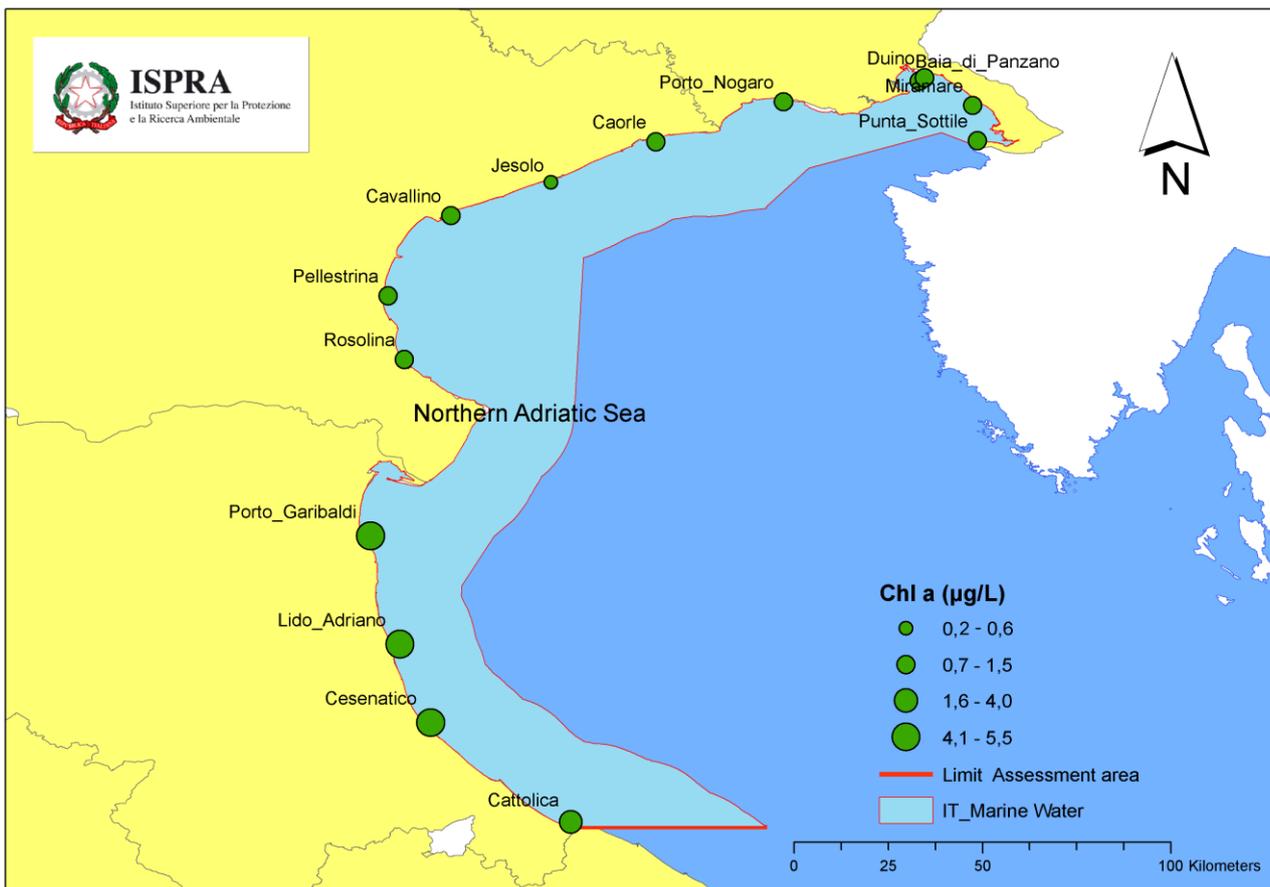
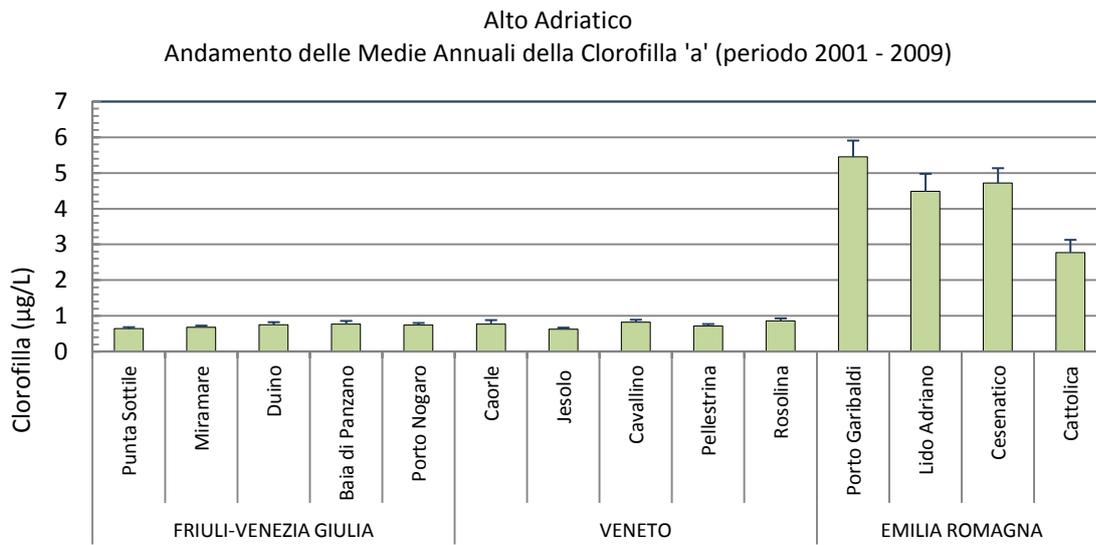


Figura 40. Andamento spaziale delle medie annuali +errore standard della clorofilla 'a' ($\mu\text{g/L}$) nell'area di valutazione 'Alto Adriatico' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle concentrazioni medie annuali di Chl 'a' ($\mu\text{g/L}$) con ubicazione delle stazioni di rilevamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

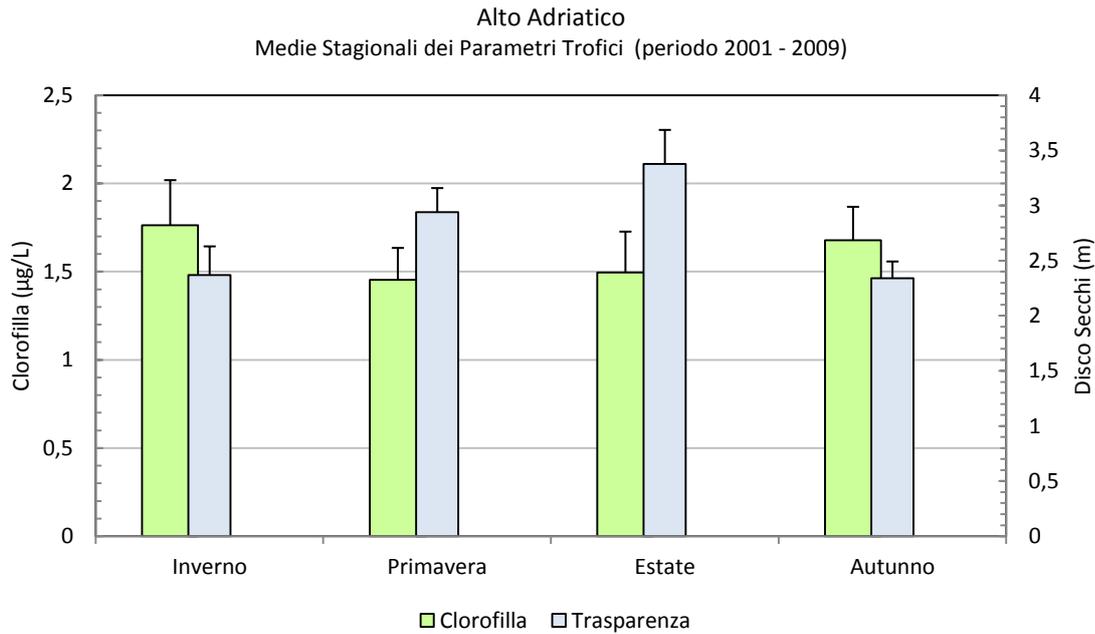


Figura 41. Concentrazioni medie stagionali +errore standard della clorofilla 'a' ($\mu\text{g/L}$) e della trasparenza (disco Secchi, in m) nell'area di valutazione 'Alto Adriatico' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

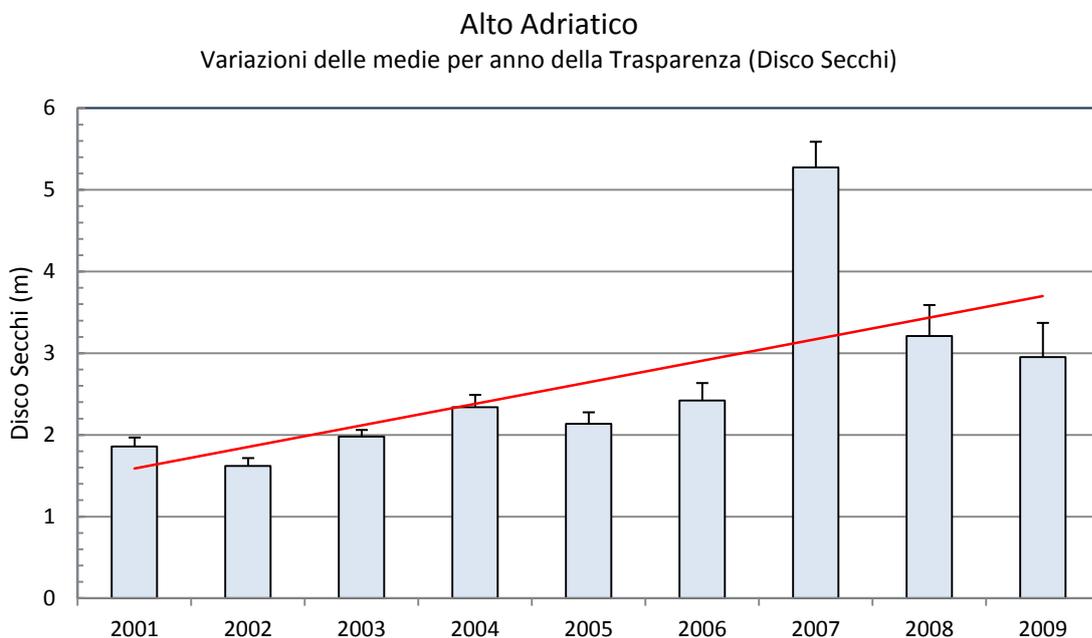


Figura 42. Andamento temporale della trasparenza (disco Secchi, in m) nell'area di valutazione 'Alto Adriatico'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

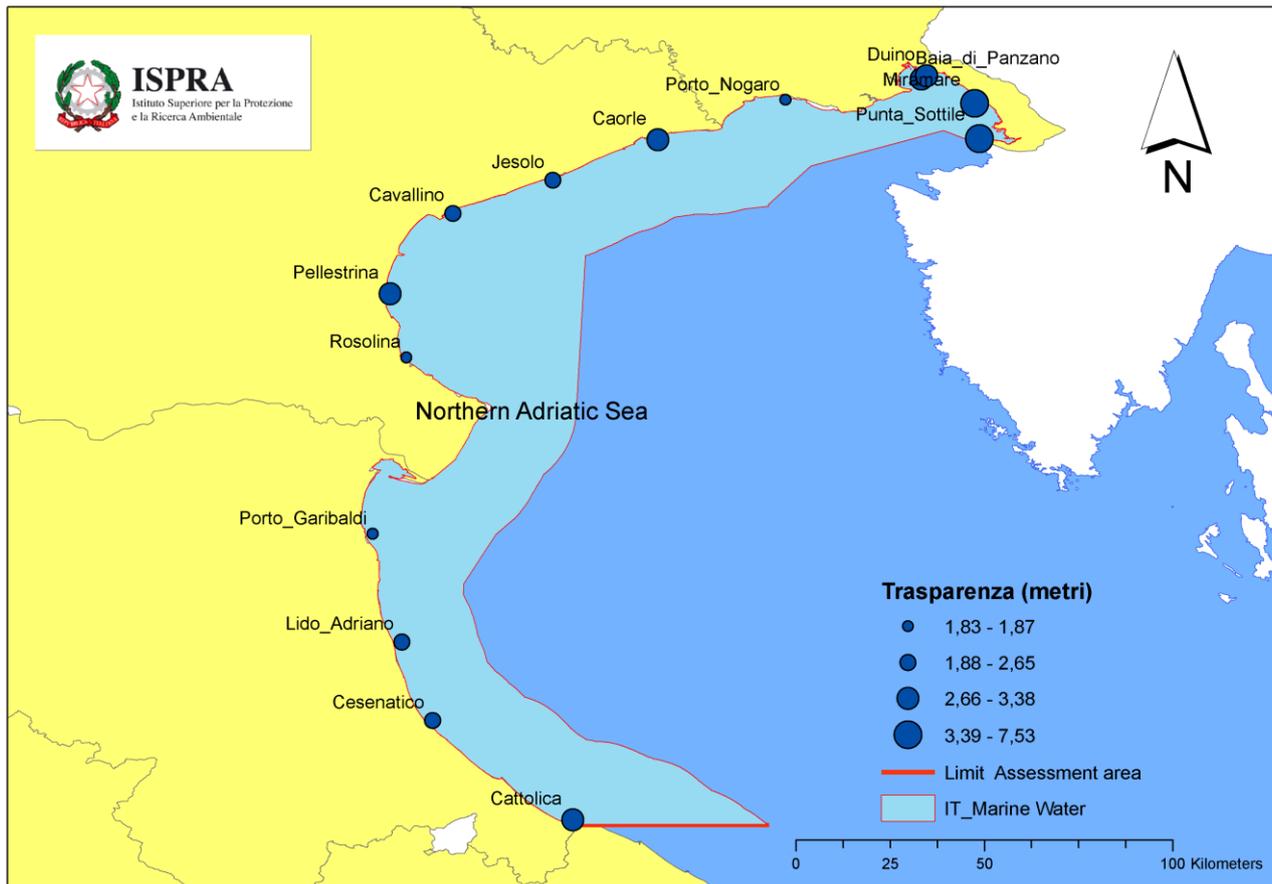
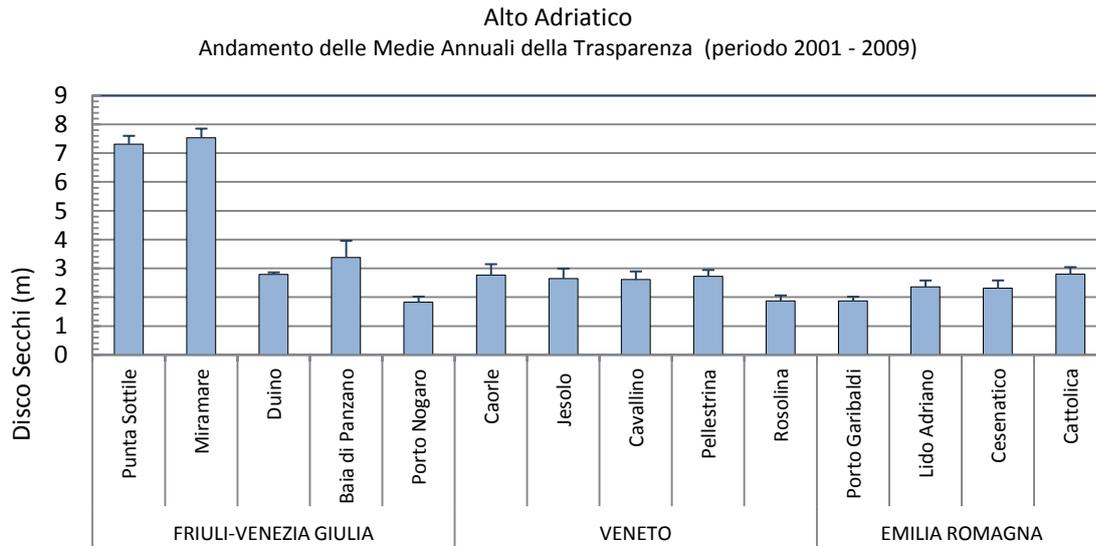


Figura 43. Andamento spaziale delle medie annuali +errore standard della trasparenza (disco Secchi, in m) nell'area di valutazione 'Alto Adriatico' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS della trasparenza (disco Secchi, in m) con ubicazione delle stazioni di rilevamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Effetti indiretti dell'arricchimento in nutrienti

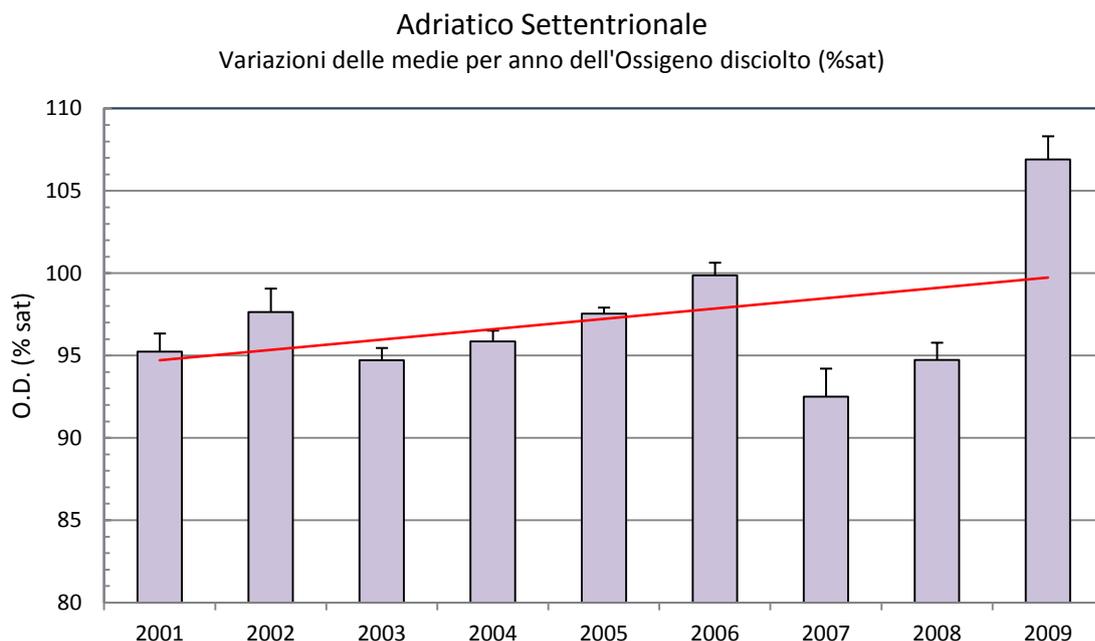


Figura 44. Andamento temporale (medie annuali + errore standard) dell'ossigeno disciolto, espresso in percentuale di saturazione (% sat), nell'area di valutazione 'Alto Adriatico'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

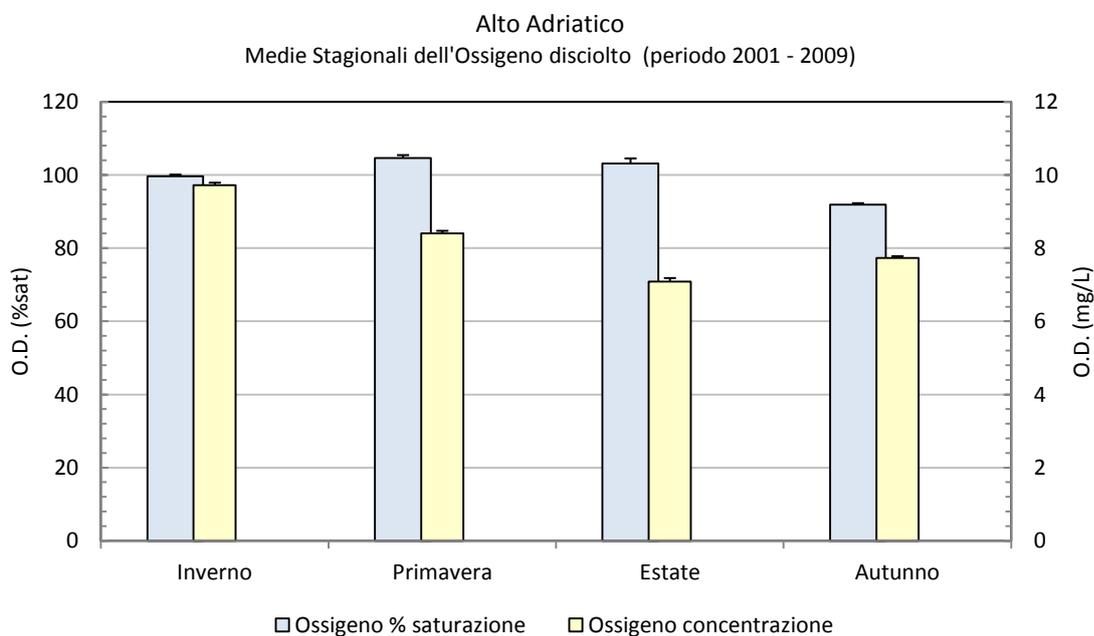


Figura 45. Concentrazioni medie stagionali + errore standard dell'ossigeno disciolto, espresso in termini di % di saturazione (% sat) e di concentrazione (mg/L) nell'area di valutazione 'Alto Adriatico' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Alto Adriatico
 Andamento delle Medie Annuali dell'Ossigeno disciolto in % Saturazione (periodo 2001 - 2009)

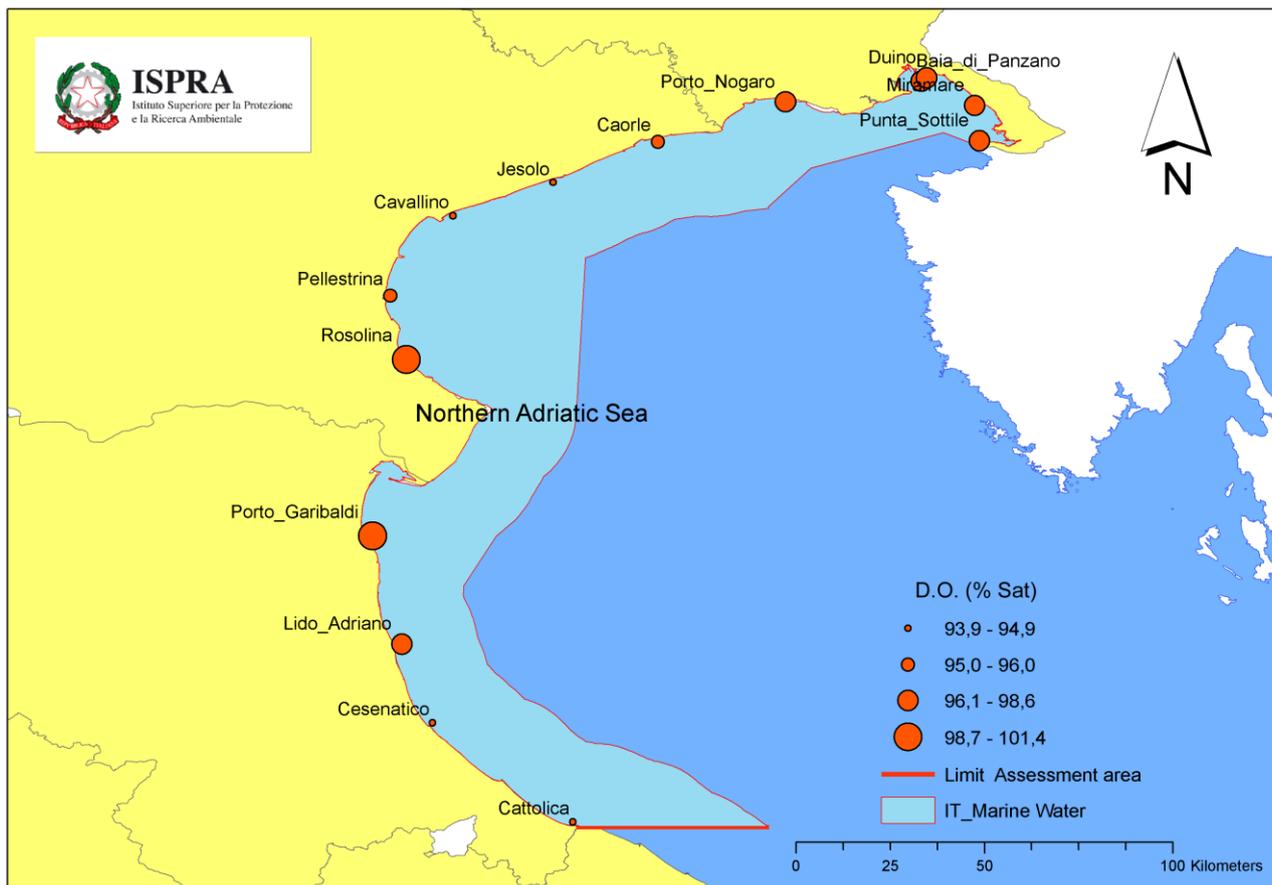
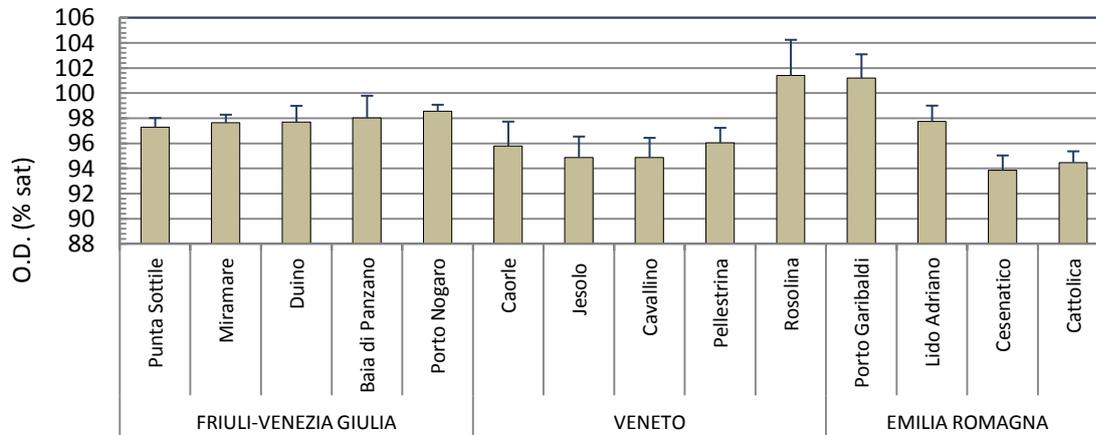


Figura 46. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard dell'ossigeno disciolto, espresso in percentuale di saturazione (% sat), nell'area di valutazione 'Alto Adriatico' per il periodo 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS della concentrazione media annuale di ossigeno disciolto (% sat) con ubicazione delle stazioni di rilevamento. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Stato trofico

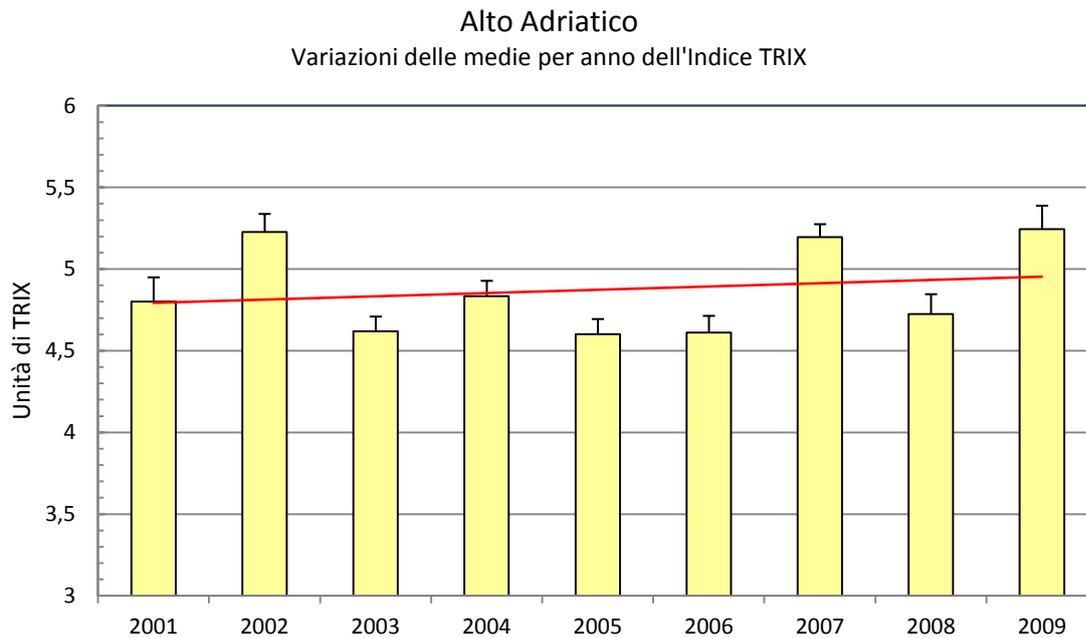


Figura 47. Andamento temporale delle medie annuali dell'Indice TRIX nell'area di valutazione 'Alto Adriatico'. La linea rossa rappresenta la linea di tendenza per gli anni considerati (2001-2009). Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

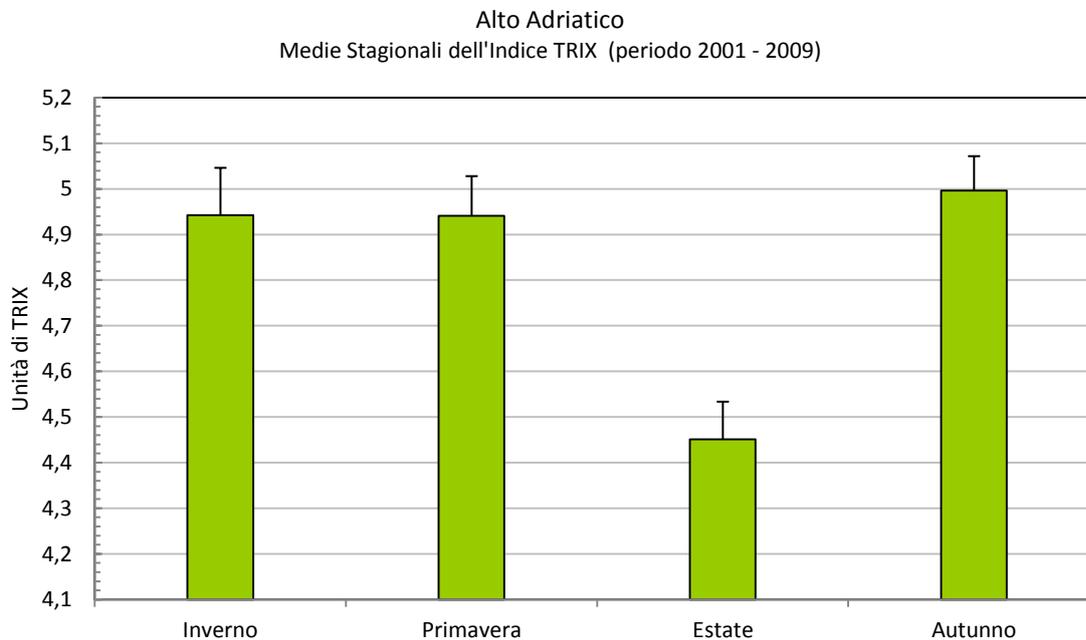


Figura 48. Valori medi stagionali + errore standard dell'Indice TRIX nell'area di valutazione 'Alto Adriatico' per gli anni 2001-2009. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.

Adriatico Settentrionale
Andamento delle Medie Annuali dell'Indice TRIX (periodo 2001 - 2009)

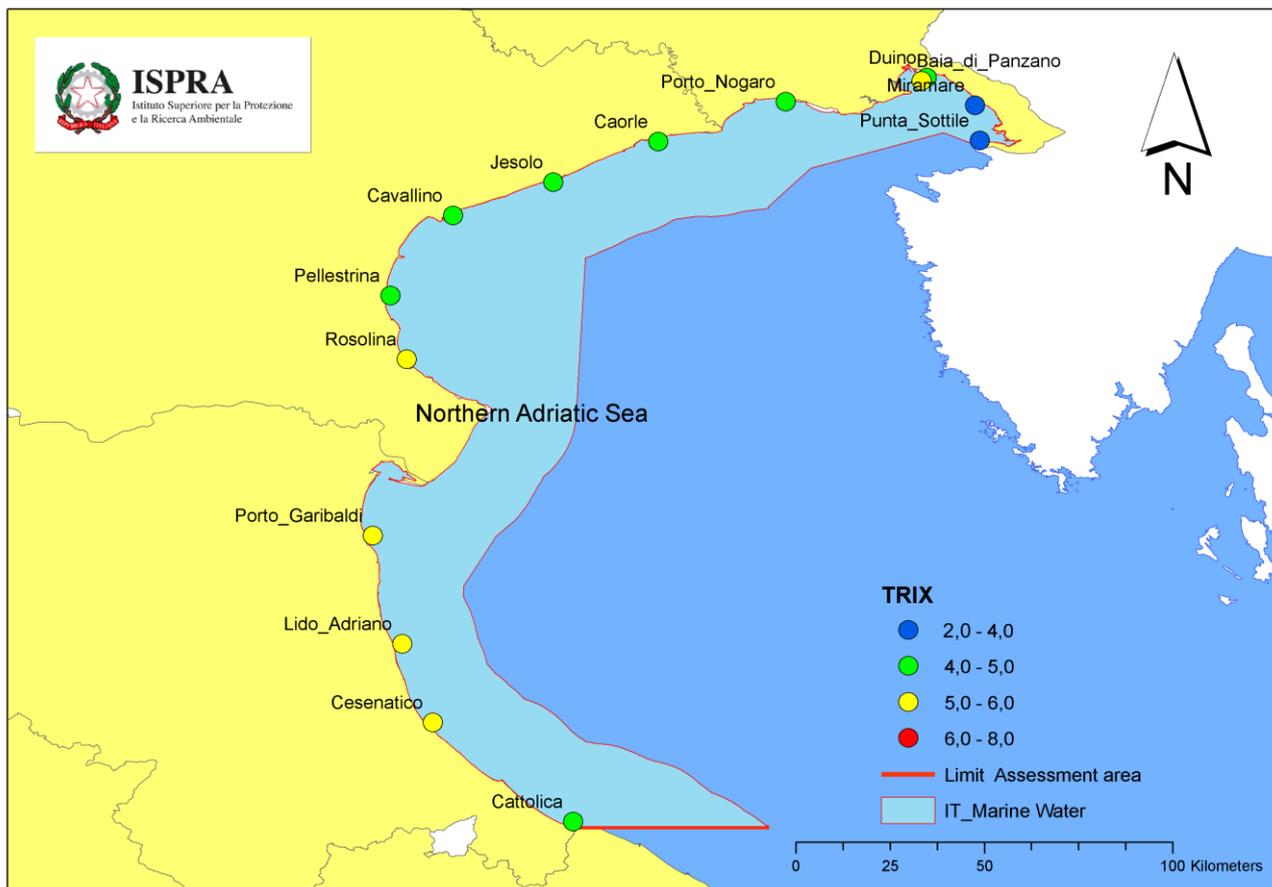
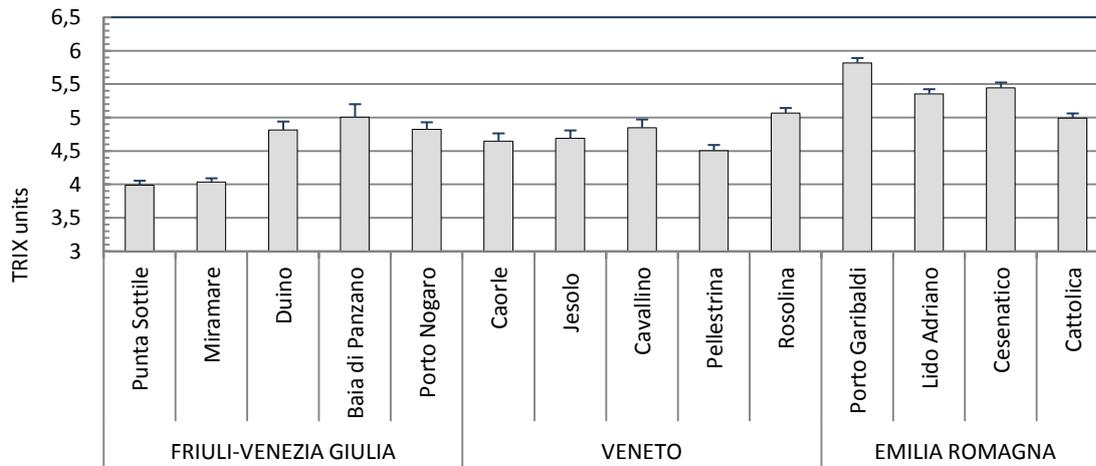


Figura 49. Andamento spaziale delle medie annuali + errore standard dell'Indice TRIX nell'area di valutazione 'Alto Adriatico' per gli anni 2001-2009 (in alto). In basso, mappa GIS delle medie annuali di TRIX con ubicazione delle stazioni. Fonte dati: Banca dati Si.di.Mar. del MATTM.